

ISSN 1895-4421

EPISTEME

CZASOPISMO NAUKOWO-KULTURALNE

KRAKÓW
NR 20/2013, t. I

EPISTEME

CZASOPISMO NAUKOWO-KULTURALNE

Redakcja:

Zdzisław Szczepanik (red. naczelny)
Katarzyna Daraż-Duda (sekretarz redakcji)
Piotr Walecki
Grzegorz Chajko
Krzysztof Duda
Roman Turowski (red. techniczny)

Rada Naukowa:

Prof. dr hab. Dariusz Rott
Prof. dr hab. Włodzimierz Sady
Prof. dr hab. Michał Śliwa
Prof. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz
Prof. dr hab. Bogdan Zemanek
Ks. Prof. UPJP II, dr hab. Władysław Zuziak
Prof. nadzw. dr hab. Wiesław Alejskiak
Prof. Ignatianum i UJ, dr hab. Józef Bremer SJ
Prof. dr przew. kwal. II Paweł Taranczewski
Prof. dr Olga E. Kosheleva
Prof. dr Marko Jacov
Prof. dr Aleksandr Lokshin
Prof. dr Hans Jørgen Jensen
Prof. dr Oleksandr Chyrkov
Prof. dr Iryna Diachuk
Prof. dr Luiza Arutinov
Prof. dr hab. Michaił Pawłowicz Odesskij
Prof. dr hab., dr. phil. Andrzej Wiercinski
Prof. dr eng. Elena Horska

Wydawca:

Stowarzyszenie Twórców Nauki i Kultury „Episteme”
ul. Okólna 28/87
30-669 Kraków
www.episteme-nauka.pl

© Stowarzyszenie Twórców Nauki i Kultury „Episteme” i Autorzy

Pierwotną wersją czasopisma jest wersja papierowa

Szanowni Państwo,

Z wielką radością oddajemy w Państwa ręce trzy tomy EPISTEME poświęcone naukom przyrodniczym, a w szczególności ogrodnictwu. Prace, które otrzymują Państwo mają charakter badawczy i wnoszą wiele nowych odkryć w swych szczegółowych aspektach. Redakcja stara się by interdyscyplinarność, która charakteryzuje nasze czasopismo od samego początku była i w tych tomach widoczna. W szczególności jest to zawarte w początkowych artykułach tomu pierwszego, co zresztą w sposób niezwykle humanistyczny wprowadza nas do krainy szczegółowych, bardzo zaawansowanych badań naukowców, poświęcających swoje życie rozwojowi dyscyplin z obszarów, które często fascynują i nadają sens prowadzonym studiom.

Zamieszczone artykuły są równocześnie prezentowane podczas Ogólnopolskiej Ogrodniczej Konferencji Naukowej zorganizowanej w Krakowie w dniach 11-12.09.2013 r., z okazji 45-lecia Wydziału Ogrodniczego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

Szanownym autorom dziękujemy za trud pracy włożonej w badania oraz przygotowanie artykułów. Wyrażamy również serdeczne podziękowanie Recenzentom i Redaktorom, którzy przyczynili się do wydania tych tomów EPISTEME. Życzymy jednocześnie by możliwości wdrożeń wyników naukowych były dla Państwa tą nagrodą, która będzie efektem każdego, wspaniałego odkrycia.

Życzymy dobrej lektury.

Redakcja

SPIS TREŚCI

I. VARIA

Jerzy Brusilo OFMConv
HISTORIA KAINA I ABLA JAKO ARCHETYP WSPÓŁCZESNEGO
EKSPERYMENTU CZŁOWIEKA Z TECHNOLOGIĄ I KULTURĄ 13

Andrzej Komosa
WSZYSTKO CO JEST W ROŚLINIE PIERWEJ
ZNAJDOWAŁO SIĘ W ZIEMI LUB POWIETRZU 41

*Kazimierz Tomala, Kamil Jeziorek,
Abdulwahid Y. A. Al-Sharafi, Urszula Ogłodzińska*
W 365 DNI DOOKOŁA JABŁKA 49

Oleksandr Burliai, Viktor Karpenko, Oksana Kiforenko
TENDENCIES OF DEVELOPMENT
OF FRUIT PRODUCTION IN UKRAINE 69

*Olga Długosz-Grochowska,
Joanna Augustynowicz, Michał Kruczek*
CALLITRICHE – NOWY, POTENCJALNY SUPLEMENT DIETY 85

*Ewa Hanus-Fajerska, Ewa Muszyńska,
Krystyna Ciarkowska, Tomasz Czech, Zbigniew Gajewski*
WKŁAD NAUKI POLSKIEJ W BADANIE
PRZYDATNOŚCI ROŚLIN DO REKULTYWACJI
TERENÓW ZANIECZYSZCZONYCH METALAMI CIĘŻKIMI 99

*Paweł Kaszycki, Przemysław Petryszak,
Tomasz Przepióra, Paulina Supel*
BIOREMEDIACJA GLEBY ZANIECZYSZCZONEJ KSENOBIOTYKAMI
Z WYKORZYSTANIEM AUTOCHTONICZNYCH DROBNOUSTROJÓW
GLEBOWYCH. 1. PODSTAWY PROCESU I BADANIA MODELOWE ... 109

Halina Kurzawińska, Małgorzata Nadziakiewicz, Jacek Nawrocki
GRZYBY SAPROTROFICZNE Z RYZOSFERY
PELARGONII (*PELARGONIOM* SPP.) I ICH WPŁYW
NA WZROST NIEKTÓRYCH PATOGENÓW TEJ ROŚLINY 123

<i>Agnieszka Lis-Krzyściń</i> UWALNIANIE SKŁADNIKÓW MINERALNYCH ZE SZKŁA NAWOZOWEGO VITROFOSMAK INKUBOWANEGO W PODŁOŻU ORGANICZNYM	133
<i>Katarzyna Maćkowska, Ewa Grzebelus</i> STYMULACJA PODZIAŁÓW KOMÓRKOWYCH W KULTURACH PROTOPLASTÓW DAUCUS POPRZEZ FILTROWANIE ALGINIANU, DODATEK HEMOGLOBINY ORAZ FITOSULFOKINY . . .	143
<i>Elżbieta Patkowska</i> PREPARATY BIOTECHNICZNE STOSOWANE W OCHRONIE GROCHU (<i>PISUM SATIVUM L.</i>)	155
<i>Anna Pindel, Barbara Nowak, Zbigniew Gajewski, Ewa Hanus-Fajerska, Teresa Cybularz-Urban, Ewa Sitek</i> OD KOMÓRKI DO ROŚLINY – ROLA BADAŃ CYTO- LOGICZNO-ANATOMICZNYCH W PRODUKCJI OGRODNICZEJ	163
<i>Sergij Poltorecki, Iwan Mostowiak, Wiktor Karpenko</i> PLONOWANIE ORAZ JAKOŚĆ MATERIAŁU SIEWNEGO PROSA W ZALEŻNOŚCI OD SPOSOBU SIEWU I NAWOŻENIA MINERALNEGO . . .	177
<i>Sergij Poltoretskyi</i> EFFECT OF THE TERM AND METHOD OF SEED SOWING ON DENSITY OF MILLET (<i>PANICUM MILIACEUM L.</i>) GERMINATION IN THE RIGHT BANK FOREST STEPPE OF UKRAINE	187
<i>Paulina Supel, Przemysław Petryszak, Paweł Kaszycki</i> BIOREMEDIACJA GLEBY ZANIECZYSZCZONEJ KSENOBIOTYKAMI Z WYKORZYSTANIEM AUTOCHTONICZNYCH DROBNOUSTROJÓW GLEBOWYCH. 2. PRZYKŁADY I PERSPEKTYWY ZASTOSOWAŃ	201
<i>Zofia Włodarczyk</i> OBRAZ ROLNICTWA BLISKIEGO WSCHODU Z EPOKI BRĄZU I ŻELAZA W POLSKICH OGRODACH BIBLIJNYCH	219
<i>Renata Wojciechowska</i> ŚWIATŁO DIODOWE (LED) W OGRODNICTWIE – ZASTOSOWANIA I PERSPEKTYWY	233

II. WARZYWNICTWO

- Anita Biesiada, Paweł Thoma, Agnieszka Nawirska-Olszańska*
 WPŁYW TERMINU SIEWU I ZASTOSOWANIA BIOSTY-
 MULATORA ASAHI SŁ NA PLONOWANIE I SKŁAD CHEMICZNY
 NAGIETKA LEKARSKIEGO (*CALENDULA OFFICINALIS*) 247
- Marzena Błażewicz-Woźniak, Arkadiusz Krzysiak,
 Agnieszka Najda, Małgorzata Janiuk*
 WPŁYW PŁASKICH OSŁON I UPRAWY WSPÓŁRZĘDNEJ NA PLON
 SAŁATY RZYMSKIEJ (*LACTUCA SATIVA L. VAR. ROMANA GARST.*) .. 257
- Halina Buczkowska, Krzysztof Sawicki*
 WPŁYW TERMINU SADZENIA ROZSADY
 NA PLONOWANIE PAPRYKI SŁODKIEJ W POLU 267
- Ewa Capecka, Edyta Kąkol*
 JAKOŚĆ PLONU ŚWIEŻEGO I SUCHEGO SUROWCA
 LEBIODKI POSPOLITEJ (*ORIGANUM VULGARE L.*)
 ZALEŻNIE OD TERMINU ZBIORU 281
- Renata Dobromilska, Małgorzata Szczepaniak*
 MIKROROZMNAŻANIE RÓŻNYCH GENOTYPÓW POMIDORA
 W WARUNKACH NIEDOBORU AZOTU I POTASU W POŻYWCIE 297
- Anna Francke*
 WPŁYW TERMINU SIEWU NA WIELKOŚĆ I JAKOŚĆ PLONU
 KOLENDRY SIEWNEJ UPRAWIANEJ NA ZBIÓR PĘCZKOWY 307
- Krzysztof Górnik, Regina Janas, Mieczysław Grzesik*
 FLUORESCENCJA CHLOROFILU MIERNIKIEM
 DOJRZAŁOŚCI NASION KOLENDY SIEWNEJ 317
- Robert Gruszecki, Andrzej Sałata*
 WPŁYW TERMINU SIEWU NA CECHY BIOMETRYCZNE KORZENI
 I LIŚCI PIETRUSZKI KORZENIOWEJ (*PETROSELINUM CRISPUM*
 (MILL.) NYMAN EX AW HILL VAR. TUBEROSUM (BERNH.) CROV.) 323
- Mieczysław Grzesik, Regina Janas, Krzysztof Górnik*
 POPRAWA KIEŁKOWANIA NASION ORAZ WSCHODÓW
 I WZROSTU SIEWEK KOLENDRY SIEWNEJ
 (*CORIANDRUM SATIVUM L*) METODĄ KONDYCJONOWANIA 333
- Aneta Jakubas, Stanisław Cebula,
 Andrzej Kalisz, Agnieszka Sękara*
 OCENA WZROSTU I PLONOWANIA POLSKICH ODMIAN PAPRYKI
 SŁODKIEJ (*CAPSICUM ANNUUM L.*) W UPRAWIE POŁOWEJ 341

<i>Regina Janas</i>	
WPŁYW WYBRANYCH PREPARATÓW BIOLOGICZNYCH NA ZDROWOTNOŚĆ NASION BROKUŁU REPRODUKOWANYCH METODAMI EKOLOGICZNYMI	357
<i>Magdalena Jarosz, Hanna Dorna, Dorota Szopińska</i>	
WPŁYW NADTLENKU WODORU NA JAKOŚĆ NASION CEBULI, POMIDORA I SAŁATY	363
<i>Elżbieta Jędrszczyk, Anna M. Ambroszczyk</i>	
PORÓWNANIE CECH MORFOLOGICZNYCH OWOCU DWUNASTU ODMIAN POMIDORA PRZEMYSŁOWEGO	381
<i>Iwona Kamińska, Maria Leja</i>	
WPŁYW KRÓTKOTRWAŁEGO PRZECHOWYWANIA NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI ANTYOKSYDACYJNE OWOCÓW PAPRYKI (<i>CAPSICUM ANNUUM</i> L.) W RÓŻNYCH STADIACH DOJRZAŁOŚCI	389
<i>Anna Konieczny, Iwona Kowalska</i>	
WPŁYW MIKORYZY NA WZROST I ROZWÓJ POMIDORA UPRAWIANEGO NA WEŁNIE MINERALNEJ I MATACH KOKOSOWYCH	399
<i>Elżbieta Kozik, Anna Golcz,</i>	
<i>Ewelina Wojciechowska, Elżbieta Mieloszyk</i>	
WPŁYW NAWOŻENIA ŻELAZEM NA PŁON I SKŁAD CHEMICZNY SAŁATY (<i>LACTUCA SATIVA</i> L.)	411
<i>Magdalena Krygier, Katarzyna Adamczewska-Sowińska</i>	
WPŁYW ODMIANY NA AKTYWNOŚĆ ANTYOKSYDACYJNĄ OWOCÓW OBERŻYNY	419
<i>Helena Łabuda</i>	
ODDZIAŁYWANIE CHEMICZNEJ I BIOLOGICZNEJ OCHRONY ROŚLIN FASOLI SZPARAGOWEJ UPRAWIANEJ W NIEOGRZEWANYM TUNELU FOLIOWYM NA PŁON I JAKOŚĆ STRĄKÓW	431
<i>Irena Łuczak, Małgorzata Gaborska</i>	
ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY CECHAMI ODMIANOWYMI MARCHWI A LICZEBNOŚCIĄ POPULACJI MSZYC (<i>HEMIPTERA, APHIDOIDEA</i>)	443
<i>Joanna Majkowska-Gadomska,</i>	
<i>Anna Dziedzic, Elżbieta Januszewicz</i>	
WPŁYW POLIMAGU S NA CECHY MORFOLOGICZNE LIŚCI ORAZ PŁONOWANIE SZCZYPIORKU OGRODOWEGO (<i>ALLIUM SCHOENOPRASUM</i>) I CZOSNKOWEGO (<i>ALLIUM TUBEROSUM ROTTLER EX SPRENG.</i>)	455

<i>Stanisław Mazur, Jacek Nawrocki, Edward Kunicki</i> BIOLOGICZNA OCENA POLYVERSUM WP STOSOWANEGO DO OCHRONY CEBULI PRZED RÓŻOWĄ ZGNILIZNĄ KORZENI (<i>PYRENOCHAETA TERRESTRIS</i> (HANSEN) GORENZ, WALKER ET LARSON)	465
<i>Iwona Mentel, Kinga Topolska, Ewa Cieślik</i> WŁAŚCIWOŚCI PROZDROWOTNE WARZYW MAŁO ZNANYCH – KIWANO, PEPINO, RZODKIEW JAPOŃSKA	473
<i>Zenia Michałojć, Katarzyna Dzida</i> WPŁYW DOKARMIANIA POZAKORZENIOWEGO WAPNIEM NA STAN ODŻYWIANIA PAPRYKI SŁODKIEJ (<i>CAPSICUM ANNUUM</i> L.)	487
<i>Anna Mila, Renata Dobromilska, Andrzej Mila</i> WPŁYW BIOSTYMULATORÓW Z ALG MORSKICH NA WZROST ROZSADY POMIDORA	497
<i>Jacek Nawrocki, Edward Kunicki</i> WPŁYW RÓŻNYCH SPOSOBÓW UPRAWY BOBU (<i>VICIA FABA</i> L.) NA PORAZENIE ROŚLIN PRZEZ GRZYBY PATOGENICZNE	505
<i>Jacek Nawrocki, Edward Kunicki</i> WPŁYW WYBRANYCH PREPARATÓW NA PORAZENIE BOBU (<i>VICIA FABA</i> L.) PRZEZ PATOGENY GRZYBOWE	513
<i>Adriana Nowicka-Poleć, Edward Kunicki</i> MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA STABILNOŚCI PLONOWANIA BOBU (<i>VICIA FABA</i> VAR. MAJOR)	521
<i>Roksana Rakoczy, Sylwester Smoleń</i> SKŁAD MINERALNY SAŁATY SIEWNEJ W ZALEŻNOŚCI OD DOLISTNEJ APLIKACJI ZWIĄZKÓW JODU I SELENU – BADANIA PILOTAŻOWE	533
<i>Ewa Rekowska, Agata Miśkowiec</i> WPŁYW TERMINU UPRAWY NA PLONOWANIE SAŁATY ŁODYGOWEJ (<i>LACTUCA SATIVA</i> VAR. <i>AUGUSTANA</i> IRISH.)	541
<i>Andrzej Sałata, Robert Gruszecki, Jan Dyduch</i> WPŁYW STOSOWANIA BEZPOŚREDNICH OSŁON NA PLONOWANIE I WARTOŚĆ BIOLOGICZNĄ PIĘCIU ODMIAN SZPINAKU UPRAWIANEGO W OKRESIE WIOSENNYM	549

<i>Czesław Ślusarski, Zbigniew Uliński, Joanna Szumigaj-Tarnowska</i>	
OCENA STOPNIA TOLERANCJI WYBRANYCH ODMIAN PIECZARKI DWUZARODNIKOWEJ NA DWA GATUNKI <i>CLADOBOTRYUM</i> WYWOŁUJĄCE CHOROBY DAKTYLIUM	559
<i>Sylwester Smoleń, Włodzimierz Sady</i>	
OCENA WPŁYWU DOLISTNEJ APLIKACJI SACHAROZY, BENZYLOADENINY I KWASU SALICYLOWEGO NA PLONOWANIE I JAKOŚĆ BIOLOGICZNĄ SZPINAKU (<i>SPINACIA OLERACEA L.</i>)	569
<i>Sylwester Smoleń, Łukasz Skoczylas, Roksana Rakoczy, Joanna Wierzbińska, Iwona Ledwożyw-Smoleń</i>	
WSTĘPNA OCENA WPŁYWU DOGLEBOWEJ APLIKACJI ZWIĄZKÓW JODU I SELENU NA PLONOWANIE I SKŁAD MINERALNY SAŁATY	579
<i>Maria Tendaj, Barbara Mysiak</i>	
ROZWÓJ PĘDÓW GENERATYWNYCH I PLON NASION SZALOTKI Z JESIENNEGO SADZENIA CEBUL	591
<i>Elżbieta Wojciechowicz-Żytka, Beata Jankowska, Zbigniew Burgiel, Edyta Wilk</i>	
SKUTECZNOŚĆ WODNYCH WYCIĄGÓW Z NASION AKSAMITKI (<i>TAGETES PATULA NANA L.</i>) I BARSZCZU SOSNOWSKIEGO (<i>HERACLEUM SOSNOWSKYI MANDEN</i>) W OGRANICZANIU CHOROÓB I SZKODNIKÓW BOBU	603
<i>Renata Wojciechowska, Piotr Strzetelski, Anna Kołton</i>	
WPŁYW APLIKACJI DOLISTNEJ RÓŻNYMI FORMAMI JODU NA WYBRANE PARAMETRY FLUORESCENCJI CHLOROFILU A W LIŚCIACH DWÓCH ODMIAN BAZYLI	613
<i>Barbara Wójcik-Stopczyńska, Paulina Jakowienko</i>	
ANTYGRZYBOWA AKTYWNOŚĆ OLEJKÓW ETERYCZNYCH ZIELA BAZYLI POSPOLITEJ (<i>OCIMUM BASILICUM L.</i>) ODMIANY 'WALA'	623
<i>Robert Wrzodak, Maria Rogowska</i>	
ZWALCZANIE POŁYŚNICY MARCHWIANKI (<i>PSILA ROSAE</i>) W UPRAWACH WARZYW Z RODZINY SELEROWATYCH (<i>APIACEAE</i>) Z WYKORZYSTANIEM MONITORINGU	633

I. VARIA

**HISTORIA KAINA I ABLA JAKO ARCHETYP
WSPÓŁCZESNEGO EKSPERYMENTU CZŁOWIEKA
Z TECHNOLOGIĄ I KULTURĄ**
HISTORY OF CAIN AND ABEL AS AN ARCHETYPE
OF MODERN HUMAN EXPERIMENT
WITH TECHNOLOGY AND CULTURE

W twórczości znanego polskiego autora można znaleźć tekst, który bardzo dobrze oddaje relacje międzyludzkie w naszych czasach, pokazując istotę polskich bolączek: *Paweł i Gaweł w jednym stali domu*. Ta popularna bajka dziewiętnastowiecznego pisarza i dramaturga Aleksandra Fredro (1793–1876), doskonale ukazująca realia polskiej kłótni i dumy, powinna być punktem odniesienia do wielu innych współczesnych problemów, nie tylko polskich, ale i globalnych. Chociaż w konwencji literackiej Fredry Paweł i Gaweł tworzą niesforne duet komedii i przekory, w poważniejszych kwestiach relacji międzyludzkich i kulturowych, można zauważyć analogię między relacją tych dwóch młodzieńców a znacznie starszą historią braci Kaina i Abla, którzy stanowią dla całej naszej cywilizacji, punkt odniesienia najważniejszych kwestii antropologicznych.

Kain i Abel to oczywiście bohaterowie historii biblijnej Starego Testamentu, napisanej około X w. przed Chrystusem jako część teologicznego¹ przesłania o stworzeniu świata przez Boga, o stworzeniu pierwszych ludzi i ich upadku. Tekst o braciach Kainie i Ablu, potomkach Adama i Ewy (rozdział 4 Księgi Rodzaju), zawiera również szereg szczegółów stanowiących natchnione źródło religijnych prawd objawionych dla judaizmu i chrześcijaństwa, ale z tego względu, że Bib-

¹ Wprawdzie warstwa teologiczna jest kluczową w interpretacji tekstu biblijnego, jednak w niniejszym opracowaniu zostanie ona pominięta na rzecz licznych wątków antropologicznych, społecznych i kulturowych.

lia ukształtowała duchowy fundament cywilizacji zachodniej, tekst ten ma duże znaczenie literackie i antropologiczne dla całej kultury światowej. Znaczenie to z jednej strony wykracza poza stereotypowe rozumienie religijne Księgi Rodzaju, a z drugiej strony pozostało niesety niedocenione i zbagatelizowane (podobnie jak całe dziedzictwo judeochrześcijańskiej kultury) w ostatnich dziesiątkach lat rozwoju cywilizacji zachodniej. Obecnie, gdy kruszą się podstawy kulturowe naszego świata i na początku XXI wieku dają o sobie znać wielorakie kryzysy, wydaje się słuszne przypomnienie i odkrycie tekstów biblijnych jako źródła odnowy nie tylko w wymiarze religijnym.

Parafrazując Aleksandra Fredrę, stan wyjściowy dla jednych z pierwszych mieszkańców Ziemi to: „Kain i Abel w jednym stali domu”. Analogia sytuacji biblijnej do domu Pawła i Gawła bardzo dobrze oddaje złożoną sytuację współczesnej ludzkości. Biblia to nie tylko „pismo święte” wierzących żydów, chrześcijan i – w pewnej mierze – muzułmanów, ale niezwykła starożytna metafora wszystkich siedmiu miliardów obecnych mieszkańców naszej planety, z których część jest nawet niewierząca lub wyznaje inne religie. Chodzi o tego samego człowieka, w którego naturze leżą w takiej samej mierze zdolność „panowania”² nad światem, jak i tajemnicza skłonność do samozagłady.

ZARYS ANTROPOLOGII BIBLIJNEJ W KONTEKŚCIE ISTOTY CZŁOWIEKA

Antropologia to nauka opisująca człowieka³, w szerszym znaczeniu ogarniająca wiele dziedzin biologicznych, społecznych i metafizycznych, lecz w kontekście obszaru badawczego: Ziemia – Roślina – Człowiek, najbardziej interesujący aspekt antropologii będzie się

² Wypada przypomnieć, że biblijne znaczenie panowania człowieka nad przyrodą ma zupełnie inny charakter niż to propagowane przez środowiska niechrześcijańskie. Według materialistów i pozytywistów „panowanie człowieka” z tekstu Księgi Rodzaju (1, 26–28) uprawniło chrześcijan do niszczenia i zabijania w środowisku przyrodniczym, podczas gdy to samo słowo „panować” w innych miejscach Pisma św. (1 Krl 3, 6–14; 5, 9–14; Iz 11, 2; Ps 72; Prz 8, 15n; 16, 10) oznacza troskę i opiekę a król, który panuje nad swoim ludem wyróżnia się odpowiedzialnością, gospodarnością i dbałością o poddanych, por. Synowiec J. S., Na początku. Pradzieje biblijne: Rdz 1, 1 – 11, 9, wyd. II popraw. i rozszerzone, Kraków 1996, s. 74–75.

³ Antropologia, [w:] Wielka Encyklopedia Oxford, t. 1, [red.] H. McGlynn, Warszawa 2008, s. 230.

wyrażał w filozofii człowieka, w jego naturze, działaniu, tworzeniu i godności istnienia. Antropologia biblijna⁴ dotyka przede wszystkim tych właśnie wymiarów, próbując opisać początki człowieka, jego sens, miejsce w świecie, w przyrodzie i cel do którego zdąża. Z punktu widzenia literackiego i teologicznego, historia Kaina i Abła (Rdz 4, 1–16) jest kontynuacją i uzupełnieniem historii o stworzeniu człowieka, życiu w raju pierwszej pary ludzkiej, upadku Adama i Ewy: jest wstępem do konkretnej historii narodu wybranego⁵.

Najogólniej rzecz biorąc – zgodnie z najnowszymi komentarzami do czwartego rozdziału Księgi Rodzaju – opowiadanie o Kainie i Abłu jako część całej antropologii Starego Testamentu, opisuje jedną z trzech podstawowych relacji człowieka do człowieka – relację rodzinną, braterską (pozostałe znajdują się w obrębie małżeństwa i narodu)⁶. Wszystkie te relacje potwierdza dziś naukowa antropologia kulturowa, dla której człowiek jest przede wszystkim istotą społeczną i nie może obejść się bez drugiej osoby zarówno na poziomie materialnym, jak i na poziomie kultury⁷. Tekst o zabiciu Abła jest przykładem trudności w budowaniu w rodzinie braterskich relacji i autorzy biblijni wielokrotnie o tym mówią⁸. Odnotowanie samego problemu nie wnosi nic nowego w poznanie natury człowieka, który – jak to widzimy również we współczesnym życiu rodzinnym i społecznym – często buntuje się przeciw zasadom moralnym i niszcząc naturalne relacje międzyludzkie, traci jednocześnie spokój, szczęście i miłość. Rodzina w czasach biblijnych znaczyła o wiele więcej niż obecnie, ponieważ dziś wiele z jej funkcji przejęło społeczeństwo i instytucje państwa, co nie znaczy, że terażniejsze konsekwencje w postaci odizolowania od rodziny winnego zbrodniarobójstwa są mniej dotkliwe. Kain za

⁴ Jest to specyficzna, pogłębiona część antropologii, wykraczająca poza ewolucyjne, funkcjonalne i strukturalne koncepcje człowieka, por. Deliège R., *Historia antropologii. Szkoły, autorzy, teorie*, tłum. K. Marczevska, Warszawa 2011.

⁵ Por. Jakubiec C., *Pradzieje biblijne*. Teologia Genesis 1–11, Poznań-Warszawa-Lublin 1968, s. 75–77.

⁶ Por. Piwowar A., *Antropologia*, [w:] *Teologia Starego Testamentu, t. 1, Teologia Pięcioksięgu*, [red.] M. Rosik, Wrocław 2011, s. 72n.

⁷ Por. Filipiak M., *Biblia o człowieku. Zarys antropologii biblijnej Starego Testamentu*, Lublin 1979, s. 97.

⁸ Na przykład konflikt Izmaela z Izaakiem – Rdz 21, 1–21; oszustwo Jakuba wobec Ezawy – Rdz 27; niechęć braci do Józefa, sprzedanego w niewolę – Rdz 37, por. Piwowar A., *Antropologia*, dz. cyt., s. 74–75.

karę zostaje pozbawiony środowiska społecznego, musi udać się na wygnanie i osiada w krainie Nod, o której nie wiadomo nic więcej poza wskazówką, że znajdowała się „na wschód od Edenu”⁹.

Pierwszą szczegółową kwestią antropologiczną jest samo pochodzenie człowieka. Co ciekawe, autor opowiadania o Kainie i Ablu już trzy tysiące lat temu zawarł w nim prawdę o wspólnym, materialnym pochodzeniu człowieka z otaczającego środowiska przyrodniczego w prostym zabiegu językowym. Imię mężczyzny Adam (hebr. `ādām) jest podobne do hebrajskiego słowa `ādāmāh oznaczającego glebę, ziemię uprawną¹⁰, zaś Ewa rodząc Kaina powiedziała: „Otrzymałam mężczyznę od Pana”, czyli znów w języku hebrajskim pojawia się zestawienie imienia Kaina ze słowem „mężczyzna” (człowiek, Adam) – pochodzący z ziemi¹¹. Język biblijny nie tylko pokazuje, jaka jest fizyczna łączność człowieka z otaczającą przyrodą (ziemią), ale łączy z imieniem Kaina początek uprawy roli (życia osiadłego) przez pierwszych ludzi („Kain uprawiał rolę”), rozwój rzemiosła oraz pierwsze struktury społeczno-ekonomiczne czasów prehistorycznych¹².

⁹ Analiza hebrajskiego słowa *nod* – „zbieg” sugeruje możliwość powiązania nazwy kraju wygnania z charakterem kary Kaina. Nowa ojczyzna Kaina to ziemia Nod – symbolicznie od hebr. *nōd* – błędzić. Por. Genesis. *Księga Rodzaju*, [przekład i objaśnienia] C. Jakubiec, Warszawa 1957, s. 94, oraz por. *Księga Rodzaju*. Wstęp – przekład z oryginału. Komentarz, t. I, cz. 1, [oprac.] S. Łach, [w:] *Pismo Święte Starego Testamentu*, [oprac.] tenże, Poznań 1962, s. 231.

¹⁰ Warto zauważyć, że w języku hebrajskim imię „Adam” i słowo „ziemia” wywodzi się z tego samego źródłosłowa hebrajskiego – *`dm* oznaczającego „być czerwonym” i dopiero uświadomienie sobie, że ziemia w Palestynie ma wyraźny odcień czerwony odkrywa geniusz autora biblijnego w ukazywaniu faktu, jak bardzo fizyczna natura ziemi jest bliska fizycznej naturze człowieka. Autor opowiadania o stworzeniu pierwszego człowieka i o narodzeniu Kaina nie znał danych nowoczesnej nauki o składzie chemicznym ludzkiego ciała ale widział jak ciało człowieka po śmierci staje się prochem podobnym do ziemi, więc wykorzystał tworzywo językowe do ukazania natury ciała człowieka, które zostaje „ulepione z prochu ziemi” (Rdz 2, 7). Nieprzypadkowo też sformułowanie „proch ziemi” jest synonimem słowa „głina” a słowo „ulepił” (hebr. *jāšar*) pierwotnie oznaczało czynność garncarza (hebr. *jōšēr*) obracającego na kole gliniane naczynia. Por. Synowiec J. St., Na początku, dz. cyt., s. 84–85.

¹¹ Por. Genesis. *Księga Rodzaju*, dz. cyt. s. 90.

¹² Słowo Kain można skojarzyć z brzmieniem hebrajskiego słowa *qānāh* – właściciel, a w językach akadyjskim, arabskim i nabatejskim oznacza rzemieślnika obrabiającego metale, kowala, por. *Księga Rodzaju*. Wstęp – przekład z oryginału, dz. cyt., s. 223.

Znajomość natury ludzkiej nie ogranicza się tylko do sfery fizycznej. Biblijna analiza decyzji o dokonaniu zbrodni, o wyborze zła (wcześniej dokładny opis pierwszego grzechu Adama i Ewy – Rdz 3, 1–24) dziś zadziwia swoją psychologią, ale i ukazuje współczesne mechanizmy konfliktów międzyludzkich, motywy wyrządzenia krzywd i szkód. Przykład zazdrości jest w historii Kaina i Abla reprezentatywny. Obaj bracia składają ofiary, ale z jakiegoś powodu ofiara Kaina nie zostaje przyjęta („Bóg [...] na Kaina i jego ofiarę nie chciał patrzeć” – Rdz 4, 5), co nie znaczy, że Kain jest jako człowiek odrzucony i gorszy. Komentatorzy zwracają uwagę nie na ofiarę Kaina (być może nie była z pierwocin plonów ziemi, ale gorszej jakości) ale na jego złe usposobienie, negatywne odczucia (zazdrość?), uprzedzenia do Abla, które przeważały nad upomnieniem, apelem do „rozsądku Kaina”¹³ i spowodowały zabójstwo Abla. Rzeczywiście, badając dziś przyczyny grabieży, gwałtów i morderstw, także dochodzimy do wniosku, że najsilniej działają emocje, nastawienie uczuciowe, niekiedy niczym nieuzasadnione uprzedzenia i złości. Najmniej w momencie popełniania zbrodni docierają do winowajców argumenty rozumowe, przestrogi i prośby.

To, co najmocniej podkreśla autor biblijny, to nie tylko skutki złego postępowania człowieka (zabójstwo Abla i wygnanie Kaina), ale stała, czyhająca na człowieka, demoniczna skłonność do zła. I znów należy docenić genialny warsztat językowy autora historii o Kainie i Ablu. Według starszych XX-wiecznych interpretacji, zło (grzech) jest w siódmym wierszu czwartego rozdziału Księgi Rodzaju porównany do węży rajskiego we wcześniejszej historii upadku Adama i Ewy (Rdz 3, 12) i przybiera postać dzikiego zwierzęcia (hebr. *rōbēš*) leżącego u bram ludzkiego serca i czyhającego, aby się do niego wdrzeć. Złe zwierzę ma symbolizować demona złych skłonności, nad którym trzeba zapanować¹⁴. Szkoda, że współczesna etyka i psychologia zagubiły te niezwykle wnioski z prehistorii biblijnej. Szereg popularnych lecz

¹³ „Zasmuconego Kaina, który z przygnębienia opuścił głowę ku ziemi, zachęca Bóg do dobrego i przyrzeka, że znikną powody jego smutku i wzniesie on głowę radośnie ku niebu”. Tamże, s. 227.

¹⁴ Closen G., *Die Sünde der «Söhne Gottes»*, Roma 1937, s. 247. Z wieloma innymi komentatorami, por. Księga Rodzaju. Wstęp – przekład z oryginału, dz. cyt., s. 227. Wskazuje na to podobny rdzeń hebr. *rōbēš* i akadyjskiego *utug-rabiszu* – demon (wg G. Closen), tamże.

chybionych teorii na temat natury ludzkiej trzeba byłoby odłożyć do lamusa i poszukać rzeczywistych, obiektywnych przyczyn licznych ludzkich słabości. Może dałoby się uniknąć wielu ludzkich tragedii i uczynić świat nieco lepszym...

ZARYS ANTROPOLOGII BIBLIJNEJ W KONTEKŚCIE POCZĄTKÓW CYWILIZACJI

Ciekawe, że inspiracją dla historii Kaina i Abła mogły być nie prawdy objawione przez Boga Izraela, ale inne, pozabiblijne, starożytne opowiadanie o konflikcie rolnika z pasterzem. Chodzi np. o sumeryjskie opowiadanie mitologiczne z połowy II tysiąclecia przed Chr. o bogu-rolniku Enkindu i bogu-pasterzu Dumuzi¹⁵. Podobnie w innych mitach sumeryjskich *Lachar i Asznan* oraz *Enki i porządek w świecie*, dwie lub więcej postaci staje przed mądrym sędzią, który rozstrzyga racje przeciwników i wynik sądu jest jednoznaczny: zwycięstwo rolnictwa nad pasterstwem¹⁶.

Zarówno w historii biblijnej Kain (rolnik) zabija Abła (pasterza), jak i w micie sumeryjskim sędzia wskazuje na wyższość boga-rolnika Enkindu nad bogiem-pasterzem Dumuzi i nie jest to przypadek, zrządzenie losu. Najnowsze badania początków cywilizacji¹⁷ przełomu paleolitu i neolitu wskazują na niezwykle znaczenie zmiany trybu życia paleolitycznych koczowniców-myśliwych. Nie było wtedy jeszcze pasterstwa w naszym rozumieniu, ale w paleolicie żywność pochodze-

¹⁵ Tam jednak nie ma zabójstwa, tylko wymienione są zalety boga-pasterza, por. Jakubiec C., *Pradzieje biblijne*, dz. cyt. s. 76–77. Podobnie ten sam autor, por. Genesis. Księga Rodzaju, dz. cyt., s. 91.

¹⁶ Dokładne badania literackie wskazują nie tylko na podobieństwo treści ale i na podobny układ opowiadania biblijnego i mitów sumeryjskich (składają się one z czterech części i cechują zadziwiającą zgodnością czy to w pojednaniu Kaina z Bogiem czy oddaniu się pokonanego sędownie przeciwnika swemu adwersarzowi), por. Synowiec J. S., *Na początku*, dz. cyt. s. 162–163.

¹⁷ Mam na myśli encyklopedyczne znaczenie cywilizacji (łac. *civilis*) jako „stanu osiąganego przez ludzkość dzięki postępowi ogłady i doskonalenia się pod wszelkimi innymi względami”, Szacki J., *Cywilizacja*, [w:] *Wielka Encyklopedia PWN*, t. VI, [red.] J. Wojnowski, Warszawa 2002, s. 278. W kontekście tego opracowania cywilizacji nie należy utożsamiać z kulturą, która razem z wytworami materialnymi, sztuką i religią jest raczej częścią szeroko pojętej cywilizacji. Pomocna może być też koncepcja cywilizacji jako relacji człowieka ze środowiskiem naturalnym, przy założeniu autora, że człowiek jest tożsamy z naturą, por. Fernández-Armesto F., *Cywilizacje. Kultura, ambicje i przekształcanie natury*, tłum. M. Grabska-Ryńska, Warszawa 2008, s. 20 oraz przyp. 7 tamże.

nia zwierzęcego zdecydowanie dominowała w diecie prehistorycznych wędrowców. Później, w warunkach osiadłych, hodowla zwierząt też stanowiła źródło pożywienia (obok wykorzystania mleka czy jajek), ale to uprawa pierwszych zbóż, ich magazynowanie, wypiek chleba i związany z tym rozwój człowieka neolitu stanowił o radykalnej jakościowej zmianie sposobu życia osiadłych rolników, później rzemieślników, kupców i mieszkańców miast¹⁸. Można więc stwierdzić, że historia konfliktu Kaina i Abla, zakończona „zwycięstwem” Kaina-rolnika jest literackim obrazem najważniejszej chyba w prehistorii przemiany człowieka: z niepewnego swego losu myśliwego-koczownika w osiadłego rolnika ze stałym źródłem pożywienia.

Chociaż pozornie opis biblijny wskazuje na pochodzenie Kaina i Abla od pierwszej pary ludzkiej (Adama i Ewy), współczesna egzegeza Księgi Rodzaju wskazuje jednak szereg szczegółów, które dowodzą, że pierwsze bratobójstwo nastąpiło w warunkach zorganizowanego życia społecznego: uprawa roli, pasterstwo, ustalony kult i istnienie wielu ludzi (potencjalnych mścicieli zabójstwa, których obawiał się Kain)¹⁹. A zatem tekst biblijny jest bardzo ciekawym zapisem antropologii nie tylko „pierwszej rewolucji neolitycznej” (zmiany trybu życia koczowniczego na osiadły), ale i mało znanych przemian społeczno-kulturowych w warunkach społeczności przedstarożytnych (późniejszy rozwój starożytnych cywilizacji Egiptu i Mezopotamii jest już znacznie lepiej udokumentowany materialnie). Poza danymi biblijnymi nie mamy z tych wcześniejszych okresów świadectw (może z wyjątkiem malowideł naskalnych) o rozwiniętych kulturach neolitu, dlatego analiza tamtych czasów na podstawie badań egzegetycznych stanowi interesującą antropologiczną wizję naszych pradziejów.

Badania egzegetyczne oraz nowoczesne analizy etnologiczne stanowią naukową podstawę twierdzenia, że w czasach biblijnego Kaina nastąpił rozwój pierwszych miast, stałych większych siedzib ludzkich (pomijając w tym miejscu dyskusje nad pojęciem „miasto” w najdalszej historii cywilizacji)²⁰, a to oznacza, że w genealogii Kainitów

¹⁸ Blandford L., Davidson P., Kamienie milowe cywilizacji, Olszanica 2010, s. 54.

¹⁹ Por. *Wprowadzenie w myśl i wezwanie ksiąg biblijnych. 1 Pięcioksiąg*, [oprac.] S. Wypych, Warszawa 1987, s. 62–63.

²⁰ „Być może budowniczym pierwszego miasta był jakiś potomek Kaina, a imię Irada pozostaje w związku z powstaniem pierwszego miasta na ziemi. Prawdopodobnie celowo przypisano Kainowi pierwsze miasto, ponieważ pobożni Izraelici uważali

(Rdz 4, 17–24) znajdujemy pierwszy opis rozwoju dojrzałej cywilizacji i kultury: początek sztuki („grający na cytrze i flecie”) i techniki („kowlstwo sporządzające wszelkie narzędzia z brązu i żelaza”). Samo pojęcie „kultura” pochodzi przecież z łacińskiego *cultus agri* („uprawa roli”), a więc Kain może symbolizować początek ludzkich wytworów materialnych. To nie jest sprawa tylko kultury rozumianej jako zakorzenienie człowieka w ziemi, historia Kaina i Abla przynosi także wiedzę o rozwoju techniki, o początku nauki, coraz większej ingerencji w przyrodę, poczynając od udomowienia niektórych gatunków zwierząt, po eksploatację bogactw naturalnych²¹. Pierwsze miasta, rozwój rzemiosła, narzędzi, później technologii – wszystko to stanie się ważnym przyczynkiem do rozwoju człowieka w XXI wieku.

Wspomniane walory życia osiadłego (rolnictwo, pasterstwo, duże skupiska ludzkie) to tylko zewnętrzny obraz przełomu paleolit/neolit. Znacznie bardziej interesujący wydaje się fakt organizacji religijnej tamtych społeczności, a to już stanowi istotny element najdawniejszych kultur, które – wbrew pozorom – nie były prymitywne i dzikie, ale zaawansowane duchowo. Bóg, któremu składano ofiary, jest tego najważniejszym dowodem i świadczy o wysokim poziomie religijnym najdawniejszych skupisk ludzkich. Dla autora prehistorii Izraela było oczywistym istnienie religii („jak bowiem nie ma ludzi bez religii, tak też nie ma religii bez ofiary”²²), bo nawet nie zastanawia się nad tym faktem, lecz od razu roztrząsa problem osobnych ofiar rolników i osobnych ofiar pasterzy. Mało tego, antropologicznie

miasto – wytwór cywilizacji – za wroga jahwizmu. Miasta kananejskie najdłużej się broniły i w miastach życie moralne było niskie, bo w mieście łatwiej niż w otwartym namiocie koczowników ukryć zło (np. Sodoma i Gomora). (...) Izraelici najpierw są koczownikami (Egipt i pustynia), a potem rolnikami, na wzór Kanaanejczyków (po zdobyciu Kanaanu przez Jozuego), ale naśladują nie tylko rolnictwo, lecz kultury kananejskie, czcząc ich bóstwa, więc gorliwsi Izraelici, prorocy chcą powrotu do życia koczowniczego (Jr 35, 18) – stąd deprecjacja «rolników». Księga Rodzaju. Wstęp – przekład z oryginału, dz. cyt., s. 231–233.

²¹ „Abel był pasterzem drobnego bydła (owiec i kóz), tym zajmowali się Izraelici w Kanaanie obok uprawy roli a Jabel był prekursorem tych, którzy mieszkają z trzodami (nie są zwykłymi pasterzami) i oznacza posiadanie większego bydła i wielbłądów, osłów – bogaty człowiek pustyni, na wpół koczownik, handlarz zwierzętami”, por. Gesenius G., Buhl F., *Hebräisches und aramäisches Handwörterbuch*, Leipzig 1921, s. 458, cyt. za: Księga Rodzaju. Wstęp – przekład z oryginału, dz. cyt., s. 232.

²² Genesis. Księga Rodzaju, dz. cyt., s. 82.

rzecz biorąc, człowiek tamtych czasów wcale nie różnił się od dzisiejszych ofiarników, ponieważ wzmianka, że Abel składał w ofierze „pierwociny ze swej trzody i z ich tłuszczu”, sugeruje, że Kain mógł składać ofiary gorsze (nie z pierwocin zbóż) – tak jak dziś człowiek nie jest do końca wierny swoim nadprzyrodzonym zobowiązaniom. A zatem Księga Rodzaju uczy nas nie tylko o niewątpliwym, naturalnym związku kultury z religią od najdawniejszych czasów, ale również pokazuje, jak różny może być człowiek w swych zobowiązaniach kulturowych (nie tylko religijnych), że „poznaje” przyjęcie lub nieprzyjęcie swoich ofiar poprzez późniejsze doświadczenie życiowe²³. Niezależnie od tego, czy dziś człowiek wierzy w Boga, czy nie wierzy, tak jak na początku istnienia przedstawiciel ówczesny Kain, tak i współczesny Kain reaguje na swoje niepowodzenia życiowe jednakowo: z jednej strony emocje sprawiają, że z zazdrości zmienia się jego oblicze, z przygnębieniem opuszcza głowę i jest gotów do największej zbrodni; z drugiej strony rozsądek, chłodny umysł przekonuje (w Biblii jest to głos Boga), że dobre postępowanie, odwrócenie się od zła spowoduje zmianę sytuacji życiowej i znów jego „twarz [stanie się] pogodna” (Rdz 4, 7).

ROLNIK KAIN I NOWOCZESNA TECHNOLOGIA

Przedstawiona antropologia Księgi Rodzaju okazuje się adekwatna do współczesnego obrazu człowieka zaawansowanych technologii, człowieka postępu nauki i przetworzonej przyrody, ale najciekawszy wątek o człowieku kryje się głębiej, nie tylko w prostym porównaniu życia rolników i pasterzy neolitu z obecnym stanem zmagania życiowych człowieka, jego techniki z przyrodą. Z punktu widzenia obecnych problemów cywilizacyjnych, o opisie zazdrości i wewnętrznych rozterek Kaina, o konflikcie rolnika z pasterzem można powiedzieć językiem biblijnym jako o demonach zmian, które dawniej czyhały na pierwotnych myśliwych decydujących się na uprawę roli a dziś straszą widmem wszechobecnej techniki, która pragnie zawłaszczyć dusze ludzi zagubionych w wielorakich, globalnych kryzysach. Dziś Kainem będzie nowoczesny technolog (biotechnolog) człowiek nauki, zwolennik postępu naukowego, a współ-

²³ Księga Rodzaju. Wstęp – przekład z oryginału, dz. cyt., s. 224–225.

czesnym Ablem będzie ekolog, obrońca przyrody, człowiek natury i kultury. Ten konflikt między rolnikiem, twórcą techniki a pasterczem, obrońcą wartości ludzkich jest w istocie problemem wpisanym w samą istotę człowieka wolnego i rozumnego.

Żeby nie być źle zrozumianym, tak jak rozwój rolnictwa, zastosowanie narzędzi i rzemiosło w Piśmie św. nie jest całkowicie potępione²⁴, tak też dziś nie należy oceniać negatywnie rozwoju technologii. Problemem jest zakłócenie równowagi między rozwojem rolnictwa i wykorzystaniem pastwisk oraz dominacja technologii nad środowiskiem naturalnym człowieka. Inaczej mówiąc, chodzi bardziej o konflikt między technologią a kulturą²⁵ niż między człowiekiem techniki (w sensie rolnictwa) a człowiekiem natury (w sensie pasterstwa). Można się zgodzić z cytowanym autorem, że narzędzia i technika stanowią z rzemieślnikiem i technikiem oczywistą całość. W rozumieniu Postmana kultury dzielą się na trzy typy: kultury narzędziowe, kultury technokratyczne i kultury technopolistyczne (technopole). Z tych trzech do XVII wieku dominowały na świecie kultury posługujące się narzędziami, niezależnie czy chodziło tylko o garnki gliniane i włócznie czy o złożone narzędzia wykorzystujące energię wody, energię węgla czy siłę koni. Cechą tych narzędzi jest po pierwsze ułatwienie życia ludziom, lepsza uprawa roli (pług), zastąpienie siły ludzkich mięśni (wiatraki i młyny); po drugie, narzędzia i ich wytwory służyły sztuce, polityce, rytuałom i religii (zamki, pałace, katedry i zegar mechaniczny). W obu przypadkach wszystkie te narzędzia były wkomponowane w życie ekonomiczne, społeczne i religijne, nie niszczyły kultury w sensie niematerialnym, nie zmieniały tradycji, wiary, organizacji społecznej²⁶. Techniki tamtych czasów nie można więc oceniać negatywnie

²⁴ Bóg wprawdzie ukarał Kaina pozbawiając go roli na której pracował, ale zarówno zadanie uprawy ziemi zlecone Adamowi, jak i zgoda na działalność rolniczą sprzed zabójstwa Abela pozwalają sądzić, że osiadły tryb życia i praca na roli nie była pozbawiona wartości u samego początku stworzenia człowieka. Por. Synowiec J. S., *Na początku*, dz. cyt. s. 165.

²⁵ Odnoszę się w tym miejscu do pracy Neila Postmana, w której nie sama technika jest w zwycięskim konflikcie z kulturą, ale jej wszechpotężna, globalna, zagrażająca człowiekowi forma – technopol „technika myśli za nas”, por. Postman N. *Technopol. Tryumf techniki nad kulturą*, tłum. A. Tanalska-Duleba, Warszawa 2004.

²⁶ Tamże, s. 36–37. „Nawet w przypadku techniki militarnej idee duchowe i zwyczaje społeczne działały jak siły kontrolujące [rozwój techniki, przyp. mój: J.B.] (...). Papież Innocenty II pod groźbą kary klątwy zabronił użycia śmiertelnie groźnej kuszy.

tym bardziej, że – zwłaszcza w średniowiecznej Europie – stała ona na bardzo wysokim poziomie i była zintegrowana ze światem wartości, metafizyki i szeroko pojętej kultury.

Inaczej jest już z postmanowską technokracją, w której narzędzia i później maszyny zaczynają odgrywać wiodącą rolę w ideałach i wartościach kultury. „Świat społeczny i świat symboliczny stają się w coraz większej mierze obiektem żądań ze strony stale doskonalonych narzędzi. Narzędzia nie integrują się z kulturą; one kulturę atakują. Głoszą, że same są kulturą. W rezultacie tradycja, moralność społeczna, mit, polityka, rytuał i religia muszą walczyć o życie”²⁷. Kultura, wszystko co ludzkie, społeczne i metafizyczne okopuje się na pozycjach obronnych, nie panuje nad wytworami człowieka, nie kontroluje techniki, nie jest jak dawniej zintegrowana ze światem materialnym. Jeszcze gorzej w technopolu, przed którym kultura i człowiek już tracą pozycje obronne i są zmuszeni do odwrotu, a w naszych czasach często do panicznej ucieczki.

Technopol to jeszcze głębsze wtargnięcie techniki do tradycyjnej kultury, to już stan nowej „kultury”, nowego umysłu, deifikacji techniki, która satysfakcjonuje kulturę i rozkazuje kulturze²⁸, oczywiście kosztem starego porządku społecznego, starych wzorców, tradycji, moralności i religii, które zostają odrzucone na rzecz nowej „wiary” w postęp techniczny, cuda informacji i wolność nowoczesności. Tworzy się nowy porządek świata, w którym już nie ma śladu ani rajskiego ogrodu Adama i Ewy, ani domu Kaina i Abla, ani nawet miejsca dla człowieka epoki technicznej, która skończyła się w chwili, gdy na scenę historii świata wkroczyła technokracja. Jako umowną granicę czasu, w którym kończy się technika przyjazna człowiekowi i dająca bezpieczeństwo dla Ablowi a zaczyna technologia (technokracja) konkurująca z kulturą i popychająca Kaina do decyzji wbrew jego naturze rolnika, można przyjąć początek nowożytności, czas życia i działalności Franciszka Bacona (1561–1626), twórcy

Broni tę uznano za «nienawistną Bogu» i dlatego nie wolno nią było walczyć z chrześcijanami. To, że można jej było użyć przeciwko muzułmanom i innym niewiernym, nie zmienia faktu, iż w kulturze posługującej się narzędziami technika nie jest postrzegana jako autonomiczna, lecz stanowi przedmiot jurysdykcji pewnych wiążących systemów społecznych lub religijnych”. Tamże, s. 38.

²⁷ Tamże, s. 43.

²⁸ Por. tamże, s. 91

„nowej metody dla nowej nauki”²⁹. Jeszcze długo przed rewolucją przemysłową idee głównego dzieła Bacona – *Novum Organum* przecierały szlaki w takich zastosowaniach maszyn i techniki, aby złamać dominację przyrody, pokazać siłę ludzkiego rozumu oraz uczynić życie ludzkie wolnym od wszelkich trosk i potrzeb³⁰.

Chociaż wcześniejsze wysiłki całych pokoleń również zmierzały to tworzenia wynalazków i narzędzi poprawiających warunki życia, nowość technologii, biotechnologii, technokracji i technopolu polega na odrzuceniu wartości moralnych, duchowych i kulturowych. Maszyny już nie służą człowiekowi, ale stają się same w sobie równie ważne jak człowiek, a z czasem od niego ważniejsze. Postęp nauki i techniki tylko w założeniu miał ulżyć doli człowieka, ważniejsze było, aby stworzyć technologiczne narzędzia władzy, niezależności i przyjemności. Czy to nie przypomina biblijnego demona, który czał się u stóp Kaina? Czy to nie zazdrość, pycha i poczucie siły rolnika doprowadziły do zabójstwa brata, którego pasterskie „narzędzia” bardziej jednoczyły z przyrodą niż pozwalały na panowanie nad środowiskiem?

Pozostając w obszarze rozważań Postmana, trzeba wyróżnić trzy środki, którymi technopol nie tylko kontroluje informację, ale niszczy „człowieka w człowieku”³¹: biurokrację, specjalizację i zaawansowane narzędzia techniczne. Z rozbudowaną administracją, ze zniechęconą chyba przez wszystkich biurokracją człowiek miał pewnie do czynienia od czasów budowy piramid, ale nie sam system (skoordynowanej serii technik służących do przetwarzania informacji) jest tu „piętnem Kaina” technopolu. Przeciwno człowiekowi biurokracja przeciwstawia się wówczas, gdy zamiast służyć instytucjom społecznym, przekształca się w bezosobową, formalną i autonomiczną metainstytucję, która służy samej sobie, nie zależy od żadnej

²⁹ Magee B., *Historia filozofii*, tłum. D. Stefańska-Szewczuk, Warszawa 2000, s. 74.

³⁰ „Bezsprzecznie największą przeszkodę na drodze do postępu nauk oraz podejmowania przez nie nowych zadań i obejmowania nowych dziedzin, stanowi brak wiary ludzi we własne siły i przeświadczenie o niewykonalności zadań. Ludzie bowiem roztropni i poważni – biorąc pod uwagę tajemniczość przyrody, kruchość życia, złudzenia zmysłów, niepewność sądu, trudności eksperymentów itp. – nie dowierzają zwykle tego rodzaju przedsięwzięciom”. Bacon F., *Novum Organum*, tłum. J. Wikarjak, Warszawa 1955, s. 122.

³¹ Por. *O człowieka w człowieku – epokowa rola nauki, sztuki, techniki i kultury w urzeczywistnieniu tego wyzwania*, [red.] Z. Łomny, Opole 2000.

siły politycznej, społecznej, religijnej czy moralnej, lecz uzasadnia swoje istnienie założeniem, że wydajność, zysk i nieograniczony rozwój stanowi najważniejszy cel istnienia³².

Podobnie jest ze specjalizacją. Bez specjalistów nie powstałyby rzymskie akwedukty i gotyckie katedry, ale specjalizacja technopolu wiąże się z ignorowaniem przez specjalistów wszelkich innych dziedzin poza ich własną, przy jednoczesnej pretensji, aby kierować przez specjalistów nie tylko sprawami technicznymi, ale także społecznymi, psychologicznymi, etycznymi czy nawet duchowymi. Zamiast dawnych obiektywnych autorytetów mistrzów, którzy widzieli więcej niż materialny mechanizm techniczny, technopol stworzył specjalistów, którzy na wszystkim się znają, ale nic nie rozumieją ze świata. Z punktu widzenia współczesnych eksperymentów edukacyjnych, ekonomicznych i społecznych trzeba zgodzić się z Postmanem, że mogą istnieć specjaliści od lotów kosmicznych i systemu kanalizacji ale wszystko co wykracza poza „użycie maszynierii technicznej” i „gdzie wydajność na ogół nie ma nic do rzeczy” (edukacja, prawo, życie rodzinne, problemy psychiczne, zdobywanie przyjaciół), nie można poddać specjalizacji³³.

Zaawansowane narzędzia techniczne, zwłaszcza elektroniczne, komunikacyjne to jeszcze jedna cecha technopolu, który już na naszych oczach ukazuje, jak doprowadzić do upadku kultury, sztuki i religię oraz zniszczyć to, co najpiękniejsze w człowieku³⁴.

Nawet ten krótki zarys historii rozwoju techniki pokazuje ewolucję człowieka zafascynowanego coraz bardziej złożonymi narzędziami, maszynami i pozwala widzieć w tych przemianach biblijnego Kaina, który skuszony demonem postępu niszczy relację z Bogiem, z bratem (drugim człowiekiem) i ze swoją rolniczą naturą. Można Kaina widzieć w budowniczych starożytnych miast, w twórcach wiszących ogrodów i konstruktorach średniowiecznych zamków, ale jest również coś kainowego (w sensie niespokojnego ducha, dumnego odkrywcy i wynalazcy) we Franciszku Baconie i innych nowożytnych rewolucjonistach nauki. Można też powiedzieć, że dziś trop Kaina

³² Por. Postman N., *Technopol*, dz. cyt. s. 104–107.

³³ Por. tamże, s. 109–110.

³⁴ Por. uzależnienie od Internetu, uzależnienie od telefonu komórkowego, Guerreschi C., *Nowe uzależnienia*, przeł. A. Wieczorek-Niebielska, Kraków 2006.

– wygnańca do kraju Nod – prowadzi do laboratoriów biotechnologów i inżynierów, gdzie powstają nowe ułatwienia życia ludzkiego, ale i nowe technokracje czy nawet technopole.

PASTERZ ABEL I WSPÓŁCZESNA KULTURA

Zaznaczony wyżej konflikt między Kainem – rolnikiem, twórcą techniki a Ablem – pasterzem, obrońcą wartości ludzkich, współczesnym obrońcą przyrody i kultury wymaga prześledzenia również historii Abela, który chociaż jako osoba stracił życie z ręki brata, żyje nawet w naszych czasach jako symbol pewnej postawy życiowej w postaciach ekologów, ludzi zatroskanych o kulturę, wartości i o wszystko, co składa się na pojęcie człowieczeństwa.

Niektórzy antropolodzy uważają, że oddzielenie człowieka od techniki i przyrody jest nieznaczące. Wprawdzie odniesienie do Arystotelesa wyraźnie suponuje klasyczną opozycję między naturą a techniką, ale już nowożytnie refleksje antropologiczne wyraźnie pokazują „naturalne «splątanie» człowieka, przyrody i techniki”³⁵. Dziś, w kontekście nie tylko nowoczesnego ewolucjonizmu, ale i w duchu filoanimalistycznych ruchów obrońców zwierząt i sprzeciwu wobec „szowinizmu gatunkowego”³⁶, swoistym paradygmatem ponowoczesności staje się równość człowieka ze zwierzętami i ontologiczne przenikanie się świata ludzkiego ze światem przyrody. W relacji człowieka do techniki kładzie się też cieniem Heideggerowska „nietechniczna istota techniki”³⁷, tak że współczesny Abel może być zarówno hodowcą owiec w gospodarstwie agroturystycznym w Beskidach, wojowniczym ekologiem, obrońcą zwierząt w starciu z wielkimi statkami wielorybniczymi, jak i uosobieniem św. Franciszka z Asyżu, który w swojej duszy pasterza i humanisty wszędzie

³⁵ Szczuciński A., *Naturalne „splątanie” człowieka, przyrody i techniki*, [w:] Świat natury i świat techniki, [red.] D. Sobczyńska, A. Szczuciński, Poznań 2006, s. 15–25.

³⁶ Jest to teza klasyka tematu, bioetyka Petera Singera, który na tezie o równości zwierząt nie tylko zrobił zawrotną karierę naukową i medialną, ale na trwałe wprowadził zamieszanie w tradycyjną hierarchię bytów ożywionych, por. Singer P., *Wyzwolenie zwierząt*, tłum. A. Alichniewicz, A. Szczęsna, Warszawa 2004.

³⁷ Por. Heidegger M., *Technika i zwrot*, tłum. J. Mizera, Kraków 2002; cyt. za: Szczuciński A., *Naturalne „splątanie” człowieka, przyrody i techniki*, dz. cyt., s. 20.

widzi ślady Boga Stwórcy. W tych wszystkich wcieleniach Abel XXI wieku jest przede wszystkim człowiekiem kultury, rozumianej jako całością wytworów ducha ludzkiego i – parafrazując cytowane źródło – różni się od Kaina tym, że chce kontemplować rzeczywistość bez względu na to, jak wykorzysta do tego narzędzia techniczne, że przede wszystkim najważniejszą cechą świata, przyrody i człowieka jest jego metafizyka (filozofia pierwsza według Arystotelesa, 384–324 r. przed Chr.) i że jako ten, który medytuje nad istotą kultury, nie chce zmuszać przyrody do zdradzania jej sekretów ani tym bardziej opanować i zniszczyć naturalnego środowiska życia człowieka³⁸.

Z historycznego punktu widzenia starożytny i średniowieczny Abel był przede wszystkim człowiekiem kultury chrześcijańskiej. Dziś usilnie deprecjonuje się znaczenie tych wartości, próbuje zastąpić je kulturą nowożytną, ale nawet liberalne środowiska będą z czasem musiały przyznać, że kultura chrześcijańska, zwłaszcza w wydaniu zachodniej cywilizacji średniowiecznej wyniosła człowieczeństwo, moralność, naukę, sztukę, architekturę i inne dziedziny kultury na wyżyny doskonałości.

Trzeba wziąć pod uwagę przede wszystkim początki nauk humanistycznych, które zbudowały najpełniejszy, jak dotąd, obraz człowieka z jego niezwykłością, godnością i wielkością, i które też wpływały później na nauki ścisłe, techniczne. Nie w okresie renesansu czy oświecenia, ale już w XII wieku w Europie okrzepły pierwsze uniwersytety w Bolonii, Paryżu i Oxfordzie, których znaczenia dla nauki nowożytnej i ponowożytnej nie da się przecenić. Abel, z racji swego semickiego pochodzenia, może być tutaj także reprezentantem filozofii i kultury muzułmańskiej, która z całą cywilizacją arabską inspirowała i ubogacała tłumaczeniami starożytnych świat średniowiecza chrześcijańskiego³⁹. Dlatego źródeł europejskiej idei *universitas* należałoby szukać jeszcze wcześniej: w X lub nawet

³⁸ Por. Lekka-Kowalik A., Merecki J., Od Redakcji. W poszukiwaniu właściwej miary dla nauki, „Ethos” 4 (44) 1998, Etyka badań naukowych, s. 5. Nawiązanie do Arystotelesa na podstawie jego *Metafizyki*, księga [A] I. 1, 980 a.

³⁹ Por. Micheau F., *Instytucje naukowe na średniowiecznym Bliskim Wschodzie*, [w:] *Historia nauki arabskiej*, t. 3. Technika, Alchemia, nauki przyrodnicze i medycyna, [red.] R. Rashed, R. Morelon, przeł. J. Kozłowska, K. Pachniak, Warszawa 2005, s. 239–245.

w VIII wieku na Półwyspie Iberyjskim⁴⁰. Bogactwo kultury i sztuki muzułmańskiej, niezależnie od rozwoju nauki wspierającej technikę i wynalazki użytkowe, jak najbardziej jest częścią kultury całego średniowiecza⁴¹.

Skoro mowa o walorach klasycznego, europejskiego uniwersyte- tu średniowiecznego, spójrzmy na filozofię i teologię, wcale nie jed- ne dziedziny ówczesnej wiedzy, które są ważne nie tyle ze względu na tematykę studiów, ile ze względu na scholastyczną metodę nau- kową stosowaną w zgłębianiu tajemnic świata i człowieka oraz prze- kazywaniu odkrytej wiedzy uczniom przez mistrza. I chociaż znów ujawniają się uprzedzenia związane ze scholastyką jako skostniałą, nudną i niepraktyczną dziedziną „liczenia aniołów na ostrzu szpilki” – tak czasem ukazuje się w wieku internetu i lotów kosmicznych śred- niowieczną scholastykę teologiczną – średniowieczne uniwersytety wypracowały scholastykę jako niezwykłą praktykę przemysłów ro- zumowych, logicznych i dialektycznych. To była po prostu szkoła wnikliwego, ścisłego myślenia, która uczyła studentów wykrywania błędów w rozumowaniu, w analizowaniu i formułowaniu mocnych argumentów. Dialektyka, w późniejszych stuleciach stosowana w fi- lozofii (z różnym powodzeniem), nigdy nie osiągnęła takiej biegłości i skuteczności jak na uniwersytetach średniowiecznych. Bada- nie przeciwstawnych stanowisk poprzez rozumowe dowodzenia, wykorzystanie narzędzi logicznych i retorycznych faktycznie pozwa- lało na stworzenie nowoczesnej cywilizacji, którą się szcycimy i która już w XIII wieku próbowała poznać i zrozumieć świat maksymalnie wykorzystując sam tylko rozum ludzki⁴².

⁴⁰ Władcy muzułmańscy Al-Andalus (Hiszam I: 788–796 i al-Hakam: 796–822) w państwie muzułmańskim na terenie dzisiejszej Hiszpanii wspierali rozwój nauki i kultury na wysokim poziomie, a za czasów pierwszego kalifa Abd ar-Rachmana III (912–961) powstał w Kordobie pierwszy uniwersytet w Europie (935). Nauczano tam islamu oraz matematyki, astronomii, geografii, medycyny i botaniki. W Kor- dobie istniało ponad 70 bibliotek, a prywatna biblioteka kalifa miała 400 tys. wolu- minów. Por. „Extra 21 Wiek”, lato 2012, s. 48.

⁴¹ Por. Pachniak K., *Nauka i kultura muzułmańska i jej wpływ na średniowieczną Europę*, Warszawa 2010, s. 217–245.

⁴² Por. Woods T. E. Jr, *Jak Kościół katolicki zbudował zachodnią cywilizację*, Kraków 2006, s. 63–69. Nie można w tym miejscu nie porównać współczesnych studentów bezmyślnie wypełniających testy i kwestionariusze ze studentami średniowiecz- nymi, zaprawionymi w racjonalnym myśleniu, z upodobaniem stosującymi sztukę

W metaforze biblijnego Abła można doszukiwać się też idei uporządkowania, harmonii między człowiekiem i światem, między duchem i materią, między rozumem i wiarą. Gdyby Abel dożył w jakiś cudowny sposób do XII wieku, mógłby przybrać postać włoskiego poety, filozofa i polityka Dantego Alighieri (1265–1321), który w swojej *Boskiej komedii* przedstawia harmonijnie ułożony wszechświat⁴³. Albo – jeszcze lepiej – Abel mógłby zostać św. Franciszkiem z Asyżu, bo łączyło ich takie samo spojrzenie na świat. Nawet pasterstwo jest tutaj czymś wspólnym, ponieważ do dziś Franciszek jest symbolem wolności, umiłowania poezji świata i niematerialnego spojrzenia na przyrodę, piękno, dobro i mądrość dla ludzi, którym bliższe jest porównanie do niewinnego jagnięcia niż drapieżnego wilka. Najlepiej święty z Asyżu oddał tę antropologię pasterską w swoich pismach, z *Pieśnią słoneczną* na czele⁴⁴. Chodzi o alternatywę dla współczesnego świata postępu, rozwoju i konsumpcji, którą jest wizja braterstwa stworzeń, godności człowieka, jego służby przyrodzie. Co do analogii z pasterzem Ablem, we franciszkańskiej hagiografii średniowiecznej można znaleźć fragmenty o dobrym pasterzu – Franciszku, który wzruszał się niedolą niewinnej owcy i potrafił też na to zareagować⁴⁵.

argumentacji i ocenianymi na podstawie logicznych dyskusji z profesorem. Gdzie tu jest „zacofane średniowiecze”? „Dzięki zaawansowanym kursom logiki, średniowieczni studenci świadomi byli wszelkich językowych subtelności i pułapek obecnych w prowadzeniu argumentacji. Stąd też w edukacji uniwersyteckiej podkreślano znaczenie i przydatność rozumowania”. Grand E., *God and Reason in the Middle Ages*, Cambridge 2001, s. 184; cyt. za: Woods Th. E. Jr, *Jak Kościół katolicki*, dz. cyt., s. 64.

⁴³ Dante zwiedzając niebo, przedstawia doskonale ułożony świat, pokazuje moc rozumu i filozofii, mistykę, potęgę miłości i świętość. Jego *Boska komedia* odzwierciedla usystematyzowaną i opartą na rozumie średniowieczną ideę syntezy Boga, przyrody, świata i człowieka, a to wszystko prześwietlone jest wewnętrzną racjonalnością, por. Hill J., *Co zawdzięczamy chrześcijaństwu?*, przeł. P. Borkowski, Warszawa 2007, s. 175–176.

⁴⁴ Poetycki opis Boga, człowieka i przyrody jest ciągle aktualnym sposobem na zniszczone, zatrute i przetworzone przez wieki zwierzęta, rośliny, surowce ziemi, bogactwo mórz i piękno krajobrazu. *Pieśń słoneczną* wraz z innymi pismami świętego można znaleźć pod adresem: <http://www.ofm.pl/pisma/spis.htm> (11 IV 2013).

⁴⁵ Źródła przytaczają historię nowonarodzonego jagnięcia zagryzionego przez okrutną świnię. Wzruszony św. Franciszek opłakiwał śmierć jagniętka i zapowiedział, że szkodliwa świnia będzie przeklęta. Rzeczywiście wkrótce zwierzę zdechło, zostało porzucone i nie stało się pokarmem dla żadnego stworzenia. Opowiadanie miało sens dydaktyczny dla ludzi pobożnych i wiernych, wskazując moc sługi Bożego i jego władzę nad naturą zwierząt. Ta niezwykła postawa prostoty i niewinności świętego

Niekiedy zbyt osładza się opowiadania o św. Franciszku, a przecież to postać historyczna, z konkretnym życiorysem, zmagająca się z materialistycznym, zimnym i wyrachowanym światem schyłku średniowiecza; w jego działalności mamy wątki teologiczne, filozoficzne, społeczne i – mówiąc naszym językiem – ekologiczne. Nie był to jednak bojownik Greenpeace`u ale człowiek, który ekologię rozumiał znacznie głębiej, w takim otwarciu się na świat wszystkich istot żywych, aby w relacjach z całym stworzeniem szukać rozwiązań duchowych, trwałych i uniwersalnych. W tej kontemplacji natury, przyrody Franciszek przede wszystkim pokazywał wzór dla relacji międzyludzkich, troski o słabych, chorych i wykluczonych, budowania przyjaźni i miłości, życzliwości i zaufania. Wczytując się w poszerzoną Franciszkową, przyrodniczą koncepcję społeczności ludzi i zwierząt znajdujemy wskazania dotyczące nowej, bardziej braterskiej i wewnętrznej wspólnoty ludzkiej, o wyższym niż wcześniej w średniowieczu, poziomie moralnym. W ten sposób, wychodząc z kontemplacji tajemnic przyrody święty z Asyżu zbudował fundament nowej społeczności ludzkiej, opartej w przyszłości nie tylko na prawach i wolnościach człowieka, humanizmie nowożytnym i wartościach demokratycznych ale – co dziś ciągle jest jeszcze w skali ogólnoludzkiej postulatem do zrealizowania – wyborze przez każdego człowieka skromnego sposobu życia.

To nie tylko postulaty ekologiczne, to jest również obrona kultury, czyli poza środowiskiem przyrodniczym troska o zdobycze wielowiekowych tradycji cywilizacji judeochrześcijańskiej, zachodniej i europejskiej. W naszych czasach bardzo dobrze ujął to Jan Paweł II w podobnej do franciszkańskiej⁴⁶ wizji cywilizacji miłości: bardziej

jest tłumaczona w życiorysie Franciszka jako odbicie tych samych cech u owiec, które mają niezwykle odniesienie do symboliki Chrystusa – niewinnego Baranka i najlepszego Pasterza. Por. Bonawentura św., Życiorys Większy świętego Franciszka (rozdz. VIII 6, 4–11; 7, 1–11) [w:] Źródła franciszkańskie. Pisma św. Franciszka. Źródła bibliograficzne świętego Franciszka. Pisma św. Klary i źródła biograficzne. Teksty ustalające normy dla Braci i Sióstr od Pokuty, Kraków 2005, s. 903–905.

⁴⁶ Myśl św. Franciszka kontynuują dziś liczne inicjatywy i stowarzyszenia społeczno-religijne, np. Ruch Ekologiczny Świętego Franciszka z Asyżu. W deklaracji programowej czytamy m.in.: „Według socjologicznego kryterium stylu działania można go zaliczyć do grup, które powstały w celu prowadzenia działalności długofalowej, obejmującej wiele problemów ekologicznych i zmierzającej do zasadniczych zmian społecznych. Ale jego uczestnicy zawsze akcentowali tzw. «małą drogę», prowadzącą od kształtowania indywidualnych postaw proekologicznych do konkretnych działań.

być niż mieć, „w pierwszeństwie etyki nad techniką, w prymacie osoby w stosunku do rzeczy, w pierwszeństwie ducha wobec materii”⁴⁷. Można chyba powiedzieć, że w tych wszystkich ideałach zawiera się również duch biblijnego Abla.

KAIN I ABEL W JEDNYM STALI DOMU, CZYLI KONFLIKT CZŁOWIEKA TECHNIKI I CZŁOWIEKA KULTURY?

Tak jak w bajce Fredry o Pawle i Gawle przez cały utwór wyczuwamy ciągłe napięcie, nieusuwalny konflikt dwóch temperamentów, tak w historii Kaina i Abla można zauważyć zmaganie dwóch światów, dwóch sposobów myślenia; dwa podejścia do życia. To jest właściwie problem wpisany w istotę człowieka wolnego i rozumnego, który wybiera, decyduje i osądza według sobie znanych kryteriów. Jednak poza przedstawioną biblijną antropologią istoty człowieka w naszych czasach może bardziej intryguje zderzenie postaw z obszaru antropologii kultury: między człowiekiem techniki, eksploratorem bogactw ziemi, przetwórcą materii – jak biblijny rolnik, Kain – a człowiekiem kultury, poszukiwaczem wartości duchowych, mistykiem przyrody – jak biblijny pasterz, Abel. Oczywiście, nie sposób w krótkim opracowaniu szukać radykalnych sposobów na pokonanie zazdrości, rywalizacji i rozwiązanie konfliktów między technokratami ziemi a ekologami ducha, ale analizując historię sprzed trzech tysięcy lat, można niektóre wnioski z historii Kaina i Abla wykorzystać do współczesnych dylematów technologów żywności, zootechników, biotechnologów (ludzi bliższych kształtowaniu ziemi, technologii) z jednej strony oraz ogrodników i leśników (ludzi bliższych trosce o rośliny i ochronie przyrody) z drugiej strony⁴⁸.

Miało to wyrazić hasło «Ekologia zaczyna się od serca» i znaczek Ruchu, w którego centralnym miejscu znajduje się serce niesione przez duchowego syna św. Franciszka, który poprzez symboliczny zielony liść jest trwale zjednoczony ze światem stworzeń”. <http://refa.franciszkanie.pl/index.php?id=onas/onas> (5 IV 2013).

⁴⁷ Jan Paweł II, Encyklika *Redemptor hominis*, [w:] Encykliki Ojca Świętego Jana Pawła II, Kraków 1997, s. 42.

⁴⁸ To jest porównanie bardzo niedoskonałe, bo nie można dziś dosłownie doszukiwać się odniesień do dawnych rolników i pasterzy we współczesnych dziedzinach akademickich, ale chodzi bardziej o dwa sposoby podejścia do nauk przyrodniczych (bardziej technologiczne i bardziej ekologiczne). Myśl ta znajdzie swoje rozwinięcie w końcowej części opracowania.

Problem konfliktu/symbiozy technologii i kultury nie jest nowy, ale chodzi tu o inny sposób podejścia do tej kwestii. Nie ma nic do rzeczy rozwiązanie sporu między współczesnymi rolnikami i pasterzami ani określenie kategorii moralnej, czy lepsza (gorsza) jest technologia czy ekologia. Należałoby raczej postawić pytanie, czy człowiek techniki może być jednocześnie człowiekiem kultury i odwrotnie. Współczesny rozwój cywilizacji bez względu na to, jakie mamy do niego zastrzeżenia, będzie ciągłym zmaganiem dwóch światów: dawnej kultury, tradycji, wartości duchowych oraz nowych technologii, trudnych wyzwań społecznych, rosnącej konsumpcji, więc na współistnienie technologii i kultury jesteśmy raczej skazani. Gdzie zatem szukać rozwiązań, czy raczej jak ocalić w tym wszystkim człowieka?

Rzeczywiście o człowieka tu chodzi, a nie o technologię czy kulturę. W opisie biblijnym po zabójstwie brata Kain był ważny już nie jako rolnik czy pasterz, ale jako człowiek. Najpierw zasmucony, zły, mściwy, a później przerażony, skruszony, załamany. Co ważniejsze, człowiek, który dokonał złego wyboru (między technologią a przyrodą), nie został ukarany śmiercią. Kain wyraźnie jest tylko skarcony, uznał swoją winę za popełnione zło, został napiętnowany za śmierć brata, miał żyć i tułać się, to znaczy musiał nadal wybierać między dobrem a złem⁴⁹. Czytamy w Księdze Rodzaju, że Kain zakłada miasto, że jest twórcą cywilizacji, a więc nie tylko twórcą techniki, wynalazków i prekursorem przekształcania ziemi, ale też i twórcą kultury, społeczeństwa, całej historii. Zanim dojdzie do powstania miast i cywilizacji, analiza biblijnej antropologii uczy dziś nas, zagubionych w kryzysie ekonomiczno-moralnym (a więc w sferze zarówno techniki, jak i kultury), jeszcze jednej rzeczy: mianowicie bez względu na to, jakie będą nasze wybory, w sumieniu każdego człowieka zawsze będzie czaić się pokusa przekroczenia granic naszej natury⁵⁰. I nie ma, zdaniem mądrości starożytnych, innego sposobu obrony przed złem, przekroczenia granic człowieczeństwa, jak tylko profilaktyka, zapobiegawcza ochrona przed różnymi demonami technopolu czy ekologizmu. Jest to lepsza taktyka

⁴⁹ Por. przyp. 9.

⁵⁰ Jak podano w pierwszej części niniejszego opracowania, w językach starożytnego Wschodu zagrożenie osoby ludzkiej jest porównane do leżącego, niebezpiecznego, gotowego do ataku dzikiego zwierzęcia (hebr. *rōbēs*, akad. *utug-rabiszu* – demon), podczas gdy człowiek powinien panować nad tym demonem przy pomocy – jak określa to język hebrajski: *ṯētib* – dobrego działania, dobrej wewnętrznej intencji, pragnienia dobra, miłości, sprawiedliwości; por. również przyp. 15.

walki o człowieka niż łagodzenie skutków złamania zakazów, ratowanie już dokonanych zniszczeń w człowieku.

Warto zwrócić uwagę, że demon czatujący na człowieka u początku naszej cywilizacji i na obecnym etapie rozwoju naszej technologii i kultury grozi przekroczeniem granic nie tylko w zakresie wytworów materialnych, władzy maszyn nad człowiekiem, nie tylko w technopolu, ale także w obszarze różnych utopii, fikcji społecznych i totalitaryzmów ekologicznych. Współczesny człowiek może równie dobrze przesadzić w rabunkowej eksploatacji bogactw naturalnych, jak i w tworzeniu radykalnych koncepcji ekologistycznych, ubóstwieniu przyrody. Każdy sztuczny raj (technologiczny i ideologiczny), w którym nie będzie właściwego miejsca dla prawa naturalnego, godności człowieka i właściwej hierarchii wartości, skończy się tak jak dramatyczne historie biblijne i nowożytny eksperymenty społeczne⁵¹.

W istocie historia cywilizacji, historia „rolników” i „pasterzy”, nawet historia każdego człowieka wszystkich czasów jest powtarzalnym doświadczeniem wyboru dobra i zła. Każdy, bez wyjątku, musi w pewnym momencie życia przeprowadzić eksperyment w swoim sumieniu, przy którym czyha jakiś demon. To eksperyment z „być” i „mieć”, poszukiwanie swojej drogi, ciekawość świata, przejście od poznania do panowania (to przyczynek do kolejnej historii biblijnej...). To eksperyment zarówno w skali jednego życia, jednego człowieka, jak i w skali globalnej – na co stać jeszcze ludzkość i w obszarze technologii i w obszarze kultury?

POSTULAT PERSONALISTYCZNY. „TRZECIA DROGA” W EKSPERYMENCIE CZŁOWIEKA Z TECHNOLOGIĄ I KULTURĄ

Biblijnego Kaina i Abła nie można ograniczyć tylko do jednego pola ani tylko do jednego pastwiska. Również współczesny człowiek okazuje się większy zarówno od techniki (materii), jak i od przyrody (kultury) i chociaż wokół krążą liczne demony postępu, utopii systemów, doskonałej techniki i absolutnej wolności, ostatecznie najważniejszą okazuje się osoba ludzka. To człowiek ostatecznie wybiera i ponosi konsekwencje swoich wyborów.

⁵¹ Por. Kamińska J., *Nowe wspaniałe światy. Współczesne projekty doskonałego społeczeństwa*, Kraków 2012.

Jeśli nie można wskazać, która z części naszej cywilizacji jest ważniejsza (techniczna czy humanistyczna), jeśli zarówno technologii jak i kultury nie można ocenić jednoznacznie dobrze lub źle, to może zwrócić uwagę na „trzecią drogę”, na człowieka, który jest przeciwieństwem centralnym elementem dla całej cywilizacji, wszystkich jej wytworów materialnych, przetwarzanej przyrody i duchowych idei. Rzecz w tym, że nie jest to element przedmiotowy, ale podmiotowy. Człowiek jest osobą, i to niezwykle w swojej naturze (cielesno-duchowej), swojej istocie (wolnej i rozumnej) i w swoich dziełach (wspinających i przerażających...).

Personalistyczny opis człowieka jako element zakreślonej tu antropologii⁵² wydaje się optymalnym rozwiązaniem konfliktu technologia – kultura (której archetypem, wzorem mogą być biblijne postacie Kaina i Abla). W tym niekończącym się eksperymencie ciągłych wyborów dobra i zła poszczególnych ludzi, wielkości i upadków całych społeczności ludzkich, zmagania między „być” i „mieć”, kolejnych form cywilizacji tylko kryterium normy personalistycznej pozwoli na pogodzenie w nas rolnika i pasterza. Chyba nie trzeba przekonywać, że dalsza eskalacja napięcia między technologią a kulturą doprowadzi do zniszczenia naszego świata i do ponownego „wzgnania z raju”.

Norma personalistyczna nie jest w filozofii człowieka czymś nowym. Personalizm jako kierunek w koncepcjach humanistycznych pojawił się już w starożytności⁵³, ale jego najbardziej adekwatną do obecnych czasów formę (w postaci personalizmu tomistyczno-fenomenologicznego) wypracował Karol Wojtyła. To bardzo złożona i wielowątkowa filozofia i w przyszłości być może warto byłoby ją szerzej zaprezentować przy okazji zagadnienia człowieka w naukach rolniczych, tymczasem poza lekturą licznych źródeł i opracowań personalizmu wojtyłowskiego⁵⁴ w naszym temacie trzeba podkreślić

⁵² Antropologię rozumiem jako szeroką naukę o człowieku (por. przyp. 3), natomiast personalizm jest częścią tej nauki i stawia w swoich tezach człowieka jako centrum i sens wszystkiego na tym świecie.

⁵³ Historia zagadnienia wywodzi początki personalizmu już od św. Augustyna (354–430) oraz uwzględnia w dziejach tej idei takich myślicieli jak: Kartezjusz, B. Pascal, I. Kant, G. Marcel czy M. Buber, por. Kowalczyk S., *Nurty personalizmu. Od Augustyna do Wojtyły*, Lublin 2010.

⁵⁴ Podstawowym źródłem jest tutaj fundamentalne dzieło Wojtyły: „Osoba i czyn” (por. Wojtyła K., *Osoba i czyn oraz inne studia antropologiczne*, [red.] T. Styczeń, W. Chudy,

dwa punkty: podmiotowość osoby ludzkiej (normę personalistyczną) i jej stosunek do szeroko (technologicznie i kulturowo) pojętej działalności.

Po pierwsze, konieczne jest przedstawienie samej normy personalistycznej, która nawiązując do imperatywu Immanuela Kanta brzmi: „Norma ta jako zasada o treści negatywnej stwierdza, że osoba jest takim dobrem, z którym nie godzi się używanie, które nie może być traktowane jako przedmiot użycia i w takiej formie jako środek do celu. W parze z tym idzie treść pozytywna normy personalistycznej: osoba jest takim dobrem, że właściwe i pełnowartościowe odniesienie do niej stanowi tylko miłość”⁵⁵. Norma ta nie wyłącza człowieka ze środowiska, z natury przyrodniczej, do której osoba ludzka należy w cielesnym aspekcie. Jest to integralne ujęcie człowieka, z samoświadomością, godnością, rozumnością, wolnością. Bardzo mocno akcentuje Wojtyła życie wewnętrzne osoby, jej duchowe wnętrze, także relacje społeczne, otwarcie człowieka na świat zewnętrzny, poznanie samego siebie, odpowiedzialność za siebie, współautorstwo własnej historii⁵⁶ – to wszystko wypełnia całą osobę i pozwala tworzyć zarówno technologię, jak i kulturę.

Po drugie, działanie, praca ma w personalizmie cechy czynu, czyli jest czymś więcej niż zewnętrznym przetwarzaniem, konstruowaniem i budowaniem. Czyn w sposób bezpośredni wywiera wpływ na człowieka, „posiada charakter zasadniczy i twórczy” i w tym ujęciu może zarówno afirmować, rozwijać człowieczeństwo, jak i wykrzywiać i negować to, co najbardziej ludzkie. „W swojej strukturze osobowo–personalnej (czyn) posiada więc również głęboki wymiar etyczno-moralny”⁵⁷. Jeśli personalistycznie potraktujemy technologię, to zawsze będzie ona służyła człowiekowi, nie będzie demone niszczącym osobę ludzką, ale wyrazem jej rozwoju, ubogacenia i uduchowienia. Podobnie z kulturą – jeśli jest ona szczególnym wyrazem aktywności człowieka, czynem, który przekształca świat

J. W. Gałkowski, A. Rodziński, A. Szostek, Lublin 1994) i najlepsze opracowania tematu: Galarowicz J., *Człowiek jest osobą. Podstawy antropologii filozoficznej Karola Wojtyły*, Kraków 1994; *O antropologii Jana Pawła II*, [red.] M. Grabowski, Toruń 2004.

⁵⁵ Wojtyła K., *Miłość i odpowiedzialność*, [red.] T. Styczeń, J. W. Gałkowski, A. Rodziński, A. Szostek, Lublin 1986, s. 42.

⁵⁶ Por. Smolka B., *Narodziny i rozwój personalizmu*, Opole 2002, s. 298.

⁵⁷ Tamże, s. 331.

w sposób psychiczny, religijny, estetyczny, wywiera wpływ na świat wartości, twórczości, to służy bogatej samorealizacji osoby. Ale jeśli w kulturze nastąpi zmaganie osoby z naturą, jeśli zamiast wykorzystania bogactw przyrody człowiek zniszczy swoje środowisko, wtedy taka kultura hedonistyczna, egoistyczna, materialistyczna okaże się również porażką i katastrofą człowieka⁵⁸.

ZIEMIA – ROŚLINA – CZŁOWIEK. ODROBIENIE LEKCJI Z CZASÓW KAINA I ABLA

Nasze analizy pokazują, że jeśli historię człowieka i techniki ukażemy jako konflikt między nimi, utracimy znaczną część dobra, które przecież wiąże się z historią Kaina. Pierwotny rolnik, stający przed nową sytuacją życiową dawny koczownik i myśliwy nie wiedział dokąd zaprowadzą go pierwsze uprawiane łany zbóż i pierwsze stada oswojonych zwierząt. Można raczej powiedzieć, że biblijni Kain i Abel podjęli niezwykle eksperyment z wyzwaniem swoich czasów. Było to zgodne z ich naturą: myśliwych, rolników, pasterzy oraz – jak dziś widzimy – w równej mierze technologów, techników, biotechnologów oraz mistyków, artystów i ekologów.

Życie między technologią a ekologią to ciągłe poszukiwania najlepszej drogi, to udane lub nieudane eksperymentowanie z wytworami materialnymi, z modyfikacją przyrody, ze strukturami społecznymi i wreszcie z samym człowiekiem. Jak długo jeszcze jesteśmy w stanie błędzić i na jaką skalę? Można się zgodzić z tezą, że żadna z dawnych rozkwitających cywilizacji nie była na tyle trwała, żeby nie upaść i że nasze czasy stoją przed szansą zbudowania jednak trwałej kultury i cywilizacji⁵⁹. Nadzieja uzasadniona, ale nie w przypadku eksperymentowania z samą technologią, poszukiwania nieludzkiej kultury, a tym bardziej z zabawy z istotą człowieka. W wyborach moralnych osoby ludzkiej potrzebny jest realizm. Nie kompromis, nie jakaś utopijna synteza technologii i przyrody, ale realny wybór dobra według miłości do świata, do przyrody i do człowieka. Personalistyczna „trzecia droga” między rozwojem tech-

⁵⁸ Por. tamże, s. 334.

⁵⁹ Por. Warych P., *Zrównoważony rozwój jako wyzwanie do harmonii świata natury i świata kultury*, [w:] *Świat natury i świat techniki*, dz. cyt., s. 96.

nologii a rozwojem wartości duchowych, kulturowych i przyrodniczych może być taką szansą.

Może wydaje się, że większym zagrożeniem dla człowieka jest zaawansowana technologia (jest to bardziej widoczne w doraźnych skutkach), ale współczesny kryzys autorytetu, wartości, wychowania, upadku kultury jest równie niebezpieczny jak bezduszość maszyn i anonimowość systemów technologicznych. Dlatego nie chodzi tutaj o szukanie winnych, o licytację, co we współczesnej cywilizacji jest bardziej ludzkie a co zgubne. Ziemia, roślina i człowiek pochodzą z jednego świata, nie można ich rozdzielać ani oceniać. To równoważne składniki naszego życia i nie można jak Kain buntować się i pozwolić opanować przez zło, które nie jest miłością, nie jest przyszłością świata. Tak jak Kain i Abel byli mieszkańcami jednego domu, tak też ziemia, technika, roślina, kultura, duchowość i człowiek są częściami jednego świata i jednej cywilizacji; rzecz w tym, żeby nie popełnić biblijnego błędu Kaina, który „wyprowadzając w pole” (Rdz 4, 8) swego brata pozbawił go życia. Nasza cywilizacja też może zostać wyprowadzona na manowce pychy, zazdrości, nienawiści i chciwości. Jeśli nie odrobimy lekcji Kaina również będziemy musieli koczować na pustyni kraju Nod (Rdz 4, 16) jako ludzkość tułaczy bez domu, z piętnem bezradności, lekkomyślności i beznadziei.

Można uznać biblijny tekst za fikcję literacką (przecież Pismo św. nie jest podręcznikiem filozofii techniki⁶⁰ czy historii kulturowej⁶¹), można nie doszukiwać się w nim znaczeń archetypicznych, można nie wyciągnąć z niego wniosków, ale nie można nie przyznać mu słuszności i trafności obserwacji wielu przyczyn współczesnych problemów cywilizacyjnych. Od każdego jednak czytelnika Księgi Rodzaju – czy to „rolnika” (technika) czy „pasterza” (humanisty), – będzie zależała przyszłość i dobro wszystkich, całej ludzkości. Miejmy nadzieję, że będzie to takie dobro, na jakie zasługuje ludzkość, pamiętając, „że właściwe i pełnowartościowe odniesienie do niej stanowi tylko miłość”⁶².

⁶⁰ Zainteresowanym polecam dobrą antologię tego tematu: *Philosophy of Technology. The Technological Condition. An Anthology*, [red.] R. C. Scharff, V. Dusek, Malden-Oxford-Carlton 2003.

⁶¹ Burke P. *Historia kulturowa. Wprowadzenie*, tłum. J. Hunia, Kraków 2012.

⁶² Celowo przenoszę tu znaczenie normy personalistycznej z osoby ludzkiej na całą ludzkość. Por. Wojtyła K., *Miłość i odpowiedzialność*, dz. cyt., s. 42.

LITERATURA

- Bacon F. 1955. *Novum Organum*, tłum. J. Wikarjak, Warszawa.
- Blandford L., Davidson P. 2010. *Kamienie milowe cywilizacji*. Olszanica.
- Bonawentura św., Życiorys Większy św. Franciszka, (rozdz. VIII 6, 4–11; 7, 1–11) [w:] Źródła franciszkańskie. Pisma św. Franciszka. Źródła bibliograficzne świętego Franciszka. Pisma św. Klary i źródła biograficzne. Teksty ustalające normy dla Braci i Sióstr od Pokuty, Kraków 2005.
- Burke P. 2012. *Historia kulturowa*. Wprowadzenie, tłum. J. Hunia, Kraków.
- Closen G. 1937. *Die Sünde der "Söhne Gottes"*, Roma.
- Deliège R. 2011. *Historia antropologii*. Szkoły, autorzy, teorie, tłum. K. Marchewska, Warszawa.
- Fernández-Armento F. 2008. *Cywilizacje*. Kultura, ambicje i przekształcanie natury, tłum. M. Grabska-Ryńska, Warszawa.
- Filipiak M. 1979. *Biblia o człowieku*. Zarys antropologii biblijnej Starego Testamentu, Lublin.
- Galarowicz J. 1994. *Człowiek jest osobą*. Podstawy antropologii filozoficznej Karola Wojtyły, Kraków.
- Genesis. Księga Rodzaju, [przekład i objaśnienia] C. Jakubiec, Warszawa 1957.
- Gesenius G., Buhl F. 1921. *Hebräisches und aramäisches Handwörterbuch*, Leipzig.
- Grand E. 2001. *God and Reason in the Middle Ages*, Cambridge.
- Guerreschi C. 2006. *Nowe uzależnienia*, przeł. A. Wieczorek-Niebielska, Kraków.
- Heidegger M. 2002. *Technika i zwrot*, tłum. J. Mizera, Kraków.
- Hill J. 2007. *Co zawdzięczamy chrześcijaństwu?* tłum. P. Borkowski, Warszawa.
- Jakubiec C. 1968. *Pradzieje biblijne*. Teologia Genesis 1–11, Poznań–Warszawa–Lublin.
- Jan Paweł II, Encyklika *Redemptor hominis*, [w:] Encykliki Ojca Świętego Jana Pawła II, Kraków 1997.
- Kamińska J. 2012. *Nowe wspaniałe światy*. Współczesne projekty doskonałego społeczeństwa, Kraków.
- Kowalczyk S. 2010. *Nurty personalizmu*. Od Augustyna do Wojtyły, Lublin.
- Księga Rodzaju. Wstęp – przekład z oryginału. Komentarz, t. I, cz. 1, [oprac.] S. Łach S., [w:] Pismo Święte Starego Testamentu, [oprac.] tenże, Poznań 1962.
- Lekka-Kowalik A., Merecki J. 1998. Od Redakcji. W poszukiwaniu właściwej miary dla nauki, „Ethos” 4 (44), Etyka badań naukowych.
- Magée B. 2000. *Historia filozofii*, tłum. D. Stefańska-Szewczuk, Warszawa, s. 74.
- Micheau F. 2005. *Instytucje naukowe na średniowiecznym Bliskim Wschodzie*, [w:] *Historia nauki arabskiej*, t. 3. *Technika, Alchemia, nauki przyrodnicze i medycyna*, [red.] R. Rashed, R. Morelon, przeł. J. Kozłowska, K. Pachniak, Warszawa.

- O antropologii Jana Pawła II, [red.] Grabowski M., Toruń 2004.
- O człowieka w człowieku – epokowa rola nauki, sztuki, techniki i kultury w urzeczywistnieniu tego wyzwania, [red.] Z. Łomny, Opole 2000.
- Pachniak K. 2010. *Nauka i kultura muzułmańska i jej wpływ na średniowieczną Europę*, Warszawa.
- Philosophy of Technology. The Technological Condition. An Anthology, [red.] R. C. Scharff, V. Dusek, Malden–Oxford–Carlton 2003.
- Piwowar A., *Antropologia*, [w:] *Teologia Starego Testamentu*, t. 1, Teologia Pięcioksięgu, [red.] M. Rosik, Wrocław 2011.
- Postman N. 2004. *Technopol. Tryumf techniki nad kulturą*, tłum. A. Tanalska-Dulęba, Warszawa.
- Singer P. 2004. *Wyzwolenie zwierząt*, tłum. A. Alichniewicz, A. Szczęсна, Warszawa.
- Smolka B. 2002. *Narodziny i rozwój personalizmu*, Opole.
- Synowiec J. S. 1996. *Na początku*. Pradzieje biblijne: Rdz 1, 1–11, 9, wyd. II popraw. i rozszerzone, Kraków.
- Szczuciński A. 2006. *Naturalne „splątanie” człowieka, przyrody i techniki*, [w:] Świat natury i świat techniki, [red.] Sobczyńska D., Szczuciński A., Poznań.
- Warych P. 2006. *Zrównoważony rozwój jako wyzwanie do harmonii świata natury i świata kultury*, [w:] Świat natury i świat techniki, [red.] Sobczyńska D., Szczuciński A., Poznań.
- Wojtyła K. 1986. *Miłość i odpowiedzialność*, [red.] Styczeń T., Gałkowski J. W., Rodziński A., Szostek A., Lublin.
- Wojtyła K. 1994. *Osoba i czyn oraz inne studia antropologiczne*, [red.] Styczeń T., Chudy W., Gałkowski J. W., Rodziński A., Szostek A., Lublin.
- Woods T. E. Jr 2006. *Jak Kościół katolicki zbudował zachodnią cywilizację*, Kraków.
- Wprowadzenie w myśl i wezwanie ksiąg biblijnych. 1 Pięcioksiąg, [oprac.] S. Wypych, Warszawa 1987.

Adres do korespondencji:

Dr Jerzy Brusilo OFMConv
Uniwersytet Papieski Jana Pawła II
Międzywydziałowy Instytut Bioetyki
ul. Kanonicza 25, 31–002 Kraków
e-mail: atbrusil@cyf-kr.edu.pl

WSZYSTKO CO JEST W ROŚLINIE PIERWEJ ZNAJDOWAŁO SIĘ W ZIEMI LUB POWIETRZU...

EVERYTHING THAT IS IN THE PLANT
FIRST WAS IN THE GROUND OR THE AIR...

1. GLEBA JAKO ŚRODOWISKO WZROSTU KORZENI

Karl Philipp Sprengel (1787–1859), niemiecki uczonec, autora pierwszych podręczników z chemii rolnej i gleboznawstwa, zatytułowanych „Chemia dla rolników i leśników”, „Nauka o nawozach” i „Gleboznawstwo” zawarł to odkrywcze stwierdzenie: „Wszystko co jest w roślinie pierwszej znajdowało się w ziemi lub powietrzu” oraz „Składniki znajdujące się w popiele roślin pochodzą z ziemi i są niezbędne do ich wzrostu”.

To Karl Philipp Sprengel (fot. 1) podważył w 1826 roku teorię próchnicznego odżywiania roślin, propagowaną przez swojego starszego rodaka Albrechta Thaera (1752–1828). Jest pełna zgodność badaczy, że to Karl Philipp Sprengel jest twórcą teorii mineralnego żywienia roślin a nie Justus von Liebig (1803–1873) [Epstein i Bloom 2005]. Sprengel podkreślał, że roślina pobiera składniki, które znajdują się w glebie lub powietrzu. Stwierdził w roślinie obecność 15 pierwiastków, uznając je za niezbędne dla wzrostu i rozwoju roślin. Dowodził, że muszą być dostarczone roślinie w formie soli mineralnych (nawozów), takich jak popiół, wapno, margle.

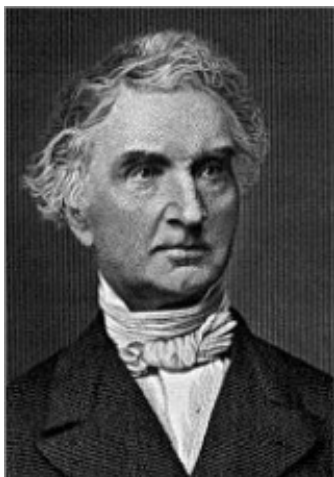
Postępowa teoria Sprengela bardzo powoli rozpowszechniała się w literaturze naukowej. Jej odkrywcza rola dla nauk rolniczych zaznaczyła się dopiero po opublikowaniu przez Justusa von Liebiga (1803–1873) w 1840 roku dzieła „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agriculturn und Physiologie” (Chemia w zastosowaniu do rolnictwa i fizjologii) (fot. 2).



Fot. 1. Carl Philipp Sprengel (1787–1859) twórca teorii mineralnego żywienia roślin

Justus von Liebig poszerzył i rozbudował teorię mineralnego żywienia roślin, której podstawy opracował Sprengel. Zawarł w nim fundamentalne dla nauki o żywieniu roślin i aktualne do dzisiaj stwierdzenia: (a) Roślina pobiera składniki pokarmowe nie w postaci substancji organicznych tylko związków mineralnych (soli chemicznych, np. nawozów), (b) Węgiel pobierany jest z powietrza w postaci CO_2 a nie z próchnicy.

Ponadto Liebig sformułował **prawo minimum** (ryc. 1) stwierdzające iż składnik lub czynnik który jest na najniższym poziomie określa wielkość plonu (ryc. 2).



Fot. 2. Justus von Liebig (1803–1873) kontynuator teorii mineralnego żywienia roślin

Teoria mineralnego żywienia roślin, określana jako **teoria Sprengela-Liebiga** jest aktualna do dzisiaj. Stanowi podstawę mineralnego żywienia roślin zarówno w uprawach glebowych jak i bezglebowych.

Prawo minimum Sprengela-Liebiga rozwinął Victor Ernest Shelford (1877-1968) amerykański zoolog i ekolog w **prawo minimum i maksimum**. Według **prawa Shelforda** zarówno niedobór, jak i nadmiar czynnika wpływa hamująco na rozwój organizmu. Między minimum a maksimum znajduje się zakres tolerancji organizmu. Prawo Shelforda określa możliwość rozwoju populacji między dwiema ekstremalnymi wartościami działającego czynnika – minimum i maksimum. Jest ono szczególnie ważne dla współczesnego ogrodnictwa, charakteryzującego się stosowaniem wysokich dawek nawozów (Komosa 2012).



Ryc. 1. Prawo minimum Justusa von Liebiga (prawdopodobnie rysunek autora)

2. WODA LUB POŻYWKA JAKO ŚRODOWISKO WZROSTU KORZENI

Po opublikowaniu teorii mineralnego żywienia roślin, wielu naukowców rozpoczęło badania nad możliwością hydroponicznej uprawy roślin w roztworach soli mineralnych – czyli w pożywkach. Pierwsze pożywki opracowali niemieccy botanicy **Julius von Sachs** w 1860 i **Wilhelm Knop** w 1865 roku. Były one powszechnie stosowane w drugiej połowie XIX i na początku XX wieku w badaniach nad żywieniem mineralnym roślin. Pożywki opracowane w latach 1860 (Sachs) do 1938 (Shive i Robbins) zawierały makroskładniki a z mikroskładników tylko żelazo i chlor (tab. 1). Odzwierciedlały stan wiedzy o niezbędności składników pokarmowych dla roślin we tamtych latach, jak również relacje ilościowe między składnikami.



Fot. 3. Uprawa pomidora w wełnie mineralnej w układzie zamkniętym z recykulacją pożywki

Duży postęp w tworzeniu pożywek zaznaczył się po opublikowaniu w 1933 pożywek przez Hoaglanda i Snydera oraz Arnona (1938). Dały one początek powszechnie do dzisiaj stosowanej **pożywki Hoaglanda i Arnona** (1950). Pożywki te – obok Fe i Cl – zostały wzbogacone w pozostałe niezbędne dla roślin mikroskładniki – Mn, Zn, Cu, B i Mo (brakuje Ni). Uwzględniły postęp badań nad niezbędnością składników pokarmowych dla roślin jaki zaznaczył się w 3 dekadzie XX wieku. Obecnie stosowane w praktyce w uprawach

bezglębowych pożywki są modyfikacją pożywki Hoaglanda i Arnona (1950). Zróżnicowanie zawartości składników w pożywkach stosowanych w XX wieku przedstawiono w tabeli 1. Szczytowym osiągnięciem upraw hydroponicznych jest opracowanie żywienia roślin w zamkniętych systemach fertygacji z recyrkulacją pożywki (fot. 3).

Tab. 1. Zawartość składników pokarmowych i sodu ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) oraz pH i przewodność elektrolityczna ($\text{EC mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, w temp. $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) pożywek opracowanych przez różnych autorów [za Smith i in. 1983]

Składnik	Hoagland, Snyder [1933] ^a	Arnon [1938] ^b	Robbins [1946]	Steiner [1961]	Bollard [1966]	Long Ashton Hewitt [1966]	Middle-Ton, Toxopeus [1973]	Raukura [Smith i in. 1983]
N-NH ₄	-	14	-	-	112	-	210	66
N-NO ₃	211	203	197	184	112	170	210	198
P	31	31	31	25	31	41	65	40
K	236	254	197	514	156	156	147	238
Ca	200	160	200	33	80	160	32	127
Mg	48	48	49	20	49	36	10	21
S-SO ₄	64	64	64	39	160	48	73	60
Fe	0,5	0,6	0,5	2,5	3,0	5,6	0,2	3,0
Mn	0,1	0,5	0,25	2,0	0,5	0,6	0,2	0,5
Zn	0,01	0,05	0,25	0,01	0,05	0,07	0,03	0,25
Cu	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,02	0,4
B	0,1	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,02	0,5
Mo	0,02	0,01	0,01	0,05	0,02	0,05	0,01	0,01
Cl	-	160	-	-	0,7	-	56	9
Na	-	-	-	-	-	31	57	15
pH	4,5	4,0	5,0	4,3	4,3	4,4	3,6	6,0
EC	3,0	3,5	2,5	3,5	2,2	2,5	5,0	4,5

^{a)} określana jako pożywka Hoaglanda nr 1 [Hewitt 1966], ^{b)} określana jako pożywka Hoaglanda nr 2 [Hewitt 1966]

3. POWIETRZE JAKO ŚRODOWISKO WZROSTU KORZENI

Postęp naukowy ostatnich lat wskazuje, że jest możliwa uprawa roślin nie tylko w glebach, podłożach lub pożywkach (uprawy hydroponiczne) ale również w samym powietrzu, stwarzając możliwości uprawy aeroponicznej (fot. 4). Uprawa aeroponiczna (aeroponic culture lub aeroponic system) jest typową uprawą bezglebową (soilless culture).

Jeżeli zdefiniuje się podłoże jako „środowisko wzrostu korzeni odizolowane od skały macierzystej” to można uznać, że w uprawie aeroponicznej podłożem jest powietrze. Jest to zatem podłoże darmowe o nie przebranych zasobach. Aeroponiczna uprawa znajduje się w grupie upraw hydroponicznych, razem z hydroponiką stagnującą i CKP (cienkowarstwowe kultury przepływowe), w których udział podłoża jest zminimalizowany.



Fot. 4. Aeroponiczna uprawa pomidora

Międzynarodowe Towarzystwo do Upraw Bezglebowych (ISSC) zdefiniowało uprawę aeroponiczną, jako „system w którym korzenie znajdują się w środowisku powietrznym, wysyconym - w sposób ciągły lub przerywany – rozdrobnioną pożywką w formie mgły lub aerozolu”. Środowiskiem korzeniowym jest układ dwufazowy, który stanowi faza płynna i gazowa, brakuje natomiast fazy stałej – typowej dla upraw tradycyjnych. Pożywka, zawierająca wszystkie makro i mikroskładniki, wtryskiwana jest wielokrotnie w ciągu doby do

środowiska korzeniowego w postaci rozdrobnionych kropeł. Brak fazy stałej eliminuje proces zagęszczania podłoża oraz stwarza optymalne warunki powietrzno-wodne w środowisku korzeniowym. W tej uprawie, jako jedynej spośród obecnie znanych, nie zachodzi w środowisku korzeniowym antagonizm między powietrzem i wodą. Systemy korzeniowe mają kontakt z tlenem przez około 95 % okresu uprawy, gdy w uprawach tradycyjnych tylko do około 40 %. Stałe warunki tlenowe i wilgotnościowe w uprawie aeroponicznej, stymulują procesy metaboliczne i fizjologiczne korzenia. Przyczynia się to do silnego rozwoju systemu korzeniowego, zwiększającego pobieranie wody i składników pokarmowych a tym samym wzrost plonów.

Początek XXI wieku to intensywny postęp we wdrażaniu do praktyki nowych technologii żywienia roślin ogrodniczych uprawianych pod osłonami, szczególnie w uprawach bezglebowych z zastosowaniem fertygacji kropłowej w zamkniętych systemach fertygacji. Nowe technologie są konsekwencją postępu naukowego w zakresie żywienia roślin oraz technicznego w zakresie optymalizacji pożywek, dostarczania ich roślinom, częstotliwości aplikacji oraz korelacji z klimatem szklarniowym. W praktyce powszechnie używane są takie określenia jak: uprawy bezglebowe, podłoża inertne, fertygacja, zamknięte systemy fertygacji czy uprawy aeroponiczne, które do niedawna były wymieniane tylko w literaturze naukowej. Te technologie stwarzają nowe możliwości w zakresie optymalizacji plonowania roślin i ochrony środowiska przyrodniczego. Badania naukowe ostatnich lat wykazały a praktyka je w pełni potwierdziła, że można uzyskiwać wysokie plony, znacznie przekraczające plony na żyznych glebach mineralnych i organicznych, uprawiając rośliny w podłożach inertnych – wełnie mineralnej, gąbce poliuretanowej, keramzycie, perlicie, żwirze, piasku, które są ubogie w składniki pokarmowe i pozbawione kompleksu sorpcyjnego [Raviv i Lieth 2008]. Nie budzi wątpliwości pogląd, że główną funkcją podłoża jest utrzymywanie optymalnych relacji powietrzno-wodnych w środowisku korzeniowym, natomiast zasobność w składniki pokarmowe, można uzyskać wykorzystując nowoczesne technologie nawożenia i żywienia roślin. Stwierdzenie Karla Philippa Sprengela należy tylko nieznacznie poszerzyć „Wszystko co jest w roślinie pierwiej znajdowało się w ziemi, powietrzu, wodzie i pożywce”.

LITERATURA

- Epstein E., Bloom A. J. 2005. *Mineral Nutrition Of Plants: Principles And Perspectives*. Second edition, Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts, ss. 400.
- Hewitt E. J. 1966. *Sand and water culture methods used in the study of plants nutrition*. Revised 2nd Edition, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham, Royal (Bucks), England, ss. 190.
- Komosa A. 2012. *Teoretyczne podstawy żywienia roślin*. [W:] Żywienie roślin ogrodnich. Podstawy i perspektywy. Red. nauk. A. Komosa. PWRiL Oddział Poznań, ss. 390.
- Smith G. S., Johnston C. M., Cornforth I. S. 1983. *Comparison of nutrient solutions for growth of plants in sand culture*. *New Phytol.* 94, 537–548,
- Raviv M., Lieth J. H. 2008. *Soilless Culture: Theory and Practice*. Elsevier, ss. 587.

Adres do korespondencji:

Andrzej Komosa
Katedra Żywienia Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Zgorzelecka 4, 60–198 Poznań
e-mail: ankom@up.poznan.pl

W 365 DNI DOKOŁA JABŁKA AROUND THE APPLE IN 365 DAYS

Abstrakt. W zapewnieniu regularnego plonowania drzew i wysokiej jakości jabłek duże znaczenie odgrywa zarówno podcinanie korzeni jak i stosowanie retardantów (Regalis 10 WG, etefon). Nie mniej istotna jest także potrzeba zwiększania zawartości wapnia w owocach, który ogranicza występowanie wielu chorób przechowalniczych. Zagadnieniem o kluczowym znaczeniu jest zbiór jabłek we właściwym terminie oraz przechowywanie ich w optymalnych warunkach. Poprzez obniżenie stężenia tlenu i podwyższenie poziomu dwutlenku węgla można efektywnie spowolnić wszystkie procesy metaboliczne, dzięki czemu jabłka przez wiele miesięcy przechowywania nie tracą nadmiernie ani jędrności ani walorów smakowych. Najlepsze efekty uzyskuje się przechowując jabłka w dynamicznie kontrolowanej atmosferze (DKA). Bardzo niskie stężenie tlenu utrzymywane w DKA silnie hamuje produkcję etylenu, a tym samym jabłka w tych warunkach przechowują się najdłużej. Natomiast w technologiach mniej zaawansowanych niż DKA, przed umieszczeniem jabłek w docelowych warunkach przechowywania wskazane jest użycie preparatu SmartFresh™ (zawiera 1-MCP).

Słowa kluczowe: *jabłka, jakość, podcinanie korzeni, Regalis 10 WG, wapń, 1-MCP.*

Summary. To control properly the growth and blooming processes both the root pruning and the use of retardants (Regalis 10 WG, Etephon) becomes extremely important. It is also essential to increase the fruit calcium content because it limits the appearance of many storage diseases and disorders. A problem of the extreme importance is the harvest of apples at the proper time and then their storage under the best conditions. By decreasing oxygen concentration and simultaneously increasing the concentration of carbon dioxide it is possible to effectively slow down all metabolic processes due to which apples do not excessively lose their firmness or tastiness during many months of storage. The best effects are obtained by storing apples in a dynamically controlled atmosphere (DCA). A very low oxygen concentration maintained in DCA strongly inhibits the ethylene production thus allowing the longest apple storage time. On the other hand, while storing apples under the less advanced technologies, prior to placing them under the target storage conditions it is advisable to treat them with the SmartFresh™ preparation (which contains 1-MCP).

Key words: *apples, quality, root pruning, Regalis 10 WG, storage, calcium, 1-MCP.*

W Polsce dynamicznie wzrastała produkcja jabłek. W połowie lat 90. ub. wieku krajowe zbiory jabłek wynosiły około 1,6 mln ton, dziesięć lat później – średnio 2,3 mln ton, a w roku 2012 – około 3,5 mln ton. Obecnie Polska zajmuje trzecie miejsce na świecie (po Chinach i USA) w produkcji jabłek. Niestety, zarówno w produkcji jak i obrocie handlowym nadal zbyt duży odsetek stanowią jabłka niskiej jakości. Szacuje się, że jabłka wysokiej jakości stanowią obecnie około 60% krajowej produkcji, a ich udział powinien wynosić 75–80%. Dlatego też niezmiernie ważnym zadaniem jest dalsza poprawa jakości oferowanych jabłek. Mimo, że produkcja owoców wysokiej jakości wymaga zwiększonych nakładów, to jednocześnie jest najlepszym sposobem na pozyskiwanie klientów, w tym gotowych zapłacić za nie wyższą cenę. Szansą na zapewnienie zbytu owoców jest też coraz szerzej promowany styl zdrowego odżywiania, w którym ważną rolę pełnią owoce. Sadownicy powinni więc motywować konsumenta do zakupu jabłek poprzez wysoką jakość owoców dostarczanych na rynek przez cały rok.

Warunkiem wyprodukowania jabłek wysokiej jakości jest właściwe dobieranie zabiegów agrotechnicznych w sadzie. Wśród nich dużą rolę odgrywa sterowanie intensywnością wzrostu drzew i dokarmianie owoców wapniem. Nie ulega wątpliwości, że efektywność produkcji jabłek wzrasta, jeśli drzewa po posadzeniu wcześniej wchodzi w okres owocowania. Umiarkowany ich wzrost sprzyja bowiem formowaniu pąków kwiatowych i regularnemu owocowaniu. Natomiast wzrost zbyt silny lub zbyt słaby stwarza problemy z wielkością owoców i jakością plonu.

Nadmierny wzrost pędów można hamować m.in. przez nacinanie pni lub podcinanie korzeni drzew, przy czym nacinanie pni jest bardziej kłopotliwe i kosztowne niż podcinanie korzeni. Dlatego zabieg ten można polecać wtedy, gdy trzeba uregulować wzrost tylko niektórych drzew w sadzie. Natomiast podcinanie korzeni coraz częściej stosuje się nie tylko w kwaterach ze starszymi, silnie rosnącymi drzewami, lecz także w młodych sadach. Podcinanie korzeni nożem ustawionym skośnie hamuje wzrost drzew w większym stopniu niż przy użyciu noża prostego. Sadownicy mają do dyspozycji także preparat Regalis 10 WG, który zmniejsza intensywność wzrostu pędów i przyspiesza proces formowania się pąków kwiatowych. Zmniejsze-

nie intensywności wzrostu pędów ma także korzystny wpływ na wybarwienie owoców oraz sprzyja oszczędniejszemu i bardziej racjonalnemu wykorzystaniu pestycydów stosowanych w ochronie drzew przed chorobami i szkodnikami. Zagadnienie to było przedmiotem badań prowadzonych w SGGW [Tomala i in. 2013].

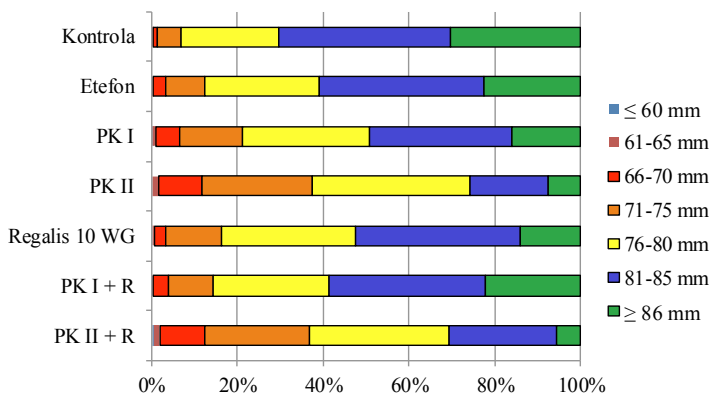
Doświadczeniem objęto trzy odmiany jabłoni: ‘Early Fuji’, ‘Beni Shogun’ i ‘Braeburn Red’ zaszczipione na podkładce ‘M.9’. Na wszystkich odmianach zastosowano następujące kombinacje doświadczalne: (1) kontrola z drzewami, na których nie wykonywano żadnych zabiegów ograniczających intensywność wzrostu; (2) program etefonowy – drzewa opryskiwano 4-krotnie, zaczynając od końca kwitnienia, co 2 tygodnie, stosując w kolejnych terminach 250, 200, 150 i 100 ml Agrostymu 480 SL na 1 ha; (3) podcinanie korzeni z jednej strony nożem skośnym (50 cm od pnia i na głębokość 40–45 cm; kombinacja PK I); (4) podcinanie korzeni z dwóch stron nożem skośnym (50 cm od pnia i na głębokość 40–45 cm; PK II); (5) opryskiwanie drzew Regalisem 10 WG (pod koniec kwitnienia na przyrosty 5 cm, w dawce 1,25 kg/ha, i dwa tygodnie później – 1 kg/ha); (6) podcinanie korzeni z jednej strony + opryskiwanie drzew Regalisem 10 WG (PK I + R); (7) podcinanie korzeni z dwóch stron nożem skośnym + opryskiwanie drzew Regalisem 10 WG (PK II + R). Zabieg cięcia korzeni we wszystkich kombinacjach przeprowadzono 4 kwietnia 2012.

Oceniając średnią długość długopędów okazało się, że najskuteczniej ograniczyło ich wzrost obustronne podcinanie korzeni w połączeniu z opryskiwaniem drzew Regalisem 10 WG (tab. 1). Zastosowanie samego Regalisu 10 WG dało podobny efekt w ograniczeniu siły wzrostu drzew, jak w kombinacji PK I + R, przy czym skrócenie długości przyrostów w tych kombinacjach było podobne jak u drzew z obustronnym podcinaniem korzeni. Po zastosowaniu programu etefonowego pędy były przeciętnie o 13% krótsze w porównaniu do pędów drzew kontrolnych. Natomiast po jednostronnym podcięciu korzeni siła wzrostu drzew była zbliżona do drzew kontrolnych. Zabiegi ograniczające wzrost drzew miały także wyraźny wpływ na strukturę wielkościową plonu, zwłaszcza jabłek ‘Beni Shogun’ (ryc. 1).

Tab. 1. Średnia długość przyrostu pędów (cm) zależnie od odmiany i metody ograniczania wzrostu drzew [Tomala i in. 2013]

Kombinacje doświadczenia	Badane odmiany*		
	Early Fuji	Beni Shogun	Braeburn Red
Kontrola	36,7 d	32,7 c	34,5 c
Program etefonowy	31,5 c	26,9 bc	32,1 c
Podcinanie korzeni z jednej strony	33,6 cd	29,4 c	33,2 c
Podcinanie korzeni z dwóch stron	24,6 b	23,4 b	22,1 b
Regalis 10 WG	22,1 ab	20,1 ab	18,9 ab
Podcinanie korzeni z jednej strony + Regalis 10 WG	21,6 ab	18,9 ab	17,9 ab
Podcinanie korzeni z dwóch stron + Regalis 10 WG	18,0 a	15,8 a	14,3 a

*średnie w kolumnie oznaczone taką samą literą nie różnią się istotnie ($P=0,05$) według testu Newman-Keulsa



Ryc. 1. Struktura wielkościowa plonu jabłek 'Beni Shogun' zależnie od metody ograniczania wzrostu drzew

Dwustronne podcinanie korzeni drzew tej odmiany (niezależnie od kombinacji z preparatem Regalis 10 WG) doprowadziło do wyraźnego zwiększenia udziału procentowego w plonie owoców drobniejszych kosztem jabłek o średnicy powyżej 80 mm. Występowanie podobnej zależności, jakkolwiek mniej znaczące, notowano także w odniesieniu do dwóch pozostałych odmian znajdujących się w doświadczeniu.

Z tegorocznych obserwacji prowadzonych w sadzie doświadczalnym w SGGW wynika, że Regalis 10 WG stosowany pierwszy raz tuż przed początkiem kwitnienia poprawia zawiązywanie owoców i skuteczniej hamuje wzrost pędów niż użyty pod koniec kwitnienia. Jeśli konieczne jest tylko ograniczenie siły wzrostu drzew, wówczas Regalis 10 WG należy stosować pod koniec kwitnienia na całe drzewa, a następnie 1-, 2-krotnie opryskiwać nim tylko górne części korony.

Przydatność jabłek do długiego przechowywania zależy głównie od cech genetycznych odmiany. Cechy te mogą być jednak modyfikowane, i to nawet znacznie, przez przebieg warunków atmosferycznych i zabiegi agrotechniczne, które wpływają m.in. na wielkość owoców oraz zawartość w nich wapnia i potasu. Z dobrze wyrosniętymi owocami z jednocześnie niską zawartością wapnia lub zachwianą równowagą między wapniem i potasem wiąże się występowanie gorzkiej plamistości podskórnej i rozpadu miększu. Wiadomo, że wapń priorytetowo transportowany jest do liści, natomiast do owoców dociera jego relatywnie niewielka ilość. Z tego powodu – ze zmiennym nasileniem w różnych latach – na niedostatek tego składnika w pierwszej kolejności i najsilniej cierpią owoce dorodne, co wynika z „rozcieńczenia” zawartego w nich wapnia. Przy omawianiu tego zagadnienia, poza dużym znaczeniem intensywności transpiracji, nie sposób nie wspomnieć o istnieniu zależności między przeciwnie ukierunkowanym transportem auksyn i wapnia. Jabłka zawierające więcej nasion produkują więcej auksyn, a te sprzyjają lepszemu zaopatrzeniu owoców w wapń. Dzieje się tak dlatego, że auksyny transportowane z owoców stanowią sygnał o rosnącym zapotrzebowaniu na ten pierwiastek. Zależność ta może być również wynikiem stymulowanego przez auksynę wzrostu przepuszczalności błony komórkowej dla jonów wapnia. W tym kontekście podnoszona jest też kwestia różnej skuteczności opryskiwania drzew roztworami soli wapnia w zależności od stężenia endogennych auksyn w owocach. Na podstawie tych informacji można przypuszczać, że wapń dostarczany pozakorzeniowo może efektywnie przemieszczać się wewnątrz owoców pod warunkiem, że obecne są w nich auksyny.

Opisane zależności dotyczące wzrostu zawartości wapnia w komórkach roślinnych pod wpływem auksyny stanowiły podstawę opracowania preparatów InCa i BioCa, które wspomagają transport

wapnia przez tzw. kanały wapniowe zlokalizowane w błonach komórkowych. W 2012 r. oceniano skuteczność tych preparatów w zwiększaniu zawartości wapnia w jabłkach odmian 'Ligol' i 'Šampion' w sadzie doświadczalnym SGGW w Wilanowie. Jabłonie zarówno w kombinacji z preparatem InCa, jak i w kombinacji z preparatem BioCal opryskiwano 3-krotnie danym produktem, tj. w pełni kwitnienia, 4 tygodnie po kwitnieniu i 4 tygodnie przed zbiorem jabłek, każdorazowo te same drzewa w dawce $1 \text{ dm}^{-3} \cdot \text{ha}^{-1}$ z dodatkiem Protectora (adiuwant) w dawce $300 \text{ ml} \cdot \text{ha}^{-1}$. Punktem odniesienia były zarazem owoce z drzew kontrolnych, jak i jabłka z drzew opryskiwanych 7-krotnie przy użyciu standardowego stężenia chlorku wapnia. Mimo że preparaty InCa i BioCal stosowano tylko 3-krotnie, to w zwiększaniu zawartości wapnia w jabłkach okazały się one około 2-krotnie bardziej efektywne (w porównaniu do kontroli wzrost zawartości Ca o około 50%) niż 7-krotne opryskiwanie drzew roztworami chlorku wapnia (w porównaniu do kontroli wzrost zawartości Ca o około 25%).

Ogniwem łączącym produkcję z konsumpcją jest utrzymanie wysokiej jakości jabłek przez wiele miesięcy po zbiorze [Watkins i Ekman 2005]. Przeciętny nabywca ocenia jakość jabłek zarówno na podstawie atrybutów wizualnych (m.in. wielkość, kształt, kolor, ogólna kondycja), jak i wyróżników wewnętrznych (smak, tekstura mięszu, aromat), w tym wartości prozdrowotnej. Większość konsumentów preferuje jabłka twarde i soczyste [Tomala i in. 2009]. Osoby ceniące sobie smak jabłek oczekują, że owoce tego gatunku będą w bardzo dobrej kondycji również w porze wiosennej i letniej. Sprostać takim oczekiwaniom nie jest łatwo. Wśród czynników wpływających na tempo procesów fizjologiczno-biochemicznych zachodzących w jabłkach po zbiorze rozstrzygającą rolę odgrywa etylen. Im wyższe jest jego stężenie w komórkach, tym szybciej postępuje proces dojrzewania i starzenia. Po zainicjowaniu przez etylen dojrzewania, w jabłkach stosunkowo szybko postępuje spadek jędrności, co determinuje ich ocenę przez konsumenta. Cecha ta kładzie się cieniem na krajowym spożyciu jabłek, które spada. W latach 2001–2003 spożycie jabłek na 1 osobę przekraczało 23 kg, a w roku 2011 wynosiło zaledwie 13 kg, natomiast w roku 2012 spożycie jabłek wzrosło do 15 kg.

W celu zapewnienia równomierności podaży owoców dobrej jakości trzeba spełnić kilka warunków. Przede wszystkim należy wyz-

naczać optymalny termin zbioru, od którego zależy jakość i przydatność owoców do długiego przechowywania oraz podatność na gnicie i choroby fizjologiczne, a także smak jabłek po przechowywaniu. Warunkiem prawidłowego przechowywania jabłek jest ich zbiór i złożenie ich do komory tuż po zapoczątkowaniu klimakterycznego wzrostu produkcji etylenu. Wynika to stąd, że w ślad za klimakterycznym wzrostem etylenu postępuje dojrzewanie owoców inicjowane przez etylen. W praktyce wyznaczanie optymalnego terminu zbioru jabłek – jeśli w ogóle jest stosowane – polega na prostych i ogólnodostępnych metodach oceny ich stanu fizjologicznego. W tym aspekcie ważnym zagadnieniem jest potrzeba opracowania wartości wskaźników stanu fizjologicznego jabłek dla nowych odmian z jednoczesnym uwzględnieniem zarówno technologii, jak i planowanej długości przechowywania. Wskazane byłoby także powszechniejsze korzystanie z metody indukowanego etylenu, jakkolwiek Holendrzy proponują wyznaczać optymalny termin zbioru jabłek przy użyciu innowacyjnej metody NSure, w opracowaniu której wykorzystano osiągnięcia biologii molekularnej.

Niska temperatura oraz obniżenie stężenia tlenu z jednoczesnym zwiększeniem poziomu CO₂ opóźniają spadek jędrności i utratę walorów smakowych jabłek podczas długotrwałego przechowywania [Kopacka i Płocharski 2004]. W przypadku odmian o miękkich owocach (np. ‘Šampion’), oddziaływanie tymi czynnikami może być jednak niewystarczające, ponieważ mięknią one dość wcześnie także w warunkach KA. Wiadomo, że wraz ze spadkiem jędrności miąższu pojawia się wrażenie mączystości (negatywnie postrzegane przez konsumentów), czemu towarzyszy smak przejrzałych owoców [Harker i in. 2008]. Z tego względu jabłka tzw. odmian miękkich przeznaczone do długiego przechowywania powinny być poddawane działaniu preparatu SmartFresh™. Efekt działania tego preparatu jest widoczny zarówno bezpośrednio po przechowywaniu, jak i w trakcie obrotu handlowego, co ma ogromne znaczenie zwłaszcza w przypadku eksportu owoców. Zagadnienie to było przedmiotem doświadczenia prowadzonego w sezonie przechowalniczym 2010/2011, w którym oceniano wpływ preparatu SmartFresh™ na jędrność i zdolność przechowalniczą jabłek odmiany ‘Šampion’ w zależności od ich stanu fizjologicznego w czasie zbioru oraz terminu umieszczenia owoców w docelowych warunkach KA.

Jabłka odmiany ‘Šampion’ zbierano w dwóch terminach: 17 września 2010 r. – przed klimakterycznym wzrostem produkcji etylenu oraz 24 września 2010 r. – po rozpoczęciu tego procesu, kiedy owoce były dojrzałe do zbioru z przeznaczeniem do długiego przechowywania. Stanu fizjologicznego jabłek oceniono bezpośrednio po zbiorze i powtórzono po 7 dniach przetrzymywania w chłodni zwykłej (1,5°C), kiedy to część jabłek poddano działaniu preparatu SmartFresh™ (0,65 µl 1-MCP1⁻¹). Owoce zarówno traktowane jak i nietraktowane tym preparatem przechowywano w kontrolowanej atmosferze zawierającej 1,5% CO₂ i 1,5% O₂ w temperaturze 1,5°C. Docelowy skład gazowy atmosfery ustalano w dwóch terminach, tj. po 9 i 21 dniach od zbioru, czyli po 2 i 14 dniach od traktowania jabłek preparatem SmartFresh™. Jabłka oczekujące na umieszczenie w warunkach KA przetrzymywano w temperaturze 1,5°C. Doświadczenie założono w 4 powtórzeniach; powtórzenie stanowiło ok. 15 kg owoców. Po 7, 8, 9 i 10 miesiącach przechowywania oceniano podstawowe parametry jakości wewnętrznej jabłek i ich zdolność przechowalniczą.

Tab. 2. Stan fizjologiczny jabłek odmiany ‘Šampion’ w czasie zbioru oraz bezpośrednio przed poddaniem owoców działaniu preparatu SmartFresh™

Badane wskaźniki	Bezpośrednio po zbiorze jabłek		Po 7 dniach przetrzymywania owoców w chłodni zwykłej	
	Zbiór 1 (17.09.2010)	Zbiór 2 (24.09.2010)	Zbiór 1 (17.09.2010)	Zbiór 2 (24.09.2010)
Zawartość etylenu w komorach nasiennych (µl l ⁻¹)	0,06 a	0,20 b	0,23 a	0,45 b
Test skrobiowy (1–10)	4,3 a	6,1 b	4,4 a	7,2 b
Jędrność miąższu (N)	74,9 b	71,2 a	71,8 a	69,0 a
Kwasowość (% kwasu jabłkowego)	0,58 b	0,50 a	0,56 a	0,52 a
Zawartość ekstraktu (°Brix)	12,0 a	12,4 a	12,1 a	12,0 a
Indeks Streifa	0,14 b	0,09 a	0,13 b	0,08 a

Objaśnienie: patrz tabela 1.

Z danych zamieszczonych w tabeli 2 wynika, że jabłka zebrane w pierwszym terminie wykazywały ponad trzykrotnie niższą zawartość etylenu w komorach nasiennych niż owoce zebrane 7 dni później. Po tygodniowym przechowywaniu jabłek w chłodni zwykłej zawartość etylenu w komorach nasiennych wyraźnie wzrosła; w owocach z pierwszego zbioru niemal 4-krotnie, zaś z drugiego – ponad dwukrotnie. Ocena stanu fizjologicznego jabłek wykonywana bezpośrednio po zbiorze wykazała też istotnie większą jędrność oraz wyższą wartość liczbową indeksu Streifa w przypadku owoców zebranych w pierwszym niż w drugim terminie. Natomiast wartość testu skrobiowego wykazała zależność przeciwną. Różnice te na ogół utrzymywały się także po 7 dniach od zbioru.

Tab. 3. Wpływ terminu zbioru na jakość i zdolność przechowalniczą jabłek; średnio dla pozostałych czynników doświadczenia

Wskaźniki	Termin zbioru jabłek	
	Zbiór 1 (17.09.2010)	Zbiór 2 (24.09.2010)
Bezpośrednio po przechowywaniu		
Jędrność (N)	57,5 a	58,8 a
Zawartość ekstraktu (%)	12,1 a	12,2 a
Kwasowość (% kwasu jabłkowego)	0,42 a	0,38 a
Gorzka zgnilizna (%)	11,5 a	13,3 b
Przebarwienia skórki (%)	30,6 b	23,1 a
Po 7 dniach symulowanego obrotu		
Jędrność (N)	53,8 b	52,0 a
Zawartość ekstraktu (%)	12,1 a	12,2 a
Kwasowość (% kwasu jabłkowego)	0,38 b	0,36 a
Gorzka zgnilizna (%)	16,2 a	18,2 a
Przebarwienia skórki (%)	42,1 b	31,6 a
Po 14 dniach symulowanego obrotu		
Gorzka zgnilizna (%)	18,7 a	20,2 a
Przebarwienia skórki (%)	44,2 b	33,6 a

Objaśnienie: patrz tabela 2.

Analizując wpływ terminu zbioru jabłek na wartości trzech podstawowych wyróżników jakości wewnętrznej oznaczanych bezpośred-

nio po przechowywaniu (średnio dla pozostałych czynników doświadczenia) nie odnotowano istotnych różnic (tab. 3). Różnice w jakości jabłek wystąpiły dopiero po 7 dniach symulowanego obrotu. Wówczas okazało się, że jabłka zebrane w drugim terminie były mniej jędrne i jednocześnie odznaczały się mniejszą kwasowością niż owoce zebrane wcześniej. Termin zbioru miał też istotny wpływ na odsetek owoców z objawami gorzkiej zgnilizny, ale tylko bezpośrednio po przechowywaniu; bardziej podatne były jabłka zebrane później. Nowym zagadnieniem odnotowanym w omawianym doświadczeniu było występowanie na skórce owoców specyficznych, zielonkawożółtych, z czasem brązowiejących przebarwień. Skala tego problemu była niepokojąco duża, bowiem odsetek takich owoców wahał się od 23,1 do 44,2%. Okazało się, że jabłka zebrane w pierwszym terminie częściej ulegały tej fizjologicznej chorobie skórki niż owoce zebrane później, przy czym, u części owoców objawy choroby pojawiały się dopiero w warunkach obrotu towarowego.

Ocena jędrności jabłek wykazała, że wartość tego wskaźnika zależała w sposób istotny od traktowania owoców preparatem SmartFresh™ we współdziałaniu z terminem umieszczenia owoców w warunkach KA i długością ich przechowywania. W przypadku tego wskaźnika oznaczanego bezpośrednio po przechowywaniu współdziałanie to wyraziło się istotnie większą jędrnością jabłek poddanych działaniu preparatu SmartFresh™, z wyjątkiem owoców zebranych w drugim terminie, które w warunkach KA umieszczono dopiero po 21 dniach od zbioru i przechowywano 7 miesięcy (tab. 4). Jednocześnie okazało się, że ustalenie docelowych warunków przechowywania po 21 dniach od zbioru zawsze skutkowało niższą jędrnością jabłek niż wówczas, gdy potrzebny skład atmosfery osiągnano po 9 dniach. Różnice w spadku jędrności jabłek notowano też pod wpływem długości sezonu przechowalniczego. Ogólnie, wysoką jędrnością odznaczały się jabłka poddane działaniu preparatu SmartFresh™, które wcześniej umieszczono w warunkach KA. Konsekwencją ustalenia docelowych warunków przechowywania po 21 zamiast po 9 dniach od zbioru była o ok. 1 kG niższa jędrność miąższu, niezależnie od kombinacji z 1-MCP. Reakcja jabłek na użycie preparatu SmartFresh™ jest zgodna z wcześniejszymi doniesieniami McArtneya i innych [2008] oraz Akbudaka i innych [2009].

Tab. 4. Wpływ preparatu SmartFresh™ we współdziałaniu z terminem umieszczenia owoców w warunkach KA i długością ich przechowywania na jędrność jabłek bezpośrednio po przechowywaniu (N)

Termin zbioru	Kombinacje 1-MCP	Długość przechowywania (miesiące)			
		7	8	9	10
Zbiór 1 (17.09.2010)	Owoce umieszczone w KA po 9 dniach od zbioru				
	Nietraktowane	B 59,4 a	B 56,6 a	B 57,6 a	B 57,9 a
	Traktowane 1-MCP	68,6 b	B 69,9 b	B 65,3 ab	B 63,5 a
	Efekt 1-MCP	9,2**	13,3**	7,7**	5,6**
	Owoce umieszczone w KA po 21 dniach od zbioru				
	Nietraktowane	A 49,8 b	A 44,7 a	A 45,3 a	A 46,0 ab
	Traktowane 1-MCP	A 59,5 a	A 59,0 a	A 59,1 a	A 57,1 a
	Efekt 1-MCP	9, fakt 1-MCP-CP-MCP w KA po 91 dniach od zbioru nad dwukrotnie.rwszego terminu zbioru i traktowane preparatem Smart7**	14,4**	13,8**	11,0**
Zbiór 2 (24.09.2010)	Owoce umieszczone w KA po 9 dniach od zbioru				
	Nietraktowane	B 62,2 b	B 58,1 ab	B 56,9 a	B 57,5 a
	Traktowane 1-MCP	B 68,1 a	B 68,9 a	B 67,7 a	B 64,9 a
	Efekt 1-MCP	5,9**	10,8**	10,8**	7,4**
	Owoce umieszczone w KA po 21 dniach od zbioru				
	Nietraktowane	A 55,9 b	A 49,6 a	A 50,5 a	A 50,1 a
	Traktowane 1-MCP	A 59,1 a	A 58,8 a	A 56,6 a	A 56,7 a
	Efekt 1-MCP	3,3 ni	9,2**	6,1**	6,6**

Objaśnienie: małe litery w wierszu służą do porównania wpływu długości przechowywania; wielkie litery w kolumnach służą do porównania wpływu terminu umieszczenia owoców w KA w obrębie danego terminu zbioru i kombinacji z 1-MCP; ni – wpływ nieistotny statystycznie, * – wpływ udowodniony przy $\alpha = 0,05$, ** – wpływ udowodniony przy $\alpha = 0,01$.

W przypadku analogicznej interakcji rozpatrywanej po symulowanym obrocie na ogół stwierdzano dodatni wpływ zarówno 1-MCP, jak i wczesnego ustalenia docelowych warunków KA na jędrność jabłek (tab. 5). Z kolei długość przechowywania różnicowała w sposób istotny jędrność miąższu praktycznie tylko w przypadku owoców zebranych w drugim terminie, pod warunkiem, że poddano je działaniu preparatu SmartFresh™ i po 9 dniach od zbioru umieszczono w warunkach KA. Przy takim postępowaniu istotny spadek jędrności jabłek wystąpił dopiero po 10 miesiącach przechowywania. Uzyskane wyniki potwierdzają opinię Zanelli [2003] o znacznie wolniejszym dojrzewaniu owoców traktowanych 1-MCP zarówno w trakcie przechowywania, jak i podczas późniejszego przetrzymywania ich w temperaturze pokojowej.

Tab. 5. Jędrność jabłek po 7 dniach symulowanego obrotu zależnie od terminu umieszczenia owoców w warunkach KA we współdziałaniu z traktowaniem owoców preparatem SmartFresh™ i długością przechowywania (N)

Termin	Kombinacje 1-MCP	Długość przechowywania (miesiące)			
		7	8	9	10
Zbiór 1 (17.09.2010)	Owoce umieszczone w KA po 9 dniach od zbioru				
	Nietraktowane	B 54,1 b	B 51,7 ab	B 48,9 a	B 47,9 a
	Traktowane 1-MCP	B 65,7 a	B 65,8 a	B 65,0 a	B 62,4 a
	Efekt 1-MCP	11,6**	14,1**	16,1**	14,5**
	Owoce umieszczone w KA po 21 dniach od zbioru				
	Nietraktowane	A 43,5 a	A 43,4 a	A 43,3 a	A 41,7 a
	Traktowane 1-MCP	A 58,4 a	A 57,5 a	A 57,1 a	A 54,9 a
Efekt 1-MCP	14,9**	14,1**	13,8**	13,2**	
Zbiór 2 (24.09.2010)	Owoce umieszczone w KA po 9 dniach od zbioru				
	Nietraktowane	B 51,8 a	B 51,7 a	B 51,5 a	B 50,7 a
	Traktowane 1-MCP	B 62,9 b	B 62,3 b	B 59,9 b	B 54,7 a
	Efekt 1-MCP	11,1**	10,6**	8,4**	3,9*
	Owoce umieszczone w KA po 21 dniach od zbioru				
	Nietraktowane	A 48,1 a	A 47,9 a	A 44,7 a	A 44,1 a
	Traktowane 1-MCP	A 53,0 a	A 49,8 a	A 49,5 a	A 49,0 a
Efekt 1-MCP	4,8**	1,9 ni	4,8**	4,9**	

Objaśnienie: patrz tabela 4.

Po 10 miesiącach przechowywania na skórce owoców masowo pojawiały się żółto-brązowe plamy przypominające oparzelizną powierzchniową. Po krótszym okresie przechowywania objawy choroby nie występowały w ogóle. Ukazywanie się przebarwień skórki praktycznie nie zależało ani od terminu umieszczenia jabłek w KA ani od użycia preparatu SmartFresh™. Stwierdzono natomiast, że jabłka zebrane wcześniej były bardziej podatne na występowanie tych specyficznych przebarwień skórki niż owoce z drugiego terminu zbioru (tab. 6). Mimo że odsetek takich owoców był wysoki już bezpośrednio po przechowywaniu (ponad 20%), to przetrzymywanie jabłek przez 7 dni w temperaturze pokojowej powodowało dalsze istotne zwiększenie tej kategorii owoców. Natomiast kolejne wydłużenie symulowanego obrotu z 7 do 14 dni, nie powodowało już dalszego wzrostu procentu jabłek dotkniętych tą chorobą fizjologiczną. Wydaje się, że występowanie choroby jest swoistą reakcją owoców na stres wywołany zbyt długim ich przechowywaniem.

O słuszności takiego wnioskowania świadczą także wyniki badań prowadzonych na jabłkach odmiany 'Šampion' w sezonie przechowalniczym 2011/2012. W przypadku tego doświadczenia jabłka zbierano w dwóch terminach: 19 września 2011 r. – przed klimakterycznym wzrostem produkcji etylenu oraz 29 września 2011 r. – po rozpoczęciu tego procesu, kiedy owoce były dojrzałe do zbioru z przeznaczeniem do długiego przechowywania. Część jabłek poddano działaniu preparatu SmartFresh™ (0,65 µl 1-MCP l⁻¹) po 7 dniach przetrzymywania w chłodni zwykłej (1,5°C). Owoce zarówno traktowane, jak i nietraktowane tym preparatem przechowywano w KA (1,5% CO₂ i 1,5% O₂) i w DKA (4 miesiące w atmosferze 0,6: 0,6, później 0,8 : 0,8), w temperaturze 1,5°C. Docelowy skład gazowy atmosfery ustalano po 2 dniach od traktowania jabłek preparatem SmartFresh™. Jabłka przed umieszczeniem w warunkach KA i DKA przetrzymywano w temperaturze 1,5°C. Doświadczenie założono w 4 powtórzeniach (powtórzenie stanowiło około 15 kg owoców). Po 7, 8, 9 i 10 miesiącach przechowywania oceniano występowanie specyficznych przebarwień skórki. Żółto-brązowe plamy obserwowano tylko w warunkach obrotu towarowego po 9 i 10 miesiącach przechowywania na skórce owoców traktowanych preparatem Smart-Fresh™. Skala tego problemu była istotnie większa po przechowywaniu jabłek w warunkach KA niż w DKA. Okazało się, że jabłka zebrane

w pierwszym terminie częściej ulegały tej chorobie fizjologicznej skórki niż owoce zebrane później. Najbardziej podatne były owoce zebrane w pierwszym terminie i przechowywane w atmosferze zawierającej 1,5% CO₂ i 1,5% O₂ (tab. 7). Należy zaznaczyć, że objawy te występowały z większą częstotliwością wówczas, gdy termin oceny jabłek przypadał w czasie upału, kiedy to skórkę owoców wyjętych z komory chłodniczej błyskawicznie pokrywała obfita rosa.

Tab. 6. Wpływ preparatu SmartFresh™ (1-MCP) na występowanie przebarwień skórki po 10 miesiącach przechowywania we współdziałaniu z terminem umieszczenia owoców w KA i długością symulowanego obrotu (%); 2010/2011

Termin	Kombinacje 1-MCP	Długość symulowanego obrotu (dni)		
		0	7	14
Zbiór 1 (17.09.2010)	Owoce umieszczone w KA po 9 dniach od zbioru			
	Nietraktowane	A 30,1 a	A 40,5 b	A 42,5 b
	Traktowane 1-MCP	A 31,4 a	A 40,9 b	A 43,1 b
	Efekt 1-MCP	1,3 ni	0,4 ni	0,6 ni
	Owoce umieszczone w KA po 21 dniach od zbioru			
	Nietraktowane	A 29,1 a	A 41,4 b	A 43,2 b
	Traktowane 1-MCP	A 31,9 a	A 45,5 b	A 48,2 b
Zbiór 2 (24.09.2010)	Owoce umieszczone w KA po 9 dniach od zbioru			
	Nietraktowane	A 23,4 a	B 33,6 b	A 36,5 b
	Traktowane 1-MCP	A 21,5 a	A 30,3 b	A 29,7 b
	Efekt 1-MCP	-1,9 ni	-3,4 ni	-6,8*
	Owoce umieszczone w KA po 21 dniach od zbioru			
	Nietraktowane	A 22,7 a	A 28,0 ab	A 32,8 b
	Traktowane 1-MCP	A 24,7 a	A 34,7 b	A 35,5 b
Efekt 1-MCP	2,0 ni	6,7*	2,7 ni	

Objaśnienie: patrz tabela 4.

Wprowadzie warunki chłodni z kontrolowaną atmosferą hamują produkcję etylenu, a tym samym jabłka dojrzewają wolniej, niemniej jednak utrzymanie wysokiej ich jakości po 8–10 miesiącach przechowywania jest niemałym wyzwaniem. Ponieważ odmiany jabłek różnią się między sobą zdolnością przechowalniczą, dlatego nie można przyjąć

jednakowych, zoptymalizowanych warunków ich przechowywania. Aby zapewnić możliwość bardzo długiego przechowywania jabłek przy zachowaniu ich wysokiej jakości i minimalnych stratach spowodowanych występowaniem chorób abiotycznych należy monitorować w czasie rzeczywistym reakcję owoców na krytyczne stężenia tlenu. Taką technologią jest dynamicznie kontrolowana atmosfera (DKA), która może być oparta na produkcji alkoholu etylowego przez owoce lub fluorescencji chlorofilu [Zanella i in. 2005; Betemps i in. 2012].

Opracowany przez Holendrów dynamiczny system sterowania atmosferą w komorze przechowalniczej pozwala określić dolną granicę stężenia tlenu poprzez okresowe monitorowanie poziomu alkoholu etylowego w jabłkach [Veltman i in. 2003]. Jednakże określenie krytycznego stężenia tlenu jedynie na podstawie zgromadzonego w owocach alkoholu etylowego jest ryzykowne. Precyzyjną metodą pozwalającą określać reakcję owoców na stres, w tym przypadku wywołany bardzo niskim stężeniem tlenu, jest interaktywne monitorowanie fluorescencji chlorofilu [Zanella i in. 2005; Prange i in. 2007; DeLong i in. 2007; Burdon i in. 2008]. Technologia ta jest opatentowana i od roku 2002 jest znana pod nazwą HarvestWatch™.

Wyniki badań prowadzonych na owocach różnych gatunków wskazują, że dla każdego z nich można ustalić specyficzne stężenie tlenu, przy którym następuje nagle zwiększenie wartości parametru minimalnej fluorescencji (F_0) oraz zmniejszenie wartości maksymalnej wydajności kwantowej PSII (F_v/F_m). Zmiany wartości tych parametrów wynikają z faktu, że przy zmniejszającym się stężeniu tlenu zwiększa się dystans pomiędzy układami antenowymi LHC i centrami reakcji (RC) fotosytemu II (PSII) w błonach tylakoidów gran. Wiąże się to ze zmniejszeniem prawdopodobieństwa transferu zaabsorbowanej energii, a zwiększeniem możliwości jej fluorescencji (Prange i in. 2002). Nie wchodząc w nadmierne szczegóły – system ciągłego wzbudzenia fluorescencji chlorofilu może być z powodzeniem wykorzystywany w warunkach DKA, umożliwiając jednocześnie uwzględnianie specyficznych wymagań danego gatunku i odmiany [Prange i in. 2003; DeLong i in. 2004].

W przypadku ustalania optymalnych warunków przechowywania jabłek danej odmiany w DKA ważne są również inne czynniki wywołujące stres i ujawniające się w postaci zmiany intensywności fluorescencji chlorofilu.

Tab. 7. Wpływ terminem zbioru we współdziałaniu z warunkami i długością przechowywania na występowanie specyficznych przebarwień skórki jabłek odmiany 'Šampion' po symulowanym obrocie (%); 2011/2012

Kombinacje z SmartFresh™	Termin zbioru	Długość przechowywania (miesiące)			
		7	8	9	10
Nietraktowane	Owoce przechowywane 4 miesiące w atmosferze 0,6:0,6, później 0,8:0,8				
	19.09.2011 (T1)	A 0,2 a	A 0,0 a	A 0,0 a	A 0,0 a
	29.09.2011 (T2)	A 0,4 a	A 0,0 a	A 0,0 a	A 0,0 a
	Efekt terminu zbioru (T2-T1)	0,2 ni	0,0 ni	0,0 ni	0,0 ni
	Owoce przechowywane w atmosferze zawierającej 1,5% CO ₂ i 1,5% O ₂				
	19.09.2011 (T1)	B 1,3 b	A 0,0 a	A 0,0 a	A 0,2 ab
	29.09.2011 (T2)	A 0,0 a	A 0,0 a	A 0,0 a	A 0,1 a
Efekt terminu zbioru (T2-T1)	-1,3*	0,0	0,0 ni	-0,1 ni	
Traktowane	Owoce przechowywane 4 miesiące w atmosferze 0,6:0,6, później 0,8:0,8				
	19.09.2011 (T1)	A 0,0a	A 0,0 a	A 19,4 a	A 8,9 a
	29.09.2011 (T2)	A 0,0 a	A 0,0 a	A 5,5 b	A 2,8 b
	Efekt terminu zbioru (T2-T1)	0,0 ni	0,0 ni	-13,9**	-6,1*
	Owoce przechowywane w atmosferze zawierającej 1,5% CO ₂ i 1,5% O ₂				
	19.09.2011 (T1)	A 0,0 a	A 0,0 a	B 38,0 a	B 24,1 a
	29.09.2011 (T2)	A 0,0 a	A 0,0 a	B 12,3 b	B 11,5 b
Efekt terminu zbioru (T2-T1)	0,0 ni	0,0 ni	-25,7**	-12,6**	

Objaśnienie: małe litery w wierszu służą do porównania wpływu długości przechowywania; wielkie litery w kolumnach służą do porównania wpływu warunków przechowywania w obrębie danego terminu zbioru i kombinacji z preparatem SmartFresh; ni – wpływ nieistotny statystycznie, * – wpływ udowodniony przy $\alpha = 0,05$, ** – wpływ udowodniony przy $\alpha = 0,01$.

Wśród nich należy wymienić tempo obniżania zawartości tlenu w komorze chłodniczej oraz temperaturę owoców i powietrza (szczególnie w pierwszych dniach przechowywania). W celu usta-

lenia krytycznego stężenia tlenu dla jabłek danej odmiany, w komorze wypełnionej owocami należy stopniowo obniżać zawartość tlenu. Gdy stężenie tlenu osiągnie poziom niższy od krytycznego, szybko wzrasta intensywność fluorescencji chlorofilu. Jest to sygnał do zwiększenia stężenia tlenu, które należy ustalić nieco powyżej stężenia krytycznego. Takie działanie skutkuje powrotem intensywności fluorescencji chlorofilu do poziomu, jaki obserwowano przed stresem spowodowanym zbyt niskim stężeniem tlenu w atmosferze przechowalniczej [DeLong i in. 2004, Wright i in. 2010, 2012]. System oparty na pomiarze fluorescencji chlorofilu umożliwia precyzyjne dobieranie składu atmosfery, z uwzględnieniem aktualnego stanu fizjologicznego jabłek, bez ryzyka uszkodzeń wywołanych zbyt niskim stężeniem tlenu [DeLong i in. 2004, Zanella i in. 2005]. W takich warunkach jabłka przechowują się najdłużej, a ponadto charakteryzują się dobrą trwałością w czasie obrotu towarowego. Dodatkową zaletą DKA jest znacznie mniejsze ryzyko brązowienia zarówno skórki jak i miąższu, uzyskane – co ważne – bez użycia preparatów chemicznych.

Zapewne najdłużej można by przechowywać jabłka w technologii DKA po uprzednim poddaniu ich działaniu 1-metylocyklopropenu (1-MCP). 1-MCP wchodzi w interakcję z receptorami etylenu, do których ma wielokrotnie większe powinowactwo niż etylen i w rezultacie skutecznie blokuje jego syntezę. Dzięki temu 1-MCP sprzyja wyższej jędrności i kwasowości miąższu. W przypadku jabłek tzw. odmian miękkich zastosowanie 1-MCP w połączeniu z technologią DKA powinno znakomicie wydłużyć okres podaży owoców wysokiej jakości i jednocześnie zmniejszyć lub skutecznie wyeliminować straty powodowane przez niektóre choroby przechowalnicze, w tym przez oparzelizną powierzchniową, rozpad starczy i gorzką zgniliznę.

Przechowywanie owoców, zwłaszcza w nowoczesnych obiektach, jest drogie, a straty jabłek podczas przechowywania dodatkowo powiększają koszty. Obecnie najgroźniejszą chorobą biotyczną przechowywanych jabłek jest gorzka zgnilizna. Stanowi ona duży problem w coraz większej liczbie sadów, głównie za sprawą wycofywania skutecznie działających fungicydów. Owoce wielu popularnych odmian jabłoni (np. ‘Šampion’, ‘Jonagold’, ‘Golden Delicious’, ‘Pinova’) należą do bardzo podatnych na gorzką zgniliznę. Z powodu postępującej re-

dukcji asortymentu środków ochrony roślin, obecnie sadownicy mają do dyspozycji cztery preparaty zarejestrowane do zwalczania tej choroby, tj. Zato 50 WG, Bellis 38 WG, Switch 62,5 WG i Topsin M 500 SC [Bryk 2013]. Użycie każdego z nich wiąże się z różnymi ograniczeniami. Dlatego przy zapobieganiu gorzkiej zgniliznie duży nacisk należy położyć także na inne, niechemiczne metody. W tym przypadku duże znaczenie może odegrać zarówno skuteczne zwiększanie zawartości wapnia w jabłkach (w tym z wykorzystaniem syntetycznego ekstraktu roślinnego imitującego obecność auksyn uczestniczących w pompie wapniowo-auksynowej), jak i prawidłowy termin ich zbioru. W przypadku innych chorób pochodzenia biotycznego warto także korzystać z mikroorganizmów antagonistycznych (biofungicydy).

Nowym trendem związanym z utrzymywaniem wysokiej jakości owoców w trakcie obrotu hurtowo-detalicznego jest stosowanie opakowań aktywnych. Ciekawym rozwiązaniem wydaje się być stosowanie folii polimerowej zawierającej niewielką ilość 1-MCP, który jest sukcesywnie uwalniany po zapakowaniu owoców. Tempo uwalniania 1-MCP zależy od rodzaju folii oraz ilości tego związku w folii, a także od temperatury i wilgotności powietrza. Przykładem postępu w zakresie opakowań do owoców są także „opakowania inteligentne”, które informują potencjalnego nabywcę o stopniu dojrzałości zapakowanych w nie owoców.

LITERATURA

- Akbadak B., Ozer M. H., Erturk U., Cavusoglus S. 2009. *Response of 1-methylcyclopropene treated 'Granny Smith' apple fruit to air and controlled atmosphere storage conditions*. J. Food Quality 32(1), 18–33.
- Betemps D. L., Fachinello J. C., Galarca S. P., Portela N. M., Remorini D., Mas-sai R., Agati G. 2012. *Non-destructive evaluation of ripening and quality traits in apples using a multiparametric fluorescence sensor*. J. Sci. Food Agric. 92(9), 1855–1864.
- Bryk H. 2013. *Zagrożenia i możliwości ochrony jabłek przed chorobami przechowalniczymi a bezpieczeństwo konsumenta*. W: Tomala K. i Bernat W. (ed.). Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych. Druk Marleks (16), 105–113.

- Burdon J., Lallu N., Haynes G., McDermott K., Billing D. 2008. *The effect of delays in establishment of a static or dynamic controlled atmosphere on the quality of 'Hass' avocado fruit*. Postharvest Biol. Technol. 49, 61–68.
- DeLong J. M., Prange R. K., Harrison P. A. 2007. *Chlorophyll fluorescence-based low-O₂ CA storage of organic 'Cortland' and 'Delicious' apples*. Acta Hort. 737, 31–37.
- DeLong J. M., Prange R. K., Leyte J. C., Harrison P. A. 2004. *A new technology that determines low-oxygen thresholds in controlled-atmosphere-stored apples*. Hort. Technol. 14, 262–266.
- Konopacka D., Płocharski W. J. 2004. *Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability*. Postharvest Biol. Technol. 32, 205–211.
- Harker F. R., Kupferman E. M., Marin A. B., Gunson F. A., Tiggs C. M. 2008. *Eating quality standards for apple based on consumer preferences*. Postharvest Biol. Technol. 50, 70–78.
- McArtney S. J., Obermiller J. D., Schupp J. R., Parker M. L., Edgington T. B. 2008. *Preharvest 1-methylcyclopropene delays fruit maturity and reduces softening and superficial scald of apples during long-term storage*. Hort. Science 43(2), 366–371.
- Prange R., DeLong J., Harrison P., Leyte J., Mclean S. D., Scrutton J. G. E., Cullen J. J. 2007. *Method and apparatus for monitoring a condition in chlorophyll containing matter*. US Patent 7. 199. 376. 3 April 2007.
- Prange R. K., DeLong J. M., Harrison P. A., Leyte J. C., McLean S. D. 2003. *Oxygen concentration affects chlorophyll fluorescence in chlorophyll-containing fruit and vegetables*. J. Am. Soc. Hort. Sci. 128 (4), 603–607.
- Prange R. K., DeLong J. M., Leyte J. C., Harrison P. A. 2002. *Oxygen concentration affects chlorophyll fluorescence in chlorophyll-containing fruit*. Postharvest Biol. Technol. 24, 201–205.
- Tomala K., Al-Sharfi A., Dziuban R., Stępniewska M., Koral R., Kamiński S., Szeroczyński P., Sławiński A. 2013. *Regulowanie wzrostu jabłoni, dokarmianie owoców wapniem i innowacyjne przechowywanie jabłek*. W: K. Tomala i W. Bernat (red.) Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych. Druk Marleks (16), 133–146.
- Tomala K., Baryłko-Pikielna N., Jankowski P., Jeziorek K., Wasiak-Zys G. 2009. *Acceptability of scab-resistant versus conventional apple cultivars by Polish adult and young consumers*. J. Sci. Food Agric. 89, 1035–1045.
- Veltman R. H., Verschoor J. A., Ruijsch J. H. 2003. *Dynamic control system (DCS) for apples (Malus domestica Borkh. cv 'Elstar'): optimal quality through storage based on product response*. Postharvest Biol. Technol. 27, 79–86.

- Watkins C. B., Ekman J. H. 2005. *How postharvest technologies affect quality. Environmentally Friendly Technologies for Agricultural Produce Quality*. CRC Press, 437–481.
- Wright H., DeLong J., Gunawardena A. H. L. A. N., Prange R. 2012. *Dynamic controlled atmosphere (DCA): Does fluorescence reflect physiology in storage?* Postharvest Biol. Technol. 64, 19–30.
- Wright H., DeLong J., Harrison P. A., Gunawardena A. H. L. A. N., Prange R. 2010. *The effect of temperature and other factors on chlorophyll a fluorescence and the lower oxygen limit in apples (Malus domestica)*. Postharvest Biol. Technol. 55, 21–28.
- Zanella A., Cazzanelli P., Parnarese A., Coser M., Cecchinell M., Rossi O. 2005. *Fruit fluorescence response to low oxygen stress: Modern storage technologies compared to 1-MCP treatment of apple*. Acta Hort. 682, 1535–1542.

Adres do korespondencji:

Kazimierz Tomala
Katedra Sadownictwa
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 159, 02–776 Warszawa
e-mail: kazimierz_tomala@sggw.pl

TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF FRUIT PRODUCTION IN UKRAINE

TRENDY ROZWOJU OGRODNICTWA NA UKRAINIE

Summary. The article presents the research results of the analysis of fruit production sector of Ukraine. It is shown that the branch is in the conditions of crisis and to overcome it, it is necessary to make a number of organizational-economic changes, namely, introduction of intensive resource saving technologies of fruit growing, extension of the network of farms specialized in fruit and berry production, improvement of orchards location, improvement of variety composition of plantations, processing and storing of commodities in the place of their production, elaboration of measures to increase the efficiency of perspective forms farming etc.

Key words: *fruit production, variety composition, farm categories, supply*

Abstrakt. W pracy przedstawiono wyniki badań analizy branży sadownictwa na Ukrainie. Należy zauważyć, że przemysł ten jest w stanie kryzysu i dla pokonania tego stanu potrzebny jest szereg transformacji organizacyjno-ekonomicznych. Są to: wprowadzenie intensywnych oszczędnych technologii uprawy, rozbudowa sieci przedsiębiorstw specjalizujących się w produkcji owoców i jagód, polepszenie lokalizacji ogrodów, poprawa struktury i składu gatunkowego nasadzeń odmian, rozszerzenie przetwarzania i przechowywania produkcji, opracowanie środków w celu poprawy skuteczności obiecujących form zarządzania, itp.

Słowa kluczowe: *ogrodnictwo, skład gatunkowy, kategorie gospodarstw, podaż*

INTRODUCTION

Horticultural produce makes a considerable part of food balance of Ukraine and the country's natural-economic potential facilitates the formation of high yields of orchard crops. Taking into account these peculiarities Ukraine has the opportunity to meet not only its own needs for horticultural produce but to export it. However, the efficiency of fruit production in the country has decreased considerably of late. A sharp decline of volumes of production and consumption of orchard crops, a considerable decrease of productive perennial plantations, regular decrease of the share of new orchards, lack of necessary financial support by the state led to unprofitableness of fruit production in most farm enterprises. With a low level of fruit production great difficulties in the commodity distribution arise due to the imperfection of marketing infrastructure, storing and processing of fruits, losing external sales markets. This predetermines the necessity of a complex research of theoretical and practical aspects of increasing the efficiency of orchard crop production.

ANALYSIS OF THE LATEST RESEARCHES

Some aspects of the development and functioning of horticultural branch are elucidated in the research works of such well-known researchers-economists as Yurchyshyn [1968], Shestopal et al. [2010], Yermakov et al. [2001], Ruliev [2004] and others. At the same time the issues of increasing the efficiency of fruit production at the regional level need further research.

BRIEF SUMMARY OF THE RESEARCH

Fruit production is a traditional branch of agriculture in Ukraine which has a rich many-century history. The significance of the branch consists primarily in the fact that it produces exceptionally valuable food products which also have useful therapeutic qualities. Fruits and berries are important not only as essential food products but have high healing qualities. A kilogram of fruit and berries contains in the average 440 kcal. which is about 15% of adequate daily ration. Due to the content of easily digested carbohydrates, organic acids

and vitamins the quality of human diet improves considerably with the optimal consumption of fruit and berries.

Potentially, fruit and berry production of Ukraine is able to meet the demand for the commodities both in the domestic and foreign markets. However the modern state of fruit and berry production in Ukraine is rather low as compared to the countries with highly developed fruit production despite the fact that the country has favorable conditions for its development. Even in the years of the highest gross yield of horticultural produce, its production per capita comprised about 80 kg, while in the USA it was 100 kg, in Austria – 134 and in Holland it was 149 kg. In recent years fruit and berry production reduced even more and in 2011 it was 41kg per capita which is 27% less than in 1990 though according to the information of the Institute of Food the optimal rate of consumption of fruit and berries in Ukraine is supposed to be 92 kg per capita Such a low rate of consumption of fruit and berries can be explained by both the decline of production and sharp drop of solvent social demand for them.

The comparison of the dynamics of pome fruit (apples, pears) production in Ukraine and other countries of the world is especially impressive. Their share is about 75% of all horticultural gross yield in the world. From 1990–1991 to 2000–2001 fruit production in foreign countries increased by 62% and in Ukraine it decreased by 56%.

On the basis of generalization of the published works by Ukrainian researchers such peculiarities of fruit and berry plantations as the main element of means of production in horticultural sector were established and detailed:

fruit and berry plantations on the contrary to other means of production are formed directly at farm enterprises, they have clearly determined single production orientation and do not pass the marketing stage. This promotes the creation of such plantations which would correspond to natural-economic conditions of a particular farm in the best way;

fruits and berries, their varieties differ considerably not only by their consumption characteristics but by a complex of organizational, economic and technological factors which influence the economic efficiency of production. Different terms of supply of the commodities for their sale, different periods of most labor intensive work con-

nected with care of the plantations and peculiarities of storing fruit and berries can be mentioned among such factors. Due to these facts it is obvious that the crucial role in rational commodity production is played by substantiation of variety composition of the plantations;

sustainable fruit and berry production can be reached only under the conditions of systematic reproduction in accordance with standard periods of their creation and efficient use;

fruit and berries and their cultivars differ considerably by both the length of creation of plantations and periods of their productive use. It is understandable that optimization of the age structure of plantations, namely keeping the normative rates of new plantations in the total area under plantations is of great importance;

high capital and fund intensity of fruit production. There is a great difference in the time of investing money into the creation of plantations and receiving returns which is caused by the nature of varieties and cultivars;

most fruits deteriorate fast and are difficult to transport so, they should be sold quickly or be processed and canned quickly. This requires overall integration of production spheres, processing, storing and selling fruits and berries which is an objective prerequisite for the efficient organization and functioning of the branch;

the situation on the horticultural produce market is changing constantly. That is why the technology of production should be flexible which is realized through reducing the length of general rotation of plantations and speeding up the variety renewal of plantations;

the production of horticultural commodities is risky due to unfavorable conditions. Due to this fact monoculture in any farm enterprise is more an exception than a rule. This also explains the importance of plantations insurance and creation of financial reserves on the farms;

Due to its nature fruit production belongs to highly intensive branches of agriculture. The creation of new and improvement of existing means of production namely, development of new varieties of fruit and berries, and their selection on their basis of varieties study, introduction, creation of more efficient types of plantations, selection of variety grafting combinations etc., which will ensure high production results [Shestopalov 2010].

The present state of fruit production in Ukraine is characterized by a very low level of productivity of plantations especially at the farm enterprises. During the years of reforming the commercial fruit production has become unprofitable at most farm enterprises and is gradually disappearing as a branch of agriculture. The area of fruit plantations during the period of 1990–2011 has decreased nearly by 3 times (tab.1).

In Ukraine the main fruit and berry producers were individual farms – 84,1% without taking into account the fact that they occupied only 67,28% of all the area of productive plantations. The share of individual horticultural farms is only 2,03% of the harvested produce. It is necessary to underline the trend in the increasing role of individual horticultural farms during the years of the research. The lowest results in fruit production have been shown by agricultural In individual horticultural farms the yields gradually are increasing which is connected firstly with the application of new technologies in fruit and berry production, and higher level of intensification.

In spite of the development of individual farms the specialized horticultural farm enterprises which will have optimal area of fruit productive plantations, their own base for storing and processing produce will remain the main fruit producers in the future.

Besides changes in the structure of fruit production by categories of farms it is necessary to mention the changes in the structure of varieties of fruit production during the period of research (table 2). If in 1990 horticultural produce was mainly represented by pome fruits which made 75,5% of the total supply of fruit at the market, in 2010 their supply reduced to 62,3%. However, apple production still has the highest volumes of production

During the research years the share of stone fruits increased from 20 to 25,2%, nuts – from 1,5 to 5,3% and berries from 3,1 to 7,1%. Speaking about stone fruits, in 2010 the share of sour cherries, sweet cherries and apricots supply increased considerably which made 1,6, 1,8, and 2,4 respectively. In soft fruit growing the production of all kinds of berries also increased.

Tab. 1. Dynamics of fruit production in Ukraine according categories of farms

Year	All categories of farms	Including:					
		farm enterprises		individual farms		farms	
		total	% of total amount	total	% of total amount	total	% of total amount
Area of fructiferous plantations, th.ha.							
1991	669,20	325,80	48,68	343,30	51,30	0,00	0,00
2000	378,00	240,10	63,52	134,50	35,58	3,40	0,90
2005	265,50	124,80	47,01	140,60	52,96	6,20	2,34
2010	223,20	75,10	33,65	148,10	66,35	7,40	3,32
2011	223,40	73,10	32,72	150,30	67,28	7,90	3,54
Yield, hundredweight from 1 ha.							
1991	22,90	13,50	58,95	32,00	139,31	4,40	19,16
2000	38,40	10,90	28,39	88,30	229,71	11,50	29,92
2005	63,70	16,00	25,12	105,90	166,25	17,30	27,16
2010	78,20	38,20	48,85	98,50	125,96	49,70	63,55
2011	84,90	41,00	48,29	106,20	125,09	48,50	57,13
Gross yield, th., hundredweight							
1991	15371,50	4398,30	28,61	10985,60	71,47	0,00	0,00
2000	14530,30	2617,10	18,01	11876,40	81,73	39,10	0,27
2005	16899,00	2001,00	11,84	14898,10	88,16	108,30	0,64
2010	17464,50	2867,90	16,42	14596,60	83,58	370,10	2,12
2011	18963,30	2998,00	15,81	15965,30	84,19	385,40	2,03

The supply of horticultural produce is formed by farm enterprises and individual farms of all regions of Ukraine. However, in 2010 the biggest share was made in Vinnytsia (13,2%), Khmelnytskyi (10,8%), Poltava (7,2%), Dnipropetrovsk (6,7%), Donetsk (6,0%), Zakarpatska (5,8%), Lviv (5,6%) and Chernivtsi (5,4%) regions.

It is also necessary to mention the exceptionally important role of such factor as the reduction of areas under productive plantations which also negatively influences fruit and berry production in Ukraine. This decrease is taking place gradually with the removal of old plantations and in 2011 the areas under perennial productive plantations were 223,4 thousand hectares which is 2,1 times less than in 1986–1990. The biggest reduction of the areas was observed in 1997–1998.

Tab. 2. Variety structure of horticultural produce in Ukraine (%)

Commodities	1990	1995	2000	2005	2010
Fruit and berries – total	100	100	100	100	100
pome fruit	75,5	68,4	56,0	53,6	62,3
apples	66,5	55,1	44,6	42,6	52,7
bears	8,6	13,0	10,7	10,5	9,0
quince	0,4	0,2	0,5	0,5	0,5
stone fruit	20,0	25,2	34,9	34,5	25,3
plums	8,5	8,0	8,5	9,8	8,4
sour cherries	5,6	8,1	10,7	10,8	7,2
sweet cherries	1,5	2,5	5,2	5,9	3,3
apricots	2,2	5,1	7,0	5,6	4,6
peaches	2,1	1,3	2,4	1,9	1,2
nuts	1,5	4,0	3,4	5,4	5,3
walnuts	1,4	4,0	3,4	5,4	5,2
berries	3,1	2,4	5,7	6,5	7,1
strawberries	1,7	0,9	2,2	2,7	3,6
raspberries	0,3	0,4	1,4	1,7	1,5
black currants	0,7	0,8	1,4	1,5	1,4
gooseberries	0,3	0,2	0,6	0,5	0,4

The increase of fruit tree plantations areas took place till 1981. It was achieved by a rapid pace of their creation in the specialized horticultural farms of Ukraine. In some years the orchards of 40–50 thousand hectares were formed. Such approach to the development of the horticultural branch did not meet the requirements of that time and was eliminated by practice. All the following years were characterized by a stable reduction of planting areas, especially in the public sector. Thus, in 2011 compared to 1991 the area of fruit plantings reduced by 6,62%.

A very low pace of renewal of orchards can also be mentioned as one of the negative factors influencing the development of fruit production. It is a known fact that a systematic renewal of fruit plantations is one of the most important factors of intensification of fruit production as in its course the latest achievements of scientific-and-technical progress are introduced, the assortment is enriched, new resistant varieties are developed. The problem of renewal and creation of new orchards and berry fields is one of the most urgent in Ukrainian fruit production nowadays. The areas of old plantations which should be removed are much bigger than the areas of new orchards.

All these factors lead to aging of plantations. According to the data of the latest census of orchards in the farms of Ukraine 85001,2 ha or 31,4% of the total area of productive fruit plantations were used for much longer terms than they were supposed to be.

In addition to production, the import of fruits from other countries is a part of fruit and berry supply on the Ukrainian market (fig.1). According to the balance of fruits, berries and grapes (including canned and dried commodities in terms of fresh produce), the increase of import of horticultural produce by 178,43 thousand tons is observed in Ukraine annually.

According to the research of the Analytical-consulting center of the Blue Ribbon the main reasons for increasing the import of fruits and berries are:

- 1) trends to the long-term increase of fresh fruit consumption which is proved by the last 10 years: more requirements to the quality and assortment of the produce; changes in the consumers' preferences which is based on the desire for a healthy way of life; better

availability of fruits which are not grown in Ukraine due to its natural and climate conditions; factors which are the result of reducing the import duty rates after Ukraine's joining the WTO.

2) Active development of big trade chains (METRO, Auchan, Billa, Fozzy Group and others): interest in wholesale supply of high quality and certified produce; increased demand for the external appearance of commodities and packing; need for the diversity of commodities; seasonal character of growing fruits in Ukraine; cultivation of the traditional for Ukraine varieties; low demand for storage facilities; reduction of import duty rates which is the result of Ukraine's joining the WTO [Zhyhadlo 2010].

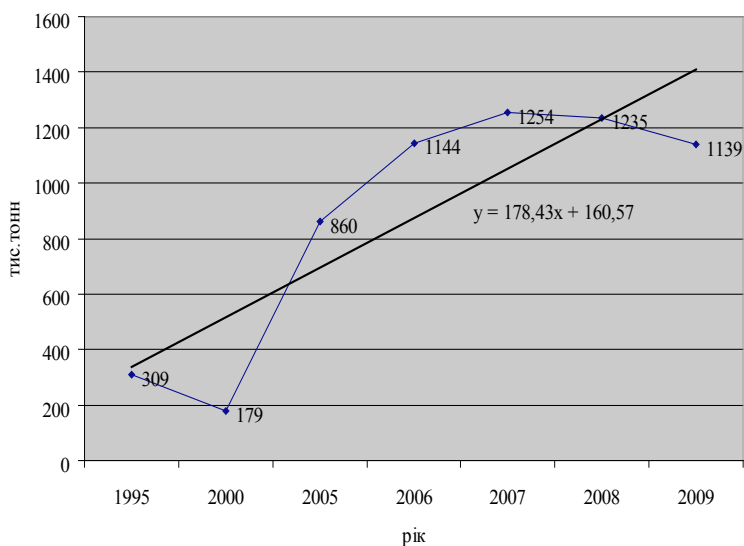


Fig. 1. Dynamics of import of horticultural produce of Ukraine, thousand tons

In 2009 the share of import in the structure of fruit and berry supply was 36,8% while in 1995 it was only 12%. The most popular imported commodities traditionally are citrus fruits – 37% and bananas – 21%, i.e. fruits which are not cultivated in Ukraine due to its nature and climate conditions and can not be substituted by national products by their flavor and taste qualities, at the same time they

have reasonable consumer prices. Ukraine's joining the WTO has also played its role in availability of the fruits as the import customs tariff for citrus fruits and bananas before this was 3% and after joining the WTO it became 0%. The import of apples has increased by 56% , 93% of which is made by supplies from Poland: by price indices Polish apples are at the same level with the Ukrainian apples and in winter-spring period they are even less expensive, thus, in 2009 the average price of imported apples from Poland comprised 2,9–3,0 hrn./kg.

The main countries importing horticultural produce to Ukraine are Turkey, Poland, Egypt, Spain, Ecuador, Georgia etc.

In the conditions of market economy the main goal of commercial fruit production is making a profit by selling it at the market. It can be reached through the intensification, the main point of which lies in the optimal correlation of “expenses – output” or “effect – expenses”. New technological elements, plantation types, cultivars may be good methods of increasing the efficiency of production only if they ensure reducing the cost price of the produce and increasing its quality.

In 2011 the level of profitability became 17,9% which proves the revival of the branch (tab. 3).

The National Program of the Development of Fruit Production, which was approved by the Decree №220 of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 4th April, 1994, plays a very important role in the development of fruit production. In accordance with it, the amounts of gross horticultural output were calculated with the help of scientifically grounded norms of consumption of fresh produce and needs of the processing industry for raw materials [The program..]

The increase of fruit production will be reached through improving the profitability of plantations on the basis of further intensification of the branch, namely, creation of the plantations of new type, extension of areas under grapes especially of industrial varieties, development and introduction of highly productive varieties of high quality with higher resistance to frosts, diseases and pests.

To achieve the desired volumes of production it is necessary to ensure the development and strengthening of seed and new plants producing basis. In the process of reforming the branch and privatization of nursery farms this sphere lost its organization, unity and

guaranteed selling of the grown young trees. The lack of the state support in the creation of new plantations influenced negatively the development of nursery industry during a long period of time. Reduction of production of planting stock of fruit crops during the last decade by more than twice and soft fruits by 3,5 times resulted in its partial import, inter-regional exchanges, lower requirements for the quality and purity of varieties, infestation with pests and diseases. The main directions of work in nursery industry are supplying the consumers with planting stock of high quality, improving its variety and variety stock structure, growing of improved healthy young plants including early ripening varieties.

Tab. 3. Economic efficiency of fruit production in Ukraine in 2011

Index	Agro-climatic zone			
	Polissia	Carpathians	Forest-Steppe	Steppe
Area of productive plantations, th.ha.	19,4	47,1	83	60,6
Croppage, th.hundredweight	1745,5	3508	6973,9	5738,8
Yield from 1 ha., hdwt	334,2	288,9	670,1	636,7
Amounts of the produce sold, th.tons	0,9	10,7	136,2	55,1
Total cost price of the produce sold, th.hrn.*	1456,6	34443,5	224011,4	180367,4
Net income (receipts), th.hrn.*	1604,8	26515,5	273275,3	213031,4
Profit (loss), th.hrn.*	148,2	-7928	49263,9	32664
Total cost price of 1 hdwt. of fruits, hrn. *	161,84	321,90	164,47	327,35
Selling price of 1 hdwt. of fruits, hrn. *	178,31	247,81	200,64	386,63
Profit (loss) per 1 ha, hrn. *	16,47	-74,09	36,17	59,28
Level of profitability (unprofitableness),%	10,17	-23,02	21,99	18,11

*1 hryvnia = 10,60 €

The important factors of intensification of fruit production and vine growing are the improvement of the system of protection of plantations from pests and diseases where a significant role is played by an integrated method that is highly precise forecasting of pests appearing with further application of microbiological preparations, less toxic and able to quickly decompose in the environment insecticides.

It is also supposed to extend the areas of irrigation of perennial plantations with the help of modern irrigation systems, introduction of progressive methods of irrigation, namely, drip irrigation, under top and overhead irrigation.

To restore commercial fruit production the intensive types of orchards, which together with high profitability ensure rapid capital turnover and considerably shorter investment period, should be more widely used.

It is also necessary to take into consideration natural investment characteristics of a number of fruit and berry crops and pomological varieties which facilitates fast transformation of investments into functioning main means of production and high returns on investments.

The extension of holding capacities of domestic market and the use of the branch's export potential play an important role in the increase of the efficiency of commercial fruit production. According to calculations of Ukrainian researchers the annual amount of the Ukrainian export of fruits and berries can be 250–300 th.tons, that is why it is important to develop a mechanism of the state protectionism and to protect the national producer from expansion from other countries of those kinds of horticultural produce which can be produced in our country.

To overcome the negative trends in the formation of the fruit and vegetable market of Ukraine it is necessary first of all to direct the production to the market for the fullest satisfaction of the consumer demand and gaining a maximum profit. It should be kept in mind that absence of buyers makes the existence of production impossible. The main principles of functioning of market relations should be economy, competition, protection of consumers and producers. Protection of farm producers from import and monopoly in

processing and selling should be carried out by uniting producers, creating their own processing and selling cooperatives.

The most urgent problem in commercial fruit production is a problem of investments which requires the search for their effective sources. The investments should be first used for the introduction of up-to-date technologies of growing fruits and berries, their processing and storing, reconstruction of processing enterprises, development of infrastructure of fruit and berry market and marketing systems at enterprises.

In the conditions of the modern economic crisis the branch needs target crediting (for the term of no less than 5 years), increased budgetary appropriations, 1% charges from the amounts of money received from selling alcohol drinks and beer for the development of fruit, vine and hop production, attracting foreign investors.

The competitiveness of farms increases with the increased volumes of storing and processing of produce in the places where it is grown and with the organization of enterprises' own trade. The location of storage facilities on the farms will ensure the reduction of the highest workloads for transport, expenses due to transporting commodities of only highest quality, better employment of rural residents in the off season. As for participation of farms directly in trading activities it is good only in the transition period to market economy. In other periods it is unreasonable to distract part of funds for organization of trade, it is better to invest the money into the improvement of production. This leads to more productive work and higher amounts of returns on investments.

The researches proved high efficiency of specialization of fruit production and agro-industrial integration of the branch. It is important that a horticultural farm should sell not the intermediate but a final product which will give a higher final result.

Efficient fruit production is a complex system of producing, processing, storing and distributing commodities in accordance with the necessity of full satisfaction of consumer needs supplying them with the produce of high quality. It includes the sphere of production of fruits and berries in different categories of farms, the sphere of processing fresh fruits and berries at the canneries of different production capacities and at canning shops of lower production capacity in

individual farms, as well as the sphere of procurement, procurement-distribution and trade-purchase enterprises and the trade system of fruit production output.

Efficient functioning of fruit production predetermines the necessity of creating the economic conditions for the functioning of specialized farms of different organizational-legal forms, development of producers' cooperation and integration and improvement of the economic mechanism of relationships with processing and trade enterprises which guarantee selling the produced commodities. Economic relations can be grounded on the principles of mutually advantageous cooperation or creation of integrated systems. The development of infrastructure of fruit and berry market should ensure the creation of wholesale markets, auctions, trading-distributing and production-trading associations, trade firms and houses, trading-purchasing enterprises etc. Regular supply of fruits and berries for customer consumption during a year is expected.

CONCLUSION

Thus, the development of commercial fruit production needs the consolidation of organizational-economic factors with technical and technological ones. The main directions of drastic changes in economic situation in fruit production are the improvement of the use of available resources of farms and bio-climatic potential of the regions by means of the introduction of intensive, resource saving technologies of growing fruits and berries, expansion of the network of enterprises specialized in the production of fruits and berries, improvement of location of orchards, the improved structure of variety composition of plantations, increase of processing and storing the produce in the places where it was grown, study of measures to increase the efficiency of perspective forms of farming.

REFERENCES

- Ruliev V. A. 2004. *Economic problems of fruit production of Ukraine*. – K.: HHIQ IAE, – 360 c.
- Shestopal O. M., Ruliev V. A., Kondratenko P. V. and others 2010. *Economics and organization of commercial fruit production of Ukraine* / edit. O. M. Shestopal. – K.: HHIQ IAE – 334 c.
- The program of development of fruit production of Ukraine for the period till 2025. Mode of access: <http://www.minagro.gov.ua>
- Yiermakov O. Yu., Rybak A. V., Kondratenko T.Ye., Kovchezniuk I.I., Rubakova O. V., Shumeiko A.I. 2001. *Fruit and berry market* / edit. Yermakova O. Yu. – K.: IAE YAAH – 84 c.
- Yurchyshyn V. V. 1968. *Economic efficiency of species and varieties of fruit crops*. – K.: Urozhay – 195 c.
- Zhyhadlo V. 2010. *Trends in foreign trade of fruit and berry produce in 2009 // Proceedings of the conference “Commercial fruit and vegetable production, flower growing and landscaping”*, 25 February 2010 p. – Kyiv – 19 c.

**CALLITRICHE – NOWY, POTENCJALNY
SUPPLEMENT DIETY**
*CALLITRICHE – NEW, POTENTIAL
DIETARY SUPPLEMENT*

Abstrakt. Celem pracy było wyznaczenie zawartości związków prozdrowotnych, głównie z grupy antyutleniaczy fenolowych i karotenoidowych, w suszonych pędach wodnej rośliny *Callitriche cophocarpa* (rzęśli długoszyjkowej), jak również komercyjnych suplementach diety zaliczanych do alg, takich jak *Chlorella* i *Spirulina*. Oryginalność pracy polega na analizie gatunku, nieznanego w kontekście badań prozdrowotnych. W pracy wykorzystano metody spektrofotometryczne i wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC). Uzyskano bardzo obiecujące wyniki w odniesieniu do liofilizowanego materiału *Callitriche*. Parafarmaceutyki pozyskiwane z glonów okazały się ubogim źródłem badanych antyutleniaczy, co prawdopodobnie wynika z niekorzystnych warunków obróbki technologicznej podczas przygotowywania wymienionych suplementów.

Słowa kluczowe: *antyoksydanty, Callitriche cophocarpa, karotenoidy, związki fenolowe.*

Summary. The aim of this study was to determine the content of healthy compounds, mainly from the group of phenolic and carotenoid antioxidants, in the shoots of aquatic plant *Callitriche cophocarpa* (water starwort), as well as in commercial dietary supplements like algae such as *Chlorella* and *Spirulina*. Originality of the work relies on the analysis of species unknown in the context of pro-health research. Spectrophotometric and high performance liquid chromatography (HPLC) methods were applied in the work. The obtained results are very promising with respect to the freeze-dried material of *Callitriche*. Parapharmaceuticals derived from algae revealed to be poor source of studied antioxidants, which is probably due to the adverse processing conditions attending preparation of these supplements.

Key words: *antioxidants, Callitriche cophocarpa, carotenoids, phenolic compounds.*

WSTĘP

Reaktywne Formy Tlenu (RFT) w żywych organizmach mogą powstawać na drodze metabolizmu komórkowego (np. jako produkt uboczny przemian w łańcuchu oddechowym) lub w wyniku działania zewnętrznych czynników fizycznych (jak promieniowanie nadfioletowe) bądź chemicznych (np. ekspozycja na działanie ksenobiotyków) [Rutkowski i in. 2007]. Występując w odpowiednich stężeniach RFT zaangażowane są w ważne funkcje sygnałne, produkcję energii, transkrypcję genów i wiele innych kluczowych procesów komórkowych [Seifried i in. 2007]. Jednocześnie, wzmożona produkcja RFT i związany z nią stres oksydacyjny, prowadzić może do poważnych uszkodzeń komponentów komórkowych takich jak: błony lipidowo-białkowe, białka i materiał genetyczny, które często mają charakter reakcji łańcuchowych [Bartosz 2006]. Liczne badania sugerują istotną rolę stresu oksydacyjnego w procesach starzeniowych komórek, a także w patogenezie wielu chorób, w tym chorób układu sercowo-naczyniowego, nowotworów, miażdżycy, choroby Alzheimera i Parkinsona [Rutkowski i in. 2007, Seifried i in. 2007].

Za utrzymanie fizjologicznych stężeń RFT w komórkach odpowiedzialne są mechanizmy antyoksydacyjne pochodzenia zarówno endo- jak i egzogenne, działające w oparciu o:

- enzymy antyoksydacyjne (dysmutaza ponadtlenkowa, katalaza, peroksydaza);
- antyoksydanty niskocząsteczkowe: hydrofilowe (np. związki fenolowe, witamina C) oraz hydrofobowe (np. karotenoidy, tokofrole) [Bartosz 2006].

Człowiek narażony jest na wiele czynników zakłócających właściwą równowagę oksydoredukcyjną w organizmie, do których zalicza się zanieczyszczenie powietrza, wody, palenie papierosów, niewłaściwą dietę i stresujący tryb życia [Grajek 2007]. Dodatkowo, niektóre stany chorobowe, jak np. nowotwory, mogą powodować zaburzenia syntezy i funkcjonowania endogennych przeciwutleniaczy [Valko i in. 2004]. Liczne badania epidemiologiczne wskazują na odwrotną zależność pomiędzy spożyciem produktów bogatych w antyoksydanty a zapadalnością na tzw. choroby cywilizacyjne [Rice-Evans i in. 1997]. Dlatego też zaleca się uzupełnianie codziennej diety w produkty o wysokiej zawartości związków antyoksydacyjnych,

wśród których najczęściej wymienia się liczne warzywa i owoce oraz inne produkty pochodzenia roślinnego, jak zioła i przyprawy, czy wywary z herbaty [Bartosz 2006]. Wygodnym sposobem realizacji tego celu jest suplementacja gotowymi, dostępnymi na rynku, preparatami farmaceutycznymi zawierającymi materiał roślinny w formie prasowanych tabletek bądź kapsułek.

Callitriche cophocarpa (rzęśl długoszajkowa), wybrana jako główny obiekt analiz przedstawionych w tej pracy, jest zimozielonym makrofitem. Jest to gatunek o globalnym zasięgu, powszechny w wodach strefy klimatu umiarkowanego. Roślina ta, stosunkowo niedawno, odkryta została jako bardzo efektywny fitoremediator związków chromu w środowisku wodnym [Augustynowicz i in. 2010]. Jakkolwiek, gatunek ten jest praktycznie nieznan w kontekście badań dotyczących własności prozdrowotnych, choć istnieją przesłanki o posiadaniu przez pędy *Callitriche* własności odżywczych, immunostymulujących i proregenerujących [Różański, <http://rozanski.li/?p=2096>]. Stąd też celem niniejszej pracy było określenie w pędach *Callitriche* zawartości związków prozdrowotnych, z naciskiem na związki antyoksydacyjne (fenole i karotenoidy), w zestawieniu z ich zawartością zmierzoną dla popularnych, dostępnych na rynku suplementów diety, takich jak *Spirulina* (sinica) oraz *Chlorella* (zielenica). Wymienione rodzaje, zaliczane zwyczajowo do glonów – fitoplanktonu – są szeroko opisywane jako doskonałe źródło wielu cennych substancji, m.in. aminokwasów egzogennych, karotenoidów, flawonoidów, związków pirolowych, w tym chlorofilu i występującej w sinicach fikocyjaniny, szeregu witamin, polisacharydów, związków steroidowych oraz licznych minerałów [Borowitzka 1995; Czerpak i in. 2009]. Podobnie jak *Callitriche*, *Spirulina* oraz *Chlorella* mają również znaczenie w biotechnologii środowiska ze względu na własności sorpcyjne w odniesieniu do jonów metali ciężkich [Augustynowicz i in. 2012; Chojnacka i in. 2005; Sandau i in. 1996].

MATERIAŁY I METODY

Pędy *Callitriche cophocarpa* pozyskane zostały z rzeki Dłubni (województwo Małopolskie, Polska) w sezonie wegetacyjnym 2011 i 2012 roku. Aby można było porównać wyniki uzyskane dla *Spirulina*

oraz *Chlorella*, które zakupiono w postaci suchego, sproszkowanego materiału, pędy *Callitriche* poddano suszeniu poprzez liofilizację oraz działanie temperatury 25 i 60°C. Liofilizację, będącą suszeniem ze stanu zamrożenia, przeprowadzono w podciśnieniu 1,03 mbara przez 24 godziny (Christ Alpha 1–4 vacuum system, Niemcy). Suszenie w temperaturze 60°C prowadzono przez 24 godziny, natomiast suszenie w temperaturze pokojowej (ok. 25°C) przez 72 godziny (aż do stałej suchej masy), w zacienionym i przewiewnym miejscu. Pozostałe obiekty stanowiły zakupione w aptece, w formie gotowych preparatów parafarmaceutycznych, gatunki uważane powszechnie za bogate źródło związków o charakterze przeciwutleniającym i prozdrowotnym: *Chlorella pyrenoidosa*, w tabletkach (Meridan, Polska), *Spirulina platensis* w tabletkach (Now Foods, Bloomington, IL, USA) oraz *Spirulina* sp. w kapsułkach (Herbapol Kraków S.A., Polska). Zgodnie z informacją podaną na etykiecie tabletki i kapsułki (zawartość) zawierające *Chlorella* i *Spirulina platensis* zostały wyprodukowane z suchego materiału bez żadnych dodatków i substancji pomocniczych, natomiast tabletki *Spirulina* sp. zawierały dodatek dwutlenku krzemu, w ilości 0,025 g na 0,5 g suchej masy, który był usunięty w procesie ekstrakcji.

Zawartość sumy związków fenolowych, fenylopropanoidów (pochodnych kwasu cynamonowego), flawonoli oraz antocyjanów oznaczono w ekstraktach metanolowych (80% metanol), przy użyciu spektrofotometrycznej metody opisanej przez Fukumoto i Mazza [2000]. Pomiar absorbancji ekstraktów prowadzono przy użyciu spektrofotometru HITACHI U-2900 UV-Vis przy długościach fali: 280 (suma fenoli), 320 (fenylopropanoidy), 360 (flawonole) oraz 520 (antocyjany) nm. Zawartość sumy związków fenolowych, fenylopropanoidów, flawonoli i antocyjanów wyznaczono na podstawie współczynników absorpcji standardów, takich jak, odpowiednio, kwas chlorogenowy, kwas kawowy, kwercetyna oraz cyjanidyna. Wyniki wyrażono w mg wzorca w 100 g suchej masy.

Zawartość barwników fotosyntetycznych (sumy ksantofili, luteiny, b-karotenu, chlorofilu a i b) zmierzono z wykorzystaniem chromatografu HPLC Shimadzu z kolumną LiChrospher 100 RP-18 o długości 250 mm, zaopatrzonego w detektor Shimadzu SPD-M20A DAD. Ekstrakcję materiału przeprowadzono w roztworze n-heksanu

w etanolu (w proporcji objętościowej 1:1) w obecności butylowanego hydroksytoluenu (BHT) w metanolu, $MgCO_3$ i bezwodnego $MgSO_4$. Fazę mobilną stanowiły roztwory 1% wody w metanolu (A) – metanol (B) – 10% n-heksan w acetonitrylu (C). Rozdział próby następował w gradiencie stężeń, przy prędkości przepływu 2 ml min^{-1} [Kruczek i in. 2012, Mech-Nowaki i in. 2012]. Detekcję badanych związków przeprowadzono przy długościach fal: 452 (b-karoten), 444 (pozostałe karotenoidy), 665 (chlorofil a) oraz 654 nm (chlorofil b) w odniesieniu do odpowiednich wzorców.

Analiza statystyczna. Pomiary przeprowadzono w 4–6 powtórzeniach, a następnie poddano jednoczynnikowej analizie wariancji. Grupy jednorodnie wyodrębniono przy zastosowaniu testu NIR Fishera przy poziomie istotności $\alpha=0,05$.

WYNIKI

Związki fenolowe. Najwyższą zawartością sumy związków fenolowych, pochodnych kwasu cynamonowego, a także zaliczanych do flawonoidów flawonoli charakteryzował się liofilizowany materiał *Callitriche* (Tab. 1).

Tab. 1. Zawartości sumy fenoli, pochodnych kwasu cynamonowego, flawonoli i antocyjanów w badanych obiektach.

Gatunek	Forma	Suma fenoli (mg 100g ⁻¹ s.m.)	Fenylopropanoidy (mg 100g ⁻¹ s.m.)	Flawonole (mg 100g ⁻¹ s.m.)	Antocyjany (mg 100g ⁻¹ s.m.)
<i>Callitriche cophocarpa</i>	Liofilizat	6136,9 d*	2330,9 d	1858,4 d	114,5 b
	Suszona w 60°C	2748,1 c	681,9 c	736,1 bc	106,2 b
	Suszona w 25°C	1107,1 a	256,0 a	312,8 a	2,9 a
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	Tabletki	2244,5 b	448,1 b	622,6 b	196,3 c
<i>Spirulina platensi</i>	Tabletki	2740,1 c	659,3 c	824,3 c	338,2 d
<i>Spirulina</i> sp.**	Kapsułki	2762,7 c	629,6 c	800,6 c	264,9 cd

*jednakowe litery w każdej kolumnie oznaczają brak różnic statystycznych przy $\alpha=0,05$. ** W przypadku *Spirulina* wartości dotyczące antocyjanów są sumą antocyjanów i barwników fikocyjaninowych

Istotnie niższe wartości (około 2,3–3,5-krotnie) zanotowano w przypadku zastosowania suszenia rzęśli w temperaturze 60°C i były one podobne do wyników uzyskanych podczas analizy tabletek i kapsułek zawierających sinice. Podczas suszenia w temperaturze 25°C zawartość związków fenolowych w *Callitriche* znacząco spadła w porównaniu do materiału liofilizowanego (ok. 5,5-krotnie niższa zawartość sumy fenoli, 9-krotnie niższa zawartość pochodnych kwasu cynamonowego i 6-krotnie niższy poziom flawonoli). W tabletkach zawierających *Chlorella* stwierdzono ok. 3-krotnie niższą zawartość związków fenolowych niż w liofilizowanych pędach *Callitriche*. Najwięcej substancji absorbujących promieniowanie w zakresie podobnym do absorpcji barwników antocyjanowych zanotowano w farmaceutykach zawierających *Spirulina*. Niższe wartości stwierdzono w próbach *Chlorella*, natomiast w przypadku *Callitriche* były to ilości istotnie niższe (podobna zawartość w materiale liofilizowanym i suszonym w temperaturze 60°C, najniższa w materiale suszonym w 25°C). Pod względem udziału poszczególnych grup związków fenolowych w ogólnej ich puli najwyższą zawartość fenylopropanoidów stwierdzono w liofilizowanych pędach *Callitriche* (około 40% udziału w sumie fenoli) w porównaniu do pozostałych obiektów (około 23–25% w przypadku rzęśli suszonej w 60°C i 25°C oraz farmaceutyków zawierających sinice). Najniższy udział pochodnych kwasu cynamonowego w sumie związków fenolowych odnotowano w ekstraktach *Chlorella*. Zawartość flawonoli w stosunku do ogólnej puli związków fenolowych w badanych obiektach była podobna i kształtowała się na poziomie od 27–28% (*Callitriche* suszona w temperaturze 60°C i 25°C oraz *Chlorella*) do 30% (liofilizowana *Callitriche* i *Spirulina*). Najwyższy udział barwników antocyjanowych w sumie fenoli stwierdzono w próbach *Spirulina platensis* (około 12%), natomiast najniższy w pędach rzęśli suszonej w 25°C (około 0,3%).

Barwniki fotosyntetyczne. Najwyższą zawartością ksantofili charakteryzowały się tabletki *Chlorella* oraz liofilizat *Callitriche* (Tab. 2, Ryc. 1). Istotnie niższy poziom tych związków stwierdzono w pędach rzęśli suszonej (zarówno w temperaturze 25°C, jak i 60°C) oraz w farmaceutykach zawierających sinice. Pomimo, iż ich zawartość w suszonej *Callitriche* była niemal 2-krotnie wyższa niż w *Spirulina*, nie stwierdzono statystycznej istotności różnic między tymi obiektami.

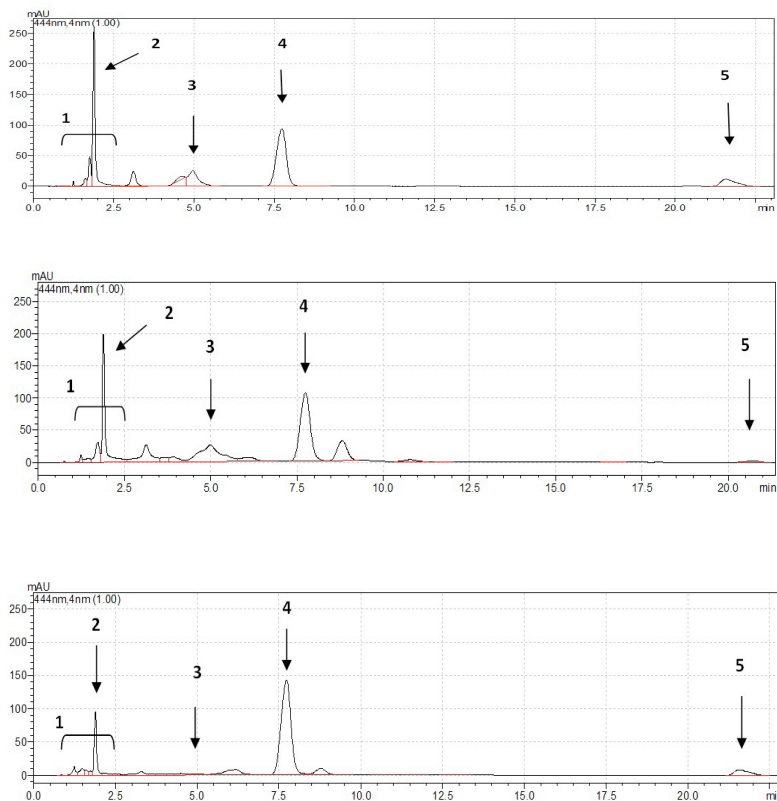
Tab. 2. Zawartość barwników fotosyntetycznych w badanych obiektach

Gatunek	Forma	Suma ksantofili (mg 100g ⁻¹ s.m.)	Luteina (mg 100g ⁻¹ s.m.)	b-karoten (mg 100g ⁻¹ s.m.)	Chl a (%)	Chl b (%)
<i>Callitriche cophocarpa</i>	Liofilizat	155,2 b*	92,1 b	30,8 c	100,0 d	100,0 cd
	Suszona w 60°C	64,8 a	33,0 a	5,4 a	86,1 b	119,8 d
	Suszona w 25°C	61,2 a	30,1 a	0,0 a	90,3 bc	32,1 a
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	Tabletki	148,4 b	77,8 b	0,0 a	65,1 a	70,7 b
<i>Spirulina platensis</i>	Tabletki	37,9 a	33,5 a	19,0 b	97,9 d	34,2 a
<i>Spirulina</i> sp.	Kapsułki	32,4 a	27,0 a	18,3 b	96,1 cd	72,9 bc

* jednakowe litery w każdej kolumnie oznaczają brak różnic statystycznych przy $\alpha=0,05$.

Podobnie, w liofilizowanych pędach *Callitriche* oraz w tabletkach *Chlorella* stwierdzono istotnie wyższą zawartość luteiny niż w pozostałych badanych obiektach.

Również pod względem koncentracji b-karotenu najwyższymi wartościami charakteryzował się liofilizat z *Callitriche*. Około 1,5-krotnie niższe zawartości tego związku zanotowano w farmaceutykach ze *Spirulina* sp. Ilość β -karotenu w rzęśli suszonej w temperaturze 60°C spadła do ok. 18% wartości zanotowanej w przypadku zastosowania liofilizacji, natomiast zarówno w rzęśli poddanej suszeniu w 25°C, jak i w tabletkach *Chlorella* nie znaleziono tego związku.



Ryc. 1. Przykładowe chromatogramy przedstawiające rozdział barwników fotosyntetycznych: sumy ksantofili (1), luteiny (2), chlorofilu b (3), chlorofilu a (4) oraz β -karotenu (5) w liofilizacie *C. cophocarpa* (a), tabletkach *Chlorella* (b) oraz tabletkach *Spirulina* sp. (c).

Największą koncentracją chlorofilu a odznaczał się liofilizowany materiał *Callitriche* oraz suplementy zawierające sinice. Zawartość chlorofilu a i b została podana w jednostkach względnych, w odniesieniu do ilości tych barwników w liofilizacie *Callitriche*, którą przyjęto za 100%. W pędach rzęśli poddanych suszeniu stwierdzono wartości około 10–14% niższe w stosunku do materiału liofilizowanego. Najmniej chlorofilu a zanotowano w próbach *Chlorella*.

Najwyższą zawartością chlorofilu b charakteryzowały się pędy *Callitriche* poddane liofilizacji oraz suszeniu w temperaturze 60°C, natomiast najniższy poziom tego barwnika stwierdzono w rzęśli suszonej w 25°C oraz w tabletkach zawierających *Spirulina platensis*.

DYSKUSJA

Spośród hydrofilowych antyoksydantów niskocząsteczkowych, jedną z najliczniej występujących w organizmach roślinnych grup związków są polifenole [Boudet 2007]. O ich aktywności przeciwutleniającej decyduje struktura cząsteczkowa i ilość występujących grup hydroksylowych [Rice-Evans i in. 1997]. Badania Rice-Evans i współpracowników [1995, 1996] wskazują na bardzo wysoką aktywność związków fenolowych w porównaniu do innych powszechnie występujących w roślinach antyoksydantów, takich jak witamina C lub E. W ostatnich latach wiele uwagi poświęca się także pozytywnemu wpływowi spożywanych polifenoli na zdrowie człowieka, a zwłaszcza addytywnemu i synergistycznemu działaniu poszczególnych związków należących do tej grupy [Boudet 2007].

Najwyższą zawartość związków fenolowych (zarówno sumy fenoli, jak i fenylopropanoidów oraz flawonoli) spośród badanych obiektów stwierdzono w liofilizowanych pędach *C.cophocarpa*. W przeliczeniu na 100 g świeżej masy badanego materiału (sucha masa stanowi 7,1% świeżej) zanotowano wartości, odpowiednio: około 436, 165 oraz 132 mg. Wyniki te są bardzo wysokie w porównaniu z uzyskanymi dla fenoli, które zawarte są w produktach pochodzenia roślinnego, które uznawane są za bogate źródło związków polifenolowych. Za przykład mogą tu służyć badania Leji i in. [2010] nad różnymi odmianami czerwonej kapusty, w główkach której stwierdzono poziom sumy fenoli sięgający 288, fenylopropanoidów 74, a flawonoli 57 mg w 100 św.m. Podobnie, niższe wartości polifenoli niż w liofilizowanej rzęśli stwierdziła Długosz-Grochowska i in. [2012] w brokule, zarówno w częściach jadalnych (suma fenoli na poziomie 104–202, fenylopropanoidów 22–68 oraz flawonoli 20–74 mg w 100 g św.m.) jak i w organach asymilacyjnych (suma fenoli wyniosła średnio 177, a zawartość fenylopropanoidów i flawonoli odpowiednio 53 i 55 mg w 100 g św. m.). Zawartość barwników an-

tocyjanowych w liofilizowanej *Callitriche* była niska i porównywalna z wynikami uzyskanymi przez Leję i in. [2011] w przypadku analiz białych winogron. W niniejszym doświadczeniu najwyższe ilości antocyjanów stwierdzono w tabletkach i kapsułkach *Spirulina* sp. Należy jednak zaznaczyć, iż wyniki analizy spektrofotometrycznej są w tym przypadku zawyżone, ze względu na nakładanie się na siebie widm absorpcyjnych antocyjanów i barwników z grupy fikobilin, których maksima absorpcji mieszczą się między 500 a 600 nm [Devlin i Barker 1971].

Warto zauważyć różnice w zawartości sumy związków fenolowych, pochodnych kwasu cynamonowego oraz flawonoli powstałe w wyniku poddania *Callitriche* różnym metodom suszenia. Najefektywniejszym, pod względem zatrzymania procesów degradacji polifenoli, sposobem odwodnienia tkanek okazała się być liofilizacja. Suszenie materiału w 60°C spowodowało utratę ponad 50% zawartości tych związków i zbliżenie poziomu ich zawartości do ilości zarejestrowanych w przypadku badanych parafarmaceutyków. Największe straty w zawartości związków fenolowych spowodowało suszenie w temperaturze pokojowej. Proces ten trwał najdłużej spośród zastosowanych metod suszenia (72 godziny), a temperatura, w jakiej zachodził zbliżona była do temperatury optymalnej dla funkcjonowania większości enzymów roślinnych (od 30°C do 45°C), dzięki czemu procesy fizjologiczne i starzenie tkanek nie zostały gwałtownie zahamowane przez niesprzyjające warunki fizyczne. Dodatkowo, stopniowe i stosunkowo wolno zachodzące odwodnienie komórek mogło być przyczyną wzmożonego stresu oksydacyjnego, podczas którego obecne w tkankach związki fenolowe zostały utlenione do chinonów, spełniając swoją rolę antyoksydacyjną. Za tą teorią przemawia fakt zmiany barwy suszonej w ten sposób *C. cophocarpa* z zielonej na brunatną.

Badania barwników fotosyntetycznych, oprócz wyróżnienia materiału najbogatszego w karotenoidy oraz chlorofile, jakimi są liofilizat *Callitriche* oraz prasowane tabletki *Chlorella*, pozwoliły zaobserwować wpływ sposobów suszenia na zawartości badanych substancji. W przypadku ksantofili można dostrzec wyraźny spadek ich zawartości po procesie suszenia, przy praktycznie całkowitej degradacji β -karotenu. Interesującym zjawiskiem jest również

podwyższony poziom chlorofilu b dla materiału suszonego w temperaturze 60°C. Może być to spowodowane rozpadem enzymów odpowiedzialnych za degradację tego barwnika, podczas gdy w materiale suszonym w niższej temperaturze pozostał on aktywny. Nadmienić także trzeba, że w każdej badanej próbce poza liofilizatem *C. cophocarpa* podczas rozdziału chromatograficznego wykryto liczne pochodne zarówno karotenoidów jak i chlorofili. Sugeruje to, że choć początkowe zawartości barwników fotosyntetycznych bazowego materiału użytego przy wyrobieniu tabletek i kapsułek, mogły być wyższe, to proces technologiczny użyty podczas produkcji najprawdopodobniej doprowadził do ich degradacji. Doskonale obrazuje to materiał *C. cophocarpa*, pozyskany trzema różnymi technikami oraz zaobserwowane w nim wahania.

Nie bez znaczenia pozostaje też wysoka zawartość luteiny w liofilizowanych roślinach *C. cophocarpa*, która jest cenionym związkiem usprawniającym prawidłowe działanie narządu wzroku oraz chroniącym przed zwyrodnieniem plamki żółtej (AMD) [Britton i Khachik 2009]. Najwyższa zawartość β -karotenu, obecna w tym samym materiale, również wpływa na jego właściwości prozdrowotne, w tym antyoksydacyjne [Landrum 2010].

WNIOSKI

Liofilizaty *Callitriche* okazały się materiałem bardzo bogatym w związki z grupy antyoksydantów fenolowych jak i karotenoidów. Z kolei wyniki przedstawionych badań wskazują na to, iż popularne komercyjnie parafarmaceutyki uzyskiwane z glonów takich jak *Spirulina* oraz *Chlorella*, są ubogim źródłem antyutleniaczy fenolowych i β -karotenu. Z informacji uzyskanych od producentów badanych parafarmaceutyków (przekaz ustny) wynika, iż w procesach technologicznych, podczas produkcji tabletek i kapsułek, wykorzystywana jest metoda suszenia materiału w 60°C. W związku z tym, niskie zawartości omawianych antyutleniaczy można wiązać z obróbką technologiczną materiału. Wyniki przedstawionych badań nad *C. cophocarpa* jednoznacznie wskazują, iż liofilizacja może być dalece efektywniejszym sposobem na zachowanie wysokich zawartości związków prozdrowotnych w organizmach przeznaczonych do pro-

dukcji suplementów diety. Ze względu na bardzo obiecujące rezultaty, konieczne są dalsze, intensywne badania, nad możliwością komercyjnego zastosowania pędów *Callitriche* w suplementacji diety.

LITERATURA

- Augustynowicz J., Grosicki M., Hanus-Fajerska E., Lekka M., Waloszek A., Kołoczek H. 2010. *Chromium(VI) bioremediation by aquatic macrophyte Callitriche cophocarpa Sendtn.* Chemosphere 79, 1077–1083.
- Augustynowicz J., Kozioł-Komosińska J., Smoleń S., Waloszek A. 2012. *Study of Cr binding capacity to Callitriche cophocarpa in aquatic environment.* Arch Environ Con Tox DOI: 10.1007/s00244-012-9853-5.
- Bartosz G. 2006. *Druga Twarz Tlenu. Wolne Radniki w Przyrodzie.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Borowitzka M. A. 1995. *Microalgae as sources of pharmaceuticals and other biologically active compounds.* J Appl Phycol 7, 3–15.
- Boudet A. M. 2007. *Evolution and current status of research in phenolic compounds.* Phytochemistry 68, 2722–2735.
- Britton G., Khachik F. 2009. *Carotenoids.* Vol. 5: Nutrition and Health, Birkhäuser, 301–330.
- Chojnacka K., Chojnacki A., Górecka H. 2005. *Biosorption of Cr³⁺, Cd²⁺ and Cu²⁺ ions by blue-green algae Spirulina sp.: kinetics, equilibrium and the mechanism of the process.* Chemosphere 59, 75–84.
- Czerpak R., Jabłońska-Trypuć A., Pietryczuk A. *Znaczenie terapeutyczne, kosmetyczne i dietetyczne niektórych glonów.* Postępy Fitoterapii 3, 168–174.
- Devlin R. M., Barker A.V. 1971. *Photosynthesis.* Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Długosz-Grochowska O., Leja M., Grabowska A., Kunicki E. 2012. *The effect of preliminary chilling of broccoli transplants on some antioxidative parameters.* Folia Hort 24/2, 131–139.
- Fukumoto L., Mazza G. 2000. *Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds.* J Agric Food Chem 48(8), 3597–3604.
- Grajek W. 2007. *Przeciwutleniacze w Żywności.* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Kruczek M., Świdorski A., Mech-Nowak A., Król K. 2012. *Antioxidant capacity of crude extracts containing carotenoids from the berries of various cultivars of Sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.).* Acta Biochim Pol 59(1), 135–137.

- Landrum J. T. (ed). 2010. *Carotenoids. Physical, Chemical, and Biological Functions and Properties*, CRC Press, Taylor and Francis Group, 257–365.
- Leja M., Kamińska I., Kołton A. 2010. *Phenolic compounds as the major antioxidants in red cabbage*. *Folia Hort* 22/1, 19–24.
- Leja M., Kamińska I., Kulczak K. 2011. *Antioxidative properties in grapes of selected cultivars grown in Poland*. *Ecol Chem Eng A* 18(1), 59–65.
- Mech-Nowak A., Świdorski A., Kruczek M., Łuczak I., Kostecka-Gugała A. 2012. *Content of carotenoids in roots of seventeen cultivars of *Daucus carota* L.* *Acta Biochim Pol* 59(1), 139–141.
- Rice-Evans C. A., Miller N. J., Bolwell P.G., Bramley P.M., Pridham J. B. 1995. *The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids*. *Free Rad Res* 22(4), 375–383.
- Rice-Evans C. A., Miller N.J., Paganga G. 1996. *Structure – antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids*. *Free Rad Biol Med* 20, 933–956.
- Rice-Evans C. A., Miller N. J., Paganga G. 1997. *Antioxidant properties of phenolic compounds*. *Trends Plant Sci* 2(4), 152–159.
- Rutkowski R., Pancewicz S. A., Rutkowski K., Rutkowska A. 2007. *Znaczenie reaktywnych form tlenu i azotu w patomechanizmie procesu zapalnego*. *Pol Merk Lek* XXIII(134), 131–136.
- Sandau E., Sandau P., Pulz O. 1996. *Heavy metal sorption by microalgae*. *Acta Biotechnol* 16, 227–235.
- Seifried H.E., Anderson D.E., Fisher E.I., Milner J.A. 2007. *A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species*. *J Nutr Biochem* 18, 567–579.
- Valko M., Izakovic M., Mazur M., Rhodes C.J., Telser J. 2004. *Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence*. *Moll Cell Biochem* 266, 37–56.

Adres do korespondencji

Olga Długosz-Grochowska
Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, Wydział Ogródniczy
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: odługosz@ogr.ur.krakow.pl

Źródło finansowania:
projekt badawczy Narodowego Centrum Nauki
DEC-2011/03/B/NZ9/00952.

Ewa HANUS-FAJERSKA
Ewa MUSZYŃSKA
Krystyna CIARKOWSKA
Tomasz CZECH
Zbigniew GAJEWSKI

EPISTEME
20/2013, t. I
s. 99–108
ISSN 1895-4421

**WKŁAD NAUKI POLSKIEJ W BADANIE PRZYDATNOŚCI
ROŚLIN DO REKULTYWACJI TERENÓW
ZANIECZYSZCZONYCH METALAMI CIĘŻKIMI**
THE CONTRIBUTION OF POLISH SCIENCE IN PLANT EX-
PLOITATION DURING RECLAMATION OF AREAS
POLLUTED WITH HEAVY METALS

Abstrakt. Skuteczność odtwarzania gleb na obszarach zdegradowanych i wprowadzanie życia biologicznego na bezproduktywne powierzchnie wymaga prowadzenia wieloletnich doświadczeń. Testowana jest przydatność różnego rodzaju substancji naturalnych lub odpadowych do poprawy warunków wzrostu roślin na rekultywowanych terenach. Jednym ze skutecznych sposobów zmniejszenia uciążliwości zwałowanych materiałów jest utworzenie w krótkim czasie zwartej okrywy roślinnej, utworzonej z roślin zielnych. Odpowiedni dobór roślin pozwala na remediację podłoża zanieczyszczonych metalami ciężkimi, przy zastosowaniu technologii fitoekstrakcji, w której często są wykorzystywane uprawne bądź dziko rosnące gatunki roślin z rodziny *Brassicaceae*. Natomiast technologia fitostabilizacji, z użyciem lokalnych ekotypów, pozwala na ograniczenie biodostępności jonów metali co zapobiega ich włączaniu do obiegu biologicznego, a także ich transferowi do wód gruntowych.

Słowa kluczowe: *metale ciężkie, rekultywacja, fitoekstrakcja, fitostabilizacja*

Summary. The effectiveness of the soil reconstructing in degraded areas, and implementing the biological life to unproductive surfaces, require long-standing experiments. A usefulness of natural or waste materials of different kind for the improvement of plant growth conditions is being tested on rehabilitated areas. Creating the clenched plant cover in the short time, formed from herbaceous plants is one of the most effective ways for decreasing the nuisance of dumped materials. The proper assortment of plant material allows for remediation of areas polluted with heavy metals, at applying of phytoextraction technology, which often uses both cultivated and wild grown species from the *Brassicaceae* family. However, phytostabilization technology with using local ecotypes, allows for the restriction of metal ions bioavailability, what prevents them from including in a food chain, as well as their transfer to groundwater.

Key words: *heavy metals, reclamation, phytoextraction, phytostabilization*

WSTĘP

Krajobraz zdewastowany w wyniku działalności przemysłowej charakteryzuje się znacznym przekształceniem właściwej danemu obszarowi fizjografii i znacznym zaburzeniem funkcjonowania ekosystemu. W wyniku ingerencji w wierzchnią warstwę litosfery dochodzi do degradacji geomechanicznej i hydrologicznej gleb, czemu niejednokrotnie towarzyszy określony rodzaj ich degradacji chemicznej, co z kolei pociąga za sobą załamanie się naturalnej równowagi biologicznej środowiska glebowego [Kucharski i in. 2000; Wyszkowska i Kucharski 2005; Cabała i Sutkowska 2006; Rosada i in. 2009]. Zanieczyszczone jest powietrze, wody powierzchniowe, a czasem nawet dochodzi do skażenia wód podziemnych [Grodzińska i Szarek 1995, Sadowski i in. 2007]. Zakłócenie warunków właściwych dla środowiska przyrodniczego stanowi jedną z ważnych przyczyn generowania nieużytków przemysłowych, szpecących krajobraz i stanowiących tereny niezmiernie trudne do zagospodarowania, a jednocześnie często stanowiące zagrożenie zdrowia dla lokalnej ludności ze względu na występujące tam substancje. W celu przywrócenia równowagi biologicznej na terenach zdewastowanych konieczne jest przeprowadzenie w odpowiedni sposób procesu rekultywacji [Kasprzyk 2009; Siuta i Żukowski 2010]. Rekultywacja terenów zdegradowanych w wyniku działalności przemysłowej doskonalona jest w sposób ciągły, dzięki podejmowanym w ośrodkach naukowych szczegółowym badaniom nakierowanym na optymalizację aktualnie istniejących metod oraz opracowanie nowych technologii, które pozwalają na możliwie szybkie przekształcenie surowego materiału ziemnego w glebę [Krzaklewski 1988; Patrzalek 1990; Pająk i Krzaklewski 2005; Rosada i in. 2009]. Na gruntach podatnych na erozję zalecane jest trwałe zadarnienie oraz czasem również zakrzewienie lub zalesienie. Podstawę do wyboru materiału roślinnego zastosowanego podczas rekultywacji szczegółowej powinny stanowić wyniki badań zbiorowisk roślinnych na terenach przyległych. Przykładowo, na terenach związanych z odkrywkową eksploatacją kopalni, tak zwane grunty pogórnice powstają w wyniku urabiania, transportowania i zwałowania wszystkich utworów zalegających w nadkładzie. W przeciągu ostatnich lat często stosuje się technologię selektywnego zwałowania materiału nadkładowego, co ułatwia prowadzenie

rekultywacji [Kasprzyk 2009]. Obecnie w Polsce największe antropogeniczne zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi wynika w przeważającej mierze z eksploatacji podziemnej dolnośląskich pokładów rud miedzi i rud cynkowo-ołowiowych, zalegających na terenie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej [Grodzińska i in. 2000; Karczewska 1999, 2007; Cabała i Sutkowska 2006; Blajda 2010]. Podobne problemy występują na terenie Europy [Wenzel i Jockwer 1999; Brunetti i in. 2009; Bech i in. 2012]. W bezpośrednim sąsiedztwie kopalń działają zakłady wzbogacania rud i huty metali nieżelaznych. Wokół powstają rozległe obszary pokryte zwałowiskami odpadów eksploatacyjnych. Materiał składowany na zwałowiskach jest ubogi w pierwiastki biogenne, natomiast zanieczyszczony metalami ciężkimi. Charakteryzuje się silnym zbryleniem oraz krańcowo nieodpowiednimi dla wzrostu roślin właściwościami wodnymi i powietrznymi. W trakcie dłuższej trwających, bądź intensywnych opadów atmosferycznych ulega zlewności i w efekcie powierzchniowemu zaskorupieniu. Jest podatny na erozję wodną, a w trakcie okresu suszy – na erozję wietrzną, co powoduje rozwiewanie metalonośnych pyłów na ogromne powierzchnie przyległych terenów, przy czym zasięg rozwiewania cząstek uzależniony jest od kierunku dominujących wiatrów. Gleby przyległych terenów są zanieczyszczone w wyniku depozycji suchej lub mokrej [Gruszczynski i in. 1990; Mazur i in. 1991; Trelak i in. 1997; Karczewska 1999, 2007; Gambus i in. 2000; Cabała i Sutkowska 2006; Cabała 2009].

KIERUNKI PROWADZONYCH OBECNIE BADAŃ NAUKOWYCH

Zalegający na powierzchni i zboczach zwałów surowy materiał ziemny można stopniowo przekształcać w glebę. Podniesienie skuteczności procesu tworzenia gleb i wprowadzania życia biologicznego na bezproduktywne powierzchnie wymaga prowadzenia wieloletnich doświadczeń obejmujących zarówno sposób przygotowania podłoża, odpowiedni dobór materiału roślinnego, jak i stosowanie właściwych zabiegów agrotechnicznych. Określenie przydatności różnego rodzaju substancji naturalnych, bądź odpadowych, do poprawy warunków wzrostu roślin na rekultywowanych podłożach ma zmniejszyć procent wypadów roślin i dzięki temu ograniczyć nakłady fi-

nansowe związane z realizacją projektu. Do testowanych substancji należą między innymi: słoma, kora, popioły paleniskowe, komposty, osady ściekowe [Urbaniak 2004; Wyszowska i Kucharski 2005; Gondek i Filipek-Mazur 2006; Wysokiński i Kalembasa 2006; Gondek i Kopeć 2008]. Można również wprowadzać do podłoża substancje o silnych właściwościach sorpcyjnych z zamiarem ograniczenia biodostępności metali ciężkich, przykładowo preparat Rekulter opracowany na Politechnice Warszawskiej na bazie węgla brunatnego [Maciejewska i Kwiatkowska; Maciejewska i Ociepa 2002; Kwiatkowska-Malina i Maciejewska 2009, 2011; Pusz 2012]. Testowane uprawy regeneracyjne roślin drzewiastych i krzewów, odpowiednio dobrane do określonych warunków siedliskowych, często obejmują nasadzenia z udziałem sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.), dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.), robinii akacjowej (*Robinia pseudoacacia* L.), róży wielkokwiatowej (*Rosa multiflora* Thunb.), śliwy tarniny (*Prunus spinosa* L.), karagany syberyjskiej (*Caragana arborescens* Lam), oliwnika wąskolistnego (*Elaeagnus angustifolia* L.) i szeregu innych gatunków, przy czym zarówno przed wysadzeniem roślin, jak i w pierwszym okresie ich wzrostu niejednokrotnie należy stosować nawożenie mineralne, a czasem również należy substrat wzbogacić w węgiel organiczny [Bender i in. 1985; Krzaklewski 1988; Ciarkowska i in. 2009; Ciarkowska i Hanus-Fajerska 2011]. Jednym ze skutecznych sposobów zmniejszenia uciążliwości zwałowanych materiałów jest utworzenie zwartej okrywy roślinnej, którą mogą zapewnić jedynie rośliny zielne. Zaletą w tym przypadku jest również znacznie krótszy czas, konieczny do uzyskania zamierzonego efektu w porównaniu do stosowania nasadzeń roślin drzewiastych. Najczęściej w tym celu stosuje się mieszanki roślin motylkowatych (*Fabaceae*) i trawiatych – klasyfikowanych do (*Poaceae*), lub indywidualne zestawienia gatunkowe przedstawicieli rodzin *Fabaceae* bądź *Poaceae* [Patrzałek 2003; Czyż i Kitczak 2006; Ciarkowska i Hanus-Fajerska 2011]. Skład gatunkowy i liczebność mikrobioty fyłlosfery i ryzosfery zaliczana jest ważnych czynników pozytywnie oddziałujących na wzrost i rozwój materiału roślinnego wprowadzanego na rekultywowane powierzchnie, a także jego odporność na czynniki stresowe. W tym aspekcie zwłaszcza korzystne jest zastosowanie konsorcjów

szczepów bakteryjnych i grzybowych, które znacząco oddziałują stymulująco zarówno na wzrost i rozwój, jak i na odporność inokulowanych roślin (ang. plant growth promoting rhizobacteria PGPR, plant growth promoting fungi PGPF). W obrębie konsorcjum mikroorganizmów ryzosfery zwłaszcza korzystna jest obecność gatunków grzybów mikoryzowych [Turnau i in. 2006; Kalitkiewicz i Kępczyńska 2008; Cabała i in. 2009].

WYBÓR I WERYFIKACJA MATERIAŁU ROŚLINNEGO ODPOWIEDNIEGO DO USUWANIA BĄDŹ IMMOBILIZACJI METALI CIĘŻKICH

Produkcja związana z aktywnością wielu gałęzi przemysłu oraz rolnictwa powoduje emisję substancji zanieczyszczających środowisko przyrodnicze. Zanieczyszczenie osadów dennych, gleby i materiałów odpadowych metalami ciężkimi ma również pochodzenie antropogeniczne. Dynamicznie rozwijającą się w ostatnich latach dyscypliną nauki, pomocną w ochronie środowiska i organizmów w nim żyjących, jest biotechnologia środowiskowa, a jedną z jej rozlicznych technologii stosowanych w tym celu jest fitoremediacja. Rośliny, a zwłaszcza rośliny naczyniowe stwarzają szansę dla oczyszczania *in situ* terenów, na których występuje nadmierne podwyższenie zawartości metali ciężkich. Stopień akumulacji pierwiastków metalicznych pobieranych z podłoża uzależniony jest od całego szeregu czynników, szczególnie odczynu, zawartości węgla organicznego, obecności związków kompleksujących, potencjału oksydo-redukcyjnego, makro- i mikroelementów, pojemności wodnej, temperatury podłoża oraz składu gatunkowego i liczebności populacji mikrobioty zasiedlającej podłoże [Wenzel i Jockwer 1999; McGrath i in. 2000; Kucharski i in. 2000; Szwałec i in. 2007; Becerra-Castro i in. 2009; Kwiatkowska-Malina i Maciejewska 2011]. Dzięki aktywności fizjologicznej korzeni odpowiednio dobranych gatunków możliwe jest także uniерuchamianie pierwiastków metalicznych w podłożu. Ten sposób poprawy jakości zanieczyszczonego substratu ma jednakże pewne ograniczenia, głównie ze względu na spowolnione tempo wzrostu i rozwoju większości gatunków roślin spowodowane oddziaływaniem czynników stresowych [Wierzbička i Obidzińska 1999; Grodzińska

i in. 2000]. Kluczowy jest zatem odpowiedni dobór materiału roślinnego. Rośliny wykazujące wysoki potencjał akumulacji metali ciężkich mają zarówno zróżnicowaną przynależność systematyczną, jak i preferencje siedliskowe. Bardzo często stosowanym materiałem roślinnym w celu fitoekstrakcji zanieczyszczeń związkami zawierającymi metale ciężkie są rośliny klasyfikowane w obrębie rodziny kapustowate (*Brassicaceae*). Często zaleca się stosowanie różnych gatunków gorczycy (*Sinapis* L. spp.) lub kapusty, zwłaszcza kapusty sitowatej, zwaną gorczyczą błękitną (*Brassica juncea* Czern. syn. *Sinapis juncea* (L.)), gromadzących cynk, ołów, kadm, chrom, nikiel i selen. Mogą również w tym celu być stosowane gatunki oraz ekotypy roślin dziko rosnących z tej rodziny botanicznej, lub szeregu innych rodzin [Wenzel i Jockwer 1999; Becerra-Castro i in. 2009; Brunetti i in. 2009]. W roku 2012 wydawnictwo Springer opublikowało długo wyczekiwane opracowanie monograficzne dotyczące wiodącego znaczenia gatunków roślin klasyfikowanych w obrębie rodziny *Brassicaceae* w fitoremediacji [Anjum i in. 2012]. Ważne jest, aby w celu ograniczenia włączania niepożądanych pierwiastków do łańcucha troficznego przy doborze materiału roślinnego stosowanego do oczyszczania zanieczyszczonych gleb użytkowanych rolniczo, stosować rośliny ozdobne lub przemysłowe, jak przykładowo energetyczne, włóknodajne, korkodajne, żywicodajne, kauczukodajne [McGrath i in. 2000; Antonkiewicz 2003; Meers i in. 2007]. Wiele prac dotyczy roślin energetycznych, których biomasa zaliczana jest do odnawialnych źródeł energii, co może przynieść dodatkowe korzyści ze względu na fakt iż w naszym kraju wciąż energia pozyskiwana jest głównie ze spalania paliw kopalnych [Antonkiewicz 2003; Wrzosek i in. 2008]

W trakcie rekultywacji rozległych terenów przemysłowych bądź wojskowych, które zostały bardzo silnie zanieczyszczone metalami ciężkimi, dużego znaczenia nabiera umiejętnie zastosowana technologia fitostabilizacji. Znaczne ograniczenie biodostępności jonów metali, zwłaszcza zawierających pierwiastki balastowe, zapobiega ich włączaniu do obiegu biologicznego, a także ich transferowi do wód gruntowych. Pozwala to również na stopniowe włączanie się lokalnych gatunków do tworzenia zwartej okrywy roślinnej wydawnie przeciwdziałającej procesom erozyjnym [Grodzińska i in. 2000; Brunetti i in. 2009]. W zależności od warunków troficznych, wilgot-

ności oraz odczynu podłoża i jego wskaźnika granulometrycznego, a także co bardzo ważne wskaźnika odporności określonego materiału roślinnego na zwiększoną zawartość metali ciężkich i zasolenie wymagane jest ciągłe doskonalenie poszczególnych technologii fitoremediacji, zwłaszcza jeżeli podłoże zanieczyszczone jest różnymi pierwiastkami, lub co często ma miejsce – różnymi typami związków [Wenzel i Jockwer 1999; McGrath i in. 2000; Antonkiewicz 2003; Becerra-Castro i in. 2009; Cabała 2009]. Jednak z uwagi na rozległą tematykę tak postawionego problemu naukowego, te zagadnienia wymagają odrębnego opracowania.

LITERATURA

- Anjum N. A., Ahmad I., Pereira M.E., Durate A.C., Umar S., Khan N. A. (eds.). 2012. *The plant family Brassicaceae – contribution towards phytoremediation*. Springer, ss. 339.
- Antonkiewicz J., Jasiewicz Cz. Hlúsek J., Balik J., Tlustos P. 2003. *Zawartość i pobieranie metali ciężkich przez ślaziowiec pensylwański (Sida hermaphrodita Rusby) z gleby zanieczyszczonej chemicznie*. Acta Agr. Silv., Ser. Agr. 40, 87–93.
- Becerra-Castro Monterrosso C., Garcia-Lestón M., Ptieta-Fernández A., Acra M. J. Kidd P.S. 2009. *Rhizosphere microbial densities and trace metal tolerance of the nickel hyperaccumulator Alyssum serpyllifolium subsp. lusitanicum*. Internat. Journ. Phytorem. 11, 525–541.
- Bech J., Roca N., Barceló J., Duran P., Tume P., Poschenrieder C. 2012. *Soil and plant contamination by lead mining in Bellmunt (Western Mediterranean Area)*. Journ. Geochem. Explor. 113, 94–99.
- Bender J., Gilewska M., Wójcik A. 1985. *Przydatność robinii akacjowej do zadrzewień gruntów pogórnich*. Arch. Ochr. Środ. 3–4/85
- Błajda E. 2010. *Ocena możliwości wykorzystania niezagospodarowanych złóż rud cynku i ołowiu regionu górnośląskiego*. Zesz. Nauk. Inst. Gos. Sur. Min. En. PAN 79, 111–120.
- Brunetti G., Soler-Roriva P., Farrag K., Sensi N. 2009. *Tolerance and accumulation of heavy metals by wild plant species grown in contaminated soils in Apulia region, Southern Italy*. Plant and Soil 318, 285–298.
- Cabała J. 2009. *Metale ciężkie w środowisku glebowym olkuskiego rejonu eksploatacji rud Zn-Pb*. Prac. Nauk. UŚ Nr 2729, Wydawnictwo UŚ, Katowice, ss 129.

- Cabała J., Krupa P., Misz-Kennan M. 2009. *Heavy metals in mycorrhizal rhizospheres contaminated by ZN-PB mining and smelting around Olkusz in southern Poland*. Water Air Soil Pollut. 199, 139–149.
- Cabała J., Sutkowska K. 2006. *Wpływ dawnej eksploatacji i przeróbki rud Zn-Pb na skład mineralny gleb industrialnych, rejon Olkusza i Jaworzna*. Prac. Nauk. Inst. Górnictwa PW 117, 13–22.
- Ciarkowska K., Hanus-Fajerska E. 2011. *Porównanie właściwości fizyczno-chemicznych i biologicznych materiałów poflotacyjnych obsadzonych zróżnicowanym materiałem roślinnym*. Nauka Przyr. Techn. 5/6, 1–10.
- Ciarkowska K., Hanus-Fajerska E., Gajewski Z. 2009. *The usefulness of common birch to stabilization of grounds strongly contaminated by heavy metals*. Ochr. Środ. Zas. Nat. 41, 449–455.
- Czyż H., Kitzczak T. 2006. *Przydatność wybranych mieszanek trawiastych na zróżnicowane podłoża z udziałem popiołów i masy organicznej*. Zesz. Nauk. UP we Wrocławiu, Rol. LXXXVIII, 545, 57–63.
- Gambuś F., Rak M., Wieczorek J. 2000. *Ocena możliwości akumulacji cynku w glebach rejonu krakowskiego*. Zesz. Prob. Pos. Nauk Rol. 472, 259–265.
- Gondek K., Filipek-Mazur B. 2006. *Ocena efektywności nawożenia osadami ściekowymi na podstawie plonowania roślin i wykorzystania składników pokarmowych*. Acta Scie. Pol. – Formatio Circumietus 5/1, 39–50.
- Gondek K., Kopeć M. 2008. *Zmiany składu chemicznego osadów ściekowych zmieszanych z torfem*. Acta Scie. Pol. – Formatio Circumietus 7/2, 37–49.
- Grodzińska K., Korzenia U., Szarek-Łukaszewska G., Godzik B. 2000. *Colonization of zinc mine spoils in southern Poland – preliminary studies on vegetation, seed rain and seed bank*. Fragm. Flor. Geobot. 45(1–2), 123–145.
- Grodzińska K., Szarek G. 1995. *Skażenie środowiska Polski na tle Europy*. Wiad. Bot. 39(1/2), 31–38.
- Gruszczyński S., Trafas M., Żuławski Cz. 1990. *Charakterystyka gleb w rejonie Olkusza*. Soz. Sozot. 32, 113–122.
- Kalitkiewicz A., Kępczyńska E. 2008. *Wykorzystanie ryzobakterii do stymulacji wzrostu roślin*. Biotechnol. 2(81), 102–114.
- Karczewska A. 1999. *Metale ciężkie w glebach i roślinach na hałdach pogórnicych dawnych ośrodków górnictwa i hutnictwa miedzi w Parku Krajobrazowym Chełmy*. Ochr. Środ. Zas. Nat. 18, 177–185.
- Karczewska A. 2007. *Zawartość i formy rozpuszczalne Cu, Zn i Pb w glebach rejonu składowiska odpadów poflotacyjnych Wartowice w rejonie Bolesławca*. Ochr. Środ. Zas. Nat. 31, 131–136.
- Krzaklewski W. 1988. *Wybrane metodyczne aspekty planowania i realizacji leśnej rekultywacji na przykładzie górnictwa odkrywkowego*. Soz. Sozot. 26, 331–337.

- Kucharski J., Hłasko A., Wyszowska J., Jastrzębska E. 2000. *Reakcja drobnoustrojów i bobiku na zanieczyszczenie gleby miedzią*. Zesz. Prob. Pos. Nauk Rol. 472, 449–455.
- Kwiatkowska-Malina J., Maciejewska A. 2009. *Wpływ materii organicznej na pobieranie metali ciężkich przez rzodkiewkę i facelię*. Ochr. Środ. Zas. Nat. 40, 217–223.
- Kwiatkowska-Malina J., Maciejewska A. 2011. *Pobieranie metali ciężkich przez rośliny w warunkach zróżnicowanego odczynu gleb i zawartości materii organicznej*. Ochr. Środ. Zas. Nat. 49, 43–51.
- Maciejewska A., Kwiatkowska J. 2002. *Przydatność preparatów z węgla brunatnego do rekultywacji gruntów pogórnicznych*. Inż. Ochr. Środ. 5/1, 55–66.
- Maciejewska A., Ociepa E. 2002. *Bioakumulacja metali ciężkich w różnych gatunkach roślin*. Inż. Ochr. Środ. 5/1, 45–54.
- McGrath S. P., Dunham S.J., Cotell R.L., 2000. *Potential for phytoextraction of zinc and cadmium from soils using hyperaccumulator plants*. [w:] *Phytoremediation of contaminated soil and water*. N. Terry & G. Bañuelos (eds.) CRC Press, LCC, Lewis Publ., 109–128.
- Meers E., Vandecasteele B., Ruttens A., Vangronsveld J., Tack F.M.G. 2007. *Potential of five willow species (Salix spp.) for phytoextraction of heavy metals*. Environm. Experim. Bot. 60, 57–68.
- Mazur K., Wiśniowska-Kielian B., Rogóż A., Gambuś F. 1991. *Wpływ odpadów flotacyjnych rud cynku i ołowiu na zawartość metali ciężkich w roślinach i niektóre właściwości gleby*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 262, 369–379.
- Pająk M., Krzaklewski W. 2005. *Właściwości chemiczne inicjalnych gleb – po 20 latach od wykonania zabiegów rekultywacyjnych na północnym zboczu zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów”*. [w:] *Rekultywacja Środowisk Zdegradowanych*, Prac. Poligrafi. AR w Lublinie, 71–73.
- Patrzalek A. 1990. *Rekultywacja i zagospodarowanie nieużytków przemysłowych w województwie katowickim*. Przeg. Geod. 12, 22–23.
- Patrzalek A. 2003. *Udział traw w rozwoju zbiorowisk roślinnych w siedliskach trudnych*. Arch. Ochr. Środ. 29/2, 57–65.
- Pusz A. 2012. *Use of organic-mineral substance based on brown coal on heavy metal immobilization in copper mine soils*. 3rd Int. Conf. on Industrial and Hazardous Waste Management, Crete, Greece.
- Rosada J., Grzesiak P., Pruszyński S. 2009. *Chemiczne aspekty rekultywacji terenów rolniczych objętych oddziaływaniem przemysłu*. [w:] *Rekultywacja i rewitalizacja terenów zdegradowanych*. G. Malina (red.), Wyd. Zakład Poligr. Moś-Łuczak, Poznań, 141–152.
- Sadowski M., Oleśków B., Gworek B. 2007. *Badania naukowe jako wsparcie polityki ochrony środowiska UE*. Ochr. Środ. Zas. Nat. 33, 168–175.

- Trelak H., Stuczyński T., Motowicka-Trelak T., Piotrowska M. 1997. Zawartość Cd, Cu, Ni, Pb, Zn i S w glebach województwa katowickiego i Polski. Arch. Ochr. Środ. 23/3–4, 167–180.
- Turnau K., Orłowska E., Ryszka P., Zubek S., Anielska T., Gawroński S., Jurkiewicz A. 2006. Role of mycorrhizal fungi in phytoremediation and toxicity monitoring of heavy metal rich industrial waste in southern Poland. [w:] Viable methods of soil and water pollution monitoring, protection, and remediation. I. Twardowska (ed.), Springer Verlag, 533–552.
- Siuta J., Żukowski B. 2010. Ochrona i użytkowanie powierzchni ziemi w prawie i praktyce od roku 1945. Inż. Ekol. 22, 7–17.
- Szwalec A., Mundała P., Radecki-Pawlik A., Szymacha A. 2007. Wpływ antropopresji na sukcesję roślinną i deponowanie pierwiastków śladowych w osadach dennych w rejonie budowli hydrotechnicznych na przykładzie wybranych potoków karpackich. [w:] Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich. PAN, oddział w Krakowie, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi 4(1), 153–166.
- Urbaniak M. 2004. Biologiczna stabilizacja i rekultywacja gruntów z wykorzystaniem naturalnych włóknistych surowców odpadowych. Część II. Efekt stabilizacyjno-rekultywacyjny. Acta Scie. Pol. – Formatio Circumiectus 3/2, 29–40.
- Wenzel W. W., Jockwer F. 1999. Accumulation of heavy metals in plants grown on mineralized soils of the Austrian Alps. Environm. Pollut. 104, 145–155.
- Wierzbicka M., Obidzińska J. 1999. The effect of lead on seed imbibition and germination in different plant species. Plant Sci. 137, 155–171.
- Wrzosek J., Gawroński S., Gworek B. 2008. Zastosowanie roślin energetycznych w technologii fitoremediacji. Ochr. Środ. Zas. Nat. 37, 139–151.
- Wysokiński A., Kalembasa S. 2006. Wybrane parametry fizykochemiczne świeżych i kompostowanych osadów ściekowych oraz ich mieszanin z CaO lub popiołem z węgla brunatnego. Acta Scie. Pol. – Formatio Circumiectus 5/1, 51–61.
- Wyszkowska J., Kucharski J. 2005. Nawożenie słomą i trocinami jako czynnik niwelujący oddziaływanie zanieczyszczenia gleby kadmem na drobnoustroje. Inż. Ekol. 11, 233–234.

Adres do korespondencji:

Dr hab. inż. Ewa Hanus-Fajerska
Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków
e-mail: e.hanus@ogr.ur.krakow.pl

**BIOREMEDIACJA GLEBY ZANIECZYSZCZONEJ
KSENOBIOTYKAMI Z WYKORZYSTANIEM
AUTOCHTONICZNYCH DROBNOUSTROJÓW GLEBOWYCH
1. PODSTAWY PROCESU I BADANIA MODELOWE**

**BIOREMEDIATION OF SOIL CONTAMINATED
WITH XENOBIOTICS WITH THE USE OF AUTOCHTHONOUS
SOIL MICROORGANISMS. 1. PROCESS PRINCIPLES
AND MODEL STUDIES**

Abstrakt. Metody biologiczne, stosowane do usuwania zanieczyszczeń środowiska przyrodniczego, wykorzystują organizmy żywe, zdolne do aktywnej bioremediacji toksycznych ksenobiotyków poprzez ich biodegradację, biotransformację oraz asymilację. Prezentowana praca przedstawia różne, wariantowe koncepcje wykorzystania autochtonicznej mikroflory glebowej, a zwłaszcza mikroorganizmów występujących na obszarach zanieczyszczonych, w procesach biologicznej rekultywacji gleby zanieczyszczonej związkami organicznymi. Omówiono podstawy biotechnologii oczyszczania gleby w oparciu o zabiegi biostymulacyjne, prowadzone w celu intensyfikacji wzrostu autochtonów. Przedstawiono koncepcję oraz przykład wytwarzania biopreparatów – specjalistycznych konsorcjów drobnoustrojów, hodowanych z wykorzystaniem autochtonicznych bakterii i drożdży pozyskanych z różnych siedlisk zanieczyszczonych ksenobiotykami.

Słowa kluczowe: *biorekultywacja, gleba zaolejona, mikroorganizmy glebowe, zanieczyszczenia środowiskowe, biopreparaty*

Summary. Biological methods used to eliminate environmental pollutants employ living organisms that are capable of active bioremediation of toxic xenobiotics by means of biodegradation, biotransformation, and assimilation. The article presents variant concepts of the use of autochthonous soil microflora, and in particular microorganisms occurring in polluted areas, for biological reclamation of soil contaminated with organic compounds. The principles of soil cleanup biotechnologies are discussed, which are based on biostimulation actions carried out to intensify growth of the autochthons. The idea of construction and cultivation of specialized microorganism consortia is presented and exemplified by a practical procedure.

Key words: *bioreclamation, oil-contaminated soil, soil microorganisms, environmental pollutants, microbial consortia*

WSTĘP

Wraz z intensywnym rozwojem cywilizacyjnym obserwuje się alarmujący wzrost skażenia środowiska naturalnego. Za szczególnie toksyczne i uciążliwe zanieczyszczenia środowiskowe uważa się m. in. produkty przetwórstwa ropy naftowej (węglowodory alifatyczne, aromatyczne oraz ich pochodne), chemiczne środki ochrony roślin czy metale ciężkie. W pracach mających na celu ochronę i odnowę środowiska przyrodniczego coraz większe zainteresowanie budzą biologiczne metody usuwania powstałych zagrożeń i rekultywacji zdegradowanych obszarów, które w przeciwieństwie do metod fizykochemicznych, okazują się być niejednokrotnie efektywniejsze, wymagają mniejszych nakładów czasowych i finansowych oraz, jako naturalne, są ekologicznie przyjazne i mniej inwazyjne, ponieważ nie generują toksycznych produktów ubocznych i dodatkowych odpadów.

Rekultywacja obszarów zanieczyszczonych prowadzi do likwidacji skażeń i odtworzenia warunków środowiskowych sprzed ich wystąpienia [Kaszycki i Kołoczek 2005; Kołwzan 2005]. W środowisku naturalnym obecne są mechanizmy samooczyszczania (tzw. atenuacja naturalna), przebiegające w oparciu o fizjologiczną aktywność rodzimej, czyli autochtonicznej mikroflory (procesy biotyczne), bądź o liczne reakcje fizykochemiczne (abiotyczne) [Agathos i Reineke 2002; McAllister i Chiang 1994]. Te spontaniczne procesy, bez wspomagania, postępują bardzo powoli [Kaszycki i in. 2011], wydłużając czas potrzebny na odnowę środowiska do dziesiątek i setek lat, szczególnie w przypadku skażeń węglowodorowych zalegających w głębokich warstwach gruntu [Surygała 2000]. Badania nad fotoutlenianiem ropy naftowej w warunkach laboratoryjnych, dowiodły możliwości degradacji jej składników z kinetyką $0,2 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot 8\text{h}^{-1}$. W praktyce skażeń środowiska wodno-glebowego, penetracja promieni świetlnych jest jednak w znacznym stopniu ograniczona, a więc gwałtownie spada całkowita efektywność takiego procesu [Atlas i Bartha 1998]. Podobnie jest w przypadku drobnoustrojów autochtonicznych, których naturalna aktywność jest ograniczona warunkami panującymi w zanieczyszczonym mikrośrodku [Kołwzan 2005].

Z powyższych powodów zaczęto wdrażać szereg metod wspomaganej rekultywacji terenów skażonych. Można podzielić je na metody fizykochemiczne i biologiczne [EPA Manual 2004, Klimiuk

i Łebkowska 2003]. Spośród najczęściej stosowanych metod fizykochemicznych należy wymienić: ekstrakcję zanieczyszczeń – przemywanie gruntu gorącą wodą lub jego przedmuchiwanie parą wodną, zamrażanie gruntu z wykorzystaniem ciekłego azotu, wyprażanie gleby (remediacja termiczna), a także zastosowanie licznych środków chemicznych w celu stałego związania (immobilizacji) zanieczyszczeń. Dynamiczny rozwój wprowadzanych w ostatnich latach metod biologicznych wiąże się natomiast ze wzrostem zainteresowania możliwościami zastosowania drobnoustrojów w biotechnologii środowiskowej, a w szczególności wykorzystania ich aktywności metabolicznej do biodegradacji substancji toksycznych – ksenobiotyków.

BIOLOGICZNE METODY OCZYSZCZANIA GLEBY

Metody biologicznej rekultywacji przynoszą wiele korzyści, m.in. pozwalają na bezpośrednie i całkowite usunięcie ksenobiotyków ze środowiska poprzez ich biologiczny rozkład (najczęściej utlenienie do CO₂ i H₂O), a nie transfer pomiędzy różnymi nośnikami. Ponadto, cechują się niskimi kosztami prowadzenia procesu w zestawieniu z wysoką efektywnością, jak również nie ingerują znacząco w krajobraz, nie wymagając konstrukcji specjalnych wielkoprzemysłowych instalacji oczyszczania [Siuta 2000; Kołoczek i Kaszycki 2005].

Wiele z poznanych dotychczas mikroorganizmów środowiskowych posiada mechanizmy umożliwiające im bioremediację zanieczyszczeń. Bioremediacja, czyli biologiczne unieszkodliwianie skażeń odbywa się na drodze biodegradacji – rozkładu i utlenienia do prostych związków chemicznych, biotransformacji – przekształcenia do związków nietoksycznych oraz bioasymilacji – wykorzystania ich jako źródła węgla i energii [Kaszycki i Kołoczek 2005]. Procesy te są w większości wieloetapowe i zachodzą najczęściej z udziałem szeregu szczepów drobnoustrojów działających synergistycznie. Do bioremediacji gleb skażonych produktami ropopochodnymi wykorzystuje się konsorcja zawierające przede wszystkim pozyskane ze środowiska drobnoustroje prokariotyczne, należące do rodzajów [Surygała 2000; Kaszycki i Kołoczek 2005; Kaszycki i in. 2001; Kołwzan 2005]: *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Mycobacterium*, *Streptomyces*, *Vibrio*, *Arthrobacter*, *Actinomyces*,

Nocardia, *Corynebacterium*, *Rhodococcus*. Opisano również aktywne mikroorganizmy eukariotyczne, głównie niepatogenne drożdże rodzaju *Candida*, *Hansenula*, *Pichia*, *Saccharomyces*, *Rhodotorula*, *Torulopsis* czy *Trichosporon*.

Tempo bioremediacji zależy od wielu czynników, z których najważniejszymi są: stopień zanieczyszczenia, rodzaj i toksyczność ksenobiotyków, pH, temperatura i wilgotność środowiska, dostępność tlenu, skład biocenozy wykorzystywanej w procesie, a także obecność w środowisku innych związków, takich jak sole mineralne, kometabolity, emulgatory czy inhibitory [Siuta 2000; Surygała 2000; Kołwzan 2005; Kołoczek i Kaszycki 2006]. Niski poziom skażenia może okazać się niewystarczającym do indukcji mikrobiologicznych szlaków odpowiedzialnych za degradację ksenobiotyków [Balba i in. 1998]. Z drugiej strony, wysokie koncentracje zanieczyszczeń są często silnie toksyczne i wykluczają stosowanie metod biologicznej rekultywacji [Łebkowska i in. 1997].

Bardzo istotna jest biologiczna dostępność związków organicznych dla mikroorganizmów [Alexander 1994]. Ze względu na hydrofobowy charakter większości zanieczyszczeń, bioremediacja gleb jest silnie stymulowana endogenną produkcją biosurfaktantów przez drobnoustroje lub też wprowadzeniem emulgatorów syntetycznych [van Hamme i in. 2003; Calvo i in. 2002].

Odczyn środowiska glebowego jest ważnym parametrem warunkującym biologiczną aktywność drobnoustrojów; jego wartość pH powinna być zbliżona do optimum fizjologicznego mikroflory. Częstym sposobem podwyższania pH gleb kwaśnych jest ich wapnowanie, prowadzące do uzyskania odczynu zbliżonego do obojętnego [Siuta 2000]. Może to jednak okazać się niekorzystne z punktu widzenia efektywności procesu biodegradacji, gdyż często prowadzi do powstania kompleksów silnie wiążących wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, ograniczając dostępność tych związków dla mikroorganizmów [Klimiuk i Łebkowska 2003].

Biodegradacja większości ksenobiotyków zachodzi najszybciej w warunkach tlenowych [Leahy i Colwell 1990; van Hamme i in. 2003; Kołoczek i Kaszycki 2006; Kaszycki i in. 2010, 2011]. Tlen jest w tym przypadku końcowym akceptorem elektronów, a dociera do mikroorganizmów w sposób bierny (samoczynne przewietrzanie gle-

by) lub też dostarczany jest na drodze aktywnej wentylacji. Nie należy przy tym jednak zapominać o procesach przebiegających beztlenowo (anoksycznie), w których akceptorami końcowymi elektronów są azotany(V), siarczany(VI) czy węglany(IV). Część z autorów słusznie przyznaje bowiem, że głębsze warstwy gleby charakteryzują się warunkami bardzo ograniczonej dostępności tlenu [Bregnard i in. 1996; Salminen i in. 2004]. Niemniej jednak, procesy beztlenowe są długotrwałe, a jednocześnie mogą, głównie na skutek zjawiska kometabolizmu, prowadzić do powstawania toksycznych intermedatów [Kołwzan 2005].

Stymulacja tlenowej bioremediacji skażeń odbywa się najczęściej za pomocą instalacji przewietrzających glebę (tzw. *bioventing*), z wykorzystaniem kompresorów oraz systemów pomp, dmuchaw, rur i kanałów doprowadzających. Innymi metodami natleniania gruntu poddawanego biorekultywacji jest wykorzystanie nadtlenu wodoru, będącego związkami nietrwałymi, ulegającym rozpadowi do wody i tlenu cząsteczkowego. Rozpatruje się również wykorzystanie ozonu. Użycie wymienionych wyżej substancji utleniających niesie ze sobą jednakże poważne ryzyko związane z toksycznym działaniem powstających wolnych rodników i stresem oksydacyjnym w komórkach mikroorganizmów [Kołwzan 2005]. Alternatywą może być stosowanie związków chemicznych, zdolnych do powolnego uwalniania tlenu cząsteczkowego w środowisku drobnoustrojów [Pawlik 2009; Banaś 2011], jak np. komercyjnie dostępny preparat o nazwie EHC-O™ [<http://www.adventusgroup.com>].

Czynnikiem wysoce ograniczającym biodegradację zanieczyszczeń jest liczebność aktywnych mikroorganizmów w glebie. Aby proces był skuteczny, liczebność ta powinna przekraczać 10^5 komórek \cdot g⁻¹ gleby. Dlatego też większość zabiegów biotechnicznych, stosowanych w biorekultywacji środowiska zmierza do stworzenia korzystnych warunków rozwoju drobnoustrojów.

Jeżeli okres zalegania zanieczyszczeń w środowisku wodno-glebowym był wystarczająco długi (najczęściej kilkadziesiąt lat, np. ziemia pod przeciekającymi zbiornikami paliw modernizowanych stacji benzynowych), często spełnione są warunki sprzyjające rozwojowi endogennej, specyficznej mikroflory glebowej. W następstwie zjawisk spontanicznej selekcji i adaptacji, dochodzi do zmian w strukturze

populacji drobnoustrojów autochtonicznych: zaczynają dominować takie szczepy, których tolerancja na obecność ksenobiotyków uwarunkowana jest zdolnością aktywnej biodegradacji tych związków. Metodą wykorzystywaną do rekultywacji środowiska jest wówczas najczęściej biologiczna stymulacja mikroorganizmów w warunkach *in situ*. Biostymulacja autochtonów glebowych odbywa się poprzez zabiegi aktywnego napowietrzania i/lub suplementacji substancjami o charakterze odżywczym, podawanie związków uwalniających tlen, wymuszanie pionowego przepływu wody wraz z nutrientami i rozpuszczonym powietrzem, jak również podawanie emulgatorów w celu solubilizacji węglowodorów i zwiększenia ich dostępności dla drobnoustrojów [EPA Manual 2004; Surygała 2000; Kołwzan 2005]. W przypadku skażeń zalegających podpowierzchniowo (do 0,5 m), skutecznym sposobem sprzyjającym biologicznej stymulacji usuwania zanieczyszczeń jest metoda agrotechniczna (ang. *landfarming*), zbliżona do klasycznych agrozabiegów stosowanych w uprawie roli, takich jak orka, kultywatorowanie czy bronowanie.

Z kolei, w obliczu katastrof ekologicznych lub nagłych awarii, jak np. wycieki spod rurociągów, pękniętych zbiorników, wypadki drogowe podczas transportu paliw, itp., gdy konieczna jest natychmiastowa reakcja, stosuje się tzw. bioaugmentację [van Hamme i in. 2003; Surygała 2000]. Jest to biologiczne wspomaganie procesów oczyszczania, uzyskane poprzez wprowadzanie do środowiska glebowego aktywnych drobnoustrojów, należących do grup wymienionych wcześniej i wyhodowanych w warunkach laboratoryjnych. Bioaugmentacja jest szczególnie korzystna wówczas, gdy degradacja środowiska jest rozległa, a życie biologiczne gleby ulega zanikowi. Zabieg ten może być jednak z powodzeniem stosowany również w celu intensyfikacji działań rekultywacyjnych, kiedy wydajność biologicznej eliminacji skażeń przez drobnoustroje autochtoniczne jest niska. W praktyce, bioaugmentację stosuje się zatem dla gleb krótko- i długotrwale zanieczyszczonych, a korzystny efekt tego zabiegu może dotyczyć zarówno skażeń podpowierzchniowych, jak i występujących na dużych głębokościach. Najlepsze rezultaty omawianej metody uzyskuje się z zastosowaniem bioróżnorodnych konsorcjów aktywnych biochemicznie mikroorganizmów, zwanych biopreparatami.

IZOLACJA I SELEKCJA AKTYWNYCH DROBNOUSTROJÓW GLEBOWYCH ORAZ WYTWARZANIE BIOPREPARATÓW

Biopreparaty przeznaczone do zastosowań środowiskowych powinny cechować się wysoką aktywnością i dużą bioróżnorodnością, pozwalającą na biodegradację szerokiego spektrum zanieczyszczeń. Muszą też być stabilne biologicznie, trwałe (jak najdłuższa żywotność drobnoustrojów) oraz wykazywać brak zagrożeń epidemiologicznych, sanitarnych i ekotoksykologicznych. Wytwarza się je z wykorzystaniem drobnoustrojów auto-chtonicznych, izolowanych z wybranych prób gleby, a następnie selekcjonowanych pod względem oporności na działanie ksenobiotyków i zdolności do ich efektywnej biodegradacji [Kaszycki i in. 2001; Kaszycki i Kołoczek 2005].

Pierwszym krokiem w czasie konstruowania biopreparatu jest pozyskanie jak największej puli mikroorganizmów ze środowiska glebowego. W tym celu stosuje się wytrząsanie próbek gleby skażonej ksenobiotykami z jałową solą fizjologiczną. Pozwala to na wymycie komórek drobnoustrojów osadzonych na drobinach gleby i przeprowadzenie ich do roztworu ekstraktu glebowego. Pozyskane surowe ekstrakty mogą podlegać łączeniu w celu wzbogacenia bioróżnorodności powstającej biocenozy i wzajemnej integracji mikro-organizmów. Kolejnym etapem jest selekcja pozyskanych szczepów drobnoustrojów pod względem oporności na toksyczne oddziaływanie ksenobiotyków oraz doskonalenie zdolności konsorcjum do degradacji skażeń środowiskowych. Proces powyższy opiera się na żmudnym i długotrwałym prowadzeniu aerobowych (swobodna wymiana tlenowa) hodowli mikrobiologicznych w stopniowo zmieniających się warunkach troficznych. Najważniejszym zabiegiem stosowanym podczas tego etapu jest systematyczne zmniejszanie ilości łatwo przyswajalnego źródła węgla (np. octanu sodu, glukozy) na rzecz trudniej metabolizowanego zanieczyszczenia, bądź mieszaniny ksenobiotyków (np. olej napędowy lub odpowiednio dobrana mieszanka węglowodorów). Podczas tej fazy następuje zwiększanie presji selekcyjnej wywołanej obecnością wzrastających stężeń związków toksycznych, wskutek czego dochodzi do korzystnej dominacji drobnoustrojów zdolnych do preferencyjnego metabolizowania skażeń. Równoległe z selekcją, adaptacją i biologiczną stymulacją drobnoustrojów stopniowo zwiększa się objętość płynnego, zdefiniowanego podłoża hodowlanego, pozwalając

na powiększenie całkowitej objętości wytwarzanego biopreparatu. Ustabilizowana, w pełni dojrzała hodowla biopreparatu cechuje się obecnością licznych gatunków i szczepów (dotychczas metodami diagnostycznymi oznaczano łącznie ponad 100 szczepów), osiągających liczebność rzędu $10^9 - 10^{10}$ jtk \cdot cm^{-3} (jednostek tworzących kolonie w cm^3 zawiesiny). Hodowle podlegają następnie dalszemu skalowaniu, w celu umożliwienia przyszłych zastosowań przemysłowych, do objętości rzędu dziesiątek litrów podłoża (skala ponadlaboratoryjna), a następnie setek litrów (skala semitechniczna). Ostatnie zabiegi bioprocessowe prowadzone są już w specjalnie skonstruowanych, napowietrzanych i opomiarowanych bioreaktorach (przykładowe urządzenie pokazano na fot.1).



Fot. 1. Bioreaktor do produkcji biopreparatów w skali semitechnicznej (poj. $0,5 \text{ m}^3$) w laboratorium biotechnologii środowiska WO UR w Krakowie [P. Kaszycki]

Przebieg procesu wytwarzania biopreparatów z wykorzystaniem mikroflory autochtonicznej przedstawia zaprezentowany poniżej schemat koncepcyjny (ryc.1).

Według opisaney wyżej procedury, w laboratorium biotechnologii środowiskowej Wydziału Ogrodniczego opracowano dotąd wiele biopreparatów o ogromnym potencjale zastosowań w praktyce oczyszczania środowiska glebowego i wodnego. Jednym z takich konsorcjów jest wielogatunkowa biocenoza nazwana biopreparatem bazowym

(oznaczona ZB-01), która jest szeroko stosowana do oczyszczania zaolejonej gleby metodami *in situ* oraz *ex situ* na terenie całej Polski [Kołoczek i Kaszycki 2006; Kaszycki i in. 2010, 2011]. Biopreparat ZB-01 posiada stosowny atest higieniczno-sanitarny, poświadczający brak obecności patogennych drobnoustrojów i dopuszczający jego transport oraz aplikację w warunkach odpowiednio przygotowanych stanowisk oczyszczania. Do tej pory, zastosowanie tej niezwykle aktywnej zawiesiny żywych, autochtonicznych, glebowych mikroorganizmów pro- i eukariotycznych (bakterii oraz drożdży) pozwoliło na rekultywację ok. 50 000 ton skażonej gleby.



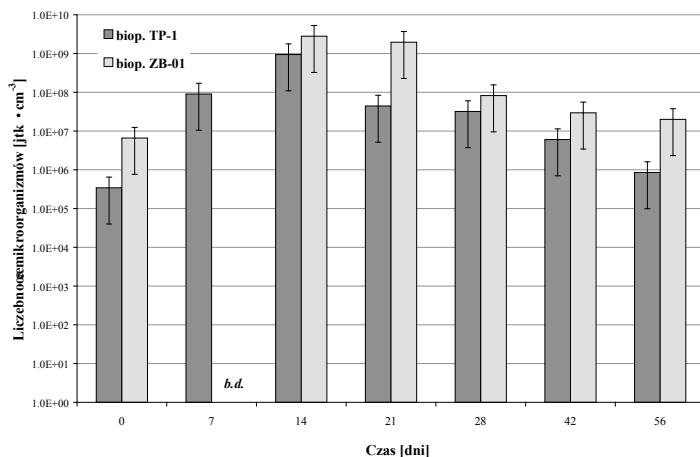
Ryc. 1. Konceptyjny schemat konstrukcji biopreparatów mikrobiologicznych, przeznaczonych do zastosowań środowiskowych

BADANIA MODELOWE BIOLOGICZNEJ REKULTYWACJI SKAŻONYCH GLEB

Prowadzenie doświadczeń laboratoryjnych w układach modelowych zanieczyszczonej gleby (testy wazonowe lub badania w kontrolowanych systemach izolowanych, tzw. *microcosm studies*) jest niezbędnym elementem warunkującym przyszłe prace optymalizacyjne bioprocesu, a w końcu zastosowania środowiskowe. Jeden z przedstawianych przykładów obejmuje ocenę możliwości biodegradacji wybranych ksenobiotyków w glebie sztucznie zaolejonej. Testy bioremediacji prowadzono z wykorzystaniem konsorcjów mikrobiologicznych – biopreparatów, wyprowadzonych specjalnie na te cele

z próbek rzeczywistej gleby, skażonej związkami ropopochodnymi (poziom skażenia, w zależności od dostarczonych prób gruntu, wynosił od ok. 4 000–25 000 mg · kg⁻¹ s.m. gleby). Czas wyhodowania dojrzałych biopreparatów wynosił 10 miesięcy. Proces zakończył się uzyskaniem stabilnych, pod względem liczebności i składu drobnoustrojów, konsorcjów mikrobiologicznych, utrzymywanych w objętości 5 dm³. Aktywność badanych konsorcjów pod względem biodegradacji związków ropopochodnych została przetestowana w warunkach zanieczyszczenia olejem napędowym w ilości 14 500 mg · kg⁻¹ s. m. gleby. Próbkę gleby, o masie 250 g każda, zaszczerpiono biopreparatami poprzez bezpośrednią aplikację zawiesin drobnoustrojów tak, aby osiągnąć liczebność komórek rzędu 10⁵–10⁷ jtk · cm⁻¹ (patrz: ryc. 3).

Poniżej przedstawiono wybrane wyniki, uzyskane dla jednego z otrzymanych nowych konsorcjów – biopreparatu TP-1, którego aktywność porównywano z biopreparatem bazowym ZB-01. Obserwacje degradacji związków ropopochodnych w glebie prowadzono przez 8 tygodni. Przez ten czas próbki systematycznie mieszano w celu zapewnienia dostępu powietrza oraz utrzymywano stałą wilgotność środowiska glebowego. Jednocześnie, monitorowano liczebność drobnoustrojów i analizowano ubytek związków ropopochodnych.



Ryc. 2. Dynamika liczebności drobnoustrojów podczas testu wazonowego bioremediacji gleby zaolejonej z wykorzystaniem biopreparatu TP-01 (słupki ciemne) oraz ZB-01 (słupki jasne)

Na poniższym wykresie (ryc. 2) zestawiono zmianę liczebności drobnoustrojów w trakcie prowadzenia procesu biodegradacji.

Zaobserwowano dynamiczny przyrost liczebności drobnoustrojów w ciągu pierwszych 14 dni trwania eksperymentu. Wzrost zawartości biomasy możliwy był dzięki utylizacji ksenobiotyków – organicznych związków stanowiących zanieczyszczenie. Następnie, liczebność drobnoustrojów stopniowo malała na skutek wyczerpywania się puli dostępnego węgla.

Efektywność biorekultywacji gleby skażonej olejem napędowym oceniono na podstawie analizy wagowej związków organicznych ekstrahowanych eterem naftowym. Wyniki degradacji mieszaniny węglowodorów prowadzonej przez 56 dni zestawiono w tab.1. Analiza ubytku masy węglowodorów wskazuje, iż oba badane biopreparaty wykazywały zdolność do biodegradacji oleju napędowego w warunkach glebowych. Należy zaznaczyć, że uzyskana kinetyka spadku sumy zanieczyszczeń jest zadowalająca z punktu widzenia zastosowań praktycznych, gdyż rokuje obniżenie poziomu związków organicznych do wartości normatywnych w przeciągu jednego sezonu prac rekultywacyjnych (zazwyczaj okres marzec-październik).

Tab. 1. Wyniki analiz bioremediacji próby zaolejonej gleby w teście wazonowym

próba (użyty biopreparat)	zawartość związków ropopochodnych w glebie ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)		efektywność bioremediacji (%)
	początek testu	koniec testu (po 56 dniach)	
biopreparat TP-1	14475,3	11849,1	18,1
biopreparat ZB-01		11202,5	22,6

PODSUMOWANIE

Celem artykułu jest wykazanie ogromnego potencjału drobnoustrojów występujących naturalnie w środowisku przyrodniczym – autochtonów glebowych – w działaniach na rzecz przywracania pierwotnych warunków środowiska przyrodniczego, w tym szczególnie glebowego, zdegradowanego na skutek zanieczyszczeń emitowanych przez przemysł.

Populacja endogennej mikroflory glebowej podlega w środowisku zanieczyszczonym związkami organicznymi silnej presji

selekcyjnej w kierunku uzyskania oporności na związki toksyczne, co z kolei prowadzi do preferencyjnego wykształcenia specyficznych aktywności metabolicznych, pozwalających na efektywną degradację skażeń. Takie wyspecjalizowane szczepy mogą stanowić wartościowe biologiczne składniki złożonych konsorcjów (wspólnot) drobnoustrojów – biopreparatów, przeznaczonych do wspomagania procesów bioremediacji. Różnorodność biochemiczna, charakterystyczna dla wielogatunkowej biocenozy gwarantuje uzyskanie w jednym biopreparacie szerokiego wachlarza aktywności enzymatycznych, umożliwiających kompleksową transformację i utlenienie ksenobiotyków.

LITERATURA

- Agathos S. N., Reineke W. 2002. *Biotechnology for the Environment: Soil Remediation*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Alexander M. 1994. *Biodegradation and bioremediation*. Academic Press. A Division of Harcourt Brace & Company.
- Atlas R. M., Bartha R. 1998. *Microbial ecology: fundamentals and applications*. 4th edn., Addison Wesley Longman, New York.
- Balba M. T., Al-Awadhi N., Al-Daher R. 1998. *Bioremediation of oil – contaminated soil: microbiological methods for feasibility assessment and field evaluation*. J. Microbiol. Methods 32, 155–164.
- Banaś P. 2011. *Optymalizacja aktywności biocenozy przeznaczonych do biodegradacji ksenobiotyków za pomocą preparatów uwalniających tlen*. Praca inżynierska, Biotechnologia Studia Międzywydziałowe UR w Krakowie.
- Bregnard T. P., Hohener P., Haner A., Zeyer J. 1996. *Degradation of weathered diesel fuel by microorganisms from a contaminated aquifer in aerobic and anaerobic microcosms*. Environ. Toxicol. Chem. 15 (3), 299–307.
- Calvo C., Martinez-Checa F., Toledo F. L., Porcel J. 2002. *Characteristics of bioemulsifiers synthesized in crude oil media by Halomonas eurihalina and their effectiveness in the isolation of bacteria able to grow in the presence of hydrocarbons*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 60, 347–351.
- EPA Manual (EPA 510-B-94-003; EPA 510-B-95-007 and EPA 510-R-04-002) 2004. *How To Evaluate Alternative Cleanup Technologies For Underground Storage Tank Sites: A Guide For Corrective Action Plan Reviewers*. U.S. Environmental Protection Agency.
- Kaszycki P., Kołoczek H. 2005. *Biotechnologie stosowane w odnowie gleby zanieczyszczonej substancjami ropopochodnymi*. [w:] „Ochrona środowiska

- naturalnego w XXI wieku – nowe wyzwania i zagrożenia.” (red.) Wiech K., Kołoczek H., Kaszycki P., wyd. Fundacja F.W.O. AR w Krakowie, Kraków, 41–56.
- Kaszycki P., Pawlik M., Petryszak P., Kołoczek H. 2010. *Aerobic process for in situ bioremediation of petroleum-derived contamination of soil: a field study based on laboratory microcosm tests*. Ecol. Chem. Eng. A 17 (4–5), 405–414.
- Kaszycki P., Petryszak P., Pawlik M., Kołoczek H. 2011. *Ex situ bioremediation of soil polluted with only waste: the use of specialized microbial consortia for process bioaugmentation*. Ecol. Chem. Eng. S 18 (1), 83–92.
- Kaszycki P., Szumilas P., Kołoczek H. 2001. *Biopreparat przeznaczony do likwidacji środowiskowych skażeń węglowodorami i ich pochodnymi. Biopreparaty w ochronie i użytkowaniu środowiska*. Inżynieria Ekologiczna 4, 15–22.
- Klimiuk E., Łebkowska M. 2003. *Biotechnologia w ochronie środowiska*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kołoczek H., Kaszycki P. 2005. *Biologiczne mechanizmy oczyszczania skażeń organicznych w glebie*. [w:] „Ochrona środowiska naturalnego w XXI wieku – nowe wyzwania i zagrożenia.” (red.) Wiech K., Kołoczek H., Kaszycki P., wyd. Fundacja F.W.O. AR w Krakowie, Kraków, 28–40.
- Kołoczek H., Kaszycki P. 2006. *Bioremediacja zanieczyszczeń rafineryjnych w środowisku gruntowo-wodnym*. [w:] *Metody usuwania zanieczyszczeń węglowodorowych ze środowiska gruntowo-wodnego*. (red.) S. Rychlicki, wyd. Uczelniane Wyd. Nauk.-Dyd. AGH, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków.
- Koźwzan B. 2005. *Bioremediacja gleb skażonych produktami naftowymi wraz z oceną ekotoksykologiczną*. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Leahy J. G., Colwell R.R. 1990. *Microbial degradation of hydrocarbons in the environment*. Microbiol. Rev. 54 (3), 305–315.
- Łebkowska M., Muszyński A., Sztompka E., Karwowska E., Miaśkiewicz E. 1997. *Mikrobiologiczne oczyszczanie gruntów ze składników ropopochodnych*. Materiały I Konferencji Nauk.-Techn. Technologie odolejania gruntów, odpadów ścieków, Gorlice-Wysowa Zdrój, 115–118.
- McAllister P. M., Chiang C.Y. 1994. *A practical approach to evaluating natural attenuation of contaminants in ground water*: Ground Water Monit. Rev. 14, 161–173.
- Pawlik M. 2009. *Bioremediacja wybranych skażeń przemysłowych i jej wykorzystanie w praktyce ochrony środowiska*. Praca magisterska, Ogrodnictwo – Wydział Ogrodniczy UR w Krakowie.

- Salminen J. M., Tuomi P.M., Suortti A-M., Jorgensen K.S. 2004. *Potential for aerobic and anaerobic biodegradation of petroleum hydrocarbons in boreal subsurface*. Biodegradation 15, 29–39.
- Siuta J. 2000. *Podstawy biodegradacji ropopochodnych składników w glebach i odpadach*. Technologie odolejania gruntów, odpadów, ścieków. Inżynieria Ekologiczna 2; 23–34.
- Surygała J. 2000. *Zanieczyszczenia naftowe w gruncie*. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- van Hamme J.D., Singh A., Ward O.P. 2003. *Recent advances in petroleum microbiology*. Microbiol. Molec. Biol. Rev. 67, 503–549.

Adres do korespondencji:

Paweł Kaszycki
Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych,
Wydział Ogrodniczy
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: p.kaszycki@ogr.ur.krakow.pl

Praca zrealizowana w ramach tematu nr 3500
została sfinansowana z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW.

**GRZYBY SAPROTROFICZNE Z RYZOSFERY PELARGONII
(PELARGONIUM SPP.) I ICH WPŁYW NA WZROST
NIEKTÓRYCH PATOGENÓW TEJ ROŚLINY**
SAPROPHYTIC FUNGI OF PELARGONIUM (*PELARGONIUM SPP.*)
RHIZOSPHERE AND THEIR EFFECT ON THE GROWTH
ON POTENTIAL PATOGENS ON THE PLANT

Abstrakt. Określono skład gatunkowy mikroorganizmów zasiedlających rośliny i ryzosferę pelargonii, frekwencję gatunków, chorobotwórczość niektórych izolatów w stosunku do sadzonek tej rośliny oraz stosunki biotyczne między zbiorowiskiem mikroorganizmów ryzosferycznych a *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora cryptogea* i *Pythium ultimum*. Chore rośliny pelargonii były zasiedlane głównie przez *F. oxysporum*, *Ph. cryptogea*, *P. ultimum*. Gatunki te były chorobotwórcze dla sadzonek pelargonii. Badania stosunków biotycznych wykazały, że zbiorowisko mikroorganizmów związanych z ryzosferą pelargonii sprzyjało wzrostowi *F. oxysporum*, *Ph. cryptogea*, *Ph. ultimum*. Patogeny te nie napotkały oporu ze strony środowiska.

Słowa kluczowe: *pelargonium*, *ryzosfera*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora cryptogea*, *Pythium ultimum*, *stosunki biotyczne*

Summary. Species composition of microorganisms colonizing geranium plants and rhizosphere, species attendance, pathogenicity of some isolates in relation to this plant's seedlings and biotic ratio between rhizospheric microorganisms and *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora cryptogea* and *Pythium ultimum* have been determined. Infected geranium plants were mainly colonized by *F. oxysporum*, *Ph. cryptogea*, *P. ultimum*. Above species were pathogenic for geranium seedlings. Biotic relations research revealed that microorganisms accumulation, connected with geranium rhizosphere has been conducive to *F. oxysporum*, *Ph. cryptogea*, *Ph. ultimum* growth. Those pathogens didn't encounter environment resistance.

Key words: *Pelargonium spp.*, *rhizosphere*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora cryptogea*, *Pythium ultimum*, *biotic relations*

WSTĘP

Dużą popularność pelargonii wiąże się z jej wysokimi walorami estetycznymi i zdobniczymi oraz szerokim wachlarzem ich wykorzystywania. Szczególnie często zachwycają nas pięknie ukwiecone nimi balkony czy tarasy. Ta dość łatwa w uprawie roślina, której kwiaty mają zróżnicowane kolory i kształty, znakomicie nadaje się do ozdoby rabat w ogrodach [Hofman 2008]. O wartościach dekoracyjnych pelargonii decydują warunki uprawy oraz ich zdrowotność. Wpływ na to mogą mieć czynniki nieinfekcyjne, tj. odpowiednie podłoże, nawożenie, nadmiar lub niedobór wody, zanieczyszczenie powietrza i inne [Orlikowski 1987] oraz czynniki infekcyjne: wirusy, bakterie i grzyby [Westcot 1971; Kamińska 2001; Łabanowski i in. 2004]. Spośród licznych patogenów pelargonii do najgroźniejszych należą: *Botrytis cinerea*, *Pythium ultimum*, *Alternaria alternata*, *Phytophthora cactorum* [Łabanowski i in. 2004].

Przy nagromadzeniu się grzybów patogenicznych atakujących roślinę poprzez system korzeniowy, może dojść do infekcji i rozwoju procesu chorobowego. Wśród saprotroficznych mikroorganizmów mogą jednak znajdować się gatunki antagonistyczne (zwłaszcza rodzajów *Trichoderma* i *Gliocladium*) w stosunku do grzybów chorobotwórczych, zdolne do obniżenia ich agresywności [Mańka 1990; Kurzawińska 2010]. Poznanie zespołów mikroorganizmów występujących w środowisku uprawnym rośliny oraz istniejących między nimi zależności może być pomocne przy opracowywaniu niechemicznych metod zwalczania. Dlatego też celem badań było określenie mikroorganizmów zasiedlających chore sadzonki pelargonii, zbadanie patogeniczności niektórych izolatów w stosunku do sadzonek, poznanie składu gatunkowego zbiorowiska mikroorganizmów występujących w ryzosferze tej rośliny oraz scharakteryzowanie oddziaływania biotycznego grzybów z ryzosfery na patogeny, tj. *Pythium ultimum*, *Phytophthora cryptogea*, *Fusarium oxysporum*.

MATERIAŁY I METODY

Przedmiotem badań były chore sadzonki pelargonii rabatowej (*Pelargonium zonale*) pochodzące z prywatnego gospodarstwa ogrodniczego w Małopolsce. Materiał ten pobrano w okresie wystąpienia objawów chorobowych na dwumiesięcznych sadzonkach (pierwsza dekada marca).

Z porażonych sadzonek pobrano fragmenty korzeni oraz podstawy łodygi. W warunkach laboratoryjnych materiał ten poddano wstępnemu obmyciu pod bieżącą wodą, a następnie z pogranicza tkanki zdrowej i chorej wycinano 3–5 mm fragmenty, które po przepłukaniu w sterylnej wodzie destylowanej dezynfekowano przez minutę w 70% roztworze alkoholu etylowego. Następnie fragmenty te ponownie płukano w sterylnej wodzie destylowanej i po osuszeniu w sterylnej bibule filtracyjnej wykładano po 4 sztuki na zestaloną w płytkach Petriego pożywkę glukozowo-ziemniaczaną (PDA). Po 4–10 dniowym okresie inkubacji w temperaturze 22–23°C, odszczepiano sukcesywnie wyrastające kolonie grzybów na skosy z pożywką PDA. Po rozwinięciu się izolatów na skosach z pożywką glukozowo-ziemniaczaną i po przeglądzie makro- i mikroskopowym wybrano reprezentację tego zbiorowiska. Izolaty te wyszczepiono na odpowiednie pożywki i zidentyfikowano w oparciu o klucze mikologiczne i opracowania monograficzne [Rifai 1969, Domsch i in. 1980, Ramirez 1982, Nelson i in. 1983, Booth 1987, Kwaśna i in. 1991]. Izolaty wybrane do dalszych badań poddano testom patogeniczności. Wybrano trzy gatunki mające duży udział procentowy w zasiedlaniu porażonych sadzonek pelargonii. Były to: *Fusarium oxysporum* (F_1), *Phytophthora cryptogea* (Ph_1), *Pythium ultimum* (P_1). Doświadczenia przeprowadzono w prywatnej szklarni. Założono je w 4 powtórzeniach po 5 roślin dla każdego wyżej wymienionego izolatu. Wyniki porównano z kontrolą. Czterotygodniowe rośliny pelargonii nacinano sterylnym skalpelem u podstawy łodygi, a następnie наносzono w formie krążka o średnicy 5 mm na pożywkę z grzybnią inokulum odpowiedniego izolatu 14-dniowych kultur rosnących na pożywce PDA w temperaturze 22–23°C. Rośliny regularnie podlewano i dokonywano wizualnej oceny ich zdrowotności. Miarą oceny patogeniczności była wielkość powierzchni nekrozy powodowanej przez poszczególne gatunki mierzone po różnym okresie inkubacji (14–28 dni) w zależności od izolatu. Obecność w tkance roślinnej pelargonii introdukowanego patogena w danej kombinacji potwierdzono reizolacją po zakończeniu doświadczenia. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Istotność różnic między kombinacjami oceniono na podstawie testu Duncana przy $\alpha=0,05$.

Mikroorganizmy zasiedlające ryzosferę pelargonii izolowano w sposób opisany w pracy Mańki i Mańki [1993].

W celu poznania funkcji biotycznych zbiorowiska mikroorganizmów zasiedlających ryzosferę pelargonii w stosunku do *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora cryptogea*, *Pythium ultimum* przetestowano gatunki saprotroficzne izolowane najczęściej (85% wszystkich izolatów). Badania te przeprowadzono metodą szeregów biotycznych Mańki [1974].

WYNIKI

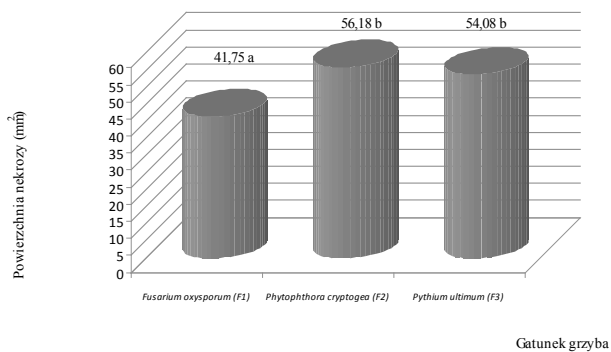
Po wyjęciu chorych sadzonek pelargonii z podłoża stwierdzono objawy zarówno na podstawie łodygi jak i systemie korzeniowym. Podstawa łodyg była przewężona, zbutwiała, niekiedy szerniała, a korzenie zredukowane i szerniały. Rośliny takie więdyły i zamierały.

Ogółem z korzeni i podstawy łodyg pelargonii wyizolowano 81 kolonii grzybów i organizmów grzybopodobnych, które należały do 11 rodzajów i 14 gatunków oraz 8 kolonii bakterii (tab. 1). Najliczniej wyosobnionymi były: *Fusarium oxysporum* (14,8%), *Cylindrocarpon radicolica*, *Phytophthora cryptogea* (każdy po 12,3%), *Cylindrocladium scoparium* i *Pythium ultimum* (każdy po 9,9%). Dość licznie wyosobnionymi były: *Alternaria alternata*, *Pestalotiopsis sydowiana* (każdy po 7,4%) i *Fusarium avenaceum* (6,2%). Do mniej licznie wyizolowanych gatunków należały: *Phytophthora cactorum*, *Cylindrocarpon destructans* (każdy po 3,7%), *Rhizoctonia solani*, *Trichoderma viride*, *Verticillium albo-atrum* (każdy po 2,5%) – tab. 1.

Na podstawie testów patogeniczności wybranych izolatów stwierdzono, że badane gatunki powodowały zmiany nekrotyczne inokulowanych sadzonek pelargonii. Organizm grzybopodobny – *Phytophthora cryptogea* wykazał najwyższą aktywność chorobotwórczą w porównaniu z pozostałymi badanymi gatunkami (ryc. 1). Z miejsc z objawami chorobowymi reizolowano zarówno *F. oxysporum*, *Ph. cryptogea* jak i *P. ultimum* – co potwierdziło ich właściwości chorobotwórcze.

Tab. 1. Mikroorganizmy wyizolowane z korzeni i podstawy łodygi pelargonii

Gatunek grzyba/organizmu grzybo- podobnego	Liczba izolatów	Procent
<i>Fusarium oxysporum</i>	12	14,8
<i>Cylindrocarpon radicola</i>	10	12,3
<i>Phytophthora cryptogea</i>	10	12,3
<i>Cylindrocladium scoparium</i>	8	9,9
<i>Pythium ultimum</i>	8	9,9
<i>Alternaria alternata</i>	6	7,4
<i>Pestalotiopsis sydowiana</i>	6	7,4
<i>Fusarium avenaceum</i>	5	6,2
<i>Botrytis cinerea</i>	4	4,9
<i>Phytophthora cactorum</i>	3	3,7
<i>Cylindrocarpon destructans</i>	3	3,7
<i>Rhizoctonia solani</i>	2	2,5
<i>Trichoderma viride</i>	2	2,5
<i>Verticillium albo-atrum</i>	2	2,5
Razem	81	100,0
Bakterie	8	



Ryc. 1. Chorobotwórczość wybranych izolatów w stosunku do sadzonek pelargonii

Ogółem z ryzosfery pelargonii uzyskano 219 izolatów grzybów i organizmów grzybopodobnych. Do najliczniej występujących należały rodzaje: *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Cylindrocarpon* i *Phoma* (tab. 2). Zbiorowisko mikroorganizmów ryzosfery pelargonii nie wykazywało możliwości ograniczenia wzrostu badanych patogenów. Dało to ujemne sumaryczne efekty biotyczne, w stosunku do *Fusarium oxysporum* (-275), *Phytophthora cryptogea* (-231), *Pythium ultimum* (-231) (tab. 2).

Stopień sprzyjania wzrostowi badanych patogenów nie był jednakowy. Na wielkość wpływu ograniczającego wzrost patogenów rzutują przede wszystkim stosunki ilościowe grzybów o antagonistycznych uzdolnieniach. Do najsilniejszych antagonistów w stosunku do badanych patogenów należały grzyby rodzaju *Trichoderma* (tab. 2).

Tab. 2. Wpływ zbiorowiska mikroorganizmów wyizolowanych z ryzosfery pelargonii na wzrost wybranych patogenów

Gatunek grzyba/organizmu grzybopodobnego	Częstotliwość występowania	Efekt biotyczny w stosunku do					
		<i>Fusarium oxysporum</i>		<i>Phytophthora cryptogea</i>		<i>Pythium ultimum</i>	
		IBE*	GBE**	IBE	GBE	IBE	GBE
<i>Penicillium stoloniferum</i>	25	-4	-100	-3	-75	-3	-75
<i>Penicillium expansum</i>	24	-3	-72	-2	-48	-2	-48
<i>Penicillium chrysogenum</i>	22	-4	-88	-2	-44	-2	-44
<i>Penicillium verrucosum</i> var. <i>corymbiferum</i>	21	-4	-84	-4	-84	-4	-84
<i>Alternaria alternata</i>	18	-2	-36	-2	-36	-2	-36
<i>Cylindrocarpon radiculicola</i>	17	0	0	0	0	0	0
<i>Phoma eupyrena</i>	14	-4	-56	-4	-56	-4	-56
<i>Fusarium oxysporum</i>	11	0	0	-2	-22	-2	-22
<i>Phytophthora cryptogea</i>	9	+1	+9	0	0	0	0
<i>Fusarium avenaceum</i>	8	0	0	-5	-40	-5	-40
<i>Cylindrocladium scoparium</i>	7	0	0	-2	-14	-2	-14
<i>Trichoderma harzianum</i>	6	+8	+48	+8	+48	+8	+48
<i>Trichoderma viride</i>	6	+8	+48	+8	+48	+8	+48

<i>Botrytis cinerea</i>	6	+2	+12	+5	+30	+5	+30
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	5	-2	-10	-2	-10	-2	-10
<i>Trichoderma koningii</i>	5	+7	+35	+8	+40	+8	+40
<i>Trichoderma piluliferum</i>	5	+7	+35	+8	+40	+8	+40
<i>Pestalotiopsis sydowniana</i>	4	+2	+8	+4	+16	+4	+16
<i>Paecilomyces carneus</i>	3	-4	-12	-4	-12	-4	-12
<i>Penicillium brevi-compactum</i>	3	-4	-12	-4	-12	-4	-12
Liczba izolatów	219						
Sumaryczny efekt biotyczny			-275		-231		-231

* – indywidualny efekt biotyczny, ** – ogólny efekt biotyczny

DYSKUSJA

Wśród wyosobnionych z chorych sadzonek pelargonii kolonii grzybów dominował rodzaj *Fusarium*, w tym *F. oxysporum*, *F. avenaceum*. Gatunki rodzaju *Fusarium* mogą przetrwać w podłożu przez kilkanaście lat bez obecności rośliny żywicielskiej. Mogą być one bardzo łatwo rozprzestrzeniane na sadzonkach bez widocznych objawów chorobowych lub przez nasiona [Orlikowski i Skrzypczak 1998]. *F.oxysporum* niszczy wiązki przewodzące. Grzyby rodzaju *Cylindrocarpon* były reprezentowane przez *C. radicola* i *C. destructans*. Gabarkiewicz i inni [1995] podają, że *C. destructans* (obok *Rizoctonia solani*) należy do sprawców zgnilizny korzeni wielu roślin ozdobnych.

Według Łabanowskiego i in. [2004] *Phytophthora cryptogea* jest głównym sprawcą fytoftorazy na pędach pelargonii. Omawiany czynnik chorobotwórczy występuje na wielu gatunkach roślin pod osłonami i w polu.

Wiele patogenów zostało sprowadzonych do kraju na importowanym materiale. Prawdopodobnie *Cylindrocarpon scoparium* został w ten sposób przywieziony do Polski na importowanych sadzonkach [Orlikowski i Jarecka 2004]. *C. scoparium* powoduje zgniliznę korzeni i podstawy pędu pelargonii [Łabanowski i in. 2004]. *Pythium ultimum* występuje praktycznie na wszystkich gatunkach ozdobnych roślin

balkonowych i doniczkowych rozmnażanych przez sadzonki zielne, jest to główny sprawca zgnilizny sadzonek pelargonii [Łabanowski i in. 2004].

Badane zbiorowisko grzybów ryzosferowych pelargonii nie oddziaływało hamująco na testowane patogeny. Wartości sumarycznych efektów biotycznych były ujemne. Z charakterystyki działania biotycznego jej komponentów wynika, że zbyt niska i niewystarczająca liczba grzybów o działaniu antagonistycznym nie potrafiła zapobiec chorobom sadzonek pelargonii. Dodatkowo indywidualne efekty biotyczne w stosunku do badanych patogenów wykazały grzyby rodzaju *Trichoderma*. Antagonistyczne oddziaływanie grzybów tego rodzaju na *F. oxysporum*, *Ph. cryptogea*, *P. ultimum* potwierdzają Kurzawińska [1998, 2010] oraz Kurzawińska i Pacyna [2000].

WNIOSKI

Chore sadzonki pelargonii zasiedlone były głównie przez *Fusarium oxysporum*, *Cylindrocarpon radicolica*, *Phytophthora cryptogea*.

Najbardziej patogenicznymi dla sadzonek pelargonii były izolaty *Ph. cryptogea*.

Zbiorowisko grzybów ryzosferowych zdominowane było przez rodzaje *Penicillium*, *Trichoderma* i *Fusarium*.

Badania stosunków biotycznych wykazały, że zbiorowisko mikroorganizmów ryzosferowych pelargonii nie ograniczyło wzrostu *F. oxysporum*, *Ph. cryptogea* i *P. ultimum*, co wskazuje na brak oporu środowiska w stosunku do tych patogenów.

LITERATURA

- Booth C. 1987. *The genus Cylindrocarpon*, Mycological Papers.
- Domsch K. H., Gams W., Anderson T. H. 1980. *Compendium of soil fungi*, Acad. Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.
- Gabarkiewicz R., Łabanowski G., Orlikowski L., Saniewska A., Skrzypczak G., Soika G., 1995. *Ochrona ozdobnych roślin cebulowych*, Plantpress, Kraków.
- Hofman C. 2008. *Pelargonie najpiękniejsze odmiany rozmnażanie i pielęgnacja, choroby i szkodniki*, KDC, Warszawa.

- Kamińska M. 2001. *Choroby wirusowe i wirusopodobne roślin ozdobnych*, Hortpress, Warszawa.
- Kurzawińska H. 1998. *Effect of fungi colonizing the sphagnum peat substrate of gerbera on the growth of *Phytophthora cryptogea**, Pethybr. & Laff. *Phytopathol. Pol.* 16, 31–36.
- Kurzawińska H. 2010. *Fungi inhabiting the rhizosphere of persian cyclamen and their impact on potential pathogens on the plant*, *Phytopatologia* 57, 5–10.
- Kurzawińska H., Pacyna E. 2000. *Fungi isolated from substrates of gerbera plants and their effect on the growth of *Phytophthora cryptogea* and *Pythium ultimum**. *Phytopathol. Pol.* 20, 123–129.
- Kwaśna K., Chełkowski J., Zajkowski P. 1991. *Grzyby T. 22*. PAN, Warszawa – Kraków.
- Łabanowski G., Orlikowski L., Soika G., Wojdyła A. 2004. *Ochrona roślin rabatowych i balkonowych*. Plantpress, Kraków.
- Mańka K. 1974. *Zbiorowiska grzybów jako kryterium oceny wpływu środowiska na choroby roślin*. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 160, 9–23.
- Mańka K. 1990. *Saprophytna mikroflora środowiska glebowego a zdrowotność roślin*. *Phytopathol. Pol.* (Materiały z sympozjum odbytego w dniach 12–14 września w Szczecinie „Niepatogeniczna mikroflora w patologii roślin”), 122–134.
- Mańka K., Mańka M. 1993. *O metodzie izolacji z ryzosfery drzew leśnych*. Materiały z IV Konferencji Sekcji Biologicznych Metod Ochrony Roślin przed Chorobami PTFiT Skierniewice 22–23 kwietnia 1993, ISiK Skierniewice. 3–7.
- Nelson P. E., Tousson T. A., Marasas W. F. O. 1983. *Fusarium species. An illustrated manual for identification.*, The Pennsylvania State University Press, University Park.
- Orlikowski L. (red.). 1987. *Ochrona pelargonii*. Plantpress, Kraków.
- Orlikowski L. B., Skrzypczak C. 1998. *Rola niektórych mikroorganizmów odglebowych jako czynników ograniczających rozwój fuzariozy naczyniowej*. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 461, 331–338.
- Orlikowski L., Jarecka A. 2004. *Zgnilizna korzeni i pędów w szkółkach roślin ozdobnych*. *Ochrona Roślin* nr 7/8, 21–22.
- Ramirez C. 1982. *Manual and atlas of the Penicillia*. Elsevier Biomedical Press, Amsterdam, New York, Oxford.
- Rifai M. A. 1969. *A revision of the genus Trichoderma*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey.
- Westcott C. 1971. *Plant Disease Handbook*. Litt. Edu. Publ., London, New York.

Adres do korespondencji:

Halina Kurzawińska

Katedra Ochrony Roślin

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków

e-mail: h.kurawinska@ogr.ur.krakow.pl

UWALNIANIE SKŁADNIKÓW MINERALNYCH ZE SZKŁA NAWAZOWEGO VITROFOSMAK INKUBOWANEGO W PODŁOŻU ORGANICZNYM

RELEASE OF MINERAL COMPONENTS FROM GLASSY FERTILISER VITROFOSMAK IN ORGANIC SUBSTRATE

Abstrakt. Celem pracy było określenie ilości i tempa uwalniania składników mineralnych ze szkła nawozowego VitroFosMaK ($P_2O_5 : K_2O : CaO : MgO$ jak 12 : 10 : 14 : 22 + 37 SiO_2) traktowanego jako nawóz o spowolnionym działaniu w porównaniu do powszechnie stosowanego nawozu Osmocote ($N : P_2O_5 : K_2O : MgO$ jak 15 : 10 : 12 : 2). Do podłoża wprowadzono nawóz szklisty o granulacji 0,3–0,8 mm w dawce $3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$. Oznaczano zawartość makroskładników pokarmowych (z wyjątkiem azotu), pH i ogólne stężenie soli w podłożu. Stwierdzono systematyczne uwalnianie składników pokarmowych z nawozu szklistego VitroFosMaK i Osmocotu. Ilość uwolnionego fosforu z nawozu VitroFosMaK była wyższa niż w podłożu z Osmocotem odwrotnie niż w przypadku potasu. Wzrost stężenia Ca i Mg w podłożu torfowym po zastosowaniu nawozu VitroFosMaK potwierdza, że szkło nawozowe stanowi źródło przyswajalnego wapnia i magnezu dla roślin.

Słowa kluczowe: *nawóz o spowolnionym działaniu, składniki pokarmowe, pH, EC, podłoże uprawowe*

Summary. The aim of the study was to determine the amount and rate of nutrient release from glassy fertiliser VitroFosMaK ($P_2O_5 : K_2O : CaO : MgO$ as 12: 10: 14: 22 + 37 SiO_2), treated as a slow-release fertiliser, as compared to the commonly used Osmocote fertiliser ($N : P_2O_5 : K_2O : MgO$ as 15: 10: 12: 2). Glassy fertiliser was introduced into the substrate at a dose of $3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ and at granulation of 0.3–0.8 mm. Macronutrients (excluding nitrogen), pH, and total concentration of salt in the medium were analysed. The systematic release of nutrients from Osmocote and glassy fertiliser VitroFosMaK was determined. The quantity of dissolved phosphorus from the VitroFosMaK fertiliser was higher than in the substrate with Osmocote, conversely in the case of potassium. Increase of Ca and Mg concentration in a peat substrate after application of the VitroFosMaK fertiliser confirms that the glassy fertiliser was a source of available calcium and magnesium to plants.

Key words: *slow release fertiliser, plant nutrient, pH, EC, growing substrate*

WSTĘP

Wraz z intensyfikacją produkcji ogrodniczej rośnie potrzeba jej optymalizacji. Jednym z najważniejszych czynników branych pod uwagę jest nawożenie, którego zadaniem jest zapewnienie roślinom optymalnych zawartości dostępnych składników pokarmowych w podłożu przez cały sezon wegetacyjny. Przy stosowaniu tradycyjnych nawozów mineralnych, które są związkami o stosunkowo dużej rozpuszczalności w wodzie, osiągnięcie tego celu jest utrudnione. Nawożenie podstawowe nie zaspokaja w pełni potrzeb roślin w okresie największego zapotrzebowania na składniki pokarmowe, bowiem tylko część składników nawozowych zostaje efektywnie wykorzystana. Pozostała większość ulega wymyciu poza system korzeniowy roślin, natomiast reszta zostaje unieruchomiona w glebie (przynajmniej okresowo) w formie chemicznie nieaktywnej [Strojny 1993; Girardi i in. 2005; Barker i Pilbeam 2007].

Jednym ze sposobów zmniejszenia strat spowodowanych wymywaniem składników z nawozów, przy równoczesnym zwiększeniu stopnia ich wykorzystywania przez rośliny jest wprowadzenie nawozów mineralnych o spowolnionym działaniu. Nawozy te znacznie ułatwiają nawożenie, przy zachowaniu optymalnego wzrostu roślin, gdyż eliminują potrzebę stałego stosowania składników odżywczych w okresie wegetacji. Stosowanie ich może prowadzić do bardziej równomiernego rozmieszczenia w podłożu, a także stopniowego udostępniania ich dla roślin [Girardi i in. 2005]. Nawozy o spowolnionym działaniu muszą charakteryzować się obniżoną rozpuszczalnością w roztworze glebowym, co można uzyskać przez: kondensację, głównie mocznika z aldehydami, otoczkowanie substancji łatwo rozpuszczalnych, przy użyciu siarki lub tworzyw sztucznych, a także przez stosowanie wolno rozpuszczających się związków kompleksowych [Strojny 1993].

Innym rozwiązaniem jest stosowanie nawozów szklitych. Naukowcy z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie opracowali szkła krzemianowo-fosforanowe, odpowiednie do krajowych warunków klimatycznych i glebowych, o wydłużonej szybkości działania oraz selektywnym uwalnianiu składników w podłożu [Stoch i in. 2003]. Nawozy szkliste są trudno rozpuszczalne w wodzie, w przeciwieństwie do związków organicznych, wytwarzanych przez ko-

rzenie roślin i bakterie. Celem badań było określenie ilości i tempa uwalniania składników mineralnych w podłożu torfowym ze szkła nawozowego traktowanego jako nawóz o spowolnionym działaniu w porównaniu do powszechnie stosowanego nawozu Osmocote.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w Katedrze Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Obiektem badań był, opracowany w Akademii Górniczo-Hutniczej [Stoch i in. 2003], nawóz szklisty VitroFosMaK o składzie: 12% P_2O_5 , 10% K_2O , 14% CaO, 22% MgO i 37% SiO_2 oraz uziarnieniu 0,3–0,8 mm zastosowany w dawce $3\text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$. Działanie szkła nawozowego porównywano z nawozem o spowolnionym działaniu Osmocote (5–6 miesięczny) o składzie: 15% N, 10% P_2O_5 , 12% K_2O , 2% MgO w dawce $2,5\text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$. Badania laboratoryjne polegały na inkubacji przez 48 tygodni nawozów w torfie wysokim, zwapnowanym do pH 6. Analiza torfu wykazała EC $0,13\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ oraz następującą zawartość składników ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): 14,3 P; 16,7 K; 1048 Ca i 50,5 Mg. Podłoża w trakcie inkubacji przetrzymywano w temperaturze 22–25°C i przy wilgotności zbliżonej do 60–70%. Obiektami doświadczenia były:

Kontrola – torf wysoki zwapnowany do pH 6

Podłoże o pH 6 + szkło nawozowe

Podłoże o pH 6 + Osmocote

Przed rozpoczęciem doświadczenia oraz po 8, 16, 32 i 48 tygodniach inkubacji oznaczono, posługując się metodami opisanymi przez Sady i innych [1994], następujące właściwości podłoży:

- zawartość łatwo przyswajalnych form makroskładników ekstrahowanych $0,03\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ kwasem octowym: fosforu – metodą molibdenowo-wanadową; potasu, magnezu i wapnia – metodą absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej (AAS),

- pH w wodzie (przy stosunku objętościowym podłoża do wody 1:2) przy pomocy pH-metru Philips PW 9420,

- ogólną koncentrację soli metodą konduktometryczną (konduktometr CC-501).

Doświadczenie założono w układzie całkowicie rozlosowanym, w czterech powtórzeniach. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie

metodą analizy wariancji ANOVA dla doświadczeń jednoczynnikowych przy użyciu testu Fishera przy poziomie istotności $\alpha=0,05$.

WYNIKI I Dyskusja

Oceniając uwalnianie składników pokarmowych ze szkła nawozowego w podłożu, jako obiekt porównawczy wprowadzono powszechnie stosowany wieloskładnikowy nawóz o spowolnionym działaniu Osmocote, z którego składniki uwalniane są osmozy. W kontroli (zwapnowany torf wysoki) odczyn cyklicznie, nieznacznie podnosił się i obniżał, by ostatecznie po 48 tygodniach inkubacji osiągając wartość pH wyniosła 5,92 (wyjściowa pH 6) – tab. 1. Szkło nawozowe wprowadzone do podłoża również powodowało rytmiczne zwiększanie i obniżanie się odczynu, ale wartości były zdecydowanie wyższe w porównaniu do obiektu kontrolnego. Po 48 tygodniach inkubacji odczyn wzrósł o 1,0 jednostkę pH. W przeciwieństwie do szkła nawozowego, nawóz wolnodziałający Osmocote powodował stopniowe zakwaszanie podłoża. Po zakończeniu inkubacji wartość pH wynosiła 4,28 tzn. obniżyła się w stosunku do wartości wyjściowej o 2 jednostki.

Oddziaływanie nawozu szklistego na odczyn podłoża potwierdza wyniki Lis-Krzyścin i inni [2004a] oraz Lis-Krzyścin [2010] uzyskane we wcześniejszych badaniach ze szklami nawozowymi. Odkwaszające działanie zmielonych skał krzemianowych wykazali także Priyono i Gilkes [2004] oraz Priyono i inni [2009]. Cykliczne zmiany odczynu w czasie inkubowania podłoża, wywołane m.in. wprowadzonym krzemianem potasu, stwierdzili również Hwang i inni [2005] oraz Rezi i inni [2009].

W trakcie całej inkubacji ogólne stężenie soli w podłożu kontrolnym, czyli zwapnowanym torfie wysokim bez dodatku nawozów, utrzymywało się na wyrównanym niskim poziomie (tab. 1). Po 48 tygodniach inkubacji EC podłoża kontrolnego wynosiło $0,12 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Szkło nawozowe wprowadzone do podłoża w niewielkim stopniu wpłynęło na podwyższenie stężenia soli. Najwyższą wartość ($0,30 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) stwierdzono po 32 tygodniach inkubacji. Różnice w koncentracji soli w trakcie inkubacji, pomiędzy podłożem kontrolnym, a wymieszanym ze szkłem, nie przekraczały $0,20 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Natomi-

ast zastosowanie nawozu Osmocote spowodowało wyraźny wzrost ogólnego stężenia soli. Już po 8 tygodniach wzrosło ono do wartości $1,32 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Ostatecznie, po 48 tygodniach inkubacji stężenie soli w podłożu z dodatkiem Osmocotu wynosiło $2,65 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Tab. 1. Odczyn i ogólne stężenie soli w podłożach

Inkubacja (tygodnie)	Obiekt	pH	EC ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$)
8	Kontrola	6,21	0,13
	VitroFosMaK	6,71	0,27
	Osmocote	5,83	1,32
16	Kontrola	6,45	0,15
	VitroFosMaK	7,12	0,26
	Osmocote	5,35	1,54
32	Kontrola	5,68	0,10
	VitroFosMaK	6,85	0,30
	Osmocote	4,48	2,13
48	Kontrola	5,92	0,12
	VitroFosMaK	7,00	0,28
	Osmocote	4,28	2,65

Wykazany niewielki wpływ nawozu szklatego na ogólne stężenie soli pozwala na stosowanie go w uprawie roślin bez obawy zasolenia podłoża. Zbliżone wnioski sformułowali Priyono i Gilkes [2004] oraz Priyono i inni [2009]. W badaniach tych autorów zmielone skały krzemianowe zwiększyły ogólne stężenie soli maksymalnie do $40 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Zbliżony do prezentowanych badań wpływ VitroFosMaKu na koncentrację soli w podłożu w uprawie cisa i pęcherznicy stwierdziła Lis-Krzyścin [2010].

Zawartość fosforu i potasu w użytych nawozach była porównywalna, odpowiednio 12 i 10% w szkłe nawozowym oraz 10 i 12% w Osmocote. Przez cały okres trwania doświadczenia stężenie rozpuszczalnego fosforu w podłożu kontrolnym było najniższe i utrzymywało się na zbliżonym, bliskim wyjściowemu poziomie (tab. 2). W kolejnych terminach analiz najwyższymi zawartościami uwalnianego fosforu charakteryzowało się podłoże z dodatkiem nawozu szklatego. W trakcie inkubacji zmiany stężenia fosforu w podłożu ze szkłem były całkiem odmienne niż po wprowadzeniu nawozu Osmocote. Między

8 a 16 tygodniem inkubacji w podłożu ze szkłem nawozowym obniżyła się zawartość fosforu, natomiast w podłożu z Osmocotem wzrastała. Podczas gdy po 16 tygodniach przetrzymywania podłoży obserwowano tendencję przeciwną. Najwyższą zawartość dostępnego fosforu zanotowano po zastosowaniu szkła nawozowego po 48 tygodniach inkubacji ($298,0 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ podłoża).

Tab. 2. Zmiany zawartości fosforu, potasu, wapnia i magnezu w podłożach

Inkubacja (tygodnie)	Obiekt	Zawartość ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)			
		P	K	Ca	Mg
8	Kontrola	19,9a	10,3a	1231a	69,6a
	VitroFosMaK	213,0b	238,4c	1751b	338,7b
	Osmocote	56,0a	159,6b	1061a	57,4a
16	Kontrola	14,1a	13,4a	1087a	71,5a
	VitroFosMaK	150,5c	198,1b	1346b	240,5b
	Osmocote	113,4b	259,8c	1242ab	72,2a
32	Kontrola	24,3a	25,1a	1318a	75,4a
	VitroFosMaK	261,0c	329,9b	1882c	405,5b
	Osmocote	106,8b	450,6c	1698b	95,4a
48	Kontrola	20,2a	37,9a	1352a	88,2a
	VitroFosMaK	298,0c	389,5b	1844c	387,4c
	Osmocote	104,6b	468,0c	1667b	112,9b

Niższą zawartość potasu stwierdzono po 8 tygodniach inkubacji w podłożu nawiezionym Osmocotem niż nawozem szklistym, mimo że zawartość K w nawozach była zbliżona. Jednak kolejne analizy wykazały tendencję odwrotną. Najwyższą zawartość potasu odnotowano po 48 tygodniach inkubacji, zarówno w podłożu z dodatkiem nawozu Osmocote ($468,0 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), jak i VitroFosMaKu ($389,5 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). Zmiany zawartości tego składnika w podłożu kontrolnym i z dodatkiem Osmocotu systematycznie zwiększała się przez cały czas inkubacji.

Najwyższe zawartości przyswajalnego wapnia i magnezu stwierdzono w obiekcie z nawozem szklistym. Szkło nawozowe zawierało te składniki w ilościach 14% CaO i 22% MgO. Po 8 tygodniach inkubacji najmniej wapnia stwierdzono w podłożu z Osmocotem ($1061 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). Stężenie wapnia w tym obiekcie systematycznie wzrastało w czasie inubacji. Najwięcej wapnia, podobnie jak fosfo-

ru, zanotowano po 48 tygodniach inkubacji w podłożu ze szkłem nawozowym ($1844 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Zawartość magnezu w podłożu z dodatkiem Osmocotu zawierającego 2% MgO była zbliżona do zawartości tego składnika w podłożu kontrolnym. Przez 32 tygodnie trwania doświadczenia nie wykazano między tymi kombinacjami różnic statystycznie istotnych.

Mechanizm uwalniania składników zarówno z nawozów o spowolnionym działaniu jak i ze szkieł nawozowych jest uzależniony od właściwości fizyko-chemicznych i biologicznych środowiska glebowego (pH, stężenia soli, zawartości składników pokarmowych, temperatury, aktywności biologicznej gleby). Spowolnione działanie nawozów ogranicza straty składników pokarmowych powodowane wymywaniem oraz sprzyja lepszej ich sorpcji [Strojny 1993, Ostrowska i in. 2002, Waćławska i in. 2001, 2002; Lis-Krzyściń i in. 2003]. Zmiany zawartości składników mineralnych w podłożu prawdopodobnie są wywołane specyfiką rozpuszczania szkieł nawozowych. Wysoka zawartość magnezu i niska potasu w obiekcie, do którego wprowadzono nawóz szklisty w porównaniu do podłoża z Osmocotem była zbliżona do wyników uzyskanych w uprawie cisa i pęcherznicy oraz pelargonii i wrzośca [Lis-Krzyściń i in. 2004a; Lis-Krzyściń i Waćławska 2005; Lis-Krzyściń 2010]. Waćławska i Stoch [2002] oraz Waćławska i inni [2001, 2002] w badaniach *in vitro* wykazali, że gdy struktura szkła nawozowego ulega rozpadowi, uwalnianie kationów zachodzi z różną szybkością. Kolejność ich wymywania jest następująca: $\text{P} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Si}$. Przypomina to proces naturalnego wietrzenia skał szklawa wulkanicznego. Stąd w podłożu z nawozem szklistym stwierdzono szybsze rozpuszczanie się i większą koncentrację fosforu, natomiast zmiany dotyczące uwalniania potasu następowały zdecydowanie później. W niniejszych badaniach i Lis-Krzyściń [2010] zawartość wapnia w podłożu ze szkłem nawozowym była generalnie wyższa niż po zastosowaniu Osmocotu, w przeciwieństwie do doświadczeń z wrzoścem [Lis-Krzyściń i in. 2004a]. Obserwowane cykliczne zmiany zawartości P, K, Ca i Mg w podłożu z nawozem szklistym są zbieżne z wynikami uzyskanymi przez Lis-Krzyściń i in. [2003, 2004b] w badaniach inkubacyjnych z bakteriami fosforowymi.

WNIOSKI

Stwierdzono systematyczne uwalnianie składników pokarmowych z nawozów Osmocote i VitroFosMaK w czasie 48 tygodniowej inkubacji podłoża torfowego w warunkach laboratoryjnych.

Ilość uwolnionego fosforu z nawozu VitroFosMaK była wyższa niż w podłożu z Osmocotem. Przeciwną tendencję wykazano dla potasu.

Wzrost stężenia Ca i Mg w podłożu torfowym po zastosowaniu nawozu VitroFosMag potwierdza, że szkło nawozowe stanowi źródło przyswajalnego wapnia i magnezu dla roślin.

LITERATURA

- Girardi E. A., Mourao Filho F.A., Graf C.C.D., Olic F.B. 2005. *Influence of soluble and slow-release fertilizers on vegetative growth of containerized citrus nursery trees*. Journal of Plant Nutrition 28, 1465–1480.
- Hwang S. J., Park H.-M., Jeong B.R. 2005. *Effects of potassium silicate on the growth of miniature rose 'Pinocchio' grown on rockwool and its cut flower quality*. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 74(3), 242–247.
- Lis-Krzyżcin A. 2010. Vitrofosmak glassy fertiliser in the fertilisation of nursery-cultivated yew and ninebark. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 9(4), 33–40.
- Lis-Krzyżcin A., Ostrowska J., Waćławska I. 2003. Rozpuszczanie fosforu nieorganicznego w zróżnicowanych warunkach aktywności biologicznej gleby. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus, 2(2), 101–108.
- Lis-Krzyżcin A., Ostrowska J., Waćławska I. 2004a. *Slow release fertilisers in spring heath (Erica carnea L.) cultivation*. Chemistry for Agriculture 5, 63–68.
- Lis-Krzyżcin A., Ostrowska J., Waćławska I. 2004b. *Uwalnianie fosforu ze szkła nawozowego i superfosfatu w trakcie inkubacji w obecności bakterii fosforowych*. Roczn. AR Poznań, CCCLVI, Ogrodnictwo 37, 137–142.
- Lis-Krzyżcin A., Waćławska I. 2005. *Fertilisation of Pelargonium x hortorum with slow release fertilisers. II. Effect on the content of components in the substrate and in plants*. Chemistry for Agriculture 6, 242–247.
- Ostrowska J., Lis-Krzyżcin A., Waćławska I. 2002. *Rozpuszczalność szklistych nawozów mineralnych w określonych warunkach środowiska glebowego*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCXI, Ogrodnictwo 35, 133–140.

- Barker A. V., Pilbeam D.J. 2007. *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press, Taylor and Francis, USA.
- Priyono J., Gilkes R.J. 2004. *Dissolution of milled-silicate rock fertilisers in the soil*. Aust. J. Soil Res. 42(4), 441–448.
- Priyono J., Sutriyono R., Arifin Z. 2009. *Evaluation for the potential use of silicate rocks from four volcanoes in Indonesia as fertilizer and soil ameliorant*. J. Tanah Trop. 14(1), 1–8.
- Reezi S., Babalar M., Kalantari S. 2009. *Silicon alleviates salt stress, decreases malondialdehyde content and affects petal color of salt stressed cut rose (Rosa xhybrida L.) 'Hot Lady'*. African J. Biotechnology 8(8), 1502–1508.
- Sady W., Domagała I., Kowalska I., Lis-Krzyściń A., Ostrowska J. 1994. *Przewodnik do ćwiczeń z uprawy roli i nawożenia roślin ogrodniczych*. Skrypt AR w Krakowie.
- Stoch L., Stoch Z., Waćławska I. 2003. *Szkła nawozowe ekologiczne*. PL 185229 B1.
- Strojny Z. 1993. *Nawożenie roślin ozdobnych pod osłonami*. Centrum Ogrodnicze *Skierniewice*, Skierniewice. ISBN 83-901188-0-7.
- Waćławska I., Stoch L. 2002. *Biochemical activity of silicate phosphate glasses*. Proc. XIX Int. Contr. Glass, Edinburgh, 237–241.
- Waćławska I., Stoch L., Ostrowska J. 2001. *Biochemiczna aktywność szkieł nawozowych*. Ceramics 66, 169–175.
- Waćławska I., Stoch L., Ostrowska J. 2002. *Biochemical activity of silicate phosphate glasses*. Glass Technol. 43C, 237–241.

Adres do korespondencji:

Agnieszka Lis-Krzyściń

Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków

e-mail: a.lis@ogr.ur.krakow.pl

STYMULACJA PODZIAŁÓW KOMÓRKOWYCH W KULTURACH PROTOPLASTÓW *DAUCUS* POPRZEZ FILTROWANIE ALGINIANU, DODATEK HEMOGLOBINY ORAZ FITOSULFOKINY

A STIMULATORY EFFECT OF ALGINIAN FILTRATION AND
ADDITION OF HEMOGLOBIN AND PHYTOSULFOKINE ON
CELL DIVISIONS IN PROTOPLAST CULTURES OF *DAUCUS*

Abstrakt. Celem prezentowanych badań była analiza wydajności kultury protoplastów w zależności od sposobu sterylizacji alginianu oraz dodatku do pożywki hemoglobiny (Hb) i fitosulfokiny (PSK). Protoplasty izolowane z *D. carota*, *D. carota* ssp. *maritimus*, *D. aureus* oraz *D. montevicensis* immobilizowano w filtrowanym i autoklawowanym alginianie. Dodatkowo, protoplasty *D. montevicensis* stymulowano do podziałów mitotycznych w obecności 100 nM fitosulfokiny i/lub 0,1–1,0 mg ml⁻¹ hemoglobiny. Wydajność kultury sprawdzana w 10-tym, 20-tym i 40-tym dniu hodowli była zawsze zależna od genotypu. Najwyższe wartości osiągała u *D. carota*, a najniższe u *D. montevicensis*. Dla wszystkich badanych obiektów uzyskano zwiększenie aktywności podziałowej poprzez immobilizację protoplastów w alginianie filtrowanym, a w kulturach *D. montevicensis* także poprzez dodatek PSK lub PSK i hemoglobiny w stężeniu 0,2 mg ml⁻¹.

Słowa kluczowe: *alginian, Daucus, fitosulfokina, hemoglobina, kultury protoplastów*

Summary. The main objective of the present study was to analyse plating efficiency with respect to the method of alginian sterilization and supplementation of the culture medium with haemoglobin (Hb) and phytosulfokine (PSK). Protoplasts isolated from *D. carota*, *D. carota* ssp. *maritimus*, *D. aureus* oraz *D. montevicensis* were embedded in a filter- or autoclave-sterilized alginate solution. Additionally, protoplast cultures of *D. montevicensis* were supplemented with phytosulfokine (100 nM) and/or haemoglobin (0.1–1.0 mg ml⁻¹). Plating efficiency verified at 10th, 20th, and 40th day of culture was depended on the accession. The highest plating efficiency was observed in protoplast cultures of *D. carota* while the lowest in protoplast cultures of *D. montevicensis*. For all accessions increase of mitotic activity was achieved through filtration of the alginian solution and, in case of *D. montevicensis*, also by the addition of PSK or PSK and 0.2 mg ml⁻¹ haemoglobin.

Key words: *alginian, Daucus, phytosulfokine, haemoglobin, protoplast culture*

WSTĘP

Marchew jest warzywem o dużym znaczeniu w diecie człowieka, głównie ze względu na wysoką zawartość β -karotenów. Dlatego dąży się do poprawy cech jakościowych tego warzywa między innymi poprzez zwiększenie różnorodności genetycznej. Cennym źródłem zmienności mogą być dzikie gatunki *Daucus*, jednak krzyżowanie ich z marchwią jadalną jest trudne ze względu na pre- i postzygotyczne bariery zapłodnienia. Bariery te można ominąć poprzez somatyczną hybrydyzację. Jednak otrzymanie mieszańców somatycznych wymaga opracowania warunków wzrostu i rozwoju protoplastów będących komponentami fuzji. Rozwój protoplastów zależy od wielu czynników, między innymi: technik prowadzenia kultury, składu pożywki, składu gazowego atmosfery kultury.

Immobilizacja komórek jest jednym ze skutecznych sposobów poprawy wydajności kultury protoplastów. Substancją często stosowaną do immobilizacji jest alginian sodu, którego korzystne działanie, w stosunku do innych związków żelujących wykazano w wielu badaniach [Bordelius i Nilson 1980; Draget i in. 1989]. Żelowanie alginianu nie wymaga stosowania wysokiej temperatury gdyż jest zależne od obecności jonów wapnia, które korzystnie wpływają na resyntezę ściany komórkowej protoplastów [Kao i Michayluk 1974]. Ponadto związek ten, w odróżnieniu od agaru czy agarozy nie wykazuje toksycznego działania na komórki. Kwas alginowy jest kopolimerem zbudowanym głównie z kwasów α -L-glukuronowego i β -D-mannuronowego tworzących wieloprzestrzenną sieć, unieruchamiającą komórki i pozwalającą na dyfuzję substancji odżywczych. Taka budowa chroni także komórki przed wysokim stężeniem toksycznych metabolitów. Wysoka temperatura sterylizacji powoduje częściowy rozkład tego związku i wpływa niekorzystnie na strukturę oraz właściwości mechaniczne powstającego żelu [Leo i in. 1990]. Alternatywą dla termicznej sterylizacji alginianu może być jego filtrowanie.

Innym czynnikiem zwiększającym wydajność kultury protoplastów jest suplementacja pożywki różnymi regulatorami wzrostu. Jednym z nich jest fitosulfokina- α (PSK- α) będąca peptydem sygnałowym biorącym udział w inicjacji i regulacji podziałów komórkowych, a także różnicowaniu się komórek. Związek ten jest

naturalnie produkowany przez komórki roślinne i po raz pierwszy został wyizolowany z zawiesiny komórek mezofilowych *Asparagus officinalis* Matsubayashi i Sakagami [1996]. Jego korzystne działanie na wzrost i rozwój wykazano między innymi dla: marchwi jadalnej [Hanai i in. 2000; Kobayashi i in. 1999], ryżu [Matsubayashi i in. 1997], a ostatnio buraka cukrowego [Grzebelus i in. 2012a].

Kultury protoplastów są prowadzone w szczelnie zamkniętych naczyniach w atmosferze gazowej daleko odbiegającej od składu powietrza atmosferycznego. Ubogie w tlen środowisko może spowalniać lub całkowicie hamować rozwój roślin w kulturach *in vitro*. Rozwiązaniem tego problemu może być suplementowanie pożywki sztucznymi nośnikami tlenu, takimi jak hemoglobina (Hb), którą wzbogacano m.in. kultury kalusa ryżu [Garratt i in. 2001] czy kultury protoplastów męzczenicy *Passiflora giberti* [Anthony i in. 1997].

Prowadzone do tej pory badania nad kulturami protoplastów w rodzaju *Daucus* dotyczyły głównie marchwi jadalnej (*D. carota*). W niniejszej pracy po raz pierwszy przedstawiono badania z zakresu kultur protoplastów dla innych gatunków rodzaju *Daucus*. Ich celem było zwiększenie wydajności kultury poprzez zastosowanie filtrowanego alginianu do immobilizacji protoplastów oraz wzbogacenie pożywki fitosulfokiną oraz hemoglobina.

MATERIAŁY I METODY

Materiał roślinny. W badaniach ogółem wykorzystano cztery różne obiekty *Daucus*: linię hodowlaną marchwi jadalnej 9304B, podgatunek *D. carota* ssp. *maritimus* oraz dwa dzikie gatunki: *D. aureus*, *D. montevidensis*. Protoplasty mezofilowe linii hodowlanej izolowano z dwutygodniowych kultur pędowych, które przygotowano według procedury przedstawionej przez Grzebelus i innych [2012b]. Nieco inaczej przygotowano kultury pędowe dzikich obiektów. Niełupki po dezynfekcji pozostawiano na noc w sterylnej wodzie destylowanej do napęcznienia, a następnie usuwano owocnię w celu zwiększenia wydajności kiełkowania. Tak przygotowane nasiona wykładano na pożywkę MS [Murashige i Skoog 1962] z dodatkiem sacharozy (30 g dm⁻³), zestaloną agarem (6,5 g dm⁻³) i przechowywano w ciemności w temperaturze 18°C do momentu kiełkowania. Siewki pr-

zenoszono do słoików z pożywką R (mikro- i makroelementy wg MS, mezo-inozytol 100 mg dm⁻³, tiamina 0,1 mg dm⁻³, pirydoksyna 0,1 mg dm⁻³, kwas nikotynowy 0,5 mg dm⁻³, glicyna 3,0 mg dm⁻³, sacharoza 20 g dm⁻³, phytigel 2,5 g dm⁻³, pH=5,8) i umieszczano w fitotronie (26°C, 16 h fotoperiod).

Izolacja i kultura protoplastów. Izolację i kulturę protoplastów prowadzono zgodnie z metodyką opisaną wcześniej dla marchwi [Grzebelu i in. 2012b]. Liście dwutygodniowych roślin siekano za pomocą skalpela w szalkach z roztworem plazmolizującym. Po godzinnej inkubacji roztwór plazmolizujący zamieniano na mieszaninę enzymatyczną (1% celulaza Onozuka R10, 0,1% pektolizaza Y-23, mannitol 109,3 g dm⁻³, kwas 2-(N-morfolino)-etanosulfonowy 3,9 g dm⁻³, MgCl₂ x 6H₂O 1,0 g dm⁻³, pH=5,6) i inkubowano w temp. 26°C przez 16 h delikatnie wytrząsając. Następnie protoplasty oczyszczano poprzez wirowanie w roztworze W5 [Menczel i in. 1981] i pożywce CPP [mikro- i makroelementy oraz kwasy organiczne wg Kao i Mychayluk [1975], glukoza 74 g dm⁻³, mezoinozytol 100 mg dm⁻³, tiamina 10 mg dm⁻³, pirydoksyna 1 mg dm⁻³, kwas nikotynowy 1 mg dm⁻³, hydrolizat kazeiny 250 mg dm⁻³, 2,4 D 0,1 mg dm⁻³, zeatyna 0,2 mg dm⁻³, pH=5,6], po czym za pomocą komory Thoma określano ich gęstość i doprowadzano do wartości 8 x 10⁵ protoplastów cm⁻³. Tak przygotowaną zawiesinę protoplastów mieszano w stosunku objętościowym 1:1 z filtrowanym (Millipore, 0,22 μm) lub autoklawowanym (121°C, 20 min) roztworem alginianu sodu (2,8%) w mannitolu (73 g dm⁻³). Na wcześniej przygotowaną pożywkę agarową bogatą w jony wapnia (CaCl₂ – 2,22 g dm⁻³, mannitol 73 g dm⁻³, agar – 1 %, pH=5,8) nanoszono 300 μl mieszaniny protoplastów z alginianem i rozprowadzano na powierzchni tworząc cienkie błonki alginianowe. Polimeryzacja alginianu zachodziła w temperaturze pokojowej po upływie około godziny. Zestalone błonki przenoszono do szalek Petriego z 4 cm³ płynnej pożywki CPP z dodatkiem antybiotyków dla zahamowania wzrostu endogennych bakterii (cefotaxim 400 mg dm⁻³, timentin 200 mg dm⁻³). Dodatkowo kulturę protoplastów *D. montevideensis* wzbogacano: (1) fitosulfokiną (Fitosulfokina-α, PeptaNova GmbH, Germany) w stężeniu 100 nM, (2) hemoglobina (Hemoglobina, Sigma) w stężeniach 0,1; 0,2 i 1,0 mg cm⁻³ lub (3)

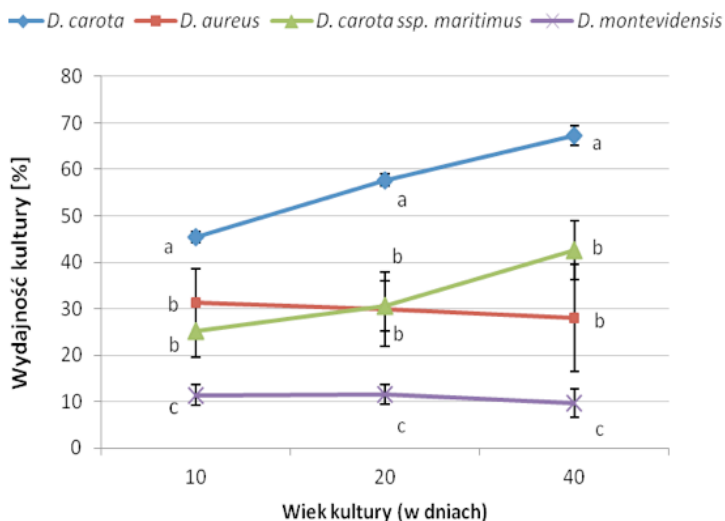
fitosulfokina (100 nM) i hemoglobina w stężeniu 0,2 lub 1,0 mg cm⁻³. Kultury inkubowano w ciemności w temp. 26°C. Po 10 dniach pożywkę wymieniano na świeżą.

Wydajność kultury protoplastów, rozumianą jako procentowy udział powstających na skutek podziałów mitotycznych agregatów komórkowych w stosunku do immobilizowanych protoplastów badano w 10-tym, 20-tym i 40-tym dniu kultury. Analizy przeprowadzono przy pomocy mikroskopu odwróconego (Zeiss, Axiovert S100). Każdy czynnik analizowano na podstawie 2–3 niezależnych izolacji protoplastów. Powtórzenie stanowiły trzy szalki, w każdej analizowano pięć pól widzenia. Wpływ poszczególnych czynników na wydajność kultury określano w oparciu o wieloczynnikową analizę wariancji, a różnice pomiędzy średnimi weryfikowano na podstawie testu Duncana przy $P \leq 0,05$.

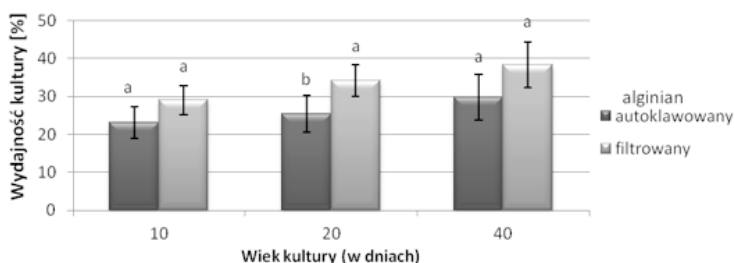
WYNIKI

Badane obiekty cechowały się różną wydajnością kultury zarówno po 10-ciu, 20-tu jak i 40-tu dniach hodowli. Niezależnie od terminu analizy najwyższą wartość tej cechy obserwowano dla linii 9304B (odpowiednio 45, 58 i 67%), a najniższą dla *D. montevidensis* (odpowiednio 11, 12 i 10%). U pozostałych obiektów tj. *D. carota* ssp. *maritimus* i *D. aureus* liczba powstających agregatów komórkowych była podobna i wahała się od 25–31% w 10-tym dniu kultury do 28–43% w 40-tym dniu kultury (ryc. 1). Wyraźny wzrost wydajności kultury w trakcie jej trwania stwierdzono tylko dla marchwi jadalnej ($P \leq 0,001$), u pozostałych obiektów udział agregatów komórkowych w poszczególnych punktach czasowych kultury był podobny.

Wykazano pozytywny wpływ filtrowania alginianu na wydajność kultury (ryc. 2). Szczególnie ten efekt był widoczny w 20-tym dniu kultury, gdzie średnio 34% komórek podejmowało podziały mitotyczne, podczas gdy po immobilizacji protoplastów w autoklawowanym alginianie tylko 25%. Podobnie, w 10-tym i 40-tym dniu kultury stwierdzono wyższe wartości wydajności kultury po immobilizacji w alginianie filtrowanym, ale wzrost ten nie został potwierdzony statystycznie.



Ryc. 1. Wydajność kultury protoplastów (% ± błąd standardowy) różnych obiektów *Daucus*. Litery przy wartościach średnich oznaczają grupy jednorodnie w obrębie poszczególnych punktów czasowych



Ryc. 2. Wpływ autoklawowanego i filtrowanego alginianu na wydajność kultury protoplastów marchwi (% ± błąd standardowy). Litery nad słupkami oznaczają grupy jednorodnie w obrębie poszczególnych punktów czasowych

Dla zwiększenia wydajności kultury *D. montevidensis* tj. obiektu charakteryzującego się najniższą skłonnością do podziałów mitotycznych zastosowano suplementację pożywki fitosulfokiną lub/i hemoglobina. Wykazano stymulujące działanie fitosulfokiny na podziały komórkowe zarówno w 10-tym jak i 20-tym dniu hodowli,

a obserwowane wartości wydajności kultury wynosiły odpowiednio 30 i 31% i były około trzykrotnie wyższe od tych uzyskanych na pożywce kontrolnej (11 i 12%, Tab.1). Podobny efekt obserwowano na pożywce zawierającej fitosulfokinę i 0,2 mg ml⁻¹ hemoglobiny. Pozostałe kombinacje skutkowały wydajnością kultury na poziomie kontroli. W 40-tym dniu hodowli nie stwierdzono pozytywnego wpływu ani fitosulfokiny ani hemoglobiny na aktywność mitotyczną w kulturach protoplastów *D. montevidensis*.

Tab. 1. Wpływ fitosulfokiny oraz hemoglobiny na wydajność kultury (% ± błąd standardowy) protoplastów *D. montevidensis*. Litery przy wartościach średnich oznaczają grupy jednorodne w obrębie poszczególnych punktów czasowych

Skład pożywki	Wiek kultury (w dniach)		
	10	20	40
CPP	11,4±2,2 ^{bc}	11,6±2,1 ^b	9,7±3,1 ^a
CPP + 0,1 Hb*	13,2±1,3 ^{bc}	20,1±1,7 ^{ab}	19,5±1,5 ^a
CPP + 0,2 Hb	13,7±2,3 ^{bc}	18,8±4,7 ^{ab}	15,8±4,3 ^a
CPP + 1,0 Hb	7,3±2,5 ^c	18,5±3,2 ^{ab}	13,1±5,3 ^a
CPP + PSK	29,7±3,6 ^a	30,8±4,8 ^a	26,8±7,3 ^a
CPP + 0,2 Hb + PSK**	27,7±1,4 ^a	31,7±4,2 ^a	25,4±3,3 ^a
CPP + 1,0 Hb + PSK	20,9±2,5 ^{ab}	29,6±3,0 ^a	20,6±5,1 ^a

*Hb (mg ml⁻¹), **PSK (100 nM)

DYSKUSJA

Zainicjowanie podziałów komórkowych oraz ich utrzymanie na dalszych etapach kultury wpływa na wydajność regeneracji, a także na jakość otrzymanych roślin. Proces izolacji protoplastów jest dla komórek czynnikiem stresowym, a jego wydajność oraz jakość otrzymanych protoplastów zależy od wielu parametrów. Różne genotypy w obrębie jednego gatunku mogą wykazywać inny stopień wrażliwości szczególnie na proces enzymatycznej hydrolizy ściany komórkowej, a w czasie kultury różne zapotrzebowanie na witaminy i regulatory wzrostu [Assani i in. 2002; May i Sink 1995].

Kultury protoplastów marchwi jadalnej prowadzono z sukcesem zarówno w pożywkach płynnych [Grambow i in. 1972], jak również po immobilizacji komórek w cienkowarstwowych błonkach alginianowych [Dirks i in. 1996; Grzebelu i in. 2012b]. Jedynym jak do tej pory dzikim gatunkiem marchwi wykorzystanym w somatycznej hybrydyzacji był *D. capillifolius* [Dudits i in. 1977]. W prezentowanych badaniach wykazano, że protoplasty izolowane z *D. aureus* oraz *D. carota* ssp. *maritimus* w identycznych warunkach kultury cechowały się podobną aktywnością mitotyczną, podczas gdy kultury *D. montevicensis* charakteryzowały się znacznie niższą zdolnością podziałową. Podobne różnice w wydajności kultury pomiędzy uprawnymi i dzikimi obiektami opisano w kulturach protoplastów słonecznika [Bohorowa i in. 1986].

Wydajność kultury można zwiększyć poprzez immobilizację komórek w filtrowanym alginianie sodu, który w porównaniu z alginianem autoklawowanym bardziej sprzyja ich wzrostowi [Hall i in. 1997]. Między innymi protoplasty *Brassica napus* oraz *Nicotiana tabacum* immobilizowane w filtrowanym alginianie charakteryzowały się bardzo wysoką aktywnością mitotyczną wynoszącą ok. 96 % [Draget i in. 1988; Dovzhenko i in. 1998]. Także Hall i inni [1997] zaobserwowali 3-krotny wzrost wydajności kultury protoplastów buraka cukrowego po immobilizacji komórek w filtrowanym alginianie. Wyniki prezentowane w niniejszej pracy potwierdzają stymulujące działanie filtrowanego alginianu na podziały mitotyczne w kulturach protoplastów.

Uważa się, że fitosulfokina może inicjować i stymulować pierwsze podziały komórkowe w kulturze protoplastów. Dodatkowo wykazuje działanie synergistyczne z innymi czynnikami zwiększającymi aktywność mitotyczną [Matsubayashi i Sakagami 1998]. PSK spełnia pozytywną rolę także w kulturach o niskiej gęstości komórek co ma znaczenie w procesie fuzji, podczas której ich zagęszczenie może drastycznie spaść [Matsubayashi i Sakagami 1996]. W prezentowanej pracy fitosulfokina zwiększała aktywność mitotyczną protoplastów *D. montevicensis* tylko w pierwszych 20 dniach kultury. Można przypuszczać, że protoplasty tego gatunku tracą zdolność do wiązania cząsteczki PSK lub istnieje inny czynnik hamujący rozwój agregatów komórkowych w późniejszych etapach kultury.

Innym czynnikiem wspomagającym rozwój protoplastów może być hemoglobina, zwiększająca natlenienie kultury. Protoplasty hodowane w kulturach o wysokiej zawartości tlenu nie tylko lepiej się rozwijają, ale także mogą produkować ważne białka lub metabolity wtórne w zwiększonej ilości [Schlatmann i in. 1994]. Przypuszcza się, że zapotrzebowanie na tlen zależy od gatunku i rodzaju komórek znajdujących się w kulturze. Protoplasty ziemniaka *Solanum tuberosum* prowadzone zarówno w kulturze zawieszinowej jak i kroplach agarowych najlepiej dzieliły się przy stężeniu Hb równym $0,15 \text{ mg cm}^{-3}$ [Power i in. 2003], natomiast protoplasty ryżu w pożywce zawierającej 2 mg ml^{-1} [Azhakanandam i in. 1997]. Hemoglobina z powodzeniem została zastosowana także w kulturach protoplastów *Passiflora giberti* i *Petunia hybrida* obok perfluorodekaliny mogącej stanowić alternatywę dla hemoglobiny [Anthony i in. 1997]. Próba zwiększenia aktywności mitotycznej protoplastów *D. montevidensis* poprzez dodatek do pożywki różnych stężeń Hb nie przyniosła oczekiwanych rezultatów. Może to wynikać ze zwiększonego zapotrzebowania protoplastów tego obiektu na tlen, a tym samym na zawartość hemoglobiny w pożywce lub innego czynnika, który hamuje rozwój agregatów komórkowych niezależnie od zawartości tlenu w kulturze protoplastów.

Podsumowując, w przeprowadzonych doświadczeniach uzyskano poprawę wydajności kultury protoplastów *Daucus* poprzez immobilizację komórek w filtrowanym alginianie oraz wzbogacenie pożywki w fitosulfokinę. W przypadku hemoglobiny należałoby sprawdzić reakcję protoplastów w obecności wyższych dawek niż zastosowane w niniejszych badaniach. Także aplikacja innych sztucznych nośników tlenu mogłaby być interesującą alternatywą.

LITERATURA

- Anthony P., Michael R. Davey, Power J. B., Lowe K. C. 1997. *Enhanced mitotic division of cultured Passiflora and Petunia protoplasts by oxygenated perfluorocarbon and haemoglobin*. Biotechnol. Techniques 11(8), 581–584.
- Assani A., Haïcour R., Wenzel G., Foroughi-Wehr B., Bakry F., Côte F-X., Ducreux G., Ambroise A., Grapin A. 2002. *Influence of donor material and genotype on protoplast regeneration in banana and plantain cultivars (Musa spp.)*. Plant Sci. 162, 355–362.

- Azhakanandam K., Lowe K. C., Power J. B., Davey M.R. 1997. *Hemoglobin (ErythrogenTM)-enhanced mitotic division and plant regeneration from cultured rice protoplasts (Oryza sativa L.)*. Enzyme Microb Technol 21, 572–577.
- Bohorova N. E., Cocking E. C., Power J. B. 1986. *Isolation, culture and callus regeneration of protoplasts of wild and cultivated Helianthus species*. Plant Cell Reports 5(4), 256–258.
- Brodelius P., Nilsson K. 1980. *Entrapment of plant cells in different matrices*. FEBS Lett 122, 312–316.
- Draget K. I., Myhre S., G., Østgaard K. 1988. *Regeneration, Cultivation and Differentiation of Plant Protoplasts Immobilized in Ca-alginate Beads*. J Plant Physiol. 132, 552–556.
- Draget K. I., Østgaard K., Smidsrød O. 1989. *Alginate – based solid media for plant tissue culture*. Appl Microbiol Biotechnol. 31, 79–83.
- Dirks R., Sidorov V., Tulmans C. 1996. *A new protoplast culture system in Daucus carota L. and its applications for mutant selection and transformation*. Theor Appl Genet, 93, 809–815.
- Dovzhenko A., Bergen U., Koop H. U. 1998. *Thin-alginate-layer technique for protoplast culture of tobacco leaf protoplasts: shoot formation in less than two weeks*. Protoplasma 204, 114–118.
- Dudits D., Hadlaczyk G., Le'vi E., Feje'r O., Haydu Z., La'za'r G. 1977. *Somatic hybridisation of Daucus carota and D. capillifolius by protoplast fusion*. Theor Appl Genet 51, 127–132.
- Garratt L. C., Janagoudar B. S., Anthony P., Davey M. R., Power J. B, Lowe K. C. 2001. *Hemoglobin-stimulated growth and antioxidant activities in cultured cotton cells*. Free Radic Biol Med 31(10), 1156–1162.
- Grambow H. J., Kao K. N., Miller R. A., Gamborg O. L. 1972. *Cell division and plant development from protoplasts of carrot cell suspension cultures*. Planta 103, 348–355.
- Grzebelus E., Szklarczyk M., Greń J., Śniegowska K., Jopek M., Kacińska I., Mrozek K. 2012a. *Phytosulfokine stimulates cell divisions in sugar beet (Beta vulgaris L.) mesophyll protoplast cultures*. Plant Growth Regul 67, 93–100.
- Grzebelus E., Szklarczyk M., Baranski R. 2012b. *An improved protocol for plant regeneration from leaf and hypocotyl-derived protoplasts of carrot*. Plant Cell Tiss Organ Cult 109, 101–109.
- Hall R. D., Riksen-Bruinsma T., Weyens G., Lefe'bvre M., Dunwell J. M., van Tunen A., Krens F. A. 1997. *Sugar beet guard cell protoplasts demonstrate a remarkable capacity for cell division enabling applications in stomatal physiology and molecular breeding*. J Exp Bot 28, 255–263.

- Hanai H., Matsuno T., Yamamoto M., Matsubayashi Y., Kobayashi T., Kamada H., Sakagami Y. 2000. A secreted peptide growth factor, *phytosulfokine*, acting as a stimulatory factor of carrot somatic embryo formation. *Plant Cell Physiol* 41, 27–32.
- Kao K. N., Michayluk M. A. 1974. *Method for High-frequency Intergeneric Fusion of Plant Protoplasts*. *Planta* (Berl.) 115, 355–367.
- Kao K. N., Michayluk M.R. 1975. *Nutritional requirements for growth of Vicia hajastana cells and protoplasts at a very low population density in liquid media*. *Planta* 126, 105–110.
- Kobayashi T., Eun C.-H., Hanai H., Matsubayashi Y., Sakagami Y., Kamada H. 1999. *Phytosulphokine- α* , a peptidyl plant growth factor, stimulates somatic embryogenesis in carrot. *J Exp Bot.* 50(336), 1123–1128.
- Leo W. J., McLoughlin A. J., Malne D. M. 1990. Effects of Sterilization Treatments on Some Properties of Alginate Solutions and Gels. *Biotechnol Prog* 6, 51–53.
- Matsubayashi Y., Sakagami Y. 1996. *Phytosulfokine, sulfated peptides that induce the proliferation of single mesophyll cells of Asparagus officinalis L.* *Proc Natl Acad Sci USA* 93, 7623–7627.
- Matsubayashi Y., Sakagami Y. 1998. *Effects of the medium ammonium-nitrate ratio on competence for asparagus cell division induced by phytosulfokine- α* . *Plant Cell Reports* 17, 368–372.
- Matsubayashi Y., Takagi L., Sakagami Y. 1997. *Phytosulfokine- α* , a sulfated pentapeptide, stimulates the proliferation of rice cells by means of specific high- and low-affinity binding sites. *Proc Natl Acad Sci USA* 94, 13357–13362.
- May R. A., Sink K. C. 1995. *Genotype and auxin influence direct somatic embryogenesis from protoplasts derived from embryogenic cell suspensions of Asparagus officinalis L.* *Plant Sci* 108, 71–84.
- Menczel L., Nagy F., Kiss Z., Maliga P. 1981. *Streptomycin resistant and sensitive somatic hybrids of Nicotiana tabacum+Nicotiana glauca: correlation of resistance to N. tabacum plastids*. *Theor Appl Genet* 70, 590–594.
- Murashige T., Skoog F. 1962. *A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture*. *Physiol Plant* 18, 100–127.
- Power J. B., Davey M. R., Sadia B., Anthony P., Lowe K. C. 2003. *Haemoglobin-enhanced mitosis in cultured plant protoplasts*. *Adv Exp Med Biol* 540, 201–206.
- Schlatmann J. E., Moreno P. R. H., Vinke J. L., Tenhoopen H. J. G., Verpoorte R., Heijnen J. J. 1994. *Effects of oxygen and nutrients limitation on ajmalicine production and related enzyme activities in high density cultures of Catharanthus roseus*. *Bioengng* 44, 461–468.

Adres do korespondencji:

Katarzyna Maćkowska

Katedra Genetyki, Hodowli i Nasiennictwa

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków

e-mail: kmackowska@gmail.com

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę

w latach 2012–2013 jako projekt badawczy nr N N310 440238

**PREPARATY BIOTECHNICZNE STOSOWANE
W OCHRONIE GROCHU (*PISUM SATIVUM L.*)**
BIOTECHNICAL PREPARATIONS USING
IN THE PROTECTION OF PEA (*PISUM SATIVUM L.*)

Abstrakt. Celem badań było określenie skuteczności preparatów Biosept 33 SL, Biochikol 020 PC oraz fungicydu Miedzian 50 WP w zwalczaniu fitopatogenów grochu wzrastającego w warunkach polowych. Zastosowane preparaty biotechniczne wpłynęły korzystnie na wschody, liczebność i zdrowotność grochu. Najlepszą obsadę roślin zanotowano na poletkach, gdzie wysiewano nasiona zaprawiane Bioseptem 33 SL i Miedzianem 50 WP, a najmniej roślin wyrosło w kombinacji kontrolnej. Z porażonych roślin często izolowano takie grzyby jak *Alternaria alternata*, *Ascochyta pisi*, *Fusarium culmorum*, *F. oxysporum* f. sp. *pisi*, *F. solani*, *Pythium irregulare* oraz *Rhizoctonia solani*. Największą skuteczność ochronnego działania wykazał Biosept 33 SL.

Słowa kluczowe: *groch, preparaty biotechniczne, zdrowotność roślin*

Summary. The purpose of the present studies was to assess the effect of preparations Biosept 33 SL, Biochikol 020 PC as well as fungicide Miedzian 50 WP in controlling the phytopathogens of pea growing in field conditions. The applied biotechnical preparations had a positive effect on emergences, yield and healthiness of pea. The best density was observed on the plots where the seeds dressed with Biosept 33 SL and Miedzian 50 WP were sown, while the fewest plants grew in the control combination. The following fungi were frequently isolated from the infected plant parts: *Alternaria alternata*, *Ascochyta pisi*, *Fusarium culmorum*, *F. oxysporum* f. sp. *pisi*, *F. solani*, *Pythium irregulare* and *Rhizoctonia solani*. The best protective effect was shown by Biosept 33 SL.

Key words: *pea, biotechnical preparations, healthiness of plants*

WSTĘP

Groch siewny jest jedną z najbardziej wartościowych roślin należących do rodziny *Fabaceae*. Nasiona grochu zawierają od 20 do 26% białka, 1,2% tłuszczu, od 65 do 70% węglowodanów (przede wszystkim skrobię), od 3 do 6% włókna surowego, prowitaminę A, witaminy z grupy B oraz C, E, PP. Są cennym źródłem fosforu, wapnia, magnezu i żelaza [Jasińska i Kotecki 2003]. Przez cały okres wegetacji rośliny grochu mogą być porażane m.in. przez takie patogeny jak *Fusarium spp.*, *Ascochyta pisi*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*.

Biologiczna ochrona różnych gatunków roślin, w tym również *Pisum sativum* L., przed czynnikami chorobotwórczymi polega m.in. na zastępowaniu pestycydów preparatami biotechnicznymi opartymi na mikroorganizmach antagonistycznych lub substancjach pochodzenia roślinnego i zwierzęcego [Tomalak i in. 2010]. W ostatnich latach dużo uwagi poświęca się ochronnemu działaniu takich preparatów jak m.in. Biochikol 020 PC, Biosept 33 SL, Polyversum, Constans XX [Pięta i in. 2007; Propagdee i in. 2007; Kurzawińska i Mazur 2009; Patkowska 2009; Ye Li-min i in. 2009].

Celem badań było określenie skuteczności preparatów biotechnicznych takich jak Biosept 33 SL, Biochikol 020 PC oraz fungicydu Miedzian 50 WP w zwalczaniu fitopatogenów grochu wzrastającego w warunkach polowych.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań polowych przeprowadzonych w 2011 r. były rośliny grochu odm. „Sześciotygodniowy TOR”. Przed wysiewem nasiona zaprawiano takimi preparatami biotechnicznymi jak: 0,2% Biosept 33 SL (33% wyciąg z grejpfruta) i 2,5% Biochikol 020 PC (zawierający 1,88% s.a. - chitozanu). Dla porównania zastosowano preparat chemiczny - Miedzian 50 WP (50% tlenochlorek miedzi) w ilości 2g x kg⁻¹ nasion oraz kombinację kontrolną, tj. bez żadnego zaprawiania. Każda kombinacja doświadczenia obejmowała 4 poletka (4 powtórzenia) o powierzchni 3,0m², na które wysiewano po 100 nasion.

Podczas wegetacji przeprowadzono dwukrotne obserwacje – w fazie siewek i w fazie kwitnienia – określając liczbę roślin na poletkach i oceniając ich zdrowotność. Do laboratoryjnej analizy mikologicznej

z każdego poletka pobierano po 5 roślin z wyraźnymi objawami nekrozy na korzeniach i podstawie łodygi. Fragmenty porażonych roślin wykładano na pożywkę mineralną w celu izolacji grzybów [Patkowska i Konopiński 2011]. Analizę mikologiczną materiału roślinnego przeprowadzono zgodnie z metodą opisaną przez Patkowską i Konopińskiego [2011]. Uzyskane grzyby oznaczano do gatunku posługując się dostępnymi kluczami i monografiami różnych taksonów podanymi w pracy Patkowskiej i Konopińskiego [2011].

Uzyskane wyniki dotyczące liczebności i zdrowotności roślin opracowano statystycznie, a istotność różnic określono na podstawie przedziałów ufności Tukeya [Oktaba 1987].

WYNIKI I Dyskusja

Przeprowadzone badania wykazały, że liczba roślin wyrosłych z nasion zaprawianych preparatami biotechnicznymi była zbliżona do liczby roślin uzyskanych po zastosowaniu fungicydu Miedzian 50 WP. Najlepsze wschody zanotowano na poletkach, gdzie wysiewano nasiona zaprawiane Bioseptem 33 SL (90 siewek) i Miedzianem 50 WP (89 siewek), a najmniej siewek (71) wyrosło w kombinacji kontrolnej (tab. 1). Na każdym poletku zaobserwowano siewki z objawami chorobowymi. Udział porażonych siewek wahał się od 1,5 do 8,5% (tab. 1). Najmniej porażonych siewek zanotowano po użyciu Bioseptu 33 SL (1,5%) oraz Miedzianu 50 WP (3%), a najwięcej w kombinacji kontrolnej (8,5%) (tab. 1).

Tab. 1. Liczebność i zdrowotność roślin grochu

Kombinacja doświadczenia	Siewki		Rośliny w fazie kwitnienia	
	A	B	A	B
Biosept 33 SL	90 c*	1,5 a	88 c*	3,5 a
Biochikol 020 PC	83 b	5,5 c	81 b	7,5 c
Miedzian 50 WP	89 bc	3,0 b	87 c	5,0 b
Kontrola	71 a	8,5 d	67 a	11,5 d

* Średnie wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$. A - liczba roślin na poletku; B - udział porażonych roślin na poletku (%)

Drugą obserwację przeprowadzono w fazie kwitnienia grochu. Najwięcej roślin uzyskano po zastosowaniu Bioseptu 33 SL i Miedzianu 50 WP (odpowiednio 88 i 87 roślin), a najmniej w kontroli (67 roślin). W każdej kombinacji występowały rośliny o zahamowanym wzroście, które nie wytwarzały pąków kwiatowych oraz nie zawiązywały strąków. Udział roślin z objawami chorobowymi wahał się od 3,5%, po zastosowaniu Bioseptu 33 SL do 11,5 % w kontroli (tab. 1). Korzystny wpływ testowanych preparatów na wschody, zdrowotność i plonowanie różnych gatunków roślin bobowatych został potwierdzony w innych badaniach prowadzonych przez Pięte i innych [2007], Kurzawińską i Mazura [2009] oraz Patkowską [2009].

W wyniku laboratoryjnej analizy mikologicznej badanych siewek grochu, ze wszystkich kombinacji doświadczenia, uzyskano ogółem 211 izolatów należących do 15 gatunków (tab. 2). Z porażonych siewek wyosobniono takie grzyby uznawane za chorobotwórcze jak *Alternaria alternata*, *Ascochyta pisi*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*, *Fusarium solani*, *Phoma exigua*, *Pythium irregulare* oraz *Rhizoctonia solani*. Najczęściej wyosobnianymi gatunkami okazały się *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* oraz *Pythium irregulare* (odpowiednio 32 i 23 izolaty). Najmniej grzybów wyizolowano z porażonych korzeni i podstawy łodygi siewek grochu po zastosowaniu Bioseptu 33 SL (36 izolatów) oraz Biochikolu 020 PC (39 izolatów). Nieco więcej grzybów wyizolowano z siewek grochu po zastosowaniu Miedzianu 50 WP (53 izolaty), zaś najwięcej z kombinacji kontrolnej (83 izolaty) (tab. 2). Oprócz grzybów chorobotwórczych z badanych siewek uzyskiwano kolonie grzybów antagonistycznych takich jak *Gliocladium catenulatum*, *Penicillium canescens*, *P. verrucosum* var. *cyclopium*, *Trichoderma harzianum* oraz *T. viride*. Grzyby te najczęściej izolowano z siewek po zastosowaniu Bioseptu 33 SL i Biochikolu 020 PC (tab. 2).

Z porażonych korzeni i podstawy łodyg roślin grochu w fazie kwitnienia uzyskano ogółem 228 izolatów grzybów należących do 11 rodzajów (tab. 2). We wszystkich kombinacjach doświadczenia, najczęściej izolowanym gatunkiem był *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* (35 izolatów). Często wyosobniano również *Ascochyta pisi*, *Sclerotinia sclerotiorum* i *Rhizoctonia solani* (tab. 2). Z porażonych roślin grochu w fazie kwitnienia wyizolowano również gatunki grzybów antagonistycznych, takich jak *Gliocladium fimbriatum*, *Penicillium purpurogenum*, *P. verrucosum* var. *verrucosum*, *Trichoderma hamatum*, *T. koningii* oraz *T. viride* (tab. 2).

Tab. 2. Grzyby wyisobnione z porażonych roślin grochu; a – siewki;
b – rośliny w fazie kwitnienia

Gatunek grzyba	Kombinacja doświadczenia / Liczba izolatów								Razem		Ogółem
	Biosept 33 SL		Bio- chikol 020 PC		Mied- zian 50 WP		Kon- trola				
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
<i>Acremonium roseum</i> (Oud.) W. Gams	-	-	-	1	-	4	-	5	-	10	10
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	-	-	2	3	5	5	8	10	15	18	33
<i>Ascochyta pisi</i> Libert	-	2	1	4	3	6	5	8	9	20	29
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fres.) de Vries	-	-	-	-	-	2	-	4	-	6	6
<i>Epicoccum purpurascens</i> Ehr. ex. Schl.	-	-	-	-	2	-	3	-	5	-	5
<i>Fusarium culmorum</i> (W. G. Sm.) Sacc.	-	1	3	3	5	4	7	7	15	15	30
<i>Fusarium oxysporum</i> Schl. f. sp. <i>pisi</i> (van Hall.) Snyder et Hans.	3	5	4	6	9	8	16	16	32	35	67
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.	-	2	3	3	6	4	9	6	18	15	33
<i>Gliocladium catenulatum</i> Gilman Abbott	6	-	3	-	1	-	-	-	10	-	10
<i>Gliocladium fimbriatum</i> Gilman et Abbott	-	7	-	2	-	1	-	-	-	10	10
<i>Mucor hiemalis</i> Bainier	-	-	-	-	3	2	6	5	9	7	16
<i>Penicillium canescens</i> Scopp.	5	-	3	-	2	-	-	-	10	-	10
<i>Penicillium purpurogenum</i> Stoll	-	5	-	2	-	-	-	-	-	7	7

<i>Penicillium verrucosum</i> Dierckx var. <i>cycloptium</i> (West.) Samson, Stolk et Hadlok	7	-	5	-	-	-	-	-	12	-	12
<i>Penicillium verrucosum</i> Dierckx var. <i>verrucosum</i> Samson et al.	-	6	-	2	-	1	-	-	-	9	9
<i>Phoma exigua</i> Desm.	-	-	3	-	6	-	9	-	18	-	18
<i>Pythium irregulare</i> Buisman	2	-	4	-	7	-	10	-	23	-	23
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn	1	-	3	5	4	6	10	9	18	20	38
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	-	1	-	5	-	7	-	11	-	24	24
<i>Trichoderma hamatum</i> (Bon.) Bain	-	5	-	3	-	-	-	-	-	8	8
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	6	-	3	-	-	-	-	-	9	-	9
<i>Trichoderma koningii</i> Oud.	-	10	-	4	-	-	-	-	-	14	14
<i>Trichoderma viride</i> Pers. ex. S. F. Gray	6	6	2	2	-	1	-	1	8	10	18
Razem	36	50	39	45	53	51	83	82	211	228	439

Podobną skuteczność preparatów biotechnicznych, a zwłaszcza Bioseptu 33 SL i Biochikolu 020 PC, w ochronie warzyw lub roślin ozdobnych wykazali Orlikowski i Jaworska-Marosz [2002], Mazur i inni [2003], Orlikowski i Skrzypczak [2003] oraz Kurzawińska i Mazur [2009].

WNIOSKI

Preparaty biotechniczne wpłynęły korzystnie na wschody, liczebność i zdrowotność *Pisum sativum*.

Największą skutecznością ochronnego działania wykazały się preparaty Biosept 33 SL i Miedzian 50 WP.

Biochikol 020 PC okazał się nieco mniej skuteczny w zabezpieczaniu nasion i starszych roślin grochu przed porażeniem przez grzyby patogeniczne.

LITERATURA

- Jasińska Z., Kotecki A. 2003. *Szczegółowa uprawa roślin*. Tom II. Wydawnictwo Naukowe. Wrocław.
- Kurzawińska H., Mazur S. 2009. *The evaluation of Pythium oligandrum and chitosan in control of Phytophthora infestans (Mont.) de Bary on potato plants*. Folia Hort. 21(2), 13–23.
- Mazur S., Szczonek A., Nawrocki J. 2003. *Effectiveness of chitosan applications in the control of some pathogens on cultivated plants*. [w]: Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives. M. M. Jaworska (ed.). Polish Chitin Society, Łódź. Monograph IX, 93–100.
- Oktaba W. 1987. *Metody statystyki matematycznej w doświadczeniach*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Orlikowski L. B., Jaworska-Marosz A. 2002. *Influence of Pythium oligandrum on population of Fusarium oxysporum f. sp. dianthi and development of Fusarium wilt of carnation*. Plant Protect. Sci. 38, Special Issue 1, 209–211.
- Orlikowski L. B., Skrzypczak Cz. 2003. *Biocides in the control of soil-borne and leaf pathogens*. Hort. Veget. Grow. 22, 426–433.
- Patkowska E. 2009. *Effect of bio-products on bean yield and bacterial and fungal communities in the rhizosphere and non-rhizosphere*. Polish J. Environ. Stud. 18(2), 255–263.
- Patkowska E., Konopiński M., 2011. *Cover crops and soil-borne fungi dangerous towards the cultivation of salsify (Tragopogon porrifolius var. sativus (Gaterau) Br.)*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 10(2), 167–181.
- Pięta D., Pastucha A., Patkowska E. 2007. *A possibility of using grapefruit extract, chitosan and Pythium oligandrum to protect soybean (Glycine max (L.) Merrill) from pathogens*. [w]: Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives. M. M. Jaworska (ed.). Polish Chitin Society, Łódź. Monograph XII, 197–203.
- Propagdee B., Kotchadat K., Kumsopa A., Visarathanonth N. 2007. *The role of chitosan in protection of soybean from sudden death syndrome caused by Fusarium solani f. sp. glycines*. Bioresource Technology 98(7), 1353–8.
- Tomalak M., Sosnowska D., Lipa J. 2010. *Tendencje rozwoju metod biologicznych w ochronie roślin*. Progr. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl. 50(4), 1650–1660.
- Ye Li-min, Xu Fen-fen, Xiong Zhen-huan, Wu Gao-yan 2009. *Effect of chitosan treatment on the yield, quality and diseases of soybean*. Hubei Agricultural. Sci., China, 07, http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-HBNY200907020.htm

Adres do korespondencji:

Elżbieta Patkowska

Katedra Fitopatologii i Mykologii

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin

e-mail: elzbieta.patkowska@up.lublin.pl

OD KOMÓRKI DO ROŚLINY – ROLA BADAŃ CYTOLOGICZNO-ANATOMICZNYCH W PRODUKCJI OGRODNICZEJ

FROM CELL TO PLANT – THE ROLE OF CYTOLOGICAL AND ANATOMICAL RESEARCH IN HORTICULTURAL PRODUCTION

Abstrakt. Przedstawiono badania prowadzone w Katedrze Botaniki i Fizjologii Roślin Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie dotyczące roślin ważnych pod względem użytkowym lub z uwagi na konieczność zachowania bioróżnorodności. Doświadczenia prowadzone są na różnych poziomach organizacyjnych rośliny – od komórkowego, przez tkankowy, po organowy. Na każdym z tych etapów próbuje się opracować wydajne metody namnażania, zwłaszcza wykorzystując, alternatywną do klasycznej, metodę mikrorozmnażania. W metodzie tej wykorzystuje się już jednokomórkowe eksplantaty (protoplasty) próbując wyjaśnić np. zaburzenia na etapie podziałów komórkowych, czy organogenezy. Porównuje się nie tylko skuteczność obu metod pod względem wydajności rozmnażania, ale również jakości materiału roślinnego np. budowy układu fotosyntetycznego liścia.

Słowa kluczowe: *budowa anatomiczna, mikrorozmnażanie, procesy generatywne, protoplast, ściana komórkowa, wirusy*

Summary. The paper presents the studies carried out at the Department of Botany and Plant Physiology of University of Agriculture in Kraków on plant species important either at the term of utility or the need to preserve plant biodiversity. The researches are performed at various levels of plant organization – from cell, through tissue, and finally whole organs. The efficiency of propagation methods at each of these stages are elaborated, particularly using micropropagation techniques, as an alternative to traditional propagation. At the level of unicellular explants (protoplasts), the disturbance in cell division or process of organogenesis could be explained. The effectiveness of the elaborated protocols, expressed as reproduction yield is compared, as well as a quality of micropropagated plant material, i.e. the structure of leaf photosynthetic tissue. *In vitro* culture can be also applied to obtain virus-free material, and the pathogen elimination is verified on submicroscopic level (electron microscopy).

Key words: *anatomical structure, cell wall, generative processes, micropropagation, protoplast, viruses*

Motto

„Nie ma nauk stosowanych – są tylko zastosowania nauki.
Bez teorii praktyka jest tylko rutyną, wywodzącą się ze zwyczaju.
Jedynie teoria może zrodzić i rozwinąć ducha wynalazczości”
Ludwik Pasteur (1822–1885)

Wiadomo, że rośliny uprawne wywodzą się od roślin dziko rosnących, lecz w ciągu wielu wieków uprawy pojawiły się nowe taksony coraz niższych rang systematycznych. Przede wszystkim zmieniły się warunki i technika uprawy roślin, zwłaszcza użytkowanych na skalę masową. Wzrost świadomości ekologiczno-ekonomicznej zmusza do racjonalizacji produkcji. Tempo wzrostu roślin decyduje o przyroście masy, co na poziomie komórkowym jest odzwierciedleniem zdolności do podziałów. Wymagania uprawowe uwarunkowane są budową rośliny, zarówno morfologiczną (np. wielkość i typ systemu korzeniowego decydujące o przyswajaniu wody i składników mineralnych z podłoża), jak i anatomiczną (struktura układu fotosyntetycznego).

Praktyczna wiedza ogrodnicza to zbiór zasad uprawy podstawowych gatunków roślin. Nowe taksony mogą mieć odmienne wymagania, znajomość których pozwoli lepiej modelować czynniki uprawowe. Badania podstawowe prowadzone na uczelniach rolniczych służą rozwiązaniu problemów technologicznych, jak również szukają alternatywnych sposobów rozmnażania roślin i uzyskiwania nowych kultuwarów metodami biotechnologicznymi.

W Katedrze Botaniki, obecnej Katedrze Botaniki i Fizjologii Roślin Wydziału Ogrodniczego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie prowadzone są badania w warunkach *in vitro* dotyczące zdolności podziałowych i regeneracyjnych komórek roślinnych, badania anatomiczne, które dostarczają danych o wpływie warunków i metod uprawy między innymi podczas mikrorozmnażania (w szkle), czy pod wpływem infekcji wirusowych. Obiektem zainteresowania są zwłaszcza rośliny, które są gospodarczo ważne, ale mało wydajne jeśli chodzi o plon czy produkcję materiału rozmnożeniowego.

Doskonalenie roślin uprawnych opiera się w głównej mierze na hodowli, lecz konwencjonalne metody są w wielu przypadkach zawodne z uwagi na bariery niekrzyżowalności. Ominięcie tych przeszkód jest możliwe dzięki zastosowaniu somatycznej hybrydyzacji,

czyli fuzji protoplastów izolowanych z tkanek roślinnych. W Katedrze Botaniki i Fizjologii Roślin opracowano procedury izolacji i warunki kultury protoplastów dla kilku taksonów, przeprowadzając szczegółowe badania nad komórkowymi aspektami nabywania zdolności podziałowych przez protoplasty [Czura i in. 2006; Wiszniewska i Pindel 2010]. Z przeprowadzonych badań nad deponowaniem celulozy na powierzchni protoplastów łubinu żółtego (*Lupinus luteus*), odbudowujących ścianę komórkową wynika, że opisywany proces u tego gatunku jest zaburzony – pojedyncze włókna celulozy układają się nieregularnie i chaotycznie. Pozostawały obszary bez celulozy widoczne w świetle fluorescencyjnym (po wizualizacji Calcofluorem), w postaci okrągłych luk (fot. 1). Tym tłumaczy się nieprawidłowości w podziałach komórkowych, zwłaszcza w cytokinezie. Szukając wyjaśnienia tego problemu podjęto badania nad cytoszkieletem, obecnością białek arabinogalaktanowych (AGP) i ich roli w procesie regeneracji ściany komórkowej, czyli w konsekwencji w podziałach komórkowych. Prace takie prowadzone są również na lędźwianie siewnym (*Lathyrus sativus*), szparagu ozdobnym (*Asparagus densiflorus*), hiacyncie wschodnim (*Hyacinthus orientalis*) czy cymbidium (*Cymbidium* sp.) [Pindel 2007; Wiszniewska i in. 2012]. Oprócz badań na poziomie struktur komórkowych prowadzone są też inne prace związane z optymalizacją kultury protoplastów, a polegające na suplementacji pożywek różnymi niekonwencjonalnymi dodatkami [Wiszniewska i Pindel 2009]. Celem tych badań jest opracowanie wydajnych i powtarzalnych procedur uzyskiwania potencjalnych komponentów form mieszańcowych.

Szereg prowadzonych w Katedrze prac to przygotowanie procedur mikrorozmnażania nie tylko gatunków uprawnych [Pindel 1989; Pindel 1995; Pindel i Miczyński 1996; Pindel i in. 1998; Pindel 2000; Piwowarczyk i Pindel 2010], ale z uwagi na charakter badań Katedry, również rzadkich, chronionych czy zagrożonych wyginięciem [Pindel i Pindel 2004; Zajac i Pindel 2011].

Uzyskane w wyniku rozmnażania *in vitro* stabilne genetycznie rośliny (rozmnażane bez fazy kalusa) po aklimatyzacji mogą stanowić cenny materiał wykorzystywany do reintrodukcji lub zasilania populacji gatunków zagrożonych o skrajnie małej liczebności. Takie procedury rozmnażania zostały opracowane dla dwóch krytycznie

zagrożonych przedstawicieli polskiej flory: pierwiosnki omączonej (*Primula farinosa*) i żmijowca czerwonego (*Echium russicum*), a także prawnie chronionych: cieszynianki wiosennej (*Hacquetia epipactis*) [Nowak i in. 2011; Nowak 2013 – dane niepublikowane] i wawrzyńka wilczełyko (*Daphne mezereum*). Stwierdzono, że efektywność aklimatyzacji uzyskanego materiału nie miała związku ze zmianami w budowie anatomicznej liści roślin rozmnażanych *in vitro*. Mikro-rozmnażanie pierwiosnki omączonej realizowane jest w ramach projektu „Czynna i konserwatorska ochrona pierwiosnki omączonej *Primula farinosa* na jedynym w Polsce stanowisku w Beskidzie Sądeckim na obszarze Natura 2000” we współpracy z Regionalną Dyрекcją Ochrony Środowiska w Krakowie, a otrzymane rośliny posłużą do stworzenia żywej kolekcji w Ogrodzie Botanicznym UJ w Krakowie, Ogrodzie Botanicznym PAN w Powsinie oraz Śląskim Ogrodzie Botanicznym w Mikołowie [Nowak 2011; Sitek 2012].



Fot. 1. Nieregularności ściany komórkowej odtworzonej w kulturze protoplastów liścieniowych łubinu żółtego (*Lupinus luteus*) [A. Wiszniewska]. Preparat sfotografowany w powiększeniu 320× w mikroskopie Zeiss Axioimager, w długości fali świetlnej 365 nm

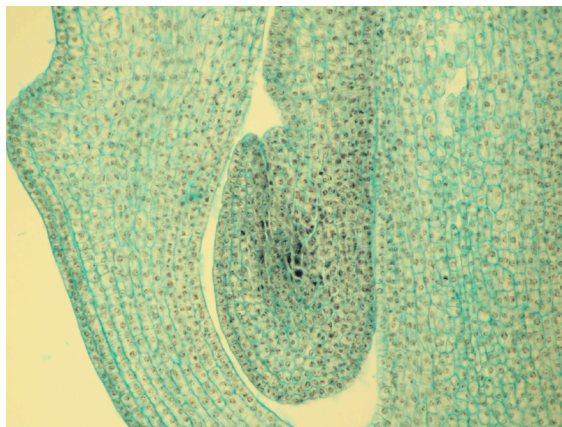
Rośliny rozmnażane z przejściem fazy kalusa (w wyniku organogenezy pośredniej) na skutek potencjalnej zmienności somaklonalnej mogą stanowić natomiast źródło nowych walorów użytkowych, a tym samym ograniczyć pozyskiwanie roślin ze stanowisk natu-

ralnych. Metodyka takiego rozmnażania, wraz z dokumentacją anatomiczną procesów różnicowania, została opracowana dla cieszynianki, pierwiosnki i żmijowca. Biologia i walory użytkowe uzyskanych linii tetraploidalnych i triploidalnych zostaną porównane z roślinami na stanowiskach naturalnych.

Wykazano również celowość zastosowania technik kultur tkankowych w odniesieniu do ekotypów gatunków roślin występujących na murawach galmanowych. Szczególnie zainteresowanie poświęcono taksonom reprezentującym metalofity obligatoryjne, do których należą: podgatunek Hallera zawciąga pospolitego (*Armeria maritima* ssp. *halleri*) oraz podgatunek pleszczotki górskiej (*Biscutella laevigata* ssp. *gracilis*) występujący na murawach galmanowych w okolicach Olkusza [Hanus-Fajerska 2007; Hanus-Fajerska i in. 2012; Muszyńska i Hanus-Fajerska 2012b]. Badania takie stwarzają możliwości ochrony tych cennych genotypów oraz prowadzenie szczegółowych eksperymentów z zakresu fizjologii stresu, genetycznego podłoża reakcji odpornościowych na tego rodzaju czynniki stresowe, jakimi są podwyższone zawartości metali ciężkich [Hanus-Fajerska i Czura 2009; Hanus-Fajerska i in. 2009]. Podjęta problematyka pozwala na dalsze doskonalenie materiału roślinnego przydatnego do fitoremediacji podłoży zanieczyszczonych pierwiastkami metalicznymi [Ciarkowska i Hanus-Fajerska 2008; Hanus-Fajerska i Ciarkowska 2010; Hanus-Fajerska 2011]. Rośliny potomne uzyskane w wyniku mikro-rozmnażania mogą również znaleźć zastosowanie w trakcie zakładania ogrodów na terenach skażonych metalami ciężkimi, a także w nowej technologii określanej jako fitogórnictwo lub w trakcie odbudowy bioróżnorodności, zwłaszcza na terenach zdegradowanych i zdezastrowanych [Hanus-Fajerska i in. 2010; Pypeć i Hanus-Fajerska 2010; Hanus-Fajerska i in. 2011a i b; Muszyńska i Hanus-Fajerska 2012a].

Jedną z potencjalnych przyczyn zmniejszania się zasobów naturalnych rzadkich gatunków roślin mogą być zaburzenia w przebiegu procesów generatywnych. W Katedrze prowadzone są obserwacje dotyczące biologii kwitnienia, w tym ocena żywotności pyłku, oraz badania nad efektywnością zawiązywania nasion w warunkach *in situ* i *ex situ*. Pełną dokumentację formowania organów generatywnych i przebiegu mikro- i makrosporangogenezy sporządzono w przypadku cieszynianki wiosennej (fot. 2). Dla pierwiosnki omączonej wykazano,

że zła kondycja jej jedynej polskiej populacji nie ma związku z przebiegiem procesów generatywnych: pyłek charakteryzuje się wysoką żywotnością, co wykazano barwieniem odczynnikami Aleksandra i metodą pośrednią kiełkowania na pożywkach, a wykształcone nasiona są żywotne i zdolne do kiełkowania [Gajewski i in. 2013].

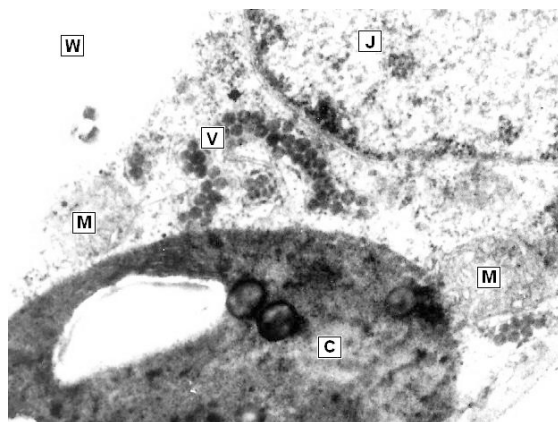


Fot. 2. Niedojrzały, anatropowy zalążek w pąku zimującym cieszyńki wiosennej (*Hacquetia epipactis*) – Fot. E. Sitek. Preparat trwały, barwiony hematoksyliną i błękitem alcianowym, sfotografowany w powiększeniu 320 w mikroskopie Zeiss Axioimager

Istotnym aspektem towarzyszącym produkcji ogrodniczej roślin uprawnych jest ich zdrowotność. Dotyczy to także istotnej, a często lekceważonej, grupy patogenów jakimi są wirusy. Prace nad chorobami wirusowymi roślin prowadzone są w Katedrze od wielu lat. Za pionierskie w Polsce można uznać badania profesora Edwarda Pojnarra, dotyczące przebiegu infekcji wirusowej na poziomie pojedynczych protoplastów i jej wpływu na dalsze etapy regeneracji roślin tytoniu [Cocking i Pojnar 1970a; Cocking i Pojnar 1970b] oraz późniejsze prace z pomidorem, wykorzystujące kultury *in vitro* do selekcji form odpornych na wirusy mozaiki tytoniu (ToMV) i ogórka (CMV) [Hanus-Fajerska i in. 2000]. W przypadku wielu chorób wirusowych uzyskanie linii odpornych możliwe jest tylko poprzez hodowlę niekonwencjonalną, która wymaga specyficznych metod rozmnażania roślin *in vitro*. Procedury takie opracowane dla śliw stwarzają możliwość wprowadze-

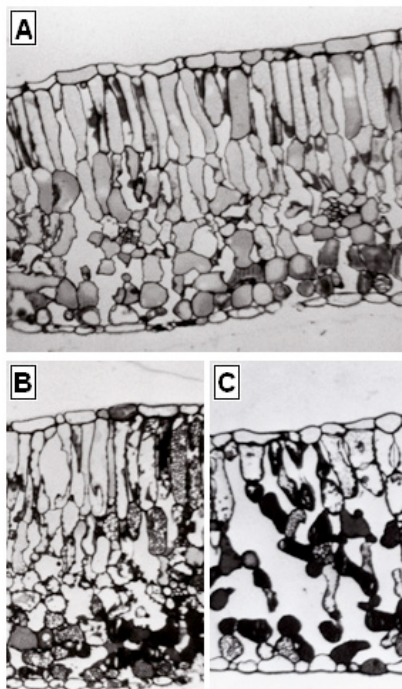
nia odporności na ospowość, a badania podstawowe z zakresu składu pożywek wskazały na związek reakcji morfogenetycznej kalusa tego gatunku z rodzajem i ilością związków cukrowych i azotowych w pożywce [Nowak 2002; Nowak i in. 2004; 2007].

Ważnym etapem tych badań jest potwierdzenie obecności wirusa w materiale roślinnym. Można to robić na wiele sposobów. Poza testami biologicznymi (zakażenie roślin testowych) i serologicznymi (testy DAS ELISA) w Katedrze prowadzi się próby identyfikacji różnych wirusów przy użyciu technik elektronomikroskopowych. Szczególnie przydatna metoda ta okazała się w przypadku, należącego do tospowirusów, wirusa brązowej plamistości pomidora (TSWV). Patogen ten od lat 90. ubiegłego wieku powoduje duże straty w uprawach roślin pod osłonami, głównie wśród przedstawicieli rodzin *Solanaceae* i *Asteraceae*. Wirus ten daje w komórkach charakterystyczny obraz dosyć dużych (około 100 nm) kulistych lub owalnych cząstek skupionych w cysternach retikulum endoplazmatycznego (fot. 3). W ostatnich latach, ze względu na coraz częstsze przypadki zachorowań na plantacjach towarowych borówki amerykańskiej w Polsce, szczególnie skoncentrowano się na elektronomikroskopowych metodach wykrywania wirusów w porażonych krzewach [Paduch-Cichal i in. 2011].



Fot. 3. Obraz elektronomikroskopowy komórek mezofilu liści pomidora (*Lycopersicon esculentum*) ze skupieniami cząstek wirusa TSWV. Powiększenie 40 000×. V-skupienia cząstek TSWV otoczone błonami retikulum endoplazmatycznego, J-jądro, M-mitochondria, C-chloroplasty, W-wakuola [Z. Gajewski]

Poza samą identyfikacją wirusa i jego rozmieszczeniem w komórce badania dotyczą także zmian anatomicznych wywołanych infekcją. Dzięki nim możliwe jest porównanie budowy liści zdrowych i porażonych roślin, na przykład struktury miękiszu asymilacyjnego (fot. 4).



Fot. 4. Przekrój poprzeczny przez liść borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) 'Darrow'. A – liść rośliny zdrowej, B i C liście roślin wykazujących objawy chorobowe: B – czerwonej plamistości, C – różowo-białej mozaiki [M. Urbańska-Stopa]. Preparat trwały, barwiony błękitem metylenowym, sfotografowany w powiększeniu 40×

W Katedrze prowadzone są również badania związane z uzyskiwaniem roślin wolnych od wirusów. Wirozy storczyków szklarniowych w Polsce są wywoływane najczęściej przez dwa wirusy z genomem (-)ssRNA: ORSV i CyMV (wirus pierścieniowej plamistości odontoglossum i wirus mozaiki cymbidium), identyfikowane osobno lub w koegzystencji [Cybularz i in. 1993; Cybularz-Urban 2008]. Fakt, że patogeny wirusowe nie zasiedlają tkanek twórczych lub występują

w nich w bardzo niskiej koncentracji, wykorzystywany jest do ich eliminacji. Izolację jak najmniejszych fragmentów merystemów wierzchołkowych, łączy się z chemio- lub / i termoterapią. W trakcie termoterapii uwalniane rośliny umieszcza się w odpowiedniej komorze wzrostowej i poddaje działaniu temperatury w przedziale 36–38°C przez okres 4–6 tygodni. W chemioterapii wykorzystuje się działanie dodawanych do pożywek niektórych fitohormonów (np. syntetycznej auksyny kwasu 2,4-dichlorofenoksyoctowego – 2,4-D lub cytokinin) oraz innych substancji, w większości syntetycznych analogów nukleozydów, jak rybawiryna [Cybularz-Urban i Hanus-Fajerska 2006]. Związek ten charakteryzuje się szerokim spektrum aktywności antywirusowej, szczególnie w przypadku wirusów z genomem (-)ssRNA. W dwóch zastosowanych wariantach terapii, odwirusowanie storczyków z rodzaju *Cymbidium* i *Cattleya* porażonych CyMV i ORSV przebiegało dwuetapowo. W pierwszym wariantcie, w wieloletniej kulturze *in vitro* merystemów wierzchołkowych do pożywki namnożeniowej MS (Murashige i Skoog 1962) aplikowano rybawirynę [Pindel i Cybularz-Urban 2009], w drugim – w końcowej fazie terapii merystemy wykładano na pożywki zawierające dodatkowo 2,4-D [Cybularz-Urban i Hanus-Fajerska 2005; 2008]. W obu wariantach terapii po roku kultywacji *in vitro* w regenerantach obecny był ORSV. Zdrowe rośliny stanowiące około 70–80% puli wszystkich regeneratów, otrzymano dopiero w drugiej fazie każdego z wariantów terapii. Monitorowano stan zdrowotny tych roślin *in vitro* i w czasie aklimatyzacji w szklarni. Wybór wariantów dawek i czasu ich działania, zależał od stopnia zawirusowania uwalnianego materiału i przebiegu terapii.

W ostatnim okresie rozpoczęto również badania nad rzadkimi gatunkami pelargonii sukulentowych. W odróżnieniu od pelargonii użytkowanych w celach ozdobnych, grupa ta jest bardzo słabo poznana pod względem morfologii i anatomii. Szczegółowe obserwacje obejmują strukturę włosków wydzielniczych i ochronnych oraz mikromorfologię komórek epidermy. Włoski wydzielnicze u pelargonii, mają olbrzymie znaczenie ze względu na produkowane olejki lotne wykorzystywane w przemyśle perfumeryjnym oraz potencjalnie w farmaceutycznym. Badania porównawcze włosków *Pelargonium hirtum*, *P. oreophilum* i *P. dasyphyllum*, wykazały, że chociaż u tych gatunków występują dwa typy włosków: ochronne i wydzielnicze, to

ich budowa jest zmienna, a zaobserwowane różnice mogą stanowić kryterium klasyfikacji [Stolarczyk i in. 2013].

Praktyczne umiejętności ogrodnicze bazują na wynikach badań prowadzonych w dziedzinie nauk podstawowych. Zwłaszcza prace z zakresu botaniki opisują przedmiot zainteresowania praktyków-ogrodników. Dotyczą one zrozumienia problemów na poziomie komórkowym i ich rozwiązania w sferze aplikacyjnej, czyli w szeroko rozumianej uprawie roślin.

LITERATURA

- Ciarkowska K., Hanus-Fajerska E. 2008. *Remediation of soil-free grounds contaminated by zinc, lead and cadmium with the use of metallophytes*. Polish J. Environ. Stud. 17(5), 707–712.
- Cocking E. C., Pojnar E. 1970a. *Studies of virus infection of isolated protoplasts*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 111, 21–24.
- Cocking E. C., Pojnar E. 1970b. *The uptake of viruses, cell wall regeneration and virus multiplication in isolated plant protoplasts*. Acta Fac. Med. Univ. Brunensis. 37, 159–162.
- Cybularz-Urban T. 2008. *Wirus pierścieniowej plamistości odontoglossum (ORSV) i wirus mozaiki cymbidium (CyMV) na storczyku Cymbidium alifolium*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 531, 35–41.
- Cybularz T., Kobyłko T., Miczyński K. 1993. *Choroby wirusowe występujące w uprawach storczyków szklarniowych z rodzaju Cymbidium w Polsce południowej*. Mat. z Sympozjum „Biotyczne środowisko uprawne a zagrożenie chorobowe roślin”. Olsztyn 7-9.XI., 111–112.
- Cybularz-Urban T., Hanus-Fajerska E. 2005. *Badania wpływu infekcji wirusami CyMV i ORSV na zdolności morfogenetyczne meriklonów Cattleya schönbrunnensis i C. leopoldii gutata*. Roczn. AR Pozn. CCCLXX, 3–11.
- Cybularz-Urban T., Hanus-Fajerska E. 2006. *Therapeutic effect of cytokinin sequence application on virus-infected Cattleya tissue cultures*. Acta Biol. Cracoviensia. Ser. Bot. 48/2, 27–32.
- Cybularz-Urban T., Hanus-Fajerska E. 2008. *The morphogenetic capability and the viability in micropagated orchids hybrids infected with viral pathogens*. Folia Hort. 20/2, 93–102.
- Czura A., Pindel A., Lech M. 2006. *Próba przełamania barier biologicznych w regeneracji protoplastów łubinu żółtego*. Rola Biotechnologii w Rolnictwie. Praca zbiorowa pod red. H. Kołoczka, M. Klein, E. Grzebelus, 47–53.

- Gajewski Z., Sitek E., Stolarczyk P., Nowak B., Kapała K. 2013. *A current status of the population of Primula farinosa L. (Primulaceae) at the only one known site in Poland.* Polish Journal of Ecology (przyjęte do druku).
- Hanus-Fajerska E. 2007. *Mikrorozmnażanie osobników populacji Armeria maritima (Mill.) Willd. ssp. halleri z rejonu wydobywania rud cynkowo-ołowiowych.* [w:] Kasza H., Klama H. (red.). *Zapobieganie zanieczyszczeniu i degradacji środowiska.* Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, 11–18.
- Hanus-Fajerska E. 2011. *Opracowanie metodyki mikrorozmnażania wybranych metalofitów w celu remediacji podłoża zanieczyszczonych kadmem, ołowiem i cynkiem.* Zesz. Naukowe UR, 471, Rozprawy, Zesz. 348, ss. 89.
- Hanus-Fajerska E., Augustynowicz J., Muszyńska E., Koźmińska A. 2011a. *Organizmy przydatne w oczyszczaniu środowiska z nadmiernych stężeń pierwiastków metalicznych.* Ochr. Środ. Zas. Nat. 50, 180–192.
- Hanus-Fajerska E., Ciarkowska K. 2010. *Możliwość powodzenia rekultywacji przyrodniczej osadnika poflotacyjnego.* Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 551, 85–92.
- Hanus-Fajerska E., Ciarkowska K., Karczewska I., Kowalska I. 2011b. *Local flora representatives of areas highly polluted with heavy metals as a suitable plant material for naturalistic gardens of that regions.* Ochr. Środ. Zas. Nat. 49, 71–83.
- Hanus-Fajerska E., Czura A. 2009. *Mikrorozmnażanie Silene vulgaris.* Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 534, 57–63.
- Hanus-Fajerska E., Czura A., Grabski K., Tukaj Z. 2009. *The effect of conditioned medium obtained from Scendesmus subspicatus on suspension culture of Silene vulgaris (Caryophyllaceae).* Acta Physiol. Plant. 31, 881–887.
- Hanus-Fajerska E., Karczewska I., Ciarkowska K. 2010. *Naturalistic gardens as recommended solution to conserve local biodiversity on degraded areas.* Folia Hort. 22(2), 51–56.
- Hanus-Fajerska E., Lech. M., Pindel A., Miczyński K. 2000. *Selection for virus resistance in tomato expose to tissue culture procedures.* Acta Physiol. Plant. 22, 317–324.
- Hanus-Fajerska E., Wiszniewska A., Muszyńska E. 2012. *In vitro multiplication and acclimatization of Biscutella laevigata (Brassicaceae) to cultivation in greenhouse conditions.* BioTechnologia 93(2), 97–101.
- Murashige T., Skoog F. 1962. *A revised medium for rapid growth and bioassays of tobacco tissue cultures.* Physiol. Plant. 15, 473–497.
- Muszyńska E., Hanus-Fajerska E. 2012a. *Odbudowa bioróżnorodności na terenach zdegradowanych działalnością przemysłu.* [w:] Drzymała J., Cień

- żkowski W. (red.). Interdyscyplinarne zagadnienia w górnictwie i geologii, 209–215.
- Muszyńska E., Hanus-Fajerska E. 2012b. *Ocena możliwości otrzymania siewek pleszczotki górskiej w warunkach in vitro*. Episteme 15, 437–443.
- Nowak B. 2011. Próba rozmnożenia pierwiosnki omączonej – metoda *ex situ*. Ekspertyza. RDOŚ Kraków.
- Nowak B. 2002. *The course and efficiency of organogenesis on leaf explants of plum 'Węgierka Zwykła' (Prunus domestica L.) induced by cytokinins*. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities 5(1), series Biotechnology. online:<http://www.ejpau.media.pl/series/volume5/issue1/biotechnology/art.-02.html>.
- Nowak B., Miczyński K., Hudy L. 2004. *Sugar uptake and utilisation during adventitious bud differentiation on in vitro leaf explants of 'Węgierka Zwykła' plum (Prunus domestica L.)*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 76(3), 255–260.
- Nowak B., Miczyński K., Hudy L. 2007. *The effect of total inorganic nitrogen and the balance between its ionic forms on adventitious bud formation and callus growth of 'Węgierka Zwykła' plum (Prunus domestica L.)*. Acta Physiol. Plant. 29(5), 479–484.
- Nowak B., Sitek E., Gajewski Z. 2011. *Hacquetia epipactis (Apiaceae) - rozmnażanie in vitro i zdolność kiełkowania nasion w warunkach ex situ*. [w]: Kącki Z., Stefańska-Krzaczek E. (red.). Synantropizacja w dobie zmian różnorodności biologicznej. Acta Bot. Silesiaca 6, 239–248.
- Paduch-Cichal E., Kalinowska E., Sala-Rejczak K., Chodorska M., Nowak B., Gajewski Z., Tomala K. 2011. *Wykrywanie i identyfikacja wirusów borówki wysokiej przy użyciu: testu serologicznego ELISA, technik elektromikroskopowych oraz technik biologii molekularnej*. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51(1), 279–287.
- Pindel A. 1989. *Wegetatywne rozmnażanie koniczyny białej (Trifolium repens L.) przez kultury kalusa*. Zesz. Nauk. AR Kraków Ogrodnictwo 18, 79–99.
- Pindel A. 1995. *Micropropagation of Asparagus densiflorus Jesson cv. Myriocladus*. Folia Hort. 7(2), 83–91.
- Pindel A. 2000. *Przydatność różnych metod in vitro w rozmnażaniu szparagów ozdobnych*. Zesz. Nauk. AR Kraków. Rozprawy 266, 1 – 69.
- Pindel A. 2007. *Optimization of isolation conditions of Cymbidium protoplasts*. Folia Hort. 19(2), 79–88.
- Pindel A., Cybularz-Urban T. 2009. *Próby eliminacji wirusa pierścieniowej plamistości odontoglossum (ORSV) z tkanek Cymbidium (Orchidaceae) w kulturach in vitro*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 534, 217–222.

- Pindel A., Lech M., Miczyński K. 1998. *Regeneration of leaf mesophyll protoplasts from Lycopersicon glandulosum, L. peruvianum and L. esculentum Stevens x Rodade hybrid*. Acta Biol. Cracoviensia ser. Botanica 40, 41–46.
- Pindel A., Miczyński K. 1996. *Regeneration of Cymbidium orchids from leaf and root explants*. Folia Hort. 8(2), 95–105.
- Pindel A., Pindel Z. 2004. *Initiation of in vitro cultures of chosen endangered European species of orchids*. Folia Hort. 16(2), 111–117.
- Piowarczyk B., Pindel A. 2010. *Próby rozmnażania lędźwianu siewnego (Lathyrus sativus L.) technikami in vitro*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 555, 147–155.
- Pypeć M., Hanus-Fajerska E. 2010. *Niskonakładowe ekologiczne formy zagospodarowania terenów przemysłowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 551, 305–311.
- Sitek E. 2012. *Próba rozmnożenia pierwiosnki omączonej – metoda ex situ*. Ekspertyza. RDOŚ Kraków.
- Stolarczyk P., Jurgielewicz M., Mermel K. 2013. *Comparative analysis of the structure of leaf epidermis of selected succulent species of Pelargonium genus*. Materiały 56 Zjazdu PTP w Olsztynie [przyjęte do druku].
- Wiszniewska A., Pindel A. 2009. *Improvement in Lupinus luteus (Fabaceae) protoplast culture – stimulatory effect of agarose embedding and chemical nursing on protoplast divisions*. Australian Journal of Botany 57, 502 – 511.
- Wiszniewska A., Pindel A. 2010. *Komórkowe aspekty regeneracji w kulturach protoplastów łubinu żółtego (Lupinus luteus L.)*. Biotechnologia 2(89), 18–22.
- Wiszniewska A., Piowarczyk B., Pindel A. 2012. *The influence of isolation stress on the(re)organization of cell walls in protoplasts of in vitro recalcitrant plants*. BioTechnologia JBCBB 93/2, 102–108.
- Zając A., Pindel A. 2011. *Czynna ochrona roślin jako konieczność wynikająca z postępującej antropopresji terenów turystycznych*. Monografia CREATI-VETIME t. II, 178–180.

Adres do korespondencji:

Anna Pindel
Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin,
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
Al. 29 listopada 54, 31-425 Kraków
e-mail: a.pindel@ogr.ur.krakow.pl

Badania finansowane były z projektu N N523 206537, N N310 036038, Działalności Statutowej Katedry oraz projektu Czynna i konserwatorska ochrona pierwiosnki omączonej *Primula farinosa* na jedynym w Polsce stanowisku w Beskidzie Sądeckim na obszarze Natura 2000” finansowanego w ramach umowy nr B/030/11/28 z dnia 29.04.2011 r. zawartej pomiędzy Wojewódzkim Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie a Regionalną Dyрекcją Ochrony Środowiska w Krakowie.

PLONOWANIE ORAZ JAKOŚĆ MATERIAŁU SIEWNEGO PROSA W ZALEŻNOŚCI OD SPOSOBU SIEWU I NAWOŻENIA MINERALNEGO

YIELD AND MILLET SEEDS QUALITY DEPENDING ON THE METHOD OF SOWING AND MINERAL NUTRITION

Abstrakt. Plon ziarna zależy nie tylko od cech genetycznych, ale także od czynników środowiskowych oraz od czynników agrotechnicznych dostosowanych do warunków glebowo-klimatycznych w rejonie uprawy. Praca prezentuje wyniki badań dotyczących wpływu sposobów siewu nasion (rzędowy tradycyjny w rozstawie co 15 cm i szerokokorzędowy co 45 cm) oraz różnych poziomów nawożenia mineralnego ($N_{60}, P_{60}, K_{60}, N_{60}P_{60}, N_{60}K_{60}, P_{60}K_{60}, N_{60}P_{60}K_{60}$) na plonowanie i jakość materiału siewnego prosa uprawianego w warunkach południowej części Prawobrzeżnego Lasostępu Ukrainy. Najwyższe plony ziarna prosa siewnego Połtawskie złociste ($37,8\text{--}45,8 \text{ dt ha}^{-1}$) uzyskiwano przy zastosowaniu siewu rzędowego i pełnego nawożenia mineralnego ($N_{60}P_{60}K_{60}$). W latach suchych i gorących lepszym sposobem siewu był siew szerokokorzędowy z zastosowaniem pełnego nawożenia mineralnego. Najwyższy wskaźnik jakości materiału siewnego uzyskano przy siewie rzędowym i nawożeniu azotowo-fosforowym, a przy uprawie w szerokich rzędach przy zastosowaniu pełnego mineralnego. Niezależnie od zastosowanego sposobu siewu najwyższe plony uzyskiwano przy zastosowaniu nawozów fosforowych, azotowo-fosforowych, fosforowo-potasowych i pełnego nawożenia mineralnego N, P, K.

Słowa kluczowe: *Panicum miliaceum*, jakość ziarna, sposoby siewu, nawożenie N, P, K

Summary. The seed field depends not only on genetic factors but also on the external factor, i.e. the environmental as well as agrotechnical factors related with soil and climatic conditions. The paper presents results of research on the impact of the methods of sowing (traditional row spaced every 15 cm and broad row every 45 cm) and different levels of fertilization ($N_{60}, P_{60}, K_{60}, N_{60}P_{60}, N_{60}K_{60}, P_{60}K_{60}, N_{60}P_{60}K_{60}$) on the yield and quality of millet seed. In conditions of the southern part of Right-Bank Forest-Steppe ordinary drilling on the background of application of full norm of mineral fertilizer ($N_{60}P_{60}K_{60}$) is the most appropriate for the formation of the highest productivity of seeds. If hot and droughty conditions are forecasted, preference should be given to wide-row sowing on the same background. Phosphorus, nitrogen-phosphorus, nitrogen-potassium and complete mineral fertilizing are favorable for the formation of the highest indices of sowing qualities.

Key words: *Panicum miliaceum*, seeds quality, method of sowing, N, P, K fertilization

WSTĘP

Grupa roślin zbożowych należy do strategicznych dla Ukrainy. Produkcja zbóż na Ukrainie jest jednym z głównych źródeł wpływów finansowych dla większości przedsiębiorstw rolniczych. W ostatnich latach Ukraina istotnie zwiększyła produkcję zbóż, która kształtuje się obecnie na poziomie 46–54 mln ton [Małachowski 2012]. Podwyższenie efektywności produkcji jest niemożliwe bez odpowiedniej jakości materiału siewnego. Dla obsiania prognozowanych obszarów i wykonania programu „Ziarno Ukrainy – 2015”, koniecznym jest dysponowanie 4,0 mln ton materiału siewnego roślin zbożowych wysokiej jakości, w tym 1,8–1,9 mln ton zbóż ozimych i 1,2 mln ton zbóż jarych. Plon roślin zbożowych w dużym stopniu zależy od jakości ziarna siewnego. Optymalizacja stosowania nawozów mineralnych w celu podwyższenia plonowania prosa i jakości materiału siewnego przy różnych sposobach siewu w specyficznych warunkach glebowo-klimatycznych wydaje się być bardzo aktualna.

Celem badań było doskonalenie elementów technologii produkcji materiału siewnego prosa przez optymalizację sposobu siewu i poziomu mineralnego żywienia w warunkach glebowo-klimatycznych południowej części Prawobrzeżnego Lasostepu Ukrainy.

Wszystkie rekordowo wysokie plony prosa są powiązane z wysokim poziomem nawożenia [Elagin i in. 1987]. Jednak w pewnych przypadkach stosowaniu mineralnych nawozów nie towarzyszy podwyższenie plenności. W badaniach Anderson i współautorów [1988] wysokie nawożenie azotem powodowało obniżenie plonowania prosa. Autorzy wykazali, że przyczyną była wysoka zawartość N-NO_3 w glebie na czasie siewu nasion.

W celu wytworzenia 100 kg ziarna i odpowiedniej ilości słomy rośliny prosa pobierają z gleby 3,0–3,2 kg azotu, 1,3–1,5, P_2O_5 , 2,0–3,4, K_2O i 1,0–1,3 kg CaO [Rudnyk-Iwaszczenko i in. 2010]. Aby uzyskać wzrost plonowania na skutek wzrostu nawożenia konieczna jest znajomość podstaw biologicznych i fizjologicznych wzrostu i rozwoju roślin, zapotrzebowania na składniki pokarmowe w poszczególnych fazach wzrostu. Nawożenie może modyfikować nie tylko wielkość plonu, ale także jego jakość biologiczną, chemiczny skład nasion oraz inne parametry technologiczne ziarna.

Na początku wzrostu proso w pierwszej kolejności potrzebuje fosforu, który stymuluje rozwój systemu korzeniowego, chociaż w tym samym czasie rośliny pobierają również azotu i potasu. Najwięcej składników pokarmowych proso pobiera w fazach krzewienia i kwitnienia – około 70% azotu, 60% – fosforu i prawie 45% potasu. Resztę składników proso pobiera w trakcie akumulacji materiałów zapasowych w ziarnie i w fazie dojrzwania. Ważną rolę należy przypisać fosforowi, który wraz z azotem decyduje o gromadzeniu tłuszczów w ziarniaku [Hospodarenko 2010].

Pomimo stosunkowo dużej ilości badań nad optymalizacją mineralnego żywienia prosa, przeprowadzenie doświadczeń dotyczących wpływu nawożenia na plonowanie i jakość ziarna przy różnych sposobach siewu w specyficznych warunkach glebowo-klimatycznych Prawobrzeżnego Lasostepu Ukrainy wydaje się być bardzo uzasadnione.

MATERIAŁY I METODY

Polowe badania przeprowadzono w latach 2006–2008 w stacji badawczej Narodowego Uniwersytetu Sadownictwa w Humaniu. Dwuetapowe polowe doświadczenia dotyczące wpływu sposobu siewu (czynnik A) i poziomu mineralnego żywienia (czynnik B) było założone według schematu Geoges Ville: N_{60} , P_{60} , K_{60} , $N_{60}P_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $P_{60}K_{60}$ oraz $N_{60}P_{60}K_{60}$ [Hospodarenko 2010]. Wybór poziomu składników pokarmowych w nawożeniu tego gatunku ($N_{60}P_{60}K_{60}$) był uwarunkowany poprzednimi badaniami autorów (2006 – 2008) [Poltorecki i Karpenko 2012].

Jakość ziarna badano w warunkach laboratoryjnych jesienią w roku zbioru plonu, a także w czasie siewu w następnym roku (pierwsze pokolenie) na tle schematu nawożenia $N_{60}P_{60}K_{60}$ (2007–2009).

We wszystkich latach badań w płodozmianie w roku poprzedzającym uprawę prosa pole zajmowała pszenica ozima. Nawozy fosforowe i potasowe stosowano przedsięwzię jesienią, natomiast azotowe – podczas wiosennego kultywowania. Do badań wykorzystano średniowczesną proso siewne Połtawskie złociste odmiany *aureum*. Zastosowano dwa sposoby siewu – tradycyjny rzędowy i szerokorzędowy z szerokością między rządami 15 i 45 cm i normami wysiewu – 3,5 i 2,0 mln nasion na ha, odpowiednio. W przypadku

siewu w szerokie rzędy wykonano dwa spulchnienia międzyrzędzi: pierwsze w fazie 2–3 liści na głębokość 4–5 cm oraz drugie w fazie krzewienia się na głębokość 6–8 cm. Badania przeprowadzono w czterech powtórzeniach, w układzie całkowicie losowym przy wielkości powierzchni poletka równej 50 m². Zbiór plonu wykonywano dwuetapowo kombajnem «Sampo-130». Ziarno po wymłóceniu ważono, a plon przeliczano na standardową wilgotność.

Gleba, na której prowadzono uprawę należała do czarnoziemów o składzie gliny ciężkiej zalegającej na lessie z zawartością próchnicy 3,5%, niską zawartością azotu (103 mg kg⁻¹ gleby według metody Kornfilda), średnią zawartością ruchomych związków fosforu i wysoką zawartością potasu (odpowiednio 88 i 132 mg kg⁻¹ według metody Czyrykowa). Wykazano także wysoki stopień nasycania gleby zasadami (95%), odczyn pH_{KCl} 6,2 oraz niską kwasowość hydroliczną 2,26 cmol kg⁻¹ gleby.

Polowe i laboratoryjne badania były prowadzone zgodnie ogólnie przyjętymi metodykami stosowanymi na Ukrainie [Jeszczenko i in. 2005]. Dla porównania wskaźników żywotności i zdolności do kiełkowania nasion zaproponowano „integrowany wskaźnik jakości materiału siewnego”, który stanowił średnią pomiędzy: energią kiełkowania (%), średnim czasem kiełkowania (dni), liczbą wykiełkowanych nasion (sztuki na dzień), zdolnością kiełkowania (%) oraz laboratoryjnego podobieństwa (%) [Poltorecki 2012].

Rejon, w którym prowadzono badania charakteryzuje się nierównomiernymi opadami. W okresie wegetacji roślin prosa w ciągu wszystkich lat występowały susze. Suma opadów okresie wegetacji w latach 2007 i 2009 wynosiła odpowiednio: 116 i 107 mm natomiast w latach 2006 i 2008–125 i 128 mm. Temperatury powietrza w latach 2006–2009 były wyższe od średnich wieloletnich dla tego obszaru – odpowiednio w latach 2006, 2008 i 2009 na poziomie 0,3–2,6°C, a w 2007 roku – 3,2–4,0°C Proso należy do roślin dobrze znoszących wysokie temperatury, jednak wysokie temperatury powietrza w połączeniu z deficytem wilgoci w okresie wegetacji wpłynęły istotnie na obniżenie plonowania i jakość materiału siewnego.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

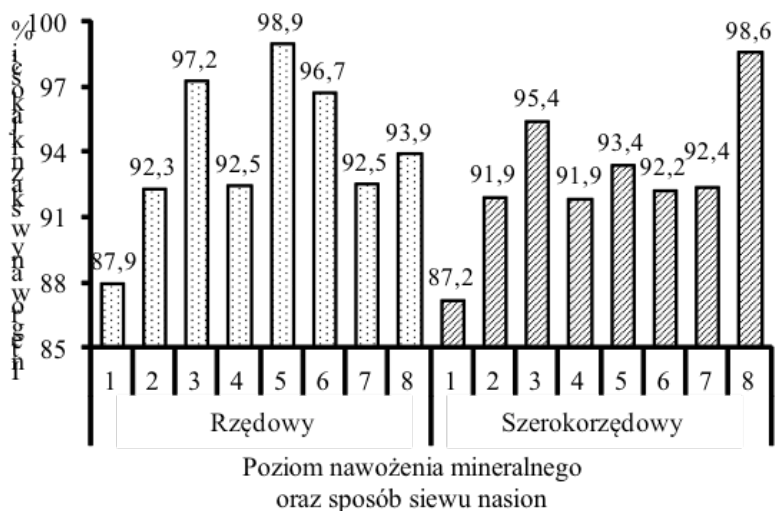
Proso ma duże wymagania termiczne i świetlne, a stosunkowo małe wilgotnościowe, co jest cechą wszystkich roślin z płemienia prosowate. W przeprowadzonych badaniach plon ziarna prosa zależał od warunków pogodowych, jakie panowały w ciągu okresu wegetacyjnego, sposobu siewu, poziomu nawożenia mineralnego oraz od współdziałania wszystkich tych czynników (tab. 1). Najwyższe plony daje proso na glebach zasobnych w próchnicę, ciepłych o dobrej strukturze i odczynie zbliżonym do obojętnego [Poltorecki 2012]. Dokładna analiza uzyskanych wyników pozwoliła stwierdzić, że przy uprawie prosa siewnego w warunkach klimatycznych południowej części Prawobrzeżnego Lasostępu na czarnoziemach bielcowych o składzie pyłu ilastego najwyższe plony ziarna uzyskano przy tradycyjnym siewie rzędowym (co 15 cm) oraz poziomie nawożenia $N_{60}P_{60}K_{60}$. Przy takim połączeniu elementów technologii uprawy prosa, w okresie prowadzenia badań plon ziarna prosa siewnego Połtawskie złociste był na poziomie 37,8–45,8 dt ha⁻¹.

Wykazano, że w suchych i gorących warunkach w okresie wegetacji siew w szerokie rzędy w połączeniu z pełnym nawożeniem mineralnym w porównaniu do tradycyjnego siewu rzędowego (rzędy co 15 cm) pozwala uzyskać wyższą plonowania prosa na poziomie 2,7 dt ha⁻¹ ziarna.

OCENA LABORATORYJNA JAKOŚCI MATERIAŁU SIEWNEGO

Badania wpływu czynników agrotechnicznych na jakość nasion prosa wykazały, że najlepsze wskaźniki jakości materiału siewnego uzyskano przy tradycyjnym siewie rzędowym przy zastosowaniu nawożenia azotowo-fosforowego ($N_{60}P_{60}$), natomiast przy siewie w szerokie rzędy przy pełnym nawożeniu ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Najwyższy zintegrowany wskaźnik jakości materiału siewnego oznaczono w obiektach $N_{60}P_{60}$ przy siewie tradycyjnym (98,9%) oraz w kombinacji $N_{60}P_{60}K_{60}$ w szerokiej rozstawie rzędów (98,6%) (ryc. 1). Obserwowano także wysoki integrowany wskaźnik jakości w obiektach z nawożeniem fosforowym (P_{60}) przy tradycyjnym siewie rzędowym (97,2%) oraz przy siewie w szerokie rzędy (95,4%). Także dobre rezultaty uzyskano w obiektach z nawożeniem azotowo-fosforowym $N_{60}P_{60}$ przy tra-

dycyjnym siewie nasion w rzędy co 15 cm (96,7%) oraz przy siewie w szerokiej rozstawie co 45 cm (93,4%).



Ryc. 1. Integrowany wskaźnik jakości materiału siewnego prosa w zależności od sposobu siewu, tła, mineralnego żywienia, średnie w latach 2006–2008: 1. bez nawożenia (kontrola), 2. N60, 3. P60, 4. K60, 5. N60P60, 6. N60K60, 7. P60K60, 8. N60P60K60.

PLONOWANIE

Końcowym wskaźnikiem, który charakteryzuje jakość materiału siewnego jest uzyskany plon ziarna. Plenność roślin jest uwarunkowana genetycznie, lecz większość cech roślin i związanych z nimi poziom plonowania ulega zmianom pod wpływem czynników zewnętrznych, tj. środowiskowych i arotechnicznych. Zmienności podlegają nie tylko cechy ilościowe, lecz także jakościowe. Analiza plonowania roślin uzyskanych z pierwszego pokolenia pozwoliła ustalić, że każdy z badanych w doświadczeniu czynników miał wpływ na kształtowanie jego poziomu (tab. 1).

W okresie prowadzenia badań plony ziarna prosa uzyskane przy tradycyjnym siewie rzędowym wahały się od 30,3 do 42,3 dt ha⁻¹ (średnio 35,3 dt ha⁻¹) i były wyższe o 1,4 dt ha⁻¹ od plonów uzyski-

wanych przy siewie szerokorzędowym (34,9 dt ha⁻¹). Szeroki rozstaw rzędów jest zalecany na glebach żyznych, pielęgnowanych mechanicznie. Zbyt rzadkie zasiewy sprzyjają jednak zachwaszczeniu i przedłużają okres wegetacji, potęgując nierównomierność dojrzewania nasion [Poltorecki 2012].

Tab. 1. Plon prosa (kg ha⁻¹) uzyskany z ziarna pierwszego pokolenia w zależności od sposobu siewu oraz poziomu nawożenia N, P, K

Sposób siewu (czynnik A)	Poziom nawożenia N, P, K (czynnik B)	Rok			Średnie z 3 lat
		2006	2007	2008	
Rzędowy	Kontrola	20,4	37,0	33,5	30,3
	N ₆₀	22,2	35,9	33,7	30,6
	P ₆₀	31,3	43,7	44,3	39,8
	K ₆₀	22,0	35,3	34,9	30,7
	N ₆₀ P ₆₀	33,5	46,7	46,6	42,3
	N ₆₀ K ₆₀	30,6	42,0	42,9	38,5
	P ₆₀ K ₆₀	28,2	39,7	38,4	35,4
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	21,4	42,9	39,2	34,5
Średnio		26,2	40,4	39,2	35,3
Szeroko- rzędowy	Kontrola	19,9	35,3	31,8	29,0
	N ₆₀	26,6	36,8	31,1	31,5
	P ₆₀	32,6	41,3	41,8	38,6
	K ₆₀	27,6	35,9	36,9	33,5
	N ₆₀ P ₆₀	30,4	39,7	39,7	36,6
	N ₆₀ K ₆₀	29,7	37,4	38,0	35,0
	P ₆₀ K ₆₀	29,9	38,0	33,4	33,8
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	35,3	44,1	43,7	41,0
Średnio		29,0	38,6	37,1	34,9
Średnia dla czynnika B		27,6	39,5	38,1	35,1
NIR _{0,05} kg ha ⁻¹	Czynnik A	0,55	0,53	0,63	
	czynnik B	1,10	1,07	1,26	
	Interakcja AB	1,56	1,51	1,78	

Istotny wzrost plonowania średnio za 3 lata badań uzyskiwano przy siewie rzędownym w połączeniu z nawożeniem azotowo-fosforowym, fosforowym i azotowo-potasowym w stosunku do kontroli, odpowiednio: 12,0 dt ha⁻¹ (N₆₀P₆₀), 9,5 dt ha⁻¹ (P₆₀) i 8,2 dt ha⁻¹ (N₆₀K₆₀). Przy siewie w szerokie rzędy najwyższy plon ziarna prosa siewnego pierwszego pokolenia uzyskano stosując pełne nawożenie mineralne N₆₀P₆₀K₆₀ (41,0 dt ha⁻¹).

Wyłączenie z pełnego nawożenia mineralnego jednego albo dwóch makroelementów towarzyszyło istotne obniżenie plonu ziarna na poziomie 2,5–9,5 dt ha⁻¹. Oprócz tego, koniecznie również zaznaczyć, że niezależnie od sposobu siewu plonowaniu sprzyjało jednoskładnikowe nawożenie fosforem, a także nawożenie azotowo-fosforowe i azotowo-potasowe. Plony uzyskiwane w tych kombinacjach wynosiły odpowiednio: 38,6 dt ha⁻¹ (P₆₀), 36,6 dt ha⁻¹ (N₆₀P₆₀) i 35,0 dt ha⁻¹ (N₆₀K₆₀) były wyższe od kontroli o: 9,6, 7,6 i 6,0 dt ha⁻¹.

Najwyższe plony ziarna prosa uzyskano w 2007 roku (39,5 dt ha⁻¹) w warunkach pogodowych, paradoksalnie najmniej sprzyjających wegetacji roślin (niskie opady, wysoka temperatura), a najniższe w roku 2006. Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 1 plon zebrany w 2007 roku był o 11,9 dt ha⁻¹ wyższy od plonu uzyskanego w roku 2006 r. i o 1,4 dt ha⁻¹ od plonu z roku 2008 r. W roku 2006 plony ziarna uzyskiwane przy siewie rzędownym mieściły się w zakresie 20,4–33,5 dt ha⁻¹ a przy siewie w szerokie rzędy w granicach 19,9–35,3 dt ha⁻¹. Oceniając wpływ poziomu nawożenia N, P, K na plon prosa wykazano, że najlepsze rezultaty uzyskiwano przy nawożeniu N-P, P i N-K w przypadku siewu rzędownego w rozstawie co 15 cm oraz przy pełnym nawożeniu N, P, K przy zastosowaniu siewu w szerokie rzędy co 45 cm.

O plonie nasion, jego wielkości i jakości decydują cechy genetyczne oraz czynniki zewnętrzne czyli środowiskowe. Oprócz klimatu, limitującego w dużym stopniu plon ziarna, również czynniki glebowe i agrotechniczne powodują, że produkcja nasion może być mniej lub bardziej wydajna. Zdolność roślin do adaptacji do danego siedliska zależy możliwości wykorzystania przez nie światła, wody, składników pokarmowych oraz od odporności na stresy abiotyczne i biotyczne (mróz, su-sza, choroby i szkodniki i tp). Cechy te gwarantują wysoką produktywność roślin, czyli ilość masy wytworzonej na jednostkę

powierzchni gleby i czasu. Termin, norma oraz, sposób wysiewu nasion o najlepszych cechach jakościowych decydują o prawidłowym rozwoju roślin i wykorzystaniu przez nie potencjalnych możliwości produkcyjnych. Dostosowanie środowiska uprawy do potrzeb roślin poprzez odpowiednio dobrane zabiegi agrotechniczne może poprawić potencjał produkcyjny roślin, co wykazano w przeprowadzonych badaniach.

WNIOSKI

W warunkach glebowo-klimatycznych Prawobrzeżnego Lasostepu Ukrainy najwyższe plony ziarna prosa siewnego (37,8–45,8 dt ha⁻¹) Połtawskie złociste uzyskiwano przy zastosowaniu siewu rzędowego i pełnego nawożenia mineralnego (N₆₀P₆₀K₆₀).

W latach suchych i gorących lepszym sposobem siewu był siew w szerokie rzędy co 45 cm z zastosowaniem pełnego nawożenia mineralnego (N₆₀P₆₀K₆₀).

Najwyższy wskaźnik jakości materiału siewnego uzyskano przy siewie rzędowym i nawożeniu azotowo-fosforowym, a przy uprawie w szerokich rzędach przy zastosowaniu pełnego mineralnego N₆₀P₆₀K₆₀.

Niezależnie od zastosowanego sposobu siewu najwyższe plony uzyskiwano przy zastosowaniu nawozów fosforowych, azotowo-fosforowych, fosforowo-potasowych i pełnego nawożenia mineralnego N₆₀P₆₀K₆₀.

LITERATURA

- Malachowski D. 2012. *System nasiennictwa zbożowych kultur i jej znaczenia w rozwoju zbożowego kompleksu kraju. Efektywna gospodarka*. <http://economy.nayka.com.ua>.
- Elagin I. 1987. *Agrotechnika prosa*. Moskwa.
- Anderson R. 1988. *Effect of tillage system on proso millet production*. Zboża i rośliny strączkowe 6, 17–18.
- Rydnyk-Iwaszczenko O., Roik M., Moroz O., Szudria P. 2010. *Naukowo-produkcyjne rekomendacje z technologii hodowli prosa siewnego*. Kijów, „Feniks”.
- Hospodarenko H. 2010. *Agrochemia*. Kijów, NNC „IEA”.
- Poltorecki S., Karpenko W. 2012. *Plonowanie i jakość materiału siewnego prosa przy różnym poziomie nawożenia azotowego*. Zbiór naukowych prac

Narodowego Uniwersytetu Sadownictwa w Humaniu. Humań. 80(1), 159–170.

Jeszczenko B., Kopytko P., Opryszko W., Kostogryz P. 2005. *Podstawy naukowych badań w agronomii*. Kijów.

Biloniżko W., Berezowski A., Poltorecki S., Poltorecka N. 2010. *Agrobiologiczne i ekologiczne podstawy produkcji gryki*. Monografia. Mikołajew.

Poltorecki S. 2012. *Wpływ sposobu siewu i nawożenia mineralnego na plonowanie prosa*. Zbiory naukowych prac Narodowego Uniwersytetu Sadownictwa w Humaniu. Humań. 81(1), 27–39.

Adres do korespondencji:

Полторецький Сергій Петрович
кандидат сільськогосподарських наук
доцент кафедри рослинництва Уманського НУС
Narodowy Uniwersytet Sadownictwa w Humaniu
Ukraina
tel.: +38(063)788-94-14, +38(050)726-92-18
e-mail: poltorec@yandex.ru

**EFFECT OF THE TERM AND METHOD OF SEED SOWING
ON DENSITY OF MILLET (*PANICUM MILIACEUM L.*)
GERMINATION IN THE RIGHT BANK FOREST STEPPE
OF UKRAINE**

WPŁYW TERMINU I SPOSOBU SIEWU PROSA (*PANICUM
MILIACEUM L.*) NA RÓWNOMIERNOŚĆ WSCHODÓW
W WARUNKACH PRAWOBRZEŻNEGO LASOSTEPU UKRAINY

Summary. The results of the three-year field research on the effects of various terms and methods of sowing on the field germination and survival of plants in seed crops of common millet of Slobožanske and Lana varieties are given. The purpose of the research is to improve the technology of growing seeds of common millet (*Panicum miliaceum L.*) in the conditions of unstable humidification of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The obtained results revealed that wild seed germination in typical years for the region with the extension of the period of sowing increases from early to late one; methods of planting don't make an impact on the field germination of seeds of millet of both varieties; sowing of seed crops of millet in the third decade of May contributed to forming the largest density during the harvest time.

Key words: *millet, seed crop, variety, method of sowing, sowing time*

Abstrakt. Przedstawiono wyniki trzyletnich badań polowych dotyczących wpływu różnych terminów i sposobów siewu na kiełkowanie nasion i przetrwanie roślin w uprawach nasiennych prosa odmian Slobożanskie i Lana. Celem badań była poprawa technologii uprawy prosa (*Panicum miliaceum L.*) z przeznaczeniem na nasiona w warunkach niestabilnego nawilżania Prawobrzeżnego Lasostepu Ukrainy. Otrzymane wyniki w latach typowych dla regionu wykazały, że przy przedłużeniu okresu siewu kiełkowanie nasion poprawia się, tym większe im późniejszy wysiew. Metody siewu nie miały znaczącego wpływu na kiełkowanie nasion obu odmian prosa. Siew nasion w trzecim tygodniu maja przyczynił się do uzyskania największej gęstości roślin w czasie żniw.

Słowa kluczowe: *proso, materiał siewny, odmiana, sposób uprawy, termin siewu*

INTRODUCTION

The main problem of agricultural production is the increase of yield of all crops, including cereals. One of the main cereal crops in Ukraine is millet. The increase in gross grain yield due to extensive development has exhausted itself, so the formation of high and stable yields of millet in the conditions of unstable humidification of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine by optimizing elements of cultivation technology is the most effective way to solve this problem.

The technology of growing of this crop has been improving for a long time. However there are almost absent technologies of millet seeds production. In particular, due to changes in regional weather conditions dates and methods of sowing of seed crops of different varieties of millet require clarification. This is the relevance and novelty of the chosen direction of the research.

A lot of scientists think that the choice of the optimum time for sowing has been one of the main factors of the formation of high-yielding crops of millet for a long time.

Lugovets [1983] indicated that millet is very sensitive to low temperatures, so it must be sowed when the chance of frost is completely eliminated. Zakladnyj [1977] considered that millet is a thermophilic crop of late sowing and the stable average soil temperature of about 14–15°C at the depth of 10 cm, is required for normal germination of its seeds in the field conditions.

Some scientists [Kalinin and Korneev 1983] recommended sowing millet also in the conditions of warming the soil to 12–15°C, but at the depth of the seeds wrapping, others [Galushko and Golub 1985] said that this crop is very plastic as to the sowing time. According to their data its crop capacity in the third decade of April, the first and second decades of May is accordingly 26.5, 26.9 and 26.0 c·ha⁻¹.

Rochnyak [1981] suggested other thought, that the optimum sowing time for this crop is only the end of April – beginning of May. According to Ageieva and Kuyanichenko [1979] in early spring millet must be sowed in the end of the third – the beginning of the fourth five-day week of May, and during long rainy spring the best time is the sixth five-day week of May – the first of June.

In the literature, there are also differences in the recommendations on the choice of a sowing period, even in the literary works of

the same scientists. Yelagin [1991] in one of his work claimed that late terms delay maturation and weaken formation of the elements of high efficiency, and therefore it is needed to start sowing in the soil warmed up to 10–12°C at the depth of the seeds wrapping. In other works Yelagin [1979, 1987] indicated that sowing into the soil that is not warmed up, delays germination, so too early crops are often liquefied, overgrown with weeds, which affects plant growth and reduces yield dramatically. Therefore, crops' sowing is often carried out at the temperature of 18–20°C in order to conduct additional soil cultivation and destroy weeds.

Despite considerable antiquity and the large number of studies on optimizing sowing period of millet, the consensus has not been established yet, and the study of their effects on the seed quality and yielding properties of the seed in different ways of sowing of this crop has schematic and isolated nature; and in the conditions of unstable humidification of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine this question has not been studied at all.

The purpose of the research is to improve the elements of technology of growing of high-quality seeds of millet by optimization of the period and the method of sowing, designed to increase productivity and improve its seeds traits in the conditions of unstable humidification of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

MATERIALS AND METHODS

In order to establish the optimal parameters of sowing of seed crops during 2009–2011 at the experimental field of Uman National University of Horticulture three-factors field experiment was held, which involved studying the interaction of varietal characteristics (factor A), duration (factor B) and method of sowing (factor C) on the crop quality and harvest characteristics of seeds of common millet (tab. 1).

Soil of the research field is podzolized heavy-loamy chernozems on loess with 3.5% humus content, low supply of nitrogen alkali hydrolyzed compounds (103 mg·kg⁻¹ of soil – the method of Cornfield), the average content of mobile phosphorus and high content of potassium (accordingly 88 and 132 mg·kg⁻¹ – the method of Chirikov), high saturation of bases (95%), acidic medium reaction of soil solution (pH_{KCl} – 6.2) and low hydrolytic acidity (2.26 cmol·kg⁻¹ of soil).

Tab. 1. Scheme of the experiment

Grade (factor A)	Method of sowing (factor B)	Sowing time (factor C)
Slobožanske	A regular line with the width of 15 cm between rows and seeding rate of 3.5 million units of fertile seeds	I (middle of the first decade of May)
		II* (middle of the second decade of May)
		III (middle of the third decade of May)
		IV (middle of the first decade of June)
	A wide row with the width of 45 cm row spacing and seeding rate 2.0 million units of fertile seeds	I (middle of the first decade of May)
		II* (middle of the second decade of May)
		III (middle of the third decade of May)
		IV (middle of the first decade of June)
Lana	A regular line with the width of 15 cm between rows and seeding rate 3.5 million units of fertile seeds	I (middle of the first decade of May)
		II* (middle of the second decade of May)
		III (middle of the third decade of May)
		IV (middle of the first decade of June)
	A wide row with the width of 45 cm row spacing and seeding rate 2.0 million units of fertile seeds	I (middle of the first decade of May)
		II* (middle of the second decade of May)
		III (middle of the third decade of May)
		IV (middle of the first decade of June)

* – Control

The experiment was carried out according to the methods of field researches [Ieschenko et al. 2005; Methods 2000]. Winter wheat preceded millet. Phosphate and potash fertilizers were applied during autumn tillage, nitrogen – in the first spring cultivation at normal $N_{60}P_{60}K_{60}$. The following varieties of millet seeds were sowed – Slobožanske (mid-season, variety *aureum*) and Lana (mid-season, variety *flavum*). The sowing periods are the first decade of May to

early decade of June, controlling – the second term (middle of the second decade of May). Methods of sowing – normal row and wide row with wide spacing of 15 and 45 cm and seeding rate of 3.5 and 2.0 million units of similar seeds per ha accordingly. There were two loosening cultivations on the wide row crops: first – in the phase of 2–3 leaves to the depth of 4–5 cm, the second – in the phase of tillering to the depth of 6–8 cm. Researched plot area – 50 m². Repetitions – four, sowing of varieties is consistent. Harvesting was carried out by a two-phased way – splaying in rolls, followed by threshing in 4–6 days (combine “Sampo-130”).

Accounting, analysis and monitoring were conducted with conventional methods [Ieschenko et al. 2005, Methods 2000; Grytsaenko et al. 2003; Borovykov and Borovykov 1997].

The terms of researches have unstable nature of hydration. Thus, if the amount of precipitations in 2009 and 2011 compared to the medium perennial data (633 mm) had a moisture deficit – accordingly 110 and 40 mm, then 2010 was characterized by its excess of 124 mm. Thus, the distribution of precipitations over time was characterized by great irregularity and significant deviations from medium perennial value during all years of study. For example, in April 2009, there was not a single millimetre of rain (medium perennial size of 48 mm), and in July 2011, vice versa, the excess was almost double – 151 mm (standard 87 mm) (fig. 1).

The most favourable weather conditions for the growth and development of seed crops of millet were established in 2010. Thus, from the time of sowing crops in all periods were provided with sufficient moisture in combination with favourable temperature conditions at the level of 15.7–20.0°C assisted to get complete and aligned crops. Despite this the temperature at the time of the sowing of the first period (middle of the first decade of May) in 2009 and 2011 was characterized by a certain decrease (by 1.9 and 2.8°C), and the fourth one (middle of the first decade of June) – exceeding (at 1,3 and 3.7°C) the level of the indicator, that had a negative impact on seed germination and completeness of crops of both varieties of millet. It must also be indicated that virtually throughout the growing season of millet the researches over the years showed that there was a significant excess of the tempera-

ture, that sometimes exceeded medium perennial indicators at 4–5°C or more. However, this warming trend is observed in the region during the last decade. Although millet is one of the drought-resistant and heat-resistant crops, such phenomena made a significant influence on the structure and level of the crops yield.

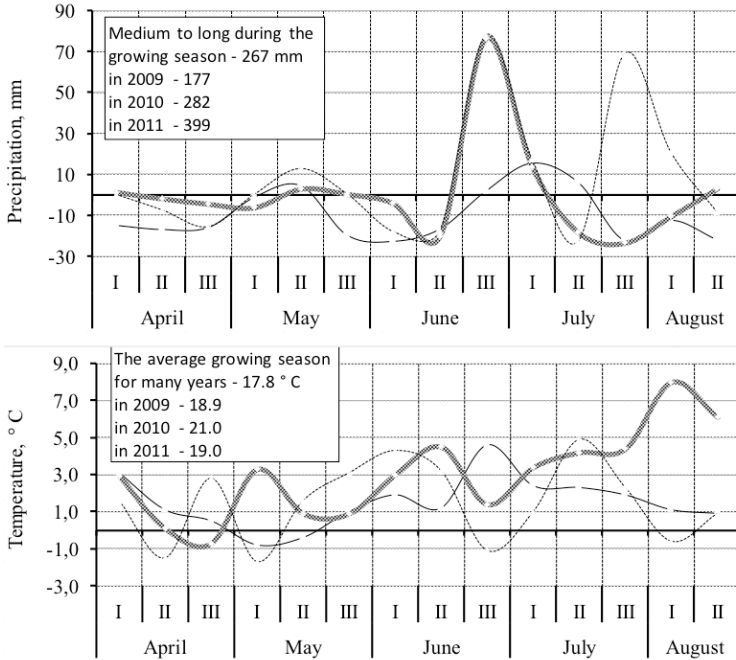


Fig. 1. Deviations of medium decade annual precipitation and air temperature data from medium perennial (according to the data of the meteorological station in Uman):

— 2009 p. - - - 2010 p. - - - 2011 p.

RESULTS AND DISCUSSIONS

It was important to ensure getting of friendly and aligned crops to get the planned high sustainable yields of high-quality seeds. According to the generalized data of Alabushev [1977] sowing with elite (basic) seeds, with 95% of similarity must provide 70% of field germination. However even high laboratory germination is not always

possible to get full crops, as the field germination is determined by the conditions of their sprouting: soil temperature, humidity supply, oxygen access and so on.

One of the goals of our research is to identify the influence of sowing of millet on the completeness of crops, as the terms of sowing determine conditions of seed germination. Analysis of the results shows that increasing of the field germination rate from early to late ones; it is closely related to the amount of moisture and heat during the sowing, as well as its duration (fig. 2).

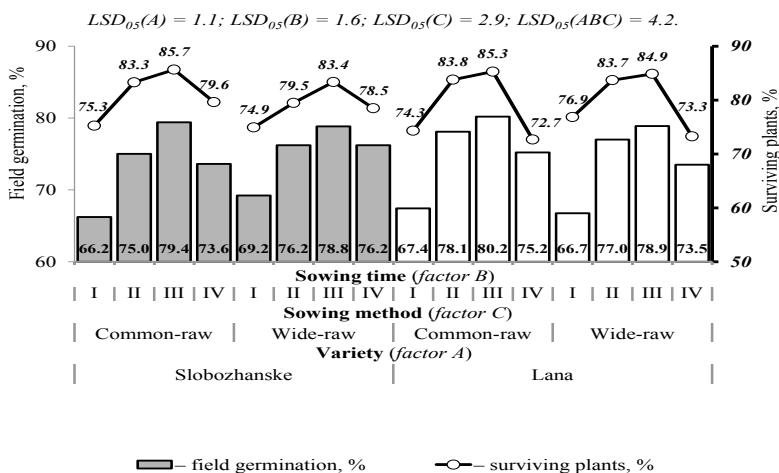


Fig. 2. Field germination of seeds and survival of plants in seed crops of millet varieties depending on the duration and method of sowing (average for 2009–2011):

In average during the years of the research field germination rate in both varieties of millet with lengthening the period of sowing increased from early one in early decade of May (the first term) before sowing in the third decade of this month (the third term) – by 78.8–79.4% in the variety Slobozhanske and 78.9–80.2% in the variety Lana or 10–13% and 12–13% accordingly significantly higher compared with early (first) period ($HIP_{05}=2.9\%$). Comparing with controls (sowing in the second decade of May) this significant difference was not found, but in all years of the research the level of the

indicator during the second period was still slightly lower in both varieties (for 1.9–4.0%).

Further transfer of sowing till June (the fourth term) was accompanied by a significant reduction in the field germination rate to 73.6–76.2% (variety Slobožanske) and 73.5–75.2% (variety Lana) for both methods of sowing. However, this phenomenon was significant only for dry and hot conditions at the time of sowing in 2009 and 2011. Under favourable weather conditions in 2010, when the planting time in all soil moisture parameters were close to the long-term, the field germination of millet crops increased from early to late, and the highest values were reached in June (fourth) term of sowing. These phenomena can be explained by the fact that during the period from sowing to tillering of millet, during the fourth term of sowing in 2009 and 2011 there was no precipitation, and completeness of crops sharply decreased to the level of the early period. Regarding the fact that the sowing-machine with disc coulters do not always provide an even seeding depth (at the depth of sowing of 3–4 cm, it ranges from 0 to 10 cm) [Alabushev 1977], some seed falls into the top layer of soil, that is drying quickly. Therefore, during the fourth term of sowing in these years these seeds of millet that fell into this soil laid for a long time waiting for rain and lost germination due to the prolonged drought. This can explain the sharp decline in the field germination of seeds (more than 5% of control).

In 2010 the late sowing of millet increased fullness of crops to 0.6–7.7% in comparison to the recommended time of sowing and early – conversely, reduced field germination at 2.1–8.1% of control (tab. 2).

Early and control sowing period as the result of slightly lower temperature conditions prolong the sowing time: for 2009–2011 at average daily temperature of 15.5°C sowing of millet appeared in the recommended time (the second decade of May) in 11 days and by the early terms and temperature of 13.8°C – in 14 days. Comparing these data with those of field germination – an average of 75.0–76.6% (variety Slobožanske) and 77.0–78.1 (Lana) at the control and 66.2–73.6 and 67.4–70.2% accordingly for early sowing, we can make a conclusion that the delayed germination in both varieties, due to low temperatures, reduced also its field germination.

Tab. 2. Field germination and survival of plants depending on the duration and method of sowing of millet varieties

Option of the experiment			Field germination (%)			Survival of plants (%)		
Variety	Method of sowing	Sowing period	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Slobožanske	Common-row	I	69.8	69.0	59.8	72.4	78.9	74.4
		II	75.8	77.1	72.2	92.1	86.5	84.6
		III	83.0	82.1	73.1	83.0	88.8	85.2
		IV	66.5	77.7	76.7	73.3	81.2	71.0
	Wide-row	I	67.4	72.9	67.4	84.4	76.4	77.3
		II	78.9	75.5	74.2	95.3	79.3	83.7
		III	80.0	78.1	78.4	82.2	84.7	83.2
		IV	71.6	77.6	79.5	75.7	80.5	72.2
The average for variety			74.1	76.3	72.7	82.3	82.0	78.9
Lana	Common-row	I	67.9	71.9	62.5	71.5	77.0	74.3
		II	79.5	80.1	74.7	80.9	86.4	84.1
		III	83.9	84.9	71.7	81.6	88.4	85.9
		IV	65.5	82.2	78.0	70.0	65.2	71.8
	Wide-row	I	67.2	71.1	62.0	85.3	79.8	77.3
		II	78.6	73.2	79.2	91.4	83.8	84.2
		III	79.2	82.0	75.5	84.9	85.5	84.1
		IV	70.8	80.9	68.8	72.1	77.7	88.6
The average for variety			74.1	78.3	71.5	79.7	80.5	81.3

According to the data Ielagina [1991] at early sowing terms in the soil that was not warmed up, the speed and friendliness of millet seeds germination was slowed down, part of it rotted, reducing its

field germination. At the late sowing of seed germination occurs at elevated temperatures and in the shortest possible time. This may explain that under sufficient moisture supply of 2010 its field germination was higher than in earlier sowing terms.

It must be indicated that most of crops reduced the field germination as at the lack of moisture in the soil, as well as its excess. In the last case it was connected with the lack of air in the soil [Bilozhko et al. 2013].

According to our research in 2010 after sowing millet of the third and fourth periods the soil moisture was about 90% of the least moisture capacity (LMC). Meanwhile the field germination rates were high – 77.6–82.1% in the variety Slobožanske and 80.9–84.9% in the variety Lana. These conclusions were confirmed by Ielsukova and Tyutyunnykova [1959], that the crops, characterized by aristulate condition of seeds, accumulated a certain amount of air required to germinate at the excessive moisture and lack of air in the soil.

The research also established that the methods of sowing did not have a significant impact on the field germination of millet seeds of both varieties. Thus, the field germination of the variety Slobožanske at common row and wide row sowing varied within 73.6–75.1% or 1.6% (at $HIP_{05}=1.6\%$). In the variety Lana such difference was even smaller – 74.0–75.2 or 1.2%. On average the field germination rate for varieties was within 74.3–74.6%.

Having analyzed the obtained data it can be concluded that the field germination of millet seeds in similar weather conditions for medium perennial crops (2010), with the extension of the time period of sowing increases from early to late, due to better hydrothermal conditions and reducing the period of sowing – growth at later terms.

It was also found out that under conditions of excessive precipitation and overwetting of soil (2011), the lack of air in the soil did not reduce the field germination of millet as its husk content (21–24%) leads to the preservation of sufficient for germination amount of air in pellicles.

Density of millet plants at harvest time is determined by the level of the field germination of seeds and the plants survival at the end of the vegetation period. The level of the last figure, according to our

data, has varied depending on sowing time and weather conditions, the cultivation of millet seed crops of both varieties. Thus, on average during the years of research, the combination of these factors have created conditions in which the end of the growing season in the variety Slobožanske kept from 75.3 to 85.7%, and in the variety of Lana – from 74.3 to 85.3% of the total number of plants in the phase of full growth. As in the case of the field germination, the variety characteristics had no significant effect on the formation of the level of the indicator. It was optimal to postpone to the third decade of May from the period recommended in this region (the second decade) for obtaining its highest value in both methods of sowing. So the variety Lana had the highest level of this index for 1.2 respectively (normal row sowing) and 1.5% (in wide row sowing) higher comparing with the control period. In the variety Slobožanske the advantage of the third period was even more significant – by 2.3 (common row sowing) and 3.9% (wide row sowing).

Sowing in the first decade of June stipulated a significant reduction in the survival of plants in the seed-sowing millet to 73.6 (common row sowing) and 76.2% (wide row sowing) in the variety Slobožanske, and to 75.2 (common row sowing) and 73.5% (wide row sowing) in the variety Lana or for 6.0–4.9% and 12.6–11.6%, respectively at HIP_{05} by a comprehensive action factor of 4.2%.

On average during the years of research the most unfavourable conditions for the survival of millet were formed in early sowing period. This phenomenon could be seen especially clearly in 2009 when sowing in early May has extended the passage of the initial phases of plant development. Subsequently, dry and hot conditions had the most negative impact on poorly developed plants that came out at the latest. It amplified an intraspecific competition in the middle of coen (especially in common row crops, where the most density of crops was). Thus, during the first period and common row sowing the survival was significantly lower compared to the plants in wide row sowing (12.0% in the variety Slobožanske and 13.8% in the variety Lana).

In 2011 the significant liquefaction of crops during harvest was caused by excessive amount of rain in July. Only in the third decade there was about 100 mm of rain, and in general for the whole month

there were more than 150 mm or 64 mm more of their average long-standing number. At first, there was a partial and then a strong wilt and reliance of millet crops of the first and second sowing, and poorly developed severe liquefaction of June crops – according to the level of 71.0–72.2% (the variety Slobožanske) and 71.8–88.6% (Lana).

Throughout the experiment, the most favourable for the minimum of liquefaction of density of seed crops of studied varieties of millet seed were the weather conditions in 2010, in which the overall survival of plants was the highest. Thus, as in the field germination the forming of the largest density of agrocenosis of sowing seeds contributed to sowing in the third week of May. Accordingly, here the survival of plants was the highest among two methods of sowing – on the level 83.4–85.7% (the variety Slobožanske) and 84.9–85.3% (Lana).

CONCLUSIONS

Having studied the influence of time and methods of sowing on the structure formation of crop varieties of common millet Slobožanske and Lana in the conditions of unstable humidification of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, we make the following conclusions:

the field germination of seeds in the years typical for the region increases from early to late with the extension of the time of sowing;

at excessive moisture the shortage of air in the soil of the field does not reduce the field germination of millet;

varietal characteristics and methods of planting did not have any effect on the field germination of seeds of millet seed of both varieties;

the third sowing period (the third decade of May) facilitated forming the largest density of agrocenosis of seed crops of millet during harvesting.

REFERENCES

- Ageev N. M., Kuyanichenko A.S. 1979. *Way to the sustainable harvest*. Steppe 6, 25–26.
- Alabushev V. A. 1977. *Consumption of water by seed crops during germination. Improving of crops productivity*. SP. T. XII. Vol. 1. Persyanovka, 17–21.

- Bilonozhko B. Ya., Poltoretskyi S.P., Karpenko V.P., Mostov'yak I.I., Berzovskiy A.P. 2013. [in: *Agrobiotsenology*], ed. V.Y. Bilonozhko. Vinnytsya, PE "TD Edelweiss&Co", 340 p.
- Borovykov V.P., Borovykov I.P. 1997. *Statistika. Statistic processing and analysis of data in Windows*. M. Filin. 608 p.
- Grytsaenko Z. M., Grytsaenko A.O., Karpenko V.P. 2003. *Methods of biological and agrochemical research of plants and soils*. K. CJSC "Nichlava", 320 p.
- Halushko V. P., Golub N.N. 1985. *Crop production needs more attention* 6, 37.
- Kalinin A. G., Korneev G.A. 1983. *Features of agrotechnics*. Cereal economy 9, 38.
- Lugovets V. S. 1983. *Millet field of Saratov land*. Cereal economy 3, 7.
- Methods of state testing crops 2000. Methods for determining quality of crop production. Issue. 7, 144 p.
- Rochnyak V. A. 1981. *Millet deserves to take a significant place in sowing*. Cereal economy 10, 30–31.
- Yelagin I. N. 1979. *Millet is a crop of high productivity, if stick to requirements of agrotechnics*. Cereal economy 9, 33–34.
- Yelagin I. N. 1987. *Agrotechnics of millet*. M. Rosselhozizdat, 159 p.
- Yelagin I. N. 1991. Harvest "itself – 200". Cereal crops 6, 20–21.
- Yelsukov M. P., Tyutyunnykov A.I. 1959. *Annual fodder crops in the mixed sowings*. M. Selhozhyz, 309 p.
- Yeshchenko V. O., Kopytko P.G., Opryshko V.P., Kostogryz P.V. 2005. *Basic research in agronomy*. K. Diya, 288 p.
- Zakladnyi G. 1977. *Effective cereal crop*. Native land 2, 11–14.

Postal Address:

Полторецький Сергій Петрович
кандидат сільськогосподарських наук

доцент кафедри рослинництва

Уманського національного університету садівництва

м. Умань, Україна

Почта: poltorec@yandex.ru

Телефон: +38(063)788 – 94 – 14, +38(050)726 – 92 – 18

BIOREMEDIACJA GLEBY ZANIECZYSZCZONEJ KSENOBIOTYKAMI Z WYKORZYSTANIEM AUTOCHTO- NICZNYCH DROBNOUSTROJÓW GLEBOWYCH.

2. PRZYKŁADY I PERSPEKTYWY ZASTOSWAŃ

BIOREMEDIATION OF SOIL CONTAMINATED WITH XENOBIOTICS WITH THE USE OF AUTOCHTHONOUS SOIL MICROORGANISMS. 2. EXAMPLES AND PROSPECTS FOR APPLICATIONS

Abstrakt. Spośród metod biologicznej rekultywacji gleb zanieczyszczonych związkami organicznymi, najkorzystniejsze efekty uzyskuje się dzięki zabiegom stymulacji rozwoju mikroflory autochtonicznej lub poprzez stosowanie biopreparatów – stabilnych biocenoz drobnoustrojów, wytworzonych na bazie mikroorganizmów autochtonicznych pochodzących ze skażonych obszarów. Bioremediację prowadzi się metodami *in situ*, tzn. w miejscu wystąpienia skażenia, albo *ex situ*, po przeniesieniu zanieczyszczonej ziemi na wydzielone stanowisko oczyszczania. W pracy wykazano duży potencjał wykorzystania drobnoustrojów autochtonicznych w przedsięwzięciach proekologicznych i praktyce rolniczej. Podano reprezentatywne przykłady skutecznych działań prowadzonych w pracach środowiskowych, obejmujące główne strategie optymalizujące bioprocess: (1) bioremediację *in situ*, wraz z zabiegami biostymulacyjnymi polegającymi na aktywnym przewietrzaniu środowiska glebowego; (2) metodę *ex situ* z wykorzystaniem biopreparatów jako biologicznych szczepionek aktywujących biodegradację ksenobiotyków; (3) intensyfikowaną metodę *ex situ*, polegającą na wielokrotnej aplikacji aktywnych biopreparatów w warunkach wysokich poziomów zanieczyszczeń węglowodorowych; (4) wykorzystanie drobnoustrojów autochtonicznych dla poprawy jakości ilastych surowców ceramicznych, zanieczyszczonych substancjami organicznymi.

Słowa kluczowe: *biopreparaty, bioremediacja in situ, ex situ, biostymulacja, substancje ropopochodne*

Summary. From among methods of biological reclamation of soil contaminated with organic substances best results are obtained upon stimulation of soil endogenous microflora development or application of microbial consor-

tia – stable biocenoses constructed using autochthonous microorganisms isolated from polluted areas. Bioremediation can be carried out employing either methods *in situ*, i.e. at sites where the contamination occurred, or *ex situ*, after transporting the polluted ground to separated cleanup stations. The paper reveals great potential of the use of autochthonous microorganisms in pro-ecological efforts and agricultural practice. Representative examples of efficient actions taken in environmental practice are given, including main strategies for bioprocess optimization: (1) *in situ* bioremediation together with biostimulation achieved by active venting of soil environment; (2) *ex situ* technique carried out with the use of microbiological consortia applied as *inocula* for activation of xenobiotic biodegradation; (3) intensified method for *ex situ* reclamation based on repetitive application of active microbial communities to eliminate high level of hydrocarbon pollution; (4) the use of autochthonous microorganisms for quality improvement of clayey ceramic raw materials.

Key words: *microbial consortia, bioremediation in situ, ex situ, biostimulation, petroleum products*

WPROWADZENIE

Gleba zanieczyszczona produktami działalności przemysłowej i cywilizacyjnej człowieka staje się odpadem, a w przypadku skażeń toksycznych i uciążliwych – najczęściej odpadem zaliczanym do kategorii niebezpiecznych [Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach]. Odpady, zgodnie z wymogami ustawowymi, jak również z zasadami tzw. zrównoważonego rozwoju, powinny zostać poddane unieszkodliwieniu. Jedną z najważniejszych metod pozwalających na eliminację zagrożeń związanych z gromadzonymi odpadami jest biologiczna rekultywacja prowadzona z wykorzystaniem zdolności drobnoustrojów do bioremediacji (patrz: definicje i omówienie podstaw procesu w artykule poprzedzającym).

Najczęstszymi zanieczyszczeniami środowiska glebowego są substancje mineralne (biogeny) gromadzące się na skutek niewłaściwej gospodarki nawozami rolniczymi, metale ciężkie oraz ogromna i różnorodna grupa związków organicznych: substancji tłuszczowych, pestycydów, substancji pochodnych przerobu ropy naftowej [Siuta 2000]. Te ostatnie stwarzają szczególne problemy, pojawiając

się w stężeniach niekiedy toksycznych na terenach zakładów przemysłowych, rafinerii, stacji benzynowych, lotnisk, czy też w okolicach trakcji komunikacyjnych i na terenach zurbanizowanych. Najgroźniejsze emisje takich zanieczyszczeń powstają wskutek awarii ropociągów, usterek i wypadków środków transportu oraz działalności przemysłu rafineryjnego. Do najważniejszych, toksycznych związków chemicznych wchodzących w skład ropy naftowej należy zaliczyć węglowodory parafinowe, pięcio- i sześciowęglowe cykloalkany z licznymi łańcuchami bocznymi, węglowodory aromatyczne (jednopierścieniowe, zwłaszcza z grupy BTEX: benzen, toluen, etylobenzen, ksylen oraz wielopierścieniowe – WWA: naftalen, antracen, fenantren, ich pochodne i wiele innych), węglowodory olefinowe, kwasy karboksylowe, pochodne nitrowe, fenolowe, siarkowodorowe, eterowe, pirolowe, siarczki, amidy, estry, merkapteny, metale ciężkie i inne [Klimiuk i Łebkowska 2003]. Większość z wymienionych związków jest trudno biodegradowalna, przy czym można je uszeregować według schematu malejącej podatności na biologiczny rozkład [van Hamme i in. 2003; Kołoczek i Kaszycki 2006]: n-alkany > alkany rozgałęzione > związki aromatyczne niskocząsteczkowe > WWA. W tym ostatnim przypadku, bioremediacja zachodzi wieloetapowo i wymaga obecności różnych kometabolitów, a projekty oczyszczania terenów skażonych trwają często wiele lat.

Istnieją dwa sposoby prowadzenia procesów biodegradacji zanieczyszczeń [Kaszycki i Kołoczek 2005]:

(1) metoda *in situ*, polegająca na biologicznej rekultywacji obszaru w miejscu wystąpienia skażenia, co eliminuje koszty transportu skażonej gleby. Metoda powyższa jest preferowana w takich przypadkach, w których usunięcie gleby jest utrudnione bądź niemożliwe (np. zanieczyszczenie terenu wałów przeciwpowodziowych, gruntu bezpośrednio pod szlakami komunikacyjnymi, budowlami, rurociągami, itp.); można ją też stosować na obszarach trudno dostępnych. Jest to jednak metoda trudna ze względu na ograniczone możliwości swobodnego wykonania niezbędnych zabiegów stymulujących bioremediację;

(2) metoda *ex situ*, prowadzona na wydzielonych stanowiskach technologicznych, specjalnie do tego procesu przystosowanych. Konieczność poniesienia wysokich kosztów transportu i składowania ziemi jest uzasadniona dużą skutecznością zabiegów i szybkim

osiągnięciem efektu końcowego. Likwidacja zanieczyszczeń podlega wszechstronnej kontroli parametrów procesowych, takich jak temperatura, napowietrzanie, wilgotność, nawożenie mineralne, spulchnianie, rozdrabnianie, emulgacja węglowodorów oraz temperatury. Jednocześnie, ciągłemu monitoringowi poddawany jest poziom skażenia i liczebność drobnoustrojów. Biorekultywację gleby prowadzi się najczęściej technologią przyzmowania, przy czym konstrukcja bioprzym musi spełnić szereg wymogów środowiskowych i technicznych. Należy tutaj nadmienić, że opisano i wprowadzono również inne sposoby oczyszczania ziemi *ex situ*, jednakże są one droższe i bardziej zaawansowane technologicznie. Jednym z nich jest zastosowanie bioreaktorów, w których bioremediacja zachodzi w upłynnionym materiale przechodzącym przez aktywne biologicznie złożę z immobilizowaną biomasą drobnoustrojów [Kołwzan 2005].

Zarówno metoda *in situ*, jak i *ex situ*, uwarunkowane są fizjologiczną aktywacją drobnoustrojów glebowych, odpowiedzialnych za biodegradację ksenobiotyków. Istnieje kilka strategii optymalizacyjnych, zmierzających do uzyskania maksymalnej wydajności metabolizmu mikroorganizmów:

- zabiegi biostymulacyjne, mające na celu stworzenie korzystnych warunków rozwoju autochtonicznej mikroflory glebowej występującej w miejscu podlegającym oczyszczaniu;
- wykorzystanie najbardziej aktywnych szczepów autochtonicznych pozyskanych bezpośrednio z zanieczyszczonego miejsca poddawanego bioremediacji, a następnie ich namnażanie i ponowne wprowadzenie do gruntu w postaci gęstej biomasy;
- stosowanie alochtonicznych, wielogatunkowych biopreparatów, wytworzonych w laboratoriach biotechnologicznych w następstwie odpowiedniego doboru, długotrwałej selekcji, adaptacji i hodowli mikroorganizmów, przejawiających najkorzystniejsze cechy.

Dwa pierwsze podejścia są możliwe wyłącznie w razie stwierdzenia obecności drobnoustrojów autochtonicznych, które przystosowały się do środowiska ksenobiotyków. Użycie wcześniej wyhodowanych, specjalistycznych biopreparatów jest natomiast preferowane w warunkach braku życia biologicznego w glebie (np. wskutek nagłych, toksycznych wycieków), jak również w przypadkach bardzo wysokich koncentracji zanieczyszczeń, letalnych dla

naturalnych drobnoustrojów glebowych (patrz: omówiony niżej projekt oczyszczania szlamów z separatorów olejowych). Należy jednak zaznaczyć, że wysoka aktywność bioremediacyjna biopreparatów spowodowała, iż biocenozy te są szeroko stosowane podczas oczyszczania gleby obiema metodami, tj. *in situ* oraz *ex situ*.

CEL I ZAKRES PRACY

W pracy udokumentowano przykładowe wyniki biologicznej rekultywacji gleb zanieczyszczonych, uzyskane w oparciu o prace własne zespołu, przeprowadzone w latach ubiegłych. Omówione przypadki obejmują najważniejsze, opisane wyżej strategie, których właściwy dobór umożliwił osiągnięcie końcowego – środowiskowego i ekonomicznego sukcesu, w postaci radykalnego obniżenia poziomu zanieczyszczeń z jednoczesną racjonalizacją kosztów prowadzenia procesu.

Przedstawiono również różne poziomy technologiczne wykonywanych prac badawczo-aplikacyjnych, pozwalających na wdrożenie skutecznych metod bioremediacji środowiska glebowego: począwszy od doświadczeń polowych w skali półtechnicznej, poprzez niewielkie projekty oczyszczania terenów skażonych punktowo, aż po wielkoprzemysłowe projekty rekultywacji gruntów *ex situ*, obejmujące tysiące ton zanieczyszczonej ziemi. Ostatni z przykładów – mikrobiologiczne zabiegi oczyszczania materiałów używanych w przemyśle ceramicznym – pozwala określić granice zastosowań dyskutowanych biotechnologii, wykazuje bowiem korzyści z powiązania aktywności bioremediacyjnej autochtonów glebowych z możliwością polepszenia jakości cennych surowców przemysłowych. Ze względu na ograniczoną objętość artykułu, podano jedynie najistotniejsze informacje dotyczące zrealizowanych projektów biologicznej remediacji; szczególne są dostępne w cytowanych źródłach literaturowych.

BIOREMEDIACJA IN SITU Z ZASTOSOWANIEM ZABIEGÓW BIOSTYMULACJI AUTOCHTONÓW GLEBOWYCH

Oczyszczanie bezpośrednio w miejscu zaistniałego skażenia jest jedynym możliwym rozwiązaniem w przypadku, gdy wywóz gruntu z zanieczyszczonego obszaru jest utrudniony bądź niemożliwy

ze względu na uwarunkowania przestrzenne lub z innych powodów – technologicznych, ekologicznych czy ekonomicznych. Metody *in situ* wymagają stosowania niezbędnych czynności biostymulujących mikroflorę autochtoniczną, natomiast stosowanie alochtonicznych biopreparatów wspomagających bioremediację jest uwarunkowane wynikami wstępnych analiz mikrobiologicznych. I tak, w przypadku stwierdzenia występowania bogatej i aktywnej mikroflory glebowej, te dodatkowe zabiegi mają często ograniczony zakres lub też rezygnuje się z nich całkowicie.

Opisany poniżej przykład [Kaszycki i in. 2010] dotyczy remediacji gruntu skażonego związkami ropopochodnymi na terenie stacji paliw jednego z małopolskich przedsiębiorstw prowadzących działalność produkcyjną w branży chemicznej. Rozpoznanie geochemiczne wykazało na obszarze około 150 m² znaczne skażenie gruntu migrującymi substancjami ropopochodnymi, sięgające do poziomu wód podziemnych na głębokości 5,5 m. Zanieczyszczenie pochodziło z nieszczelnych zbiorników paliwowych, a jego średni poziom określono na 3655 mg · kg⁻¹ s. m. gleby. Wartość tę wyznaczono metodą wagową, jako zawartość wysokowrzących (T_w > 105°C) związków organicznych ekstrahowanych eterem naftowym, posługując się standardową procedurą oznaczania zanieczyszczeń węglowodorowych w glebie. Wieloletnia obecność węglowodorów w badanym gruncie pozwalała przypuszczać, że rozwinęła się w nim bioróżnorodna i aktywna biochemicznie mikroflora autochtoniczna. Jej obecność potwierdzono badaniami laboratoryjnymi, określając liczebność drobnoustrojów wynoszącą 0,8 · 10⁶ jtk · g⁻¹ gleby.

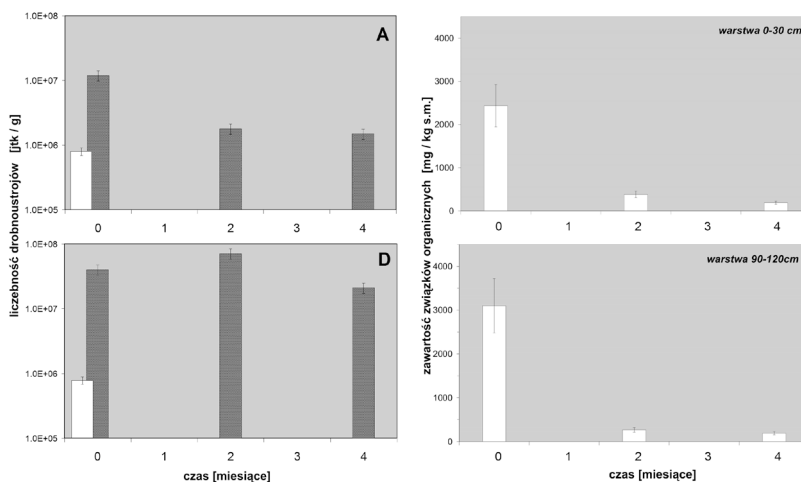
Wstępne eksperymenty modelowe (patrz: część I artykułu) w warunkach laboratoryjnych wykazały, że dostęp powietrza był czynnikiem warunkującym prawidłową bioremediację. Zadowolające wyniki działań biorekultywacyjnych osiągnięto zatem przede wszystkim dzięki biologicznej stymulacji autochtonów glebowych poprzez konstrukcję systemu napowietrzającego – tzw. biowentylacji gruntu – do głębokości 120 cm, w oparciu o układ rur perforowanych (φ=3cm), sprzęgniętych z kompresorami. Do niezbędnego minimum ograniczono użycie szczepionek bakteryjnych: teren zaszczepiono zaledwie 20 dm³ zawiesiny biopreparatu w celu ewentualnego uzupełnienia brakujących aktywności w łańcuchu troficznym rozkładu węglowodorów.

Analizy prowadzono dla czterech stref biodegradacji, przyporządkowanych różnym głębokościom pod powierzchnią terenu: (A) 0–30 cm, (B) 30–60 cm, (C) 60–90 cm i (D) 90–120 cm. Podczas trwającego 4 miesiące projektu prowadzono stały monitoring zmian liczebności drobnoustrojów oraz zawartości substancji organicznej. Zaobserwowano korelację pomiędzy intensyfikacją wzrostu mikroflory a zmniejszaniem zawartości zanieczyszczeń. Tabela 1 ukazuje sumaryczny efekt procesu biodegradacji zanieczyszczeń z podziałem na wszystkie analizowane strefy. Na ryc. 1 przedstawiono dynamikę populacji autochtonów oraz kinetykę redukcji poziomu skażenia dla wybranych dwóch stref: podpowierzchniowej (A) i głębokiej (D). Gwałtowna proliferacja bakterii bezpośrednio po uruchomieniu instalacji napowietrzającej (ryc. 1, strona lewa, por. słupki białe i szare) wskazuje na skuteczność zastosowanego zabiegu biostymulującego rozwój aktywnych szczepów. W dalszych etapach bioremediacji następował jednak stopniowy spadek liczebności drobnoustrojów, spowodowany wyczerpywaniem się dostępnego źródła substancji organicznej (ryc. 1, strona prawa).

Tab. 1. Zbiorcze zestawienie wyników biodegradacji *in situ* związków ropopochodnych w poszczególnych warstwach zanieczyszczonej gleby [Kaszycki i in. 2010]

Głębokość badanej warstwy gruntu (cm)	Zawartość wysokowrzących związków organicznych		Efektywność procesu biodegradacji (%)
	początkowa (mg · kg ⁻¹ s.m.)	po 4 miesiącach bioprocesu (mg · kg ⁻¹ s.m.)	
(A) 0–30	2436 ± 487	188 ± 38	92,3
(B) 30–60	2762 ± 552	882 ± 176	68,1
(C) 60–90	4205 ± 841	660 ± 132	84,3
(D) 90–120	3102 ± 620	190 ± 38	93,9

Zastosowana metoda *in situ* pozwoliła na znaczące obniżenie poziomu skażenia w glebie poddanej biorekultywacji do poziomu akceptowalnego dla obszarów przemysłowych. Dzięki wykorzystaniu aktywności bioremediacyjnej drobnoustrojów autochtonicznych udało się także zapobiec migracji skażenia wraz z wodami gruntowymi do pobliskiej rzeki.



Ryc. 1. Zmiany dynamiki liczebności bakterii autochtonicznych (strona lewa, słupki białe wskazują na liczebność mikroorganizmów przed rozpoczęciem napowietrzania) oraz poziomu zanieczyszczeń organicznych (strona prawa), w glebie oczyszczanej metodą *in situ* z zastosowaniem intensywnej biowentylacji gruntu. Przedstawione analizy dotyczą wybranych warstw geotechnicznych: (A) 0–30 cm oraz (D) 90–120 cm.

METODA BIOREMEDIACJI GLEBY *EX SITU* TECHNOLOGIĄ PRYZMOWANIA

Metody *ex situ* umożliwiają precyzyjną kontrolę bioprocesu oraz pozwalają na łatwe wprowadzanie korzystnych zabiegów optymalizacyjnych. Ich główną wadą jest natomiast zwiększony koszt, wynikający z konieczności transportu gleby z miejsca wystąpienia zanieczyszczenia oraz potrzeba konstrukcji i wydzielenia specjalnego stanowiska oczyszczania. Niemniej jednak, pozwalają przyspieszyć osiągnięcie końcowego efektu, a oczyszczona gleba znajduje zastosowanie jako wartościowy składnik podłoży w zieleni miejskiej lub podczas tworzenia pasów zieleni wzdłuż szlaków komunikacyjnych. Ponadto, gleba ta może być stosowana do rekultywacji hałd, wyrobisk oraz innych obszarów zdegradowanych wskutek działalności przemysłowej.

Podstawowym zabiegiem inicjującym biodegradację na wydzielonym stanowisku oczyszczania, w specjalnie przygotowanej tzw. przyzmy technologicznej (bioremediacyjnej), jest bioaugmentacja z wykorzystaniem aktywnych biopreparatów. Obecne w zawiesinie biopreparatu drobnoustroje są – z punktu widzenia sposobu aplikacji – organizmami alochtonicznymi, czyli podawanymi z zewnątrz. Należy jednak pamiętać, iż ze względu na pochodzenie tych drobnoustrojów, są to również autochtony, pozyskane z zanieczyszczonych gleb według procedur opisanych w części I artykułu. Mikroorganizmy zaszczepia się techniką zraszania powierzchniowego, po czym proliferują one w zanieczyszczonym środowisku glebowym wewnątrz utworzonej przyzmy. Wszelkie inne czynności biotechniczne mają na celu stworzenie drobnoustrojom optymalnych warunków do rozwoju, czyli są działaniami biostymulacyjnymi.

Przedstawione poniżej przykłady oczyszczania metodą *ex situ* pochodzą z bogatego dorobku naszego Zespołu. Te oraz inne praktyczne osiągnięcia w dziedzinie biologicznej rekultywacji wód i gleb opisano w pracach szczegółowych oraz przeglądowych [Kaszycki i Kołoczek 2005; Kołoczek i Kaszycki 2006; Kaszycki i in. 2001, 2002, 2011].



Fot. 1. Widok przyzmy technologicznej utworzonej z gleby oczyszczanej metodą *ex situ* na wydzielonym stanowisku oczyszczania [P. Kaszycki]

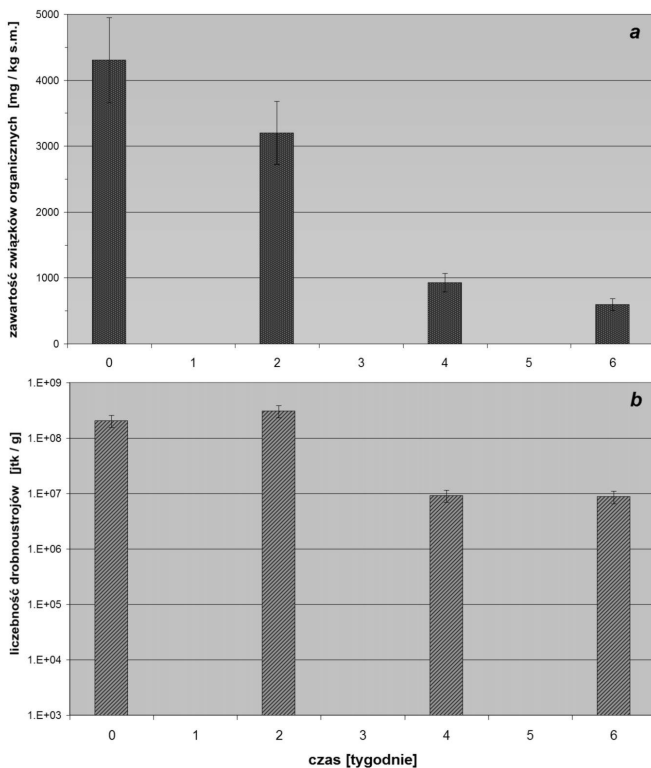
Bioremediację zaolejonej (średnia zawartość zanieczyszczeń wynosiła $4300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), piaszczystej gleby, pochodzącej z terenu stacji paliw, prowadzono w dwóch przyzmach testowych o wysokości

120 cm i powierzchni 10 m². Gleba została rozdrobniona, spulchniona poprzez zmieszanie z ok. 5% dodatkiem kory oraz wzbogacona niezbędnymi składnikami mineralnymi poprzez dodanie nawozów: Azofoski, saletrzaku oraz dolomitu. Dawki nawozowe ustalono, uwzględniając poziom zanieczyszczeń organicznych oraz kierując się optymalnym dla oczyszczanej gleby stosunkiem C:N:P, wynoszącym około 100:10:5. Po upływie dwóch tygodni przyzmy zaszczepiono biopreparatem ZB-01 w objętości 15 dm³ zawiesiny o standardowej liczności drobnoustrojów wynoszącej: 10⁹ jtk · cm⁻³), a następnie nawodniono tak, aby umożliwić rozwój mikrobiocenozy glebowej. Zdjęcie typowej przyzmy technologicznej na stanowisku oczyszczania gruntu ukazuje fot. 1.

Jednym z celów pracy była analiza wpływu dostępu tlenu na szybkość biodegradacji zanieczyszczeń węglowodorowych. Dlatego też w przyzmy badanej zapewniono swobodną wymianę gazową poprzez częste mechaniczne mieszanie, natomiast do przyzmy drugiej, kontrolnej, jedynie doszczepiano świeże kultury drobnoustrojów. Zawartość skażeń monitorowano według standardowej procedury oznaczania wysokowrzących substancji organicznych w glebie. Liczebność mikroorganizmów glebowych określano standardową metodą płytkową Kocha. Próbkę gleby do analiz pobierano z pięciu różnych miejsc, a następnie mieszano w celu uzyskania reprezentatywnego, uśrednionego wyniku. Po każdym cyklu analitycznym, obie przyzmy doszczepiano kolejną porcją (15 dm³) biopreparatu.

Wyniki oznaczeń koncentracji związków organicznych oraz dynamiki populacji drobnoustrojów glebowych podczas prowadzonego procesu oczyszczania w przyzmy badanej przedstawia ryc. 2.

W przyzmy, po zaszczepieniu i regularnym przewietrzaniu nastąpiło dynamiczne zmniejszenie zawartości związków ropopochodnych (do 600 mg · kg⁻¹ gleby w ciągu 6 tygodni). Natomiast w nie-napowietrzanej przyzmy kontrolnej, obserwowany spadek stężenia był niewielki (3240 mg · kg⁻¹ po 13 tygodniach), pomimo dużej liczności bakterii (ok. 10⁸ jtk · g⁻¹, dane nie prezentowane). Porównanie obu wyników wskazuje, że warunkiem ograniczającym bioremediację był brak swobodnej wymiany gazowej hamujący metabolizm drobnoustrojów.



Ryc. 2. Bioremediacja zanieczyszczeń ropopochodnych metodą *ex situ* w warunkach intensywnej wymiany gazowej w przyłomie technologicznej: (a) obserwacje kinetyki biodegradacji związków organicznych; (b) dynamika populacji bakterii glebowych po zaszczerpieniu przyłomu biopreparatem ZB-01 [Kaszycki i in. 2011]

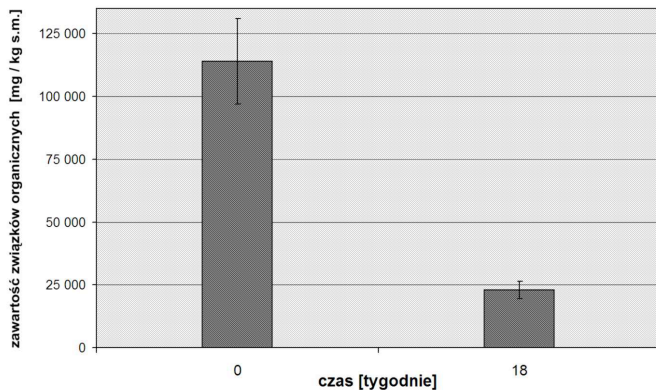
Proces rekultywacji prowadzony w optymalizowanych warunkach należy uznać za zadowalająco szybki i skuteczny, a końcowe parametry oczyszczonej ziemi, osiągnięte po ponad 7-krotnym spadku zawartości zanieczyszczeń, były zbliżone do norm charakteryzujących tzw. strefę „B” obszarów sozologiczno-urbanistycznych (np. tereny zabudowy gospodarczej i mieszkaniowej), według obowiązujących standardów ekologicznych [Rozporządzenie Ministra Środowiska 2002].

METODA INTENSYFIKOWANEJ BIOREMEDIACJI GLEBY EX SITU W WARUNKACH WYSOKICH POZIOMÓW ZANIE- CZYSZCZEŃ

Biologiczna rekultywacja technologią *ex situ*, dzięki możliwości podjęcia działań intensyfikacyjnych, pozwala na uzyskanie korzystnych efektów oczyszczania środowiska glebowego nawet w przypadku skażeń występujących w szczególnie wysokich stężeniach. Potencjał tej metody jest nieporównywalny z innymi stosowanymi biotechnologiami. Można to wykazać na podstawie opisanego w niniejszym rozdziale przedsięwzięcia oczyszczania szlamów porafineryjnych o zawartości związków organicznych znacznie przekraczającej 10% (100 000 mg · kg⁻¹ s.m.) [Kaszycki i in. 2011].

Metodę intensyfikowanej bioremediacji zastosowano w celu biodegradacji dużych stężeń uciążliwych zanieczyszczeń na przemysłowym stanowisku oczyszczania gruntu. Utworzono przyrmę technologiczną o wysokości 150 cm i objętości ok. 90 m³, zawierającą glebę ekstremalnie zanieczyszczoną (114 000 mg · kg⁻¹) szlamami z separatorów olejowych. Swobodną penetrację tlenu zapewniono poprzez system biernej aeracji, utworzony z gęstej sieci rur drenarskich. W celu przyspieszenia procesu biologicznego utleniania zanieczyszczeń, przyrmę pięciokrotnie zraszano powierzchniowo zawiesiną biopreparatu zawierającego aktywne drobnoustroje, w łącznej dawce wynoszącej 3,5 dm³ nakażdą tonę gleby. Początkowo liczebność drobnoustrojów wzrosła po zaszczepieniu ponad 40 razy, osiągając wartość 3,6 · 10⁶ jtk · g⁻¹ gleby.

Opisane zabiegi optymalizacyjne pozwoliły na uzyskanie znaczącego, ponad 5-krotnego obniżenia poziomu zanieczyszczeń w ciągu 18 tygodni od momentu zaszczepienia przyrmy; zawartość związków organicznych zmalała do wartości 22 900 mg · kg⁻¹ (ryc. 3.). Są to jak dotąd jedne z najlepszych rezultatów, jakie udało się osiągnąć w ciągu niespełna jednego sezonu biologicznej rekultywacji. Aktywne w glebie bakterie okazały się bowiem zdolne do biologicznego rozkładu ponad 90 g węglowodorów przypadających na każdy kilogram zanieczyszczonej gleby.

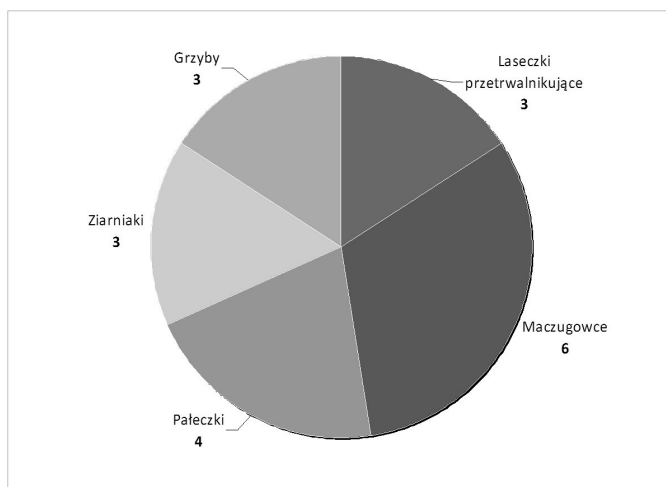


Ryc. 3. Likwidacja skażeń węglowodorowych, pochodzących z separatorów olejowych, metodą intensyfikowanej bioremediacji gleby *ex situ* [Kaszycki i in. 2011]

MIKROBIOLOGICZNA METODA POPRAWY JAKOŚCI SUROWCÓW PRZEMYSŁU CERAMICZNEGO

Jednym ze specyficznych zastosowań drobnoustrojów autochtonicznych i wytworzonych na ich bazie biopreparatów mikrobiologicznych jest bioutlenianie substancji organicznej, występującej jako zanieczyszczenie w surowcach przemysłu ceramicznego. Związki organiczne są obecne w wielu złożach ilów towarzyszących pokładom węgla brunatnego i występują głównie w postaci pochodnych węgla brunatnego, takich jak kwasy huminowe, fulwowe, polifenole czy huminy. Zanieczyszczenia te są przyczyną obniżenia jakości surowców ilastych, przekładając się na ich niską wartość użytkową, co stanowi poważny problem przemysłu ceramicznego. Konsekwencją obecności węgla organicznego są niekorzystne właściwości materiału, takie jak wzrost porowatości, spadek wytrzymałości mechanicznej oraz zmiany zabarwienia, a zwłaszcza powstawanie czarnych przebarwień po wypaleniu (spadek białości). Zauważono jednak, że substancja organiczna może stanowić dogodne źródło energii dla specyficznych szczepów mikroorganizmów [Kaszycki i in. 2012]. Podjęto więc próbę wykorzystania mikroflory auto- i alochtonicznej do poprawy jakości tych ważnych surowców przemysłowych [Supel i in. 2011; Kaszycki i in. 2012b; Zajdel-Kaleta i in. 2012].

Jako materiał badawczy do analiz wykorzystano ilt jurajski ze złoża Mokrsko, charakteryzujący się podwyższoną zawartością frakcji organicznej oraz związków żelaza. Surowiec ten cechuje się intensywnym brunatnym zabarwieniem, znacząco obniżającym przydatność przemysłową [Kozydra i in. 1977]. W pierwszym etapie prac stwierdzono obecność i oceniono liczebność mikroflory autochtonicznej w badanym iltie metodą posiewów płytkowych wg Kocha. Oznaczono 19 szczepów drobnoustrojów autochtonicznych – pro- i eukariotycznych, które zestawiono w postaci głównych grup systematycznych na ryc. 5.



Ryc. 4. Udział głównych grup drobnoustrojów (n=19), zidentyfikowanych w materiale ilastym z Mokrska

Oznaczono liczebność mikroflory autochtonicznej, wynoszącą $7,1 \cdot 10^3$ jtk \cdot g⁻¹ materiału, natomiast po dwutygodniowej inkubacji w zawiesinie wodnej odnotowano dynamiczny wzrost gęstości biomasy, osiągający wartość rzędu 10^8 jtk \cdot cm⁻³. Wzrost ten był spowodowany korzystnymi warunkami inkubacji (wymiana tlenowa zapewniona poprzez mieszanie, dostępność składników mineralnych w podłożu ilastym oraz obecność przyswajalnej frakcji organicznej). Dodatkowo, rozwój populacji drobnoustrojów stymulowano suplementacją substancji troficznych (bakto-pepton, ekstrakt drożdżowy).

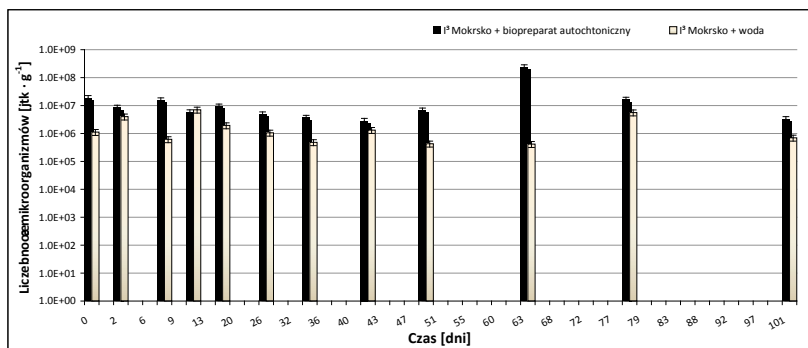
İl ze złoża Mokrsko zadano wodnym roztworem opisanych wyżej nutrientów, a następnie inkubowano przez 20 dni. Analizy zawartości

węgla: całkowitego, organicznego oraz nieorganicznego pozwoliły wykazać znaczne zmniejszenie zawartości każdego z komponentów (tab. 2).

Tab. 2. Zmiany zawartości węgla podczas inkubacji iłu ze złoża Mokrsko w zawieszynie wodnej [Zajdel-Kaleta i in. 2012]

Fracja węgla	całkowity			organiczny			nieorganiczny		
	0	10	20	0	10	20	0	10	20
Czas obserwacji (dni)	0	10	20	0	10	20	0	10	20
Zawartość węgla (%)	1,87	1,73	1,39	2,23	1,95	1,51	0,36	0,22	0,12

W kolejnym etapie eksperymentu, na bazie drobnoustrojów wyizolowanych z wodnych ekstraktów iłu wytworzono specyficzny biopreparat, który, po namnożeniu, podano do próbek zwilżonego iłu w celu biodegradacji zanieczyszczenia organicznego. Test trwał ponad 3 miesiące i potwierdził wysoką przeżywalność drobnoustrojów. Przez cały czas obserwacji, zaszczerpione próbki charakteryzowały się większą liczebnością drobnoustrojów w porównaniu z kontrolą (ił niezaszczerpiony, ryc. 5), co było skutkiem przyswajania dostępnej frakcji organicznej. Wyniki oznaczeń sumy związków wysokowrzących ($T_w > 105^\circ\text{C}$) metodą ekstrakcji eterem naftowym, wykonanych w początkowej i końcowej fazie eksperymentu, wskazują na znaczący spadek (ok. 30%) ogólnej zawartości związków organicznych (odpowiednio 4074 i 2836 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ materiału).



Ryc. 5. Zmiany liczebności drobnoustrojów autochtonicznych podczas testu bioremediacji zanieczyszczeń organicznych w próbce iłu ze złoża Mokrsko

Doświadczenie wykazało, że substancja organiczna obecna w ile ze złoża Mokrsko stanowi dogodne źródło węgla dla mikroorganizmów autochtonicznych i podlega metabolicznemu rozkładowi. Postuluje się zatem opracowanie biotechnologii mikrobiologicznej poprawy jakości zanieczyszczonych surowców ceramicznych.

PERSPEKTYWY WYKORZYSTANIA GLEBOWYCH MIKROORGANIZMÓW AUTOCHTONICZNYCH

Przedstawione wyżej przykłady praktycznych działań rekultywacyjnych wskazują, że zakres możliwości wykorzystania mikroorganizmów autochtonicznych dla odnowy środowiska glebowego jest ogromny. Należy tu podkreślić, że potencjał biochemiczny drobnoustrojów występujących w środowisku przyrodniczym jest niezwykle zróżnicowany, a bogactwo wytwarzanych enzymów pozwala na podjęcie prób odnalezienia takich aktywności biochemicznych, które umożliwią przemiany związków uznawanych dotychczas za całkowicie odporne na biodegradację. Powyższe cechy, w połączeniu z wielką bioróżnorodnością i zdolnością adaptacyjną tych organizmów do często skrajnie niekorzystnych warunków środowiska, otwierają perspektywę znacznie szerszych zastosowań.

W pracy nie poruszono, między innymi, istotnego zagadnienia związanego z nowoczesnym podejściem, stosowanym w biotransformacji odpadów organicznych, osadów ściekowych oraz dennych, prowadzącym do wytworzenia wartościowych dla rolnictwa kompostów. Problemowi temu poświęca się jednak wiele uwagi i tematyka powyższa jest również przedmiotem prac naukowo-badawczych realizowanych na Wydziale Ogrodniczym Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Ponadto, bakterie i drożdże środowiskowe mogą być wykorzystane jako biotechnologiczne narzędzie w celu ukierunkowania przemian konwencjonalnych plastików (polietylen, polipropylen, itp.) do produktów w pełni biodegradowalnych, takich jak np. biopolimery powstałe w wyniku syntezy polihydroksyalkanianów (np. polihydroksymaślan, PHB) [Kowalczyk i Żakowska 2012]. Mikroorganizmy glebowe, ze względu na ich zdolności do prowadzenia różnorodnych procesów biotransformacji, fermentacji, degradacji oraz asymilacji, będą również wykorzystywane w celu opracowania nowych, biologicznych metod poprawy jakości mieszanek i podłoży uprawowych stosowanych w nowoczesnym rolnictwie.

LITERATURA

- Kaszycki P., Kołoczek H. 2005. *Biotechnologie stosowane w odnowie gleby zanieczyszczonej substancjami ropopochodnymi*. [w:] „Ochrona środowiska naturalnego w XXI wieku – nowe wyzwania i zagrożenia.” (red.) Wiech K., Kołoczek H., Kaszycki P., wyd. Fundacja F.W.O. AR w Krakowie, Kraków, 41–56.
- Kaszycki P., Krawczyk A., Kołoczek H. 2002. *Stan i perspektywy biodegradacji ropopochodnych zanieczyszczeń w glebach południowej części Polski*. Ekoinżynieria dla Ekorozwoju: Inżynieria Ekologiczna 7, 15–22.
- Kaszycki P., Krawczyk A., Kołoczek H., Solecki T. 2001. *Zastosowanie nowatorskiej technologii oczyszczania gleby metodą biologiczną in situ w warunkach zagrożenia wód Dunajca*. Biopreparaty w ochronie i użytkowaniu środowiska: Inżynieria Ekologiczna 4, 9–14.
- Kaszycki P., Pawlik M., Petryszak P., Kołoczek H. 2010. *Aerobic process for in situ bioremediation of petroleum-derived contamination of soil: a field study based on laboratory microcosm tests*. Ecol. Chem. Eng. A 17 (4–5), 405–414.
- Kaszycki P., Petryszak P., Pawlik M., Kołoczek H. 2011. *Ex situ bioremediation of soil polluted with only waste: the use of specialized microbial consortia for process bioaugmentation*. Ecol. Chem. Eng. S 18(1), 83–92.
- Kaszycki P., Supel P., Wyszomirski P., Zajdel-Kaleta A. 2012a. *Innowacyjne biotechnologie uszlachetniania ceramicznych surowców ilastych*. [w:] Innowacyjne technologie pozyskiwania najważniejszych surowców ceramicznych i szklarskich. (red.) Lewicka E., Studia, Rozprawy, Monografie Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, Wyd. Inst. Gosp. Sur. Min. i Energią PAN, Kraków, 49–71.
- Kaszycki P., Supel P., Zajdel-Kaleta A., Wyszomirski P. 2012b. *Wykorzystanie drobnoustrojów do poprawy jakości ilastych surowców przemysłu ceramicznego*. Materiały konferencyjne XXVII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Mikrobiologów „Drobnoustroje bez granic”, 5–8 września 2012, Lublin, P-V-164.
- Klimiuk E., Łebkowska M. 2003. *Biotechnologia w ochronie środowiska*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kołoczek H., Kaszycki P. 2006. *Bioremediacja zanieczyszczeń rafineryjnych w środowisku gruntowo-wodnym*. [w:] Metody usuwania zanieczyszczeń węglowodorowych ze środowiska gruntowo-wodnego. (red.) S. Rychlicki, wyd. Uczelniane Wyd. Nauk.-Dyd. AGH, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków.
- Kołwzan B. 2005. *Bioremediacja gleb skażonych produktami naftowymi wraz z oceną ekotoksykologiczną*. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

- Kowalczyk M., Żakowska H. (red.) 2012. *Materiały opakowaniowe z kompostowalnych tworzyw polimerowych*. Praca zbiorowa, Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Opakowań, Warszawa.
- Kozydra Z., Marzec M., Ruszkowska H. 1977. *Katalog wybranych złóż surowców ilastych ceramiki budowlanej w Polsce*. (red.) Kozłowski S., Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz.U. z 4 października 2002 r. nr 165, poz. 1359.
- Siuta J. 2000. *Podstawy biodegradacji ropopochodnych składników w glebach i odpadach*. Technologie odolejania gruntów, odpadów, ścieków. Inżynieria Ekologiczna 2, 23–34.
- Supel (Kłapkowska) P., Kaszycki P., Białecka A., Kasprowicz A., Wyszomirski P. 2011. *Charakterystyka mikroflory autochtonicznej występującej w ceramicznych surowcach ilastych*. Materiały konferencyjne MIKROSTUDENT 2011, Łódź 21–23 października 2011, II edycja: „Mikrobiologia w medycynie, przemyśle i ochronie środowiska” Wyd. Uniw. Łódzkiego, 92–93.
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2006, nr 129, poz. 902, z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz.U. 2007, nr 39, poz. 251, z późn. zm.).
- Van Hamme J.D., Singh A., Ward O.P. 2003. *Recent advances in petroleum microbiology*. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 67, 503–549.
- Zajdel-Kaleta A., Wyszomirski P., Supel P., Kaszycki P. 2012. *Możliwości wzbogacania ceramicznych kopalni ilastych metodami mikrobiologicznymi*. Materiały konferencyjne „Polska ceramika 2012”, 9-12.09.2012r., AGH Kraków, ID A-136.

Adres do korespondencji:

Paweł Kaszycki
Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych,
Wydział Ogrodniczy
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: p.kaszycki@ogr.ur.krakow.pl

Praca zrealizowana w ramach tematu nr 3500
została sfinansowana z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW.

**OBRAZ ROLNICTWA BLISKIEGO WSCHODU
Z EPOKI BRĄZU I ŻELAZA
W POLSKICH OGRODACH BIBLIJNYCH**

A PICTURE OF AGRICULTURE OF THE MIDDLE EAST FROM THE
BRONZE AND THE IRON AGE IN POLISH BIBLICAL GARDENS

Abstrakt. Ogród biblijny jest typem ogrodu tematycznego i edukacyjnego, w którym prezentowane są treści biblijne. Jedną z przedstawianych w nich dziedzin jest rolnictwo z terenów „Żyźnego Półksiężycza”, stan jego rozwoju i osiągnięcia w okresie, o którym opowiada Biblia. Ten okres przypada na koniec epoki brązu i epokę żelaza charakteryzujący się dużym postępem w rolnictwie dzięki wynalezieniu i używaniu narzędzi z żelaza. W polskich ogrodach biblijnych przez aranżację miniaturowych krajobrazów pokazuje się sposoby gospodarowania i metody uprawy winorośli, a poprzez rekwizyty i ryciny rodzaje narzędzi i prace rolnicze. Umieszczenie wydarzeń biblijnych w czasie i przestrzeni, wspomagane wizualizacją zrębów życia gospodarczego pomaga w lepszym rozumieniu przesłania treści biblijnych jako całości. Dodatkowym zaskoczeniem jest fakt, że mimo upływu czasu, prezentowane gatunki roślin i sposoby ich uprawy, są nadal bardzo ważne we współczesnej gospodarce człowieka.

Słowa kluczowe: *ogród biblijny, ogród edukacyjny, rolnictwo, Myczkowce, Proszowice*

Summary. A biblical garden is a type of thematic and educational garden, in which the Bible contents are presented. One of the important topics is the agriculture from the area of the Fertile Crescent, its state of development and achievements from the period depicted in the Bible. That dates to the end of the Bronze Age and early Iron Age period and is characterized by a great progress due to the invention and use of iron tools. In Polish biblical gardens ways of farming and cultivation methods are displayed in a form of miniature landscapes, while types of tools and agricultural work are presented by props and figures. Location of biblical events in time and space, enhanced by visualization of farming life of that time, enables a better understanding of the content of the biblical message as a whole. In addition, it seems to be surprising that the plant species and their growing, despite the passage of time, are still very important in modern agriculture.

Key words: *biblical garden, educational garden, agriculture, Myczkowce, Proszowice*

WSTĘP

Ogrody biblijne to szczególny typ ogrodów tematyczno-edukacyjnych, w których prezentowane są treści biblijne. W skali światowej ogrody te istnieją od połowy XX wieku, a w Polsce od pierwszego dziesięciolecia XXI wieku. Pierwszy polski ogród biblijny został udostępniony zwiedzającym w roku 2008 w Proszowicach koło Krakowa, a drugi w roku 2010 w Myczkowcach niedaleko Soliny w Bieszczadach. W obu tych ogrodach uprawia się rośliny wymieniane w Biblii, a dodatkowo przedstawia się w nich aranżacje miniaturowych krajobrazów, co ma na celu wizualizację sposobów uprawy roślin praktykowanych na starożytnym Bliskim Wschodzie. Prezentuje się też modele narzędzi rolniczych używanych w tamtych czasach. Taka konstrukcja ogrodu umożliwi nie tylko poznanie samych roślin i sposobów ich uprawy, ale pozwala także na wyobrażenie sobie realiów gospodarczych z czasów biblijnych.

UMIEJSCOWIENIE WYDARZEŃ BIBLIJNYCH W CZASIE

Okres działalności człowieka na kuli ziemskiej podzielono na epoki, którym najczęściej nadawano nazwy podstawowego surowca używanego w danym okresie do wyrobu narzędzi. W nauce podział ten został rozpowszechniony przez duńskiego naukowca Christiana Jürgensena Thomsena, poczynając od roku 1819. Stąd nazwy epok: kamienia, brązu, żelaza.

Hezjod żyjący w VIII lub VII wieku przed Chrystusem w swoim dziele poetyckim „Prace i dnie” użył jako przenośni, podziału czasu na epoki, w których pojawiają się metale, w tym spiż, rozumiany też jako brąz, i żelazo. Przedstawił on kolejne epoki rozwoju ludzkości. Pierwszą wg niego była epoka złota, kiedy ludzie „żyli w dostatku i radośnie, od wszelkich cierpień z daleka”, po niej nastąpiła epoka srebra, spiżu, prawa i wreszcie epoka żelaza, w której żył. Według niego wyznacznikiem tych epok było pogarszanie się ludzkich obyczajów [Górny 2010].

Użycie metali jako wyznacznika epok rozwoju cywilizacji można również odnaleźć w dziele „O naturze wszechrzeczy” Lukrecjusza żyjącego od ok. 95 do ok. 55 roku przed Chrystusem gdzie czytamy [Górny 2010]:

Teraz Memmiuszu, łatwo ci to rozpoznać pójdzie,
Jak naturę żelaza odkryli dawni ludzie.
Bronią im najpierw były zęby, pazury, pięści,
Kamienie, potem pałki z twardych konarów części,
Potem ogień, gdy tylko zaczęto go używać,
Wreszcie spiż i żelaza siła nieustępliwa.
Wpierw też spiż znali ludzie, niżli żelazo rdzawe,
Bo miększy. Większą ilość łatwo go zdobyć nawet.
Ziemie więc spiżem pruli, spiż do wojennej wrzawy
Mieszał się, krew z ran tocząc. Przez sąsiedzkie rozprawy
Bydło i pola innym zabierał, bo przed spiżem
Wszystko nieuzbrojone zmykało jak najchyżej.
Potem z wolna w użytek wszedł miecz żelazny, bardziej
Zdatny, klingi spiżowe znalazły się w pogardzie.
Tylko pługiem z żelaza orano pola swoje,
Ono też wyrównało sprzęt nieustannych wojen [wiersze 1281–1296].

Epoka brązu obejmuje lata 3200–1200 i jej schyłek jest opisany w początkowych wydarzeniach Starego Testamentu. Na ostatni okres późnego brązu (1550–1200 przed Chr.) datuje się wyjście Izraelitów z Egiptu [Mare 1988]. Z kolei epoka żelaza to lata 1200-ok. 586 przed Chrystusem [Mare 1988; Mazar 1990; Matthews 1995; Górny 2010], i na ten czas przypadają wydarzenia od czasów wyjścia Izraelitów z Egiptu pod wodzą Mojżesza do niewoli babilońskiej. Niektórzy uważają, że koniec epoki żelaza przypada na rok 539 przed Chr. [Mazar 1990]. Po nim następuje okres perski (586–332), okres hellenistyczny (332–63 przed Chr.) i okres rzymski (63 przed Chr. do 324 po Chr.) [Mare 1988].

Brąz w pojęciu metalurgicznym to stop miedzi z innymi składnikami stopowymi, którymi mogą być różne metale z wyjątkiem cynku i niklu [Górny 2011]. Najczęściej stosowane były stopy miedzi z dodatkiem cyny w ilości 10%. Górny [2011] zaleca, aby w tekstach biblijnych używać określeń: miedź, stop miedzi lub brąz, a unikać słowa spiż, oznaczającego brązy cynowo-ołowiowe. Pierwszą wzmiankę o topieniu metali zawiera Księga Rodzaju w opisie zniszczenia Sodomii i Gomory: „Abraham, wstawszy rano, udał się na to miejsce, na którym przedtem stał przed Panem. I gdy spojrział w stronę Sodomii

i Gomory i na cały obszar dokoła, zobaczył unoszący się nad ziemią gęsty dym, jak gdyby z pieca, w którym topią metal” (Rdz 19, 27–28). Nie ma w tym opisie sprzeczności z faktami archeologicznymi, gdyż w Mezopotamii pierwsze odlewy datuje się na okres 4500 a 3500 lat przed Chrystusem [Górny 2010]. Zatem czas, na który przypada życie Abrahama (ok. 2000 lat przed Chr.) nie stoi w sprzeczności z naukowymi odkryciami dotyczącymi wytopu metali z rud, gdyż uważa się, że człowiek sięgnął po metale nie później niż 9000 lat przed Chr. [Górny 2011].

Z kolei Mojżesz porównał warunki w jakich przebywali Żydzi w niewoli egipskiej do warunków w piecu do topienia żelaza: „A was Pan wybrał sobie, wyprowadził was z pieca do topienia żelaza, z Egiptu, abyście się stali Jego ludem, Jego własnością, jak dziś jesteście” (Pwt 4,20), co zawierają też słowa: „Wszak Twoim ludem i Twoim dziedzictwem są ci, których wyprowadziłeś z Egiptu, spośród tego pieca do topienia żelaza” (1 Krl 8,51) i „Przeklęty człowiek, który nie słuca słów tego przymierza, jakie dałem przodkom waszym, gdy wyprowadzałem ich z Egiptu, z pieca do topienia żelaza ...” (Jr 11,3–4). W całej Biblii jest około 15 wzmianek o piecach do topienia metali [Flis 1996].

Autor księgi Powtórzonego Prawa przedstawiając Ziemię Obiecaną napisał: „Albowiem Pan, Bóg twój, wprowadzi cię do ziemi pięknej, ziemi obfitującej w potoki, źródła i strumienie, które tryskają w dolinie oraz na górze – do ziemi pszenicy, jęczmienia, winorośli, drzewa figowego i granatowego – do ziemi oliwek, oliwy i miodu – do ziemi, gdzie nie odczuwając niedostatku, nasycisz się chlebem, gdzie ci niczego nie zabraknie – do ziemi, której kamienie zawierają żelazo, a z jej gór wydobywa się miedź” (Pwt 8,7–9).

Księga Syracha ukazuje, że oprócz podstawowych składników diety i odzienia ważne jest żelazo, metal pozwalający uzyskać sprawniejsze narzędzia: „Rzeczy pierwszej potrzeby dla życia człowieka – to: woda, ogień, żelazo i sól, mąka pszenna, mleko i miód, krew winogron, oliwa i odzienie” (Syr 39,26).

Izraelici przybywający do Kanaanu nie posiadali broni ani narzędzi z żelaza, w przeciwieństwie do Kananejczyków [Górny 2011], a o ich królu – Jabinie tak mówi Biblia: „Jabin bowiem miał dziewięćset żelaznych rydwanów i nielitościwie uciskał Izraelitów przez

lat dwadzieścia” (Sdz 4,3). Podobnie było w okresie Sędziów, kiedy nadal trwały walki z Kananejczykami, co potwierdza cytat biblijny odnoszący się do czasów panowania Debory (XII w przed Chr.): „Zanikło życie w osiedlach, zanikło w Izraelu, aż powstała Debora, powstała jako matka w Izraelu. Gdy nowych bogów obrano, którym dawniej nie służyli, czyż widać było choć jedną tarczę lub dzidę wśród czterdziestu tysięcy w Izraelu?” (Sdz 5,7–8). Jest o tym mowa również w innym fragmencie Biblii: „W całej ziemi izraelskiej nie było wtedy żadnego kowala, dlatego że mówili Filistyni: Niech Hebrajczycy nie sporządzają sobie mieczów i włóczyń! Wszyscy Izraelici chodzili do Filistynów ostrzyć swój lemiesz, topór, siekierę lub motykę. Potem płacili za ostrzenie lemiesza i topora dwie trzecie sykla, a jedną trzecią sykla za siekierę lub motykę. Tak się więc stało, że w czasie wojny nikt z ludzi, którzy byli z Saulem i Jonatanem, nie miał ani miecza, ani włóczni; mieli je tylko Saul i syn jego, Jonatan” (1 Sm 13,19–22). Opis zbroi Goliata wojownika filistyńskiego wskazuje na wysoki kunszt wyrobów z brązu, a także na istnienie żelaza, z którego wykonane było ostrze włóczni (1 Sm 17,5–7). Izraelici stopniowo, ale nie wcześniej niż od X wieku przed Chr. wprowadzali narzędzia wykonane z żelaza [Isserlin 1998]. Najstarsze, pojedyncze znalezisko żelaznego kilofa, czyli narzędzia wykonanego ze stali, będącej zahartowanym stopem żelaza z węglem [Górny 2010] pochodzi z Górnej Galilei z Har Adir i jest datowane na XI w. przed Chr. [Mazar 1990].

Podane fragmenty biblijne wskazują, że czas przybycia i osiedlenia się Izraelitów w ziemi kanaanejskiej, to czas, w którym używano już broni i innych narzędzi wykonanych z żelaza, a więc była to epoka żelaza. Borowski [1987] i Isserlin [1998] uważają, że osiedlanie Izraelitów odbywało się etapami i pierwsze ślady świadczące o tym procesie pochodzą z okresu X i IX wieku przed Chr, a kolejne z VIII i VII wieku. Nowi osadnicy zajmowali bezpieczne, ale i puste, górzyste niezagospodarowane tereny, obfitujące w pastwiska, co umożliwiała wypas kóz i owiec [Borowski 1987; Mazar 1990; Har-El 2003]. Potwierdzenie tego znajdujemy również w niektórych cytatach biblijnych: „Wprowadziłeś ich i osadziłeś na górze twego dziedzictwa, w miejscu, które uczyniłeś swym mieszkaniem ...” (Wj 15,17), „Z Jakuba wywiodeś potomstwo, z Judy – dziedzica mych gór. Moi wybrani odziedziczą krainę i moi słudzy mieszkać tam będą” (Iz 65,9).

Zagospodarowanie wzgórz było możliwe dzięki zastosowaniu systemu tarasów, które umożliwiały zatrzymywanie wody opadowej i przeciwdziałały erozji gleby. Izraelici byli pierwszym ludem, który w ten sposób zagospodarował część wzgórz Pustyni Judzkiej i Negewu, rozprzestrzeniając dalej swe osady wzdłuż koryt rzek okresowych aż do En-Gedi [Har-El 2003]. Borowski [1987] dodaje do tych ziem Góry Efraima i zadrzewione tereny Galilei. Tyloch [1974] wskazuje trzy rejony osiedlenia się Izraelitów: na południu wokół Hebronu, w środkowej części kraju w okolicach Betel i na północy kraju. Biblia tak opisuje zasięg południowych terytoriów przypadających pokoleniu Judy: „Pokolenie potomków Judy otrzymało losem swój dział według rodów ku granicy Edomu na pustyni Sin na południe, aż do najdalszych krańców południowych. Ich granica południowa biegła od południowego krańca Morza Słonego, od wybrzeża zatoki południowej i kierowała się dalej na południe od Wzgórza Skorpionów, przechodziła przez Sin i szła na południe do Kadesz-Barnea, stąd do Chesron, wznosiła się ku Addarowi i zwracała się do Karkaa; dalej przechodziła przez Asmon, dosięgała Potoku Egipskiego i kończyła się nad brzegiem morza: Taka będzie wasza granica południowa” (Joz 15,1–4). Warto podkreślić, że nowi osadnicy mogli rolniczo użytkować te tereny dopiero po wcześniejszym wykarczowaniu roślin drzewiastych, wydobyciu kamieni z górnej warstwy podłoża i wykonaniu tarasów. Poświadcza to również tekst biblijny: „Otrzymałeś kraj górzysty i zalesiony: powinienes go wykarczować i jego granice zająć” (Joz 17,18) a także odkrycia archeologiczne wskazujące, że na tych terenach budowa tarasów rozpoczęła się już z początkiem ery żelaza [Borowski 1987]. Przekształcanie terenu górskiego w pole uprawne trwało długo, gdyż uzyskanie 1 akru (ok. 0,4 ha) zajmowało od 4–12 lat [Har-El 2003]. Do budowy tarasów wykorzystywano wydobyte z gleby kamienie, a ich układ podporządkowany był uzyskaniu płaskiej i jak największej powierzchni sprzyjającej gromadzeniu wody w czasie deszczy oraz niesionego z wodą mułu wzbogacającego małą miąższość gleby ornej. Tarasy wytyczały więc nie tylko trasy dróg, ale nawet kształt koryt rzek okresowych oraz miejsca osad ludzkich. Tak zagospodarowaną ziemię można było nawadniać. Do budowy tarasów przydatniejsze były stoki o ekspozycji północnej, gdyż tam dłużej się utrzymywała wilgoć, co sprzyjało uprawie

roślin [Isserlin 1998]. Hebrajskie słowo określające taras to *madrega*, [Borowski 1987] (tłumaczone jako skała w Biblii Tysiąclecia [1984]) użyte w Pnp 2,14: „Gołąbko ma, ukryta w zagłębieniach **skały**” oraz w słowach opisujących czasy ostateczne, czyli sądu Bożego zawartych w księdze Ezechiela 38,20: „Przedemną będą drżały ryby morskie i ptaki w powietrzu, zwierzęta polne i wszystko, co pełza po ziemi, i wszyscy ludzie, którzy są na ziemi. Góry się rozpękną, **skały** się zapadną i wszystkie mury runą na ziemię”. Drugi termin *sedema*, [Borowski 1987] (tłumaczony jest w Biblii Tysiąclecia jako pole) występuje w kilku fragmentach biblijnych np.: „Kazał je spalić na zewnątrz Jerozolimy, na **polach** nad Cedronem, a popiół z nich zanieść do Betel” (2 Krl 23,4), „Bo winny ich szczep ze szczepu Sodomy lub z **pól** uprawnych Gomory” (Pwt 32,32) (por. też Jr 31,39; Iz 16,8; Ha 3,17).

Do urządzenia wyrafinowanych konstrukcji systemów nawadniających na obszarze starożytnego Izraela przyczynili się Nabatejczycy, lud napływający na te tereny od VI w. przed Chr. i łatwo się asymilujący. Zbudowane przez nich systemy kanałów i cystern bardzo skutecznie zbierających ogromne ilości wody opadowej – nie tylko nadającej się do spożycia przez ludzi i zwierzęta, ale też do nawadniania pól – pozwoliły na rozkwit rolnictwa w trudnych topograficznie terenach, wciskających się głęboko w Pustynię Negew [Milne 2004]. Budowane przez nich kanały były różnej długości, niektóre z nich liczyły nawet ponad 1 km [Hepper 1992; Isserlin 1998], a muł zbierający się w postaci osadu na dnie tych zbiorników, był dodatkową korzyścią, gdyż wnoszono go na tworzone w ich sąsiedztwie poltka uprawne, aby wzbogacać ziemię. Biblijną wzmiankę o zagospodarowaniu pustyni przez króla judzkiego Ozjasza odnaleźć można w drugiej Księdze Kronik 26,10: „Wybudował również wieże w pustyni i wykopał liczne cysterny, ponieważ posiadał wiele bydła na Szefeli i na płaskowyżu – a także rolników i uprawiających winnice na wzgórzach i w ogrodach, kochał się bowiem w uprawie ziemi”.

Bodźcem do zagospodarowywania rolniczego terenów trudnych, jakimi były Pustynia Judzka i Pustynia Negew oraz okolice Morza Martwego, było występowanie tam naturalnych złóż soli, siarki i bituminu, co się wiązało z osiedlaniem pracujących tam ludzi a także z pobytym wojska nadzorującego te tereny. Prowadziły też tamtędy

szlaki handlowe z Arabii do Egiptu [Zohary 1982; Packer i Tenney 2007]. Te różnorakie działania gospodarcze powodowały popyt na żywność i były motorem rozwoju rolnictwa [Isserlin 1998].

„ŻYZNY PÓŁKSIĘŻYC” – MIEJSCE POCHODZENIA ROŚLIN BIBLIJNYCH

Nazwę „Żyzny Półksiężyc” wprowadził w XIX w. J.H. Breasted jako określenie starożytnego Bliskiego Wschodu. Odnosi się ona do obszaru bujnej wegetacji ciągnącego się od Zatoki Perskiej na wschodzie (Kuwejt, Iran, Irak, Syria, południowo-wschodnia Turcja, Liban, Jordania, Izrael) po Egipt na zachodzie [Nowiński 1970; Jankowski 2007]. Ziemia Święta wchodziła w skład terenów „Żyznego Półksiężyca” i w związku z tym występowanie gatunków roślin biblijnych można także rozpatrywać na podstawie odkryć archeologicznych z tego terenu. A był on niezwykle ważnym ośrodkiem udomowienia wielu roślin odgrywających pierwszoplanową rolę w wyżywieniu człowieka. Należały do nich przede wszystkim zboża – jęczmień i pszenica, które zostały udomowione na tym terenie około 11000 lat przed Chr. Pośród wymienionych w Biblii warzyw z tego regionu pochodzą ciecierzycyca pospolita (*Cicer arietinum*) i soczewica jadalna (*Lens culinaris*) uprawiane już ok. 9000 lat przed Chr., z tego samego okresu znany jest też len zwyczajny (*Linum usitatissimum*) [Wasylikowa 2001; Lityńska-Zajac i Wasylikowa 2005] nie tylko będący źródłem nasion oleistych, ale także surowcem do wytwarzania tkanin. Tereny te dały też sporo odmian roślin sadowniczych, a wśród nich winorośl (*Vitis*), oliwkę (*Olea*), granat (*Punica*), palmę daktylową (*Phoenix dactylifera*), szarańczyn (*Ceratonia siliqua*). Archeobotaniczne dowody na uprawę winorośli znalezione w Jerycho są datowane na 5200 lat przed Chr. [Lityńska-Zajac i Wasylikowa 2005]. Z tego okresu pochodzą też pozostałości figi pospolitej (*Ficus carica*) i granatu właściwego (*Punica granatum*) znalezione w Gezer [Nowiński 1977; Hepper 1992]. Z kolei znaleziska pozostałości uprawnej oliwki i palmy daktylowej pochodzą z okresu 4300-3300 lat przed Chr. [Westenholz 1998].

Ponieważ wymienione gatunki roślin pochodzące z terenów „Żyznego Półksiężyca” są w Biblii przywołane wielokrotnie, dlatego

są też eksponowane w ogrodach biblijnych. W obu polskich ogrodach biblijnych uprawia się jęczmień (*Hordeum hexastichon*) i cztery gatunki pszenic: pszenicę płaskurkę (*Triticum diccicum*), pszenicę twardą (*Triticum durum*), pszenicę orkisz (*Triticum spelta*) i pszenicę egipską (*Triticum turgidum*). Pierwsza z nich jest przykładem gatunku pszenicy, której ziarniak zrosnięty jest z plewą, ostatni zaś to gatunek pszenicy, której kłos jest rozgałęziony i w związku z tym dobrze obrazuje sen faraona: „A kiedy znów zasnął, miał drugi sen. Przyśniło mu się siedem kłosów wyrastających z jednej łodygi, zdrowych i pięknych. A oto po nich wyrosło siedem kłosów pustych i zniszczonych wiatrem wschodnim. I te puste kłosy pochłonęły owych siedem kłosów zdrowych i pełnych. Potem faraon przebudził się. Był to tylko sen” (Rdz 41,5–7).

Figa pospolita, granat właściwy, oliwka europejska i palma daktylowa w obu ogrodach są uprawiane w pojemnikach, które na okres zimy przenosi się do pomieszczeń ogrzewanych. Figi i granaty owocują, co wzbudza duże zainteresowanie wśród zwiedzających, podobnie jak widok kwitnącej oliwki, u której jednak obserwuje się zawiązywanie małej ilości owoców.

Tereny Kanaanu nie były tak dogodne do uprawy warzyw jak Egiptu, gdzie pola nawadniano wodami Nilu i dlatego przywoływane nazwy warzyw w Biblii najczęściej związane są ze wspomnieniami Izraelitów z okresu ich pobytu w kraju nad Nilem, co prezentuje fragment z księgi Liczb: „Wspominamy ryby, któreśmy darmo jedli w Egipcie, ogórki, melony, pory, cebulę i czosnek. Tymczasem tu ginimy, pozbawieni tego wszystkiego. Oczy nasze nie widzą nic poza manną” (Lb 11,5–6). Inne gatunki warzyw: ciecierzycza pospolita (*Cicer arietinum*), soczewica jadalna (*Lens culinaris*), bób (*Vicia faba*) oraz zioła: koper ogrodowy (*Anethum graveolens*), kmin rzymski (*Cuminum cyminum*), mięta długolistna (*Mentha longifolia*), kolendra siewna (*Coriandrum sativum*), czarnuszka siewna (*Nigella sativa*) wymieniane są w tekstach biblijnych, choć rzadko. Ich uprawa w ogrodach biblijnych w Polsce jest jednak możliwa. Jedną z ciekawszych roślin biblijnych jest tykwa pospolita (*Lagenaria siceraria*), której owoce są wprawdzie jadalne, ale dużo większe znaczenie miały po wysuszeniu, gdy stawały się naczyniami wykorzystywanymi w codziennym życiu domowym jako miski, łyżki, butelki itp. Nazwa tej rośliny w tekście

biblijnym ukryta jest pod nazwą miejscowości Dilan wymienionej w księdze Jozuego (15,37–38).

Duże znaczenie poznawcze ma prezentacja starożytnej metody uprawy winorośli w obu polskich ogrodach biblijnych. W ogrodzie biblijnym w Myczkowcach założono winnicę składającą się z 50 krzewów winorośli, którą otoczono kamiennym murem. W środku umieszczono dość wysoką budowlę (4 m) obrazującą wieżę strażniczą, z cokołu której strażnik obserwował winnicę, chroniąc ją w ten sposób przed zniszczeniem przez zwierzęta lub przed złodziejami. Każdy krzew winorośli jest podparty stertą kamieni w formie stożka, na której pokładają się pędy krzewu. Taki sposób uprawy winorośli był stosowany zwłaszcza na terenach graniczących z pustyniami, gdzie występuje charakterystyczne zjawisko obfitego opadu rosy nad ranem, spowodowane dużymi różnicami temperatur między nocą a dniem. Pokładające się pędy na powierzchni kamiennego stożka chłoną całą powierzchnią liści wilgoć i jednocześnie przeciwdziałają parowaniu wody pozostającej pod ich przykryciem. Przy tym sposobie uprawy wykorzystywano też ciepło gromadzące się w nagranych za dnia kamieniach, które stopniowo oddawane nocą łagodziło duże spadki temperatur wysokich za dnia i niskich w nocy. Winogrona uzyskiwane tą metodą są większe i bardziej słodkie od owoców uzyskanych z roślin uprawianych na drewnianych, pionowych podpórach. Takie spostrzeżenie odnotował ogrodnik zajmujący się ogrodem biblijnym w Proszowicach, gdzie obok winnicy prowadzonej przy użyciu podpór drewnianych posadzono krzew winorośli w stożku kamiennym.

NARZĘDZIA ROLNICZE Z CZASÓW BIBLIJNYCH EKSPONOWANE W OGRODACH BIBLIJNYCH

Podstawowym narzędziem do uprawy gleby była motyka i pług o jednej rączce, którego rylec wprawdzie rysował bruzdy, ale ich nie przewracał [Hepper 1992; Borowski 1987; Isserlin 1998]. W badaniach archeologicznych nie znaleziono potwierdzenia, że w czasach biblijnych na terenie starożytnej Palestyny używano narzędzia przypominającego bronę. Uważa się, że orkę wykonywano w dwóch kierunkach, a przykrywanie ziarna odbywało się przez ciągnięcie

gałęzi po zasianym polu [Kaperka 1969; Isserlin 1998] lub przepędzaniu przez nie stada kóz lub owiec [Borowski 1987].

W obu polskich ogrodach biblijnych zainstalowano tablice z rycinami przedstawiającymi podstawowe prace związane z uprawą gleby. Obok rysunków umieszczono wiele cytatów zaczerpniętych z Biblii, których treść ukazuje poszczególne czynności związane z uprawą gleby.

Jednym z obrazów rolniczej pracy z okresu biblijnego jest klepisko z narzędziami wykorzystywanymi do młócenia i czyszczenia omlotu. Młócenie odbywało się na płaskiej skalistej powierzchni, na której rozrzucono warstwę krótko ściętych źdźbeł. Narzędziem używanym do wykuszania ziarna z kłosów były sanie młocarskie czyli gruba deska z wciśniętymi w nią od spodu ostrymi kamieniami krzemiennymi lub żelaznymi ćwiekami [Isserlin 1998]. W ogrodzie biblijnym w Myczkowcach wykonano dwa modele takich san młocarskich. Jeden z nich umieszczono na okrągłym placyku, gdzie rozsypano słomę i przywiązano je do modelu osła, pokazując w ten sposób na czym polegało młócenie w czasach biblijnych. Z kolei drugi egzemplarz san młocarskich oparto o kamień, pokazując dolną, istotną dla procesu młócenia stronę, z wciśniętymi w nią ostrymi kamieniami krzemiennymi. Zasadę procesu młócenia wyjaśnia tablica wraz z ryciną i cytatami przywołanymi z tekstu Biblii. Skuteczność tego urządzenia, stosowanego aż do czasów współczesnych [Hepper 1992; Freeman 1996], pokazuje następujący fragment: „Nie bój się, robaczku Jakubie, nieboraku Izraelu! Ja cię wspomagam - wyrocznia Pana – odkupicielem twoim – Święty Izraela. Oto Ja przemieniam cię w młockarskie sanie, nowe, o podwójnym rzędzie zębów: ty zmłócisz i wykuszysz góry, zmienisz pagórki w drobną sieczkę” (Iz 41,14–15). Warto dodać, że Freeman [1996] powołuje się na narzędzie młócające, które obserwowano jeszcze niedawno w Bejrucie, a które posiadało wystające kamienie bazaltowe długości około 7,5 cm. Ciekawą informację potwierdzającą użycie żelaza w saniach młocarskich uzyskujemy z następującego fragmentu Pisma Świętego: „Tak mówi Pan: Z powodu trzech występków Damaszku i z powodu czterech nie odwrócę tego wyroku, gdyż zmłócili saniami żelaznymi Gilead” (Am 1,3). Narzędzia służące oczyszczaniu wymłóconego zboża były prostymi drewnianymi widłami o 5 lub 7 zębach, na których podrzucano mieszaninę krótkiej słomy wraz z plewami i ziarnem i w ten sposób

czyszczono omlot przy pomocy podmuchu wiatru. Modele takich narzędzi można zobaczyć w ogrodzie w Myczkowcach oraz na rycinach w obu ogrodach. Do czyszczenia wymłóconego zboża używano wiejadła i przetaków, których rekwizyty umieszczono w ogrodzie biblijnym w Myczkowcach, a w Proszowicach przedstawiono je na rycinach.

PODSUMOWANIE

Umiejscowienie wydarzeń biblijnych w czasie i przestrzeni oraz tworzenie miniaturowych aranżacji tła przyrodniczo-gospodarczego, które są prezentowane w ogrodach biblijnych, pomagają w rozumieniu przesłania treści biblijnych jako całości. Ogrody biblijne posiadają dużą wartość edukacyjną nie tylko w dziedzinie teologicznej, ale też przyrodniczo-rolniczej. Ekspozycja roślin i metod ich uprawy oraz narzędzi rolniczych występująca w polskich ogrodach biblijnych pozwala spojrzeć na czasy biblijne z szerszej perspektywy, co prowadzi do odkrycia, że mimo upływu kilkudziesięciu stuleci gospodarowanie ziemią nie zmieniło się w żaden istotny sposób. Uprawa roślin wymienionych w tekstach biblijnych daje możliwość zapoznania się z nimi bezpośrednio i pozwala na uzmysłowienie sobie, że do dzisiaj są one bardzo ważne w gospodarce rolniczej człowieka.

LITERATURA

- Biblia Tysiąclecia. Pismo Święte Starego i Nowego Testamentu w przekładzie benedyktynów tyńskich*. 1984. wyd. 4 poprawione, Pallotinum, Warszawa.
- Borowski O. 1987. *Agriculture in iron age Israel*. Eisenbrauns, Winona Lake.
- Flis J. 1996. *Konkordancja biblijna do Pisma Świętego Starego i Nowego Testamentu Biblii Tysiąclecia*. Oficyna Wydawnicza „Vocatio”, Warszawa.
- Freeman J. M. 1996. *Manners and Customs of the Bible*. Whitaker House, Springdale.
- Górny J. 2010. *Metale w literaturze świata starożytnego*. Wydział Odlewnictwa AGH, Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków.
- Górny J. 2011. *Metale i metalurgia w Biblii*. [W:] *Lumen Bibliae, Pismo Nowej Ewangelizacji przy ogrodzie biblijnym w Myczkowcach*. R 1/nr 1, Rzeszów, 65–95.
- Har-El M. 2003. *Landscape Nature and Man In the Bible. Sites and Events in the Old Testament*. Carta, Jerusalem.

- Hepper F. N. 1992. *Pflanzenwelt der Bibel. Eine illustrierte Enzyklopadie*, Deutsche Bibelgesellschaft, Stuttgart.
- Isserlin B. S. J. 1998. *The Israelites*. Thames and Hudson, London.
- Jankowski S. 2007. *Geografia biblijna*. Oficyna Wydawniczo-Poligraficzna „Adam”, Warszawa.
- Kapera Z. 1969. *Rolnictwo*. [W:] *Archeologia Palestyny*. Księgarnia św. Wojciecha, Poznań.
- Lityńska-Zajac M., Wasylkowa K. 2005. *Przewodnik do badań archeobotanicznych*. Poznań.
- Mare W.H. 1988. *The Archaeology of the Jerusalem Area*. Baker Book House, Michigan.
- Matthews V. H. 1995. *Manners and Customs in the Bible*. Hendrickson Publishers, Massachusetts.
- Mazar A. 1990. *Archaeology of the Land of the Bible 10,000-586 B.C.E.* Center for Judaic-Christian Studies, Nowy Jork.
- Milne M. K. 2004. *Nabatea – Nabatejczycy* [W:] Achtemeier P.J. (red.), *Encyklopedia biblijna*. Oficyna Wydawnicza „Vocatio” i Oficyna Wydawniczo Poligraficzna „Adam”, Warszawa, 792–794.
- Nowiński M. 1970. *Dzieje upraw i roślin uprawnych*. PWN, Warszawa.
- Packer J. I., Tenney M.C. (red.) 2007. *Słownik tła Biblii*, Oficyna Wydawnicza „Vocatio” Warszawa.
- Tyloch W. 1974. *Bliski Wschód*. [W:] Jaczynowska M. (red.), *Historia starożytna*. wyd. 2. zm., WSiP, Warszawa.
- Wasylkowa K. 2001. *Początki uprawy roślin: gdzie, kiedy, jak i dlaczego*. [w:] *Wiadomości Botaniczne*. vol. 45 no. 1/2, Instytut Botaniki im. W. Szafera, Polska Akademia Nauk, Kraków, 7–31.
- Westenholz J. G. 1998. *Sacred Bounty Sacred Land*, Bible Lands Museum Jerusalem, Jerusalem.
- Zohary M. 1982. *Plants of the Bible. A complete handbook to all the plants with 200 full-color plates taken in the natural habitat*. Cambridge University Press, Cambridge.

Adres do korespondencji:

Zofia Włodarczyk
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Katedra Roślin Ozdobnych
Al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: zofia.wlodarczyk@gmail.com

Skróty z Biblii Tysiąclecia [1984]:

1 Sm	– pierwsza księga Samuela	Jr	– księga Jeremiasza
1 Krl	– pierwsza księga Królewska	Lb	– księga Liczb
2 Krl	– druga księga Królewska	Pnp	– Pieśń nad pieśniami
Am	– księga Amosa	Pwt	– księga Powtórzonego Prawa
Ha	– księga Habakuka	Rdz	– księga Rodzaju
Iz	– księga Izajasza	Sdz	– księga Sędziów
Joz	– księga Jozuego	Wj	– księga Wyjścia

**ŚWIATŁO DIODOWE (LED) W OGRODNICTWIE
– ZASTOSOWANIA I PERSPEKTYWY**
LIGHT EMITTING DIODES (LED) IN HORTICULTURE
- APPLICATIONS AND PERSPECTIVES

Abstrakt. Celem prezentowanej pracy był krótki przegląd zastosowań światła emitowanego przez diody do doświetlania roślin ogrodniczych. Przedstawiono wyniki badań z zakresu fizjologii roślin, wskazujące na efektywność światła LED czerwonego i niebieskiego w stymulowaniu wzrostu i rozwoju roślin. Przytoczono przykłady wykorzystania lamp LED w kulturach *in vitro* i w komorach fitotronowych oraz wskazano na pierwsze zastosowania technologii SSL LED do doświetlania roślin w uprawach szklarniowych.

Słowa kluczowe: *fotosynteza, fotomorfogeneza, doświetlanie roślin, SSL LED*

Summary. The aim of presented article was a brief review of LED lighting system development in horticultural applications. There are presented some results of plant physiology studies which describe the benefits of red and blue LED light for plant growth and development. Applications in *in vitro* cultures, growth chambers and the first SSL LED technologies used in greenhouse growing were mentioned.

Key words: *photosynthesis, photomorphogenesis, plant lighting, SSL LED*

WSTĘP

Życie na Ziemi jest nierozzerwalnie związane ze światłem słonecznym. W przypadku roślin zielonych pełni funkcję czynnika zarówno troficznego, niezbędnego do procesu fotosyntezy, jak i morfogenetycznego. Oddziaływanie morfogenetyczne światła ma związek z całokształtem zmian, prowadzących do osiągnięcia, odpowiedniej dla danego gatunku morfologii rośliny oraz przejścia kolejnych etapów jej ontogenezy, w tym rozwoju generatywnego. Z punktu widzenia wymagań rośliny, ważna jest zarówno liczba zaabsorbowanych fotonów (określana mniej precyzyjnie ilością światła), jak i charakterystyka spektralna promieniowania świetlnego (tzw. jakość światła).

W umiarkowanej strefie klimatycznej, w czasie jesieni i zimy konieczne jest doświetlanie upraw roślin ogrodniczych światłem sztucznym. W tym celu najczęściej stosuje się lampy sodowe, które z jednej strony charakteryzuje duża skuteczność świetlna, a z drugiej – ogromna ilość, zamienianej na ciepło energii elektrycznej [Kurska 2007]. Ponadto lampy sodowe emitują głównie światło barwy żółtej, które z fizjologicznego punktu widzenia, w stymulowaniu procesów fotosyntezy i fotomorfogenezy roślin jest mało skuteczne. Charakterystyka spektralna lamp sodowych [Grzesiak i in. 2012] nie pokrywa się z faktycznym zapotrzebowaniem roślin na światło. Zapotrzebowanie to wyznaczają krzywe absorpcji światła przez barwniki, pełniące najważniejsze funkcje w procesach wzrostu i rozwoju roślin. Maksima absorpcji promieniowania elektromagnetycznego dla chlorofilu a kształtują się w zakresie 430 i 640 nm, chlorofilu b – 450 i 660 nm, karotenoidów – od 440 do 480 nm, fitochromów – około 660 nm (forma P_R) i 730 nm (forma P_{FR}). Kryptochromy wykazują maksimum absorpcji w zakresie 390–480 nm, a fototropiny – w granicach 450 nm [Taiz i Zeiger 2011]. Tak więc szeroko pojęte zapotrzebowanie roślin na światło koncentruje się głównie wokół światła niebieskiego, czerwonego i dalekiej czerwieni. Nie można jednak pominąć wpływu na rośliny pozostałych długości fal, wchodzących w skład światła białego, które dociera do Ziemi. Na przykład promieniowanie w zakresie barwy zielonej (500–550 nm) okazuje się być niezbędne w pełnieniu funkcji sygnałnych i regulacyjnych w roślinach [Folta i Marunich 2007].

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania badaczy poszukiwaniem alternatywnych źródeł światła, które zaspokoilyby nie tylko zapotrzebowanie roślin na światło, ale także przyniosłyby wymierne korzyści ekonomiczne i środowiskowe. Duże możliwości otworzyły się przed zastosowaniem najnowszych technologii, wykorzystujących światło diodowe (LED – Light Emmiting Diode). Główną zaletą diod jest ich długowieczność oraz małe zużycie energii elektrycznej; wadą – mała moc świetlna. Niemniej dynamiczne prace nad technologiami LED oraz stopniowy spadek cen diod pozwalają oczekiwać, że doświetlanie roślin lampami sodowymi już wkrótce będzie należało do przeszłości [Morrow 2008; Grzesiak i in. 2011].

W tym obszarze zastosowań, niezbędne jest podejmowanie i rozszerzanie kompleksowych badań na poziomie podstawowym, które dawałyby podstawy teoretyczne, inspirujące do rozwiązań praktycznych. Niedostateczna wiedza z zakresu m.in. fizjologii rośliny może prowadzić do podejmowania decyzji, które nie będą przynosić wymiernych korzyści osobom zainteresowanym optymalnym wzrostem i rozwojem roślin. Korzyści te odniosą natomiast sprzedający coraz to nowsze technologie LED. Z tego względu w kilku ośrodkach na świecie, a od niedawna także w Polsce, prowadzone są eksperymenty z zakresu badań podstawowych nad wpływem światła diodowego pod względem zarówno barwy, jak i natężenia napromieniowania na procesy fizjologiczne roślin. Warto podkreślić, że ze względu na unikalne możliwości sterowania składem spektralnym, systemy LED znalazły szerokie zastosowanie właśnie w badaniach podstawowych, związanych głównie z fizjologią roślin.

W centrum zainteresowania znalazły się rośliny ogrodnicze, ponieważ wychodząc naprzeciw zapotrzebowaniom rynku w okresie jesienno-zimowym, w naszej szerokości geograficznej trudno jest wyprodukować plon o odpowiedniej wielkości i wartości biologicznej bez poniesienia sporych kosztów, związanych z nakładami energetycznymi.

ZASTOSOWANIA ŚWIATŁA DIODOWEGO DO DOŚWIETLANIA ROŚLIN – RYS HISTORYCZNY

Badania nad zastosowaniem światła emitowanego przez diody w kulturach roślin prowadzone są od połowy lat 80-tych XX wieku [Morrow 2008]. Jednymi z pierwszych eksperymentów były doświadczenia prowadzone z sałatą, szpinakiem, ziemniakiem oraz pszenicą [Bula i in. 1991]. Ze względu na słabo zaawansowane wtedy technologie LED, w badaniach zastosowano światło czerwone – emitowane przez diody (660 nm) – oddzielnie, albo w kombinacji z niebieskimi lampami fluorescencyjnymi. Wraz z postępem technologii, zastosowanie w doświetlaniu roślin znalazły również diody emitujące światło niebieskie (450 nm), daleką czerwień i inne [Lian i in. 2002; Kim i in. 2004 A].

Do doświetlania roślin przydatne są nowe technologie określane mianem Solid State Lighting Light Emitting Diodes – SSL LED [Wright 2011]. W kilku ośrodkach na świecie, na przykład w Japonii, USA, Finlandii, czy Litwie prowadzi się zaawansowane badania nad zastosowaniem systemów SSL LED w różnych gałęziach ogrodnictwa. Ze względu na wysokie jeszcze koszty technologii SSL LED, większość badań prowadzonych jest na niewielkim materiale roślinnym, na przykład w kulturach *in vitro*. W badaniach tych, Lian i inni [2002] wykazali, że światło LED czerwone i niebieskie (w stosunku 1 : 1) jest odpowiednie dla wzrostu bulwek u *Lilium*. Heo i inni [2002] z kolei stwierdzili, że właściwy stosunek światła LED niebieskiego do czerwonego i czerwonego do dalekiej czerwieni może istotnie poprawić wzrost, zregenerowanych w kulturach *in vitro* roślin *Salvia splendens* i *Tagetes erecta*, a w efekcie przedłużyć okres ich kwitnienia. Kim i inni [2004b] zaobserwowali, że szybkość fotosyntezy mikrosadzonek chryzantem po 5 tygodniach prowadzenia kultury była największa pod wpływem mieszanego światła LED czerwonego i niebieskiego w porównaniu z innymi kombinacjami (np. zastosowanym oddzielnie światłem LED niebieskim, czerwonym, dalekiej czerwieni czy światłem fluorescencyjnym). W cytowanych wyżej pracach stwierdzono ponadto, że pod wpływem światła LED czerwonego z niebieskim liście roślin, zregenerowanych w kulturach *in vitro* zawierały więcej barwników asymilacyjnych (chlorofili i karotenoidów), a także cukrowców. Podobne obserwacje odnotował Shin

i inni [2008] w roślinkach *Doritanopsis*. W Polsce, do pionierskich badań nad zastosowaniem światła LED w kulturach *in vitro* należały wyniki opublikowane przez Czyczyło-Myszę i innych [2007]. W badaniach tych, autorzy wykazali korzystne zmniejszenie stopnia brunatnienia i zwiększenie zazielenienia kalusów bobiku, szczególnie pod wpływem LED-ów o barwie niebieskiej i białej. Dużo badań z zakresu wpływu światła diodowego na rośliny w kulturach *in vitro* prowadzi się m.in. na Litwie [Kurlicik i in. 2008] i w Holandii [Bornwaßer i Tantau 2012].

Diody, emitujące promieniowanie użyteczne dla roślin cieszą się również dużym powodzeniem w badaniach w komorach wegetacyjnych. Pionierskie eksperymenty, demonstrujące korzystny wpływ światła diodowego na wzrost i rozwój roślin wykazano w systemach kultur space-based (w przestrzeni kosmicznej). Na takie możliwości wskazał Brown i inni [1995]. Autorzy stwierdzili, że dla papryki rosnącej w takich komorach, najbardziej odpowiednia była kombinacja światła LED czerwonego z niebieskim. Goins i inni [1997] z Centrum Badań Kosmicznych im. Kennedy`ego wskazali na efektywność światła LED czerwonego, które było wystarczające do przejścia całego cyklu życiowego pszenicy. Równocześnie w cytowanej pracy doniesiono, że do uzyskania lepszego wzrostu roślin i większej ilości nasion, niezbędne jest światło LED niebieskie. Ciekawe wyniki badań nad zastosowaniem światła LED o różnych barwach (w tym także zielonego) m.in. w kulturach fitotronowych ogórka przedstawił ośrodek litewski [Brazaityte i in. 2009]. W Polsce odnotowano próby określenia wpływu światła diodowego białego, białego z niebieskim oraz czerwonego z zielonym i niebieskim na zawartość barwników asymilacyjnych w liściach bazylii i sałaty, uprawianych w komorach fitotronowych [Grzesiak i in. 2009].

Ponadto szereg interesujących wyników uzyskano w badaniach nad wpływem światła LED m.in. na intensywność fotosyntezy i zawartość barwników asymilacyjnych w papryce [Schuerger i in. 1997], przewodność szparkową w liściach sałaty [Kim i in. 2004a], czy parametry fotosyntezy w liściach ogórka [Wang i in. 2009; Hagedwoning i in. 2010].

Wyniki wielu badań wskazują na to, że światło LED-owe może być użyteczne w udoskonalaniu także parametrów jakościowych roślin.

Na przykład Wu i inni [2007] zaobserwowali istotny wzrost ekspresji genów β -karotenu oraz zwiększenie aktywności antyoksydacyjnej w siewkach grochu w następstwie traktowania roślin światłem LED-owym o barwie czerwonej i niebieskiej. Podobnie w Litewskim Instytucie Ogrodnictwa wykazano, iż w porównaniu do wysokoprężnych lamp sodowych, światło diodowe było efektywniejsze w zwiększaniu potencjału antyoksydacyjnego rzodkiewki [Urbonaviciute i in. 2009], czy też liściach sałaty [Samuoliene i in. 2012]. W prężnym ośrodku badawczym w Chinach, Li i Kubota [2009] analizowali wpływ doświetlania uzupełniającego naturalną długość dnia światłem UV-A (350–400 nm) oraz LED-ami emitującymi światło niebieskie, zielone, czerwone i daleką czerwień w uprawie sałaty. Doświetlanie uzupełniające światłem LED czerwonym wpłynęło m.in. na wzrost zawartości związków fenolowych w liściach badanych roślin. Autorzy postulowali, że uzupełniające doświetlanie światłem diodowym może w znacznym stopniu przyczynić się do udoskonalenia składu chemicznego (w tym zwiększenia zawartości kwasu askorbinowego) oraz do wzrostu biomasy roślin ogrodniczych, uprawianych zarówno w komorach wegetacyjnych, jak i w warunkach szklarniowych.

TECHNOLOGIE SSL LED W DOŚWIETLANIU UPRAW SZKLARNIOWYCH

Jak wskazano powyżej, lampy LED-owe mogą być dobrym źródłem światła dla wzrostu i rozwoju roślin, zarówno pod względem intensywności fotosyntezy, przebiegu zjawisk morfogenetycznych, jak i podnoszenia parametrów jakościowych roślin ogrodniczych. Pojawia się jednak pytanie, czy technologie SSL LED mogą mieć zastosowanie do doświetlania roślin ogrodniczych na skalę produkcyjną – w uprawach szklarniowych? Kwestia ta jest w ostatnich kilku latach intensywnie badana w kilku ośrodkach na świecie, a od niedawna także w Polsce.

W USA pierwszy prototyp lampy LED w technologii SSL LED do uzupełniającego doświetlania roślin skonstruowano w 2006 roku w następstwie pojawienia się na rynku diod o mocy większej niż 1 Wat. Według Morrow [2008], postępujące udoskonalanie parametrów lamp LED-owych w dostosowaniu do potrzeb roślin oraz spadek

cen diod spowodują, że już wkrótce technologie SSL LED będą powszechnie wykorzystywane w ogrodnictwie na o wiele większą skalę, mając uzasadnienie ekonomiczne. Jednak zastosowanie doświetlania roślin światłem diodowym w uprawach szklarniowych jest jeszcze relatywnie nowe. Jedne z pierwszych badań tego typu przeprowadzono w Finlandii [Pinho i in. 2007, 2008]. Nowatorski system SSL LED zastosowano tam do doświetlania sałaty szklarniowej. W Holandii, lamp LED emitujących światło czerwone i niebieskie użyto do doświetlania ogórka w uprawie szklarniowej [Trouwborst i in. 2010]. W tym przypadku interesujące było rozmieszczenie lamp w międzyrzędziach, pomiędzy roślinami (interlighting). Uzyskane przez autorów wyniki dowiodły, że stosując ten system doświetlania, w porównaniu ze światłem sodowym, możliwe jest istotne obniżenie kosztów energii bez zmniejszania biomasy roślin i plonu owoców. Uniwersytet w Purdue otrzymał niedawno grant wartości około 5 miliona dolarów na badania z wykorzystaniem technologii SSL LED do doświetlania roślin szklarniowych, także systemem międzyrzędowym [Wright 2011]. W Japonii, energooszczędne technologie, wykorzystujące światło diodowe do doświetlania roślin ogrodniczych dostępne są już w handlu (system Shukaku Ace). Wymienione przykłady przekonują o aktualności i zasadności prowadzenia ciągłych badań nad zastosowaniami światła LED-owego w szeroko pojętym ogrodnictwie. Fakt ten potwierdza również tematyka prac, prezentowanych na międzynarodowych, cyklicznych sympozjach o świetle w ogrodnictwie (VII International Symposium on Light in Horticultural Systems, Wageningen 2012).

Co dzieje się w tym zakresie badań w Polsce? W maju 2012 roku w Rokosowie odbyła się V Konferencja Naukowa z cyklu POOMT (Promieniowanie Optyczne Oddziaływanie Metrologia Technologie). Przedstawiono tam kilka ciekawych prac z zakresu efektywnego wykorzystania technologii SSL LED m.in. do doświetlania zimną roślin rabatowych [Treder i in. 2012] oraz pomidora [Klamkowski i in. 2012]. Dynamicznie rozwijające się technologie SSL LED skutkują coraz to nowszymi rozwiązaniami technicznymi w dostosowaniu do fizjologicznych potrzeb roślin w uprawach szklarniowych. Ciekawe projekty lamp w tym systemie przedstawiono w pionierskich w Polsce pracach, opublikowanych przez Grzesiaka i in. [2011] oraz

Puternickiego [2012]. Specyfika wegetacji roślin w warunkach szklarniowych oraz oczekiwania badaczy, związane m.in. z elastycznym sterowaniem składu spektralnego lamp LED i czasem emisji światła, skutkowały coraz to doskonalszymi projektami lamp w systemach SSL LED [Grzesiak i in. 2011, 2012; Żupnik i in. 2012]. W badaniach nad wpływem światła diodowego na plonowanie i parametry fotosyntezy roszonej warzywnej, uprawianej w szklarni Wydziału Ogrodniczego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie wskazano na pełną przydatność nowatorskiego systemu SSL LED do doświetlania roślin ogrodniczych, szczególnie w jesiennym cyklu uprawy [Wojciechowska i in. 2013]. Nowoczesne, programowalne systemy doświetlania roślin znalazły zastosowanie w projekcie badawczym, realizowanym obecnie w w/w jednostce UR. Wyniki uzyskane w pierwszym roku badawczym, obejmującym dwa cykle uprawy roszonej pozwalają oczekiwać, że w porównaniu do światła sodowego, użycie systemu SSL LED w okresie jesienno-zimowym daje możliwości uzyskania wysokiego, lepszego pod względem jakościowym plonu oraz tańszego ze względu na niższe koszty zużycia energii.

LITERATURA

- Brazaityte A., Duchovskis P., Urbanoviciute A., Samouliene G., Jankauskiene J., Bliznikas Z., Novickovas A., Breive K., Zukauska A. 2009. *The effect of light-emitting diodes lighting on cucumber plants and after-effect on yield*. Zemdirbyste-Agriculture 96(3), 102–118.
- Bornwaßer T., Tantau H.-J. 2012. *Evaluation of LED lighting systems in in vitro cultures*. Acta Hort. (ISHS) 956, 555–562.
- Brown C. S., Schuerger A.C., Sager J.C. 1995. *Growth and photomorphogenesis of pepper plants under light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120, 706–882.
- Bula R. J., Morrow R.C., Tibbits T.W., Barta D.J., Ignatius R.W., Martin T.S. 1991. *Light-emitting-diodes as a radiation source for plants*. HortScience 26, 203–205.
- Czyczyło-Mysza I., Dubert F., Marcińska I., Kacińska I. 2007. *Influence of light emitting diodes (LED) on Vicia faba callus growth and differentiation*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 523, 69–82.
- Folta K. M., Maruhnich S.A. 2007. *Green light: a signal to slow down or stop*. J. Exp. Bot. 58, 3099–3111.

- Goins G. D., Yorio N.C., Sanwo M.W., Brown C.S. 1997. *Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting*. J. Exp. Botany 48(312), 1407–1413.
- Grzesiak W., Nowak S., Poczatek J., Skwarek A., Dubert F., Skoczowski A.M., Czyczyło-Mysza I., Kurpaska S. 2009. *Application of LEDs in plants irradiation systems – challenge for today and for tomorrow*. Elektronika 10, 73–79.
- Grzesiak W., Bieńkowski A., Żupnik M., Wojciechowska R., Kołton A., Kurpaska S. 2011. *Nowoczesne systemy doświetlania roślin oparte o najnowszą osiągnięcia technologii SSL LED*. Elektronika 6, 137–139.
- Grzesiak W., Żupnik M., Wojciechowska R. 2012. *Inteligentny system doświetlania roślin bazujący na technologii SSL LED*. Prace Instytutu Elektrotechniki Z. 255, 259–276.
- Heo J., Lee C. Chakrabarty D., Peak K. 2002. *Growth responses of marigold and salvia bedding plants as affected by monochromic or mixture radiation provided by a Light-Emitting-Diode (LED)*. Plant Growth Regulation 38, 225–230.
- Hogewoning S.W., Trouwborst G., Maljaars H., Poorter H., van Leperen W., Harbinson J. 2010. *Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of Cucumis sativus grown under different combinations of red and blue light*. J. Exp. Botany 61(11), 3107–3117.
- Kim H. H., Goins G.D., Wheeler R.M., Sager J.C. 2004a. *Stomatal conductance of lettuce grown under or exposed to different light qualities*. Annals of Botany 94, 691–697.
- Kim S. J., Hahn E.J., Heo J.W., Paek K.Y. 2004b. *Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets in vitro*. Scientia Horticulturae 101, 143–151.
- Klamkowski K., Treder W., Treder J., Puternicki A., Lisak E. 2012. *Wpływ doświetlania lampami sodowymi i LED na aktywność fotosyntetyczną oraz wzrost roślin pomidora*. Prace Instytutu Elektrotechniki, Z. 256, 76–85.
- Kurlicik A., Dapkunienė S., Kurlicik G., Zilinskaite S., Zukauskas A., Duchovskis P. 2008. *Effect of photoperiod duration on the growth of Chrysanthemum plantlets in vitro*. Sodininkyste ir Darzinyinkyste 27(2), 39–43.
- Kurpaska S. 2007. *Greenhouses and plastic tunnels. Engineering and Processes. Academic Handbook, PWRiL, Poznań, s. 288*.
- Li Q., Kubota C. 2009. *Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce*. Environmental and Experimental Botany 67, 59–64.

- Lian M. L., Murthy H.N., Paek K.Y. 2002. *Effects of light emitting diodes (LEDs) on the in vitro induction and growth of bulblets of Lilium oriental hybrid 'Pesaro'*. Scienta Horticulturae 94, 365–370.
- Morrow R. C. 2008. *LED lighting in Horticulture*. HortScience 43(7), 1947–1950.
- Pinho P., Lukalla R., Sarkka L., Tetri E., Tahvonen R., Halonen L. 2007. *Evaluation of lettuce growth under multi-spectral-component supplemental solid state lighting in greenhouse environment*. International Review of Electrical Engineering 2(6) (Nov–Dec).
- Pinho P., Rosvall T., Tetri E., Eloholma M., Halonen L. 2008. *Light emitting diodes in plant growth: Comparative growth test in greenhouse and evaluation of photosynthetic radiation*. Helsinki University of Technology, Department of Electronics – Lighting Unit, Espoo, Tech. Rep. 48.
- Puternicki A., Lisak E., Treder W., Treder J., Klamkowski K. 2012. *Zastosoowanie półprzewodnikowych źródeł światła w doświetlaniu sadzonek wybranych gatunków roślin*. Prace Instytutu Elektrotechniki, Z. 256, 192–209.
- Samouliene G., Sirtautas R., Brazaityte A., Duchovskis P. 2012. *LED lighting and seasonality effects antioxidant properties of baby leaf lettuce*. Food Chemistry 134, 1494–1499.
- Shin K. S., Murthy H.N., Heo J.W., Hahn E.J., Paek K.Y. 2008. *The effect of light quality on the growth and development of in vitro cultured Doritaenopsis plants*. Acta Physiol. Plant. 30, 339–343.
- Schuerger A. C., Brown C.S., Stryjewski E.C. 1997. *Anatomical features of pepper plants (Capsicum annuum L.) grown under red light emitting diodes supplemented with blue or far-red light*. Annals of Botany 79, 273–282.
- Taiz L., Zeiger E. 2011. *Plant Physiology*. 5th Edition, Sinauer Associated Inc., Sunderland, Massachusetts.
- Treder J., Klamkowski K., Treder W., Puternicki A., Lisak E. *Wpływ doświetlania lampami sodowymi i LED na wybrane parametry wzrostu roślin raba-towych*. Prace Instytutu Elektrotechniki, Z. 256, 144–154.
- Trouwborst G., Oosterkamp J., Hogewoning S.W., Harbinson J., van Ieperen W. 2010. *The responses of light interception, photosynthesis and fruit yield of cucumber to LED lighting within the canopy*. Physiologia Plantarum 138(3), 289–300.
- Urbonaviciute A., Samouliene G., Brazaityte A., Duchovskis P., Karkeliene R., Sliogeryte K., Zukauskas A. 2009. *The effect of light quality on nutritional aspects of leafy radish*. Sodininkyste ir Darzynyinkyste 28(1), 147–155.

- Wang H., Gu M., Ciu J., Shi K., Zhou Y., Yu J. 2009. *Effects of light on CO₂ assimilation, chlorophyll quenching, expression of Calvin cycle genes and carbohydrate accumulation in Cucumis sativus*. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 96, 30–37.
- Wojciechowska R., Kołton A., Długosz-Grochowska O., Żupnik M., Grzesiak W. 2013. *The effect of LED lighting on photosynthetic parameters and weight of lamb`'s lettuce (Valerianella locusta)*. Folia Horticulturae 25(1), 41–47.
- Wright M. 2011. *Precise LED wavelengths spur plant growth*. LEDsmagazine.com, April/May 2011.
- Wu M. C., Hou C.Y., Jiang C.M., Wang C.Y., Chen H.H., Chang H.M. 2007. *A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings*. Food Chemistry 101, 1753–1758.
- Żupnik M., Grzesiak W., Wojciechowska R., Kurpaska S. 2012. *Prograsymulacyjny system doświetlania roślin zbudowany w oparciu o technologię SSL LED*. Inżynieria Rolnicza 2(136) T 1, 361–369.
- VII International Symposium on Light in Horticultural Systems, Wageningen 2012, ISHS Acta Horticulturae 956.

Adres do korespondencji:

Renata Wojciechowska
Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, Wydział Ogrodniczy,
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
Al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: r.wojciechowska@ogr.ur.krakow.pl

Artykuł dotowany jest ze środków przyznanych przez Narodowe Centrum Nauki Grant Nr 2011/01/B/NZ9/00058 (G-1820/KBiFR/11-14)

II. WARZYWNICTWO

**WPŁYW TERMINU SIEWU I ZASTOSOWANIA
BIOSTYMULATORA ASAHI SL NA PLONOWANIE
I SKŁAD CHEMICZNY NAGIETKA LEKARSKIEGO
(*CALENDULA OFFICINALIS*)**

THE EFFECT OF SEED SOWING TERM AND ASAHI SL ON
YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF POT MARIGOLD
(*CALENDULA OFFICINALIS* L.)

Abstrakt. W latach 2008–2010 prowadzono polowe doświadczenia nad wpływem terminu zakładania plantacji i stosowania biostymulatora wzrostu Asahi SL na plonowanie i skład chemiczny nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.) odmiany ‘Orange King’. W dwuczynnikowym doświadczeniu nasiona wysiano: 21-go kwietnia, 5-go maja i 20-go maja. Rośliny opryskiwano 0,1% roztworem biostymulatora Asahi SL: 0, 1, 2-krotnie. Najwcześniejszy termin siewu zapewnił największy plon koszyczków kwiatowych oraz wzrost zawartości potasu i wapnia w liściach, jak również większą ilość chlorofilu a+b i karotenoidów w liściach i kwiatostanach. Biostymulator Asahi SL miał mały wpływ na wielkość plonu surowca, jednakże przyczynił się do wzrostu plonu zielonej masy nagietka. Zastosowanie preparatu Asahi SL nie miało wpływu na zmianę składu chemicznego liści oraz zawartości karotenoidów w koszyczkach kwiatostanowych nagietka.

Słowa kluczowe: *nagietek lekarski, Asahi SL, termin siewu, plon, makroskładniki, karotenoidy*

Summary. In 2008–2010 there were conducted the field experiments in order to determine the effect of the term seed sowing and biostimulant Asahi SL on the yield and chemical composition of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) ‘Orange King’. In two-factorial experiment the seeds were sown three times: April 20, May 5 and May 20, and seedlings were sprayed with 0.1% water solution of Asahi SL: 0, 1, 2 times. Plants grown at the earliest date of sowing had the highest yield of raw and dry material, as well as content of potassium, calcium in leaves likewise chlorophyll a+b and total carotenoids in leaves and inflorescences. Biostimulant Asahi SL had smaller effect on yield of raw and dry inflorescences but increased the yield of leaves and stems. Asahi SL did not affect the level of carotenoids in pot marigold inflorescences.

Key words: *pot marigold, Asahi SL, sowing date, yield, nutrients, carotenoids*

WSTĘP

Nagietek lekarski (*Calendula officinalis* L.) jest jednoroczną rośliną należącą do rodziny astrowatych (*Asteraceae*), kwitnącą przez całe lato, aż do pierwszych przymrozków [Kołodziej 2010]. W wielu krajach, w tym w Polsce, roślina ta ma znaczenie głównie lecznicze [Ożarowski i Jaroniewski 1987], a także jest uprawiana jako roślina ozdobna i bywa dodawana do garniowania potraw. Podstawowym surowcem pozyskiwanym z nagietka lekarskiego są kwiaty jęczyczkowe lub całe koszyczki kwiatowe o barwie pomarańczowej i swoistym słabym zapachu zawierające m.in. saponozydy triterpenowe, poliacetyleny, olejek eteryczny, polisacharydy. Koszyczki są bogatym źródłem barwników –karotenoidów (głównie likopenu i flawoksantyny) oraz flawonoidów [Kohlmünzer 2000]. Surowiec nagietka działa przeciwzapalnie, lekko bakteriobójczo i grzybobójczo, przyspiesza gojenie się ran. Nagietek znalazł również zastosowanie w kosmetyce, gdyż reguluje i wzmacnia właściwości resorpcyjne skóry i z uwagi na wysoką aktywność antyoksydacyjną chroni ją przed szkodliwym wpływem czynników zewnętrznych [Biesiada i in. 2007]. Wyciągi z nagietka używane są do produkcji toników do twarzy, maseczek, płynów do kąpieli, mydeł, szamponów itp. [Kołodziej 2010]. Nagietek jest rośliną o stosunkowo krótkim okresie wegetacji stąd też nasiona nagietka można wysiewać w kilku terminach, co pozwala na sukcesywne przeprowadzanie zbiorów surowca bez powodowania spiętrzeń [Kołodziej 2010].

Dotychczas nie określono wpływu terminu siewu na plonowanie i skład chemiczny surowca. Obok nawozów i środków ochrony roślin coraz większym zainteresowaniem producentów roślin ogrodniczych cieszą się biostymulatory jako preparaty wspomagające rozwój roślin w warunkach stresu abiotycznego i stymulujące zwiększenie potencjału plonotwórczego roślin. Ich zadaniem jest zwiększanie odporności roślin na warunki dla nich stresowe jak susza czy niskie temperatury [Maciejewski i in. 2007]. Najczęściej stosowanym środkiem z grupy biostymulatorów jest Asahi SL znany również pod nazwą Atonik i Chaperone [Kołodziej 2004; Pusz i Płaskowska 2008, Gawrońska i in. 2008; Przybysz i in. 2010]. Asahi SL zawiera pochodne kwasów fenolowych, które m.in. przyczyniają się do redukcji poziomu auksyn w roślinie wytworzonych wskutek długotrwałej suszy. Należy do biostymulatorów, stosunkowo nowej grupy produktów, które poprzez

modyfikację metabolizmu pozwalają na zwiększanie potencjału plonotwórczego roślin. Dodatkowym atutem biostymulatorów jest ich wpływ na jakość zebranego plonu [Černý i in. 2002]. Rośliny wzbogacane w polifenole są bardziej odporne na porażenie przez patogeny chorobotwórcze [Rademacher 1993].

Celem przeprowadzonego doświadczenia było określenie wpływu terminu siewu nasion oraz biostymulatora wzrostu roślin Asahi SL na plonowanie i skład chemiczny nagietka lekarskiego.

MATERIAŁY I METODY

Dwuczynnikowe doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2008–2010 w Stacji Badawczo-Doświadczalnej Roślin Warzywnych i Ozdobnych w Psarach na czarnej ziemi zdegradowanej zawierającej 1,8% próchnicy, o pH 6,7. Pierwszy czynnik doświadczenia obejmował trzy terminy siewu nasion: 21-go kwietnia, 5-go maja i 20-go maja. W obrębie czynnika drugiego zastosowano biostymulator Asahi SL (0,1 %): rośliny opryskiwano jednorazowo w fazie 2–3 liści właściwych oraz dwukrotnie w fazie 2–3 liści właściwych i po 10 dniach. W obiekcie kontrolnym nie opryskiwano roślin biostymulatorem Asahi SL.

Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w trzech powtórzeniach. Powierzchnia pojedynczego poletka do zbioru wynosiła 1 m². Doświadczenie łącznie obejmowało 9 kombinacji. Nasiona nagietka lekarskiego odmiany 'Orange King' wysiewano w ilości 0,7 g na 1 m², w rzędy co 30 cm. Analiza chemiczna próbek gleby pobranych przed założeniem doświadczenia wykazała, że zawartość makroskładników w glebie wynosiła K-220 mg · dm⁻³, P-120 mg · dm⁻³, Mg-130 mg · dm⁻³ i była wystarczająca dla większości roślin ogrodniczych. Tydzień przed siewem nasion poletka nawożono saletrą amonową w dawce 100 kg N/ha.

W trakcie wegetacji prowadzono pomiary biometryczne, które dla każdego terminu siewu obejmowały: wysokość roślin w fazie pojawienia się pierwszych pąków kwiatostanowych, w pełni kwitnienia oraz pod koniec kwitnienia. W czasie kwitnienia sukcesywnie, w miarę zakwitania, zbierano dwa razy w tygodniu koszyczki nagietka lekarskiego w celu określenia ich całkowitej świeżej oraz suchej masy z jednostki powierzchni. Przy likwidacji doświadczenia zważono całkowitą zieloną masę roślin z poletek.

W celu określenia poziomu makroskładników i N-NO₃ w liściach oraz zawartości karotenoidów i chlorofilu w liściach i koszyczkach kwiatowych pobrano próby liści i koszyczków kwiatowych (dla każdego terminu siewu: tydzień po rozpoczęciu zbiorów). Pobrany materiał roślinny wysuszono i zmielono. W wyciągu z 2% kwasem octowym w powietrznie suchej masie liści oznaczono zawartość azotanów metodą uniwersalną potencjometrycznie, składników mineralnych P i Mg kolorymetrycznie oraz Ca i K metodą fotometrii płomieniowej. W koszyczkach kwiatostanowych i liściach przeprowadzono ocenę zawartości chlorofilu a+b po ekstrakcji 100 % acetonem i sumy karotenoidów według Rumińskiej i in. [1990].

Wyniki dotyczące pomiarów biometrycznych, plonu i analiz chemicznych poddano analizie statystycznej, określając najmniejsze istotne różnice przy poziomie P=0,05 testem Tukey'a.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zarówno termin siewu, jak i zastosowanie biostymulatora wzrostu Asahi SL wpłynęły istotnie na wysokość roślin nagietka lekarskiego w poszczególnych fazach kwitnienia (tab. 1).

Tab. 1. Wysokość nagietka lekarskiego w zależności od terminu siewu nasion oraz sposobu stosowania preparatu Asahi SL (cm)

Czynniki doświadczenia	Początek kwitnienia	Pełnia kwitnienia	Koniec kwitnienia
	Czynnik I: termin siewu		
21.04	23,26 a	35,52 a	40,77 a
05.05	24,09 a	35,75 a	41,16 a
20.05	23,04 a	31,40 b	35,80 b
Czynnik II: liczba oprysków Asahi SL			
Kontrola	23,63 a	35,18 a	43,60 a
1 oprysk	22,42 b	33,57 b	42,00 b
2 opryski	23,37 b	32,47 b	39,84 b
Interakcja czynnika I i II	1,11	n. i.	n. i.

W fazie pojawiania się pierwszych pąków kwiatowych rośliny ze wszystkich terminów siewu miały zbliżoną wysokość 23,04–24,09 cm. Natomiast w fazie początku i pełni kwitnienia wysokość roślin przy opóźnionym o cztery tygodnie terminie siewu była istotnie mniejsza, czego powodem była reakcja roślin na długość dnia. Zastosowanie Asahi SL, wpłynęło istotnie na zahamowanie wzrostu roślin, szczególnie po dwukrotnym jego zastosowaniu (tab. 1). Opóźnienie terminu siewu nasion wpłynęło istotnie na zmniejszenie się liczby kwiatostanów na roślinie (tab. 2). Natomiast zastosowanie preparatu Asahi SL sprzyjało intensywnemu zawiązywaniu pąków kwiatostanowych, szczególnie w ostatniej fazie zbiorów, kiedy część kwiatów była drobna.

Tab. 2. Dynamika rozwoju kwiatostanów nagietka lekarskiego w zależności od terminu siewu oraz sposobu stosowania preparatu Asahi SL (szt.)

Czynniki doświadczenia	Początek kwitnienia	Pełnia kwitnienia	Koniec kwitnienia
	Czynnik I: termin siewu		
21.04	17,00 a	26,67 a	73,33 a
05.05	12,67 b	23,00 b	64,67 b
20.05	10,33 b	18,33 c	60,00 b
Czynnik II: liczba oprysków Asahi SL			
Kontrola	11,67 b	20,67 b	56,33 b
1 oprysk	12,67 b	21,33 b	61,67 b
2 opryski	15,67 a	26,00 a	82,00 a
Interakcja czynnika I i II	n. i.	7,24	10,12

Najwcześniejszy termin siewu nasion nagietka przypadający na 21-go kwietnia pozwolił na uzyskanie największego plonu surowca (tab. 3) zarówno w stanie świeżym ($1,78 \text{ kg m}^{-2}$) jak i po wysuszeniu ($0,25 \text{ kg m}^{-2}$). Opóźnienie terminu siewu o dwa tygodnie i o miesiąc wpłynęło na zmniejszenie się plonu świeżej masy koszyczków odpowiednio o 40% i 36% oraz o 44% i 36% suchej masy koszyczków. Jest to potwierdzeniem wcześniejszych spostrzeżeń na ten temat [Kołodziej 2010].

Tab. 3. Plon koszyczków kwiatostanowych nagietka lekarskiego w zależności od terminu siewu oraz sposobu stosowania preparatu Asahi SL (kg.m⁻²)

Czynniki doświadczenia	Świeża masa koszyczków kwiatostanowych	Sucha masa koszyczków kwiatostanowych	Zielona masa po zbiorze kwiatostanów
	Czynnik I: termin siewu		
21.04	1,78 a	0,25 a	2,27 a
05.05	1,14 b	0,14 b	2,18 a
20.05	1,07 b	0,16 b	2,12 a
Czynnik II: liczba oprysków Asahi SL			
Kontrola	1,18 a	0,18 a	1,95 c
1 oprysk	1,25 a	1,18 a	2,15 b
2 opryski	1,33 a	1,19 a	2,38 a
Interakcja czynnika I i II	n. i.	n. i.	n. i.

Nie wykazano istotnego statystycznie wpływu preparatu Asahi SL na plon surowca nagietka. W obiektach opryskiwanych dwukrotnie biostymulatorem odnotowano nieznacznie większy plon koszyczków zarówno świeżych, jak i po wysuszeniu. Opryskiwanie plantacji Asahi SL wpłynęło natomiast istotnie na plon zielonej masy roślin nagietka, była ona istotnie największa w kombinacji dwukrotnie opryskiwanej roztworem biostymulatora, zaś najmniejsza w obiekcie kontrolnym. Jest to zgodne z wynikami wcześniejszych prac nad zastosowaniem Asahi SL w uprawie buraka cukrowego, ziemniaka, pszenicy jarej wskazujących, że zastosowanie biostymulatora wzrostu przyczynia się do wzrostu wielkości plonu [Matysiak i in. 2011]. W badaniach Biesiady i in. [2009] preparat Asahi stymulował lepszy rozwój generywny *Belamcanda chinensis* i w efekcie rośliny wytwarzały więcej kwiatów. Podobne rezultaty uzyskano w badaniach nad acidanterą dwubarwną [Laskowska i Kocira 2002].

Termin siewu nasion wpłynął różnicująco na skład chemiczny roślin (tab. 4).

Tab. 4. Zawartość makroskładników w liściach nagietka lekarskiego w zależności od terminu siewu oraz sposobu stosowania preparatu Asahi SL (% s.m.)

Czynniki doświadczenia	Magnez	Fosfor	Potas	Wapń	N-NO ₃
	Czynnik I: termin siewu				
21.04	0,20 a	0,21 a	5,36 a	1,94 a	1,82 c
05.05	0,22 a	0,19 a	4,87 b	1,68 b	2,29 b
20.05	0,23 a	0,21 a	4,67 b	1,58 b	2,61 a
Czynnik II: liczba oprysków Asahi SL					
Kontrola	0,21 a	0,20 a	4,97 b	1,77 ab	1,94 b
1 oprysk	0,22 a	0,21 a	5,14 a	1,83 a	2,65 a
2 opryski	0,22 a	0,20 a	4,80 b	1,61 b	2,13 b
Interakcja czynnika I i II	n. i.	n. i.	n. i.	n. i.	n. i.

Zawartość potasu oraz wapnia była istotnie mniejsza w liściach roślin młodszych, z późniejszego terminu siewu, poziom azotu azotanowego w roślinach wzrastał wraz z opóźnieniem terminu siewu. Warto podkreślić, że nagietek wykazał tendencję do intensywnego nagromadzania azotanów w liściach. Zawartości magnezu oraz fosforu w liściach nie różniły się statystycznie istotnie pomiędzy badanymi kombinacjami. Zastosowanie biostymulatora Asahi SL nie wpłynęło na zmianę zawartości magnezu oraz fosforu w liściach roślin nagietka lekarskiego (tab. 4). Jednokrotne zastosowanie preparatu wpłynęło na wzrost zawartości ilości potasu, wapnia oraz azotu azotanowego. Natomiast dwukrotne jego zastosowanie zapewniło poziom tych składników zbliżony jak w obiekcie kontrolnym.

W roślinach uprawianych z siewu najwcześniejszego zawartość chlorofilu a+b oraz karotenoidów ogółem była istotnie większa niż u roślin uprawianych z siewu opóźnionego o miesiąc (tab. 5).

Tab. 5. Zawartość karotenoidów i chlorofilu w liściach i kwiatostanach nagietka lekarskiego w zależności od terminu siewu oraz sposobu stosowania preparatu Asahi SL

Czynniki doświadczenia	Chlorofil (a+b)	Karotenoidy ogółem	Chlorofil (a+b)	Karotenoidy ogółem
	(mg·g ś. m.)			
	Liście		Kwiatostany	
Czynnik I: termin siewu				
21.04	0,99 a	0,13 a	0,23 a	1,09 a
05.05	0,89 a	0,09 b	0,23 a	1,02 b
20.05	0,75 b	0,10 b	0,20b	0,99 b
Czynnik II: liczba oprysków Asahi SL				
Kontrola	0,96 a	0,08 a	0,21 a	1,02 a
1 oprysk	0,89 b	0,09 a	0,19 b	1,01 a
2 opryski	0,84 b	0,11 a	0,20 a	1,00 a
Interakcja czynnika I i II	n. i.	n. i.	n. i.	n. i.

Zastosowanie biostymulatora Asahi SL nie wpłynęło istotnie na zmianę zawartości karotenoidów w kwiatostanach i liściach nagietka lekarskiego. Biostymulator przyczynił się do spadku zawartości chlorofilu w liściach. Jest to zgodne z wynikami badań Matysiak i in. [2011], w których jedynie u rzepaku ozimego stwierdzono istotny wzrost chlorofilu pod wpływem Asahi SL, podczas gdy u ziemniaka i buraka cukrowego nie odnotowano znaczących różnic w zawartości chlorofilu pod wpływem Asahi SL.

WNIOSKI

Wczesny termin siewu nagietka zapewnił istotnie największy plon surowca. Biostymulator Asahi SL zastosowany dwukrotnie przyczynił się do wykształcenia większej masy nadziemnych części wegetatywnych, natomiast nie miał istotnego wpływu na plon koszyczków kwiatostanowych.

Najwięcej chlorofilu a+b i karotenoidów ogółem stwierdzono w liściach roślin uprawianych z siewu najwcześniejszego. Nie odno-

towano wpływu Asahi SL na syntezę karotenoidów w kwiatostanach. Biostymulator Asahi SL wpłynął istotnie na zmniejszenie zawartości chlorofilu w liściach badanych roślin.

Stan odżywienia roślin różnił się w zależności od ich wieku. Nagietek uprawiany z najwcześniejszego terminu siewu posiadał więcej potasu i wapnia w liściach oraz mniej azotanów w porównaniu do roślin uprawianych z siewu opóźnionego o miesiąc.

LITERATURA

- Biesiada A., Kędra K., Jezierska-Domaradzka A., Biernat A. 2009. *Wpływ sposobu produkcji rozsady i preparatu Asahi SL na wzrost i rozwój *Belamcanda chinensis* (L.) DC.* Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 539, 57–63.
- Biesiada A., Sokół-Łętowska A., Kucharska A. 2007. *Wpływ odmiany na aktywność antyoksydacyjną nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.)*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCLXXXIII, 41, 421–425.
- Černý I., Pacuta V., Feckova J., Golian J. 2002. *Effect of year and Atonik application on the selected sugar beet production and quality parameters*. J. Central Eur. Agric. 3 (1), 15–22.
- Gawrońska H., Przybysz A., Szalacha E., Słowiński A. 2008. *Physiological and molecular mode of action of Asahi SL biostimulator under optimal and stress conditions*. p. 54–77. In: *Biostimulators in Modern Agriculture. General Aspects*” (H. Gawrońska, ed.). Editorial Mouse Wieś Jutra, Warsaw, 89 ss.
- Kołodziej B. 2004. *Wpływ Atoniku oraz nawożenia dolistnego na plonowanie i jakość surowca żeń-szenia amerykańskiego (*Panax quinquefolium* L.)*. Ann. UMCS, Seria E 59(1), 157–162.
- Kołodziej B. 2010. *Poradnik dla plantatorów – uprawa ziół*. PWRiL, Poznań, 322–326.
- Kohlmünzer S. 2000. *Farmakognozja. podręcznik dla studentów farmacji*. PZWL, Warszawa.
- Laskowska H., Kocira A. 2002. *Wpływ preparatu Asahi SL i nawozu Tytanitu na cechy morfologiczne acidantery dwubarwnej (*Acidantera bicolor* Hochst.)*. Zesz. Prob. Post. Nauk. Rol. 483, 141–147.
- Maciejewski T., Szukała J., Jarosz A. 2007. *Wpływ biostymulatora Asahi SL i na cechy jakościowe bulw ziemniaków*. J. Res. Appl. Agricult. Eng. 52(3), 109–112.
- Matysiak K., Adamczewski K., Kaczmarek S. 2011. *Wpływ biostymulatora Asahi SL na plonowanie i wybrane cechy ilościowe i jakościowe niektórych roślin rolniczych uprawianych w warunkach wielkopolski*. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51(4), 1851–1857.

- Ożarowski A., Jaroniewski W., 1987. *Rośliny lecznicze i ich praktyczne zastosowanie*. Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych.
- Przybysz A., Wrochna M., Słowiński A., Gawrońska H. 2010. *Stimulators effect of Asahi SL on selected plant species*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 9(2), 53–64.
- Pusz W., Płaskowska E. 2008. *Wpływ stosowania preparatu Asahi SL na zdrowotność rzepaku ozimego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 531, 185–191.
- Rademacher W. 1993. *PGRs – present situation and outlook*. Acta Hort. 329, 296–302.
- Rumińska A., Suchorska K., Węglarz Z. 1990. *Rośliny lecznicze i specjalne cz. I Wiadomości ogólne*. Wydawnictwo SGGW AR, Warszawa.

Adres do korespondencji:

Anita Biesiada
Katedra Ogrodnictwa
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
pl. Grunwaldzki 24 a, 50–363 Wrocław
e-mail: anita.biesiada@up.wroc.pl

**WPLYW PŁASKICH OSŁON I UPRAWY WSPÓLRZĘDNEJ
NA PLON SAŁATY RZYMSKIEJ
(*LACTUCA SATIVA* L. VAR. *ROMANA* GARST.)**
EFFECT OF FLAT COVERING AND INTERCROPPING
ON THE YIELD OF THE ROMAINE LETTUCE
(*LACTUCA SATIVA* L. VAR. *ROMANA* GARST.)

Abstrakt. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu stosowania płaskiego osłaniania włókniną na plon sałaty rzymskiej (*Lactuca sativa* L. var. *romana* Garst.) oraz określenie, które z tradycyjnie uprawianych nowalijek (rzodkiewka, koper, burak liściowy) nadają się do uprawy współrzędnej z sałatą rzymską i jak oddziałują na wielkość i jakość jej plonu. Zastosowane płaskie osłony z włókniny (PP17 i PP50) nie miały istotnego wpływu na wielkość plonu sałaty rzymskiej, masę i wysokość główki oraz liczbę liści. Z zastosowanych do uprawy współrzędnej gatunków, tylko rzodkiewka ograniczyła plon sałaty oraz masę jednostkową, wysokość główki i ulistnienie.

Słowa kluczowe: sałata rzymska, włóknina, uprawa współrzędna, plon

Summary. The aim of the study was to determine the effect of flat covering on the yield of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *romana* Garst.) and to determine which of the early vegetables suited to intercropping with lettuce (radish, dill, leaf beetroot) and how to affect quantity and quality of yield. The applied flat-woven cover (PP17 and PP50) had no significant effect on the yield of romaine lettuce, weight and height of the head and the number of leaves. Only radish limited the lettuce yield, weight and height of head and foliage.

Key words: romaine lettuce, nonwoven, intercropping, yield

WSTĘP

Sałata jest w Polsce popularnym warzywem liściowym. Łatwa w uprawie, jest dostępna jako jedna z pierwszych nowalijek wiosennych. Ze względu na krótki okres wegetacji można ją uprawiać jako przedplon, śródplon i poplon wielu warzyw, w polu i pod osłonami. W odróżnieniu od sałaty masłowej i kruchej, sałata rzymska (*Lactuca sativa* L. var. *romana* Garst.) jest mało znana w Polsce. Powszechnie spożywana w krajach Europy południowej i zachodniej, jest tradycyjnie najpopularniejszą sałatą w basenie Morza Śródziemnego, natomiast w Polsce wciąż uprawia się ją głównie amatorsko. Z roku na rok jednak zainteresowanie nią rośnie. Zwiększenie powierzchni jej uprawy, jak też rozpowszechnienie spożycia jest wskazane ze względu na wysoką, większą od pozostałych odmian, wartość odżywczą [Wasilewska 1996; Ryder 2002].

Bezpośrednie osłanianie roślin pozwala na wcześniejsze rozpoczęcie uprawy, chroni rośliny przed przymrozkami i wiatrem, przyspiesza zbiory oraz zwiększa wczesny plon [Siwek i Libik 2005; Rekowska i Słodkowski 2008; Kasirajan i Ngouajio 2012]. Warunki cieplne pod płaskimi osłonami są zmienne. Zależą od rodzaju i grubości osłony, pory roku i dnia oraz przebiegu pogody. Włóknina jest bardziej uniwersalną osłoną od folii perforowanej, ponieważ zapewnia lepszą wymianę powietrza i niższą temperaturę, a tym samym w dni słoneczne nie grozi przegrzaniem roślin. Gwarantuje też dobre przenikanie wody i pary wodnej. Z tych powodów może być pozostawiona na roślinach przez dłuższy czas w porównaniu z folią, szczególnie o mniejszej perforacji [Siwek 1999]. W celu ekonomicznego wykorzystania powierzchni pod osłonami w okresie wiosennym często stosuje się uprawę współrzędną warzyw. System ten praktykowany jest powszechnie w ogrodnictwie amatorskim i biodynamicznym. Znajduje także zastosowanie w ekologicznej uprawie roślin.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu stosowania płaskiego osłaniania włókniną o różnej gęstości na plon sałaty rzymskiej (*Lactuca sativa* L. var. *romana* Garst.) oraz określenie, które z tradycyjnie uprawianych nowalijek nadają się do uprawy współrzędnej z sałatą rzymską i jak oddziałują na wielkość i jakość jej plonu.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2009–2010 w Gospodarstwie Doświadczalnym Felin Uniwersytetu Przyrodniczego w Lubinie (51°23'N, 22°56'E) na glebie płowej wytworzonej z gliny średniej pylastej. Doświadczenie założono metodą bloków kompletnie zrandomizowanych w 4 powtórzeniach. W doświadczeniu uwzględniono następujące czynniki: osłanianie roślin włókniną polipropylenową PP17 i PP 50 oraz uprawę współrzędną z rzodkiewką (*Raphanus sativus* L. subvar. *radicula* Pers.) odm. Karminowa, koprem ogrodowym (*Anethum graveolens* L.) odm. Szmaragd lub burakiem liściowym (*Beta vulgaris* L. var. *cicla* L.) odm. Rhubarb Chard. Kontrolę stanowiła uprawa jednorodna bez osłaniania. Rośliną doświadczalną była sałata rzymska (*Lactuca sativa* L. var. *romana* Garst.) odm. Lentissima a Montare 3, Standard ST.

Przedplonem sałaty był ogórek gruntowy. Rozpoczęcie prac polowych następowało w połowie kwietnia. Po bronowaniu i nawożeniu mineralnym nawozem wieloskładnikowym Azofoska w ilości $0,15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, glebę uprawiano glebogryzarką. Siew nasion wykonywano rokrocznie 20 kwietnia. Nasiona sałaty rzymskiej (w ilości 1 g) wysiewano w rzędy co 40 cm na poletkach o powierzchni $2,89 \text{ m}^2$ (do zbioru $1,44 \text{ m}^2$). Wysiewano trzy rzędy sałaty i cztery rzędy rośliny towarzyszącej. Nasiona roślin towarzyszących siano w międzyrzędziach sałaty. Ze względu na krótki okres wegetacji rzodkiewkę wysiewano 3 krotnie. W obiekcie kontrolnym sałata rosła bez wsiewek. Po siewie zostały rozłożone osłony z włókniny. Do płaskiego osłaniania roślin wykorzystano białą włókninę polipropylenową PP o masie $17 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ i $50 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. W trakcie wzrostu roślin wykonywane były zabiegi pielęgnacyjne: ręczne usuwanie chwastów, pielenie, gracowanie. W fazie 3–4 liści (ok. 5 czerwca) wykonywano prze-rywkę sałaty, pozostawiając na poletku 12 roślin sałaty w rozstawie $40 \times 30 \text{ cm}$, które stanowiły pojedynczą replikację kombinacji uprawy. Po 3 tygodniach od przerywki z poletek usuwano włókninę. Pierwszy zbiór rzodkiewki wykonano 20 maja. Kolejne zbiory rzodkiewki miały miejsce 19 i 24 czerwca. Koper i burak liściowy zebrano odpowiednio: 8.06.2009 i 10.06.2010 r. Zbiór sałaty przeprowadzono 15 lipca. W zebranych plonie wszystkie główki spełniały cechy plonu handlowego [Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 771/2009]. Wykonano pomiary biometryczne roślin, określono plon, masę i wysokość główki, ulistnienie i oznaczo-

no zawartość kwasu L-askorbinowego (metodą Tillmansa). Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy użyciu analizy wariancji, w oparciu o test Tukey'a, przy poziomie istotności $p=0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plon główek sałaty średnio za okres dwóch lat wyniósł $7,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ i mieścił się w przedziale od $5,2$ do $10,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (tab. 1). Największy plon uzyskano w uprawie jednorodnej sałaty pod osłoną z włókniny PP50 a najmniejszy, w uprawie współrzędnej z rzodkiewką pod osłoną z PP17. Rodkiewicz [2005] otrzymała $7,48 \text{ kg}$ plonu ogólnego główek sałaty rzymskiej odm. Livia. Jednak plon handlowy wyniósł tylko $2,45 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, a uprawa była prowadzona z rozsady. Można przypuszczać, że zastosowany w doświadczeniu termin uprawy (od 20.04. do 15.07.), jak i siew wprost do gruntu z zastosowaniem osłon sprzyjały plonowaniu sałaty. W badaniach Rodkiewicz [2005] siew nasion był przeprowadzony 15 maja, a zbiór w zależności od roku od 29 lipca do 2 sierpnia. Zaskakująco niski plon handlowy sałaty rzymskiej (średnio $0,913 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) uzyskali w swoich badaniach Rolbiecki i inni [2011]. Prawdopodobnie przyczyną była uprawa sałaty na tzw. zbiór jesienny (sadzenie rozsady pod koniec sierpnia).

Tab. 1. Wpływ osłaniania roślin i uprawy współrzędnej na wybrane cechy plonu sałaty rzymskiej (średnio z lat 2009–2010)

Czynniki doświadczenia		Cechy plonu sałaty				
Oslanianie	Uprawa współrzędna	Plon $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	Masa 1 główki g	Wysokość główki mm	Liczba liści szt-roślina ⁻¹	Zawartość kwasu L-askorbinowego $\text{mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$
Bez osłony	Kontrola	9,1	1059	44,9	51	21,2
	Rzodkiewka	6,2	723	37,4	46	20,7
	Koper	6,5	786	41,7	45	22,0
	Burak	8,1	971	44,6	54	21,6
	Średnia	7,4	885	42,2	49	21,4

PP17	Kontrola	7,7	900	42,4	50	20,7
	Rzodkiewka	5,2	598	37,3	46	20,6
	Koper	8,4	988	43,3	51	21,2
	Burak	7,3	866	43,4	51	21,1
	Średnia	7,1	838	41,6	49	20,9
PP50	Kontrola	10,4	1211	44,4	51	20,2
	Rzodkiewka	6,1	723	36,0	50	19,9
	Koper	9,6	1129	45,0	54	19,8
	Burak	9,1	1053	43,1	53	19,8
	Średnia	8,8	1029	42,1	52	19,9
Średnia	Kontrola	9,0	1057	43,9	50	20,7
	Rzodkiewka	5,8	681	36,9	47	20,4
	Koper	8,1	968	43,3	50	21,0
	Burak	8,1	963	43,7	52	20,8
	Średnia	7,8	917	42,0	50	20,7
NIR _{0,05} dla: Osłon (A)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wsiewek (B)		2,1	279	4,2	3,9	n.s.
W interakcji A x B		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n. s. – różnice nieistotne statystycznie

Oślanianie roślin włókniną w wielu doświadczeniach z różnymi gatunkami warzyw zazwyczaj korzystnie wpływało na wielkość i jakość plonu. Znacznie większy plon kalarepy otrzymała Biesiada [2008], a Rekowska i Słodkowski [2008] uzyskali większy plon i lepszą jakość buraka ćwikłowego na zbiór pęczkowy. Jednak plonowanie cebuli siedmiolatki pod włókniną okazało się słabsze od kontrolnego [Tendaj i Mysiak 2007]. W omawianym doświadczeniu osłanianie roślin nie wpłynęło istotnie na plon sałaty. Zaznaczyła się jednak tendencja do zwiększenia plonu po zastosowaniu włókniny PP50, natomiast po użyciu włókniny PP17 otrzymano gorsze wyniki w porównaniu z kontrolą. Jest to o tyle zaskakujące, że włókniny o masie 50

$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ nie stosuje się standardowo do osłaniania roślin w okresie wiosenno-letnim, a do tego celu jest polecana włóknina o masie $17 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ [Siwek 1999]. Można przypuszczać, że grubsza włóknina stworzyła w tym okresie odpowiednie warunki dla wschodów i początkowego wzrostu sałaty tj. podniosła temperaturę i wilgotność do zakresów optymalnych dla uprawy tego gatunku. Optymalna temperatura wzrostu sałaty to $15\text{--}20^\circ\text{C}$, a wilgotność gleby około 75% ppw [Stębowska i Elkner 2005]. Negatywny wpływ osłaniania włókniną PP17 na plon zgrubień odnotowano w uprawie kopru włoskiego [Błażewicz-Woźniak 2009, 2010].

Współrzędna uprawa sałaty z innymi gatunkami warzyw spowodowała zmniejszenie plonu główek. Największy plon uzyskano w uprawie sałaty bez wsiewki. Najsilniejszy ujemny efekt miała uprawa sałaty z rzodkiewką. Także Wasilewska [1996] odnotowała, negatywny wpływ rzodkiewki na sałatę w uprawie współrzędnej. Tymczasem często zaleca się uprawę współrzędną tych gatunków, szczególnie w okresie wczesnowiosennym. Sałata z rzodkiewką są traktowane jako dobre rośliny współrzędne [Sartorius 1993]. W przeprowadzonym doświadczeniu rzodkiewka okazała się mniej odpowiednim sąsiedztwem dla sałaty rzymskiej od kopru ogrodowego i buraka liściowego.

Sałata rzymska, odmiany *Lentissima* a *Montare 3* tworzy duże, owalne główki. Odmiany sałaty typu „maxi” formują główki o masie 700–1000 g [Stębowska i Elkner 2005]. W ocenie niezależnej od roku badań, średnia masa 1 główki sałaty rzymskiej w przeprowadzonym doświadczeniu wyniosła 917 g (tab. 1). Masa jednostkowa główek przyjmowała wartości w zakresie od 311 do 1480 g. Główki o największej masie uformowała sałata uprawiana bez wsiewki pod włókniną PP50, a najmniejsze – w uprawie z rzodkiewką pod włókniną PP17. Rodkiewicz [2005] uzyskała główki sałaty o średniej masie 841 g, zaś Rolbiecki i inni [2011] – 199 g. Osłony nie wpłynęły istotnie na masę główki sałaty, natomiast uprawa współrzędna spowodowała zmniejszenie masy jednostkowej główek. Główki o największej masie uzyskano z uprawy jednorodnej sałaty, natomiast o najmniejszej – z uprawy współrzędnej z rzodkiewką.

Główki sałaty w chwili zbioru miały wysokość od 30,5 do 49,4 cm. Średnia z całego zbioru za okres dwóch lat wyniosła 42,0 cm i mieściła

się w zakresie od 36,0 do 45,0 cm (tab. 1). Zastosowane osłony nie wpłynęły istotnie na wysokość roślin w porównaniu z uprawą w polu odkrytym. Najniższa była sałata uprawiana współrzędnie z rzodkiewką, nieznacznie niższa, gdy rosła w towarzystwie kopru, natomiast burak liściowy nie wpłynął na wysokość główek. Rzodkiewka należy do rodziny *Brassicaceae*. Niekorzystny wpływ mulczu z gorczycy białej należącej do tej samej rodziny botanicznej na wzrost i plonowanie skorzonery odnotował w swoich badaniach Konopiński [2004] a cebuli – Kęsik i Błażewicz-Woźniak [2009].

W chwili zbioru główki sałaty składały się z 36 do 59 liści (średnio 50 szt. roślina⁻¹). Nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu czynników doświadczenia na liczbę liści wytworzonych przez sałatę. Odnotowano jedynie tendencję do zwiększonej liczby liści u sałaty uprawianej pod osłonami, zwłaszcza pod osłoną z włókniny PP50 oraz do zmniejszenia liczby liści sałaty w uprawie z rzodkiewką. Rosnąc w sąsiedztwie kopru, sałata wytworzyła tyle samo liści, jak w uprawie jednorodnej, zaś burak liściowy nieznacznie zwiększył ulistnienie sałaty. Jak podają Cantwell i Suslow [2009] bardzo luźne główki sałaty rzymskiej są niedojrzałe, a twarde i zbite – przejrzyste. Główki, które są niedojrzałe mają mniej niż 30 liści, a dojrzałe około 35 (mają lepszy smak niż przejrzyste, są słodsze i zawierają mniej goryczy).

Liście sałaty rzymskiej w zależności od kombinacji uprawy zawierały średnio od 19,8 do 21,6 mg kwasu L-askorbinowego w 100 g świeżej masy (tab. 1). Dużą zawartość witaminy C w liściach tej odmiany podkreślają Stębowska i Elkner [2005], natomiast Soare i inni [2009] oznaczyli tylko 11,4–12,7 mg·100g⁻¹. Nie stwierdzono istotnego wpływu czynników doświadczenia na zawartość witaminy C w liściach sałaty (tab. 1). Osłanianie roślin nieznacznie zmniejszyło zawartość kwasu L-askorbinowego w sałacie. Podobne wyniki uzyskano w uprawie sałaty masłowej [Wierzbicka i Kuskowska 2002], selera naciowego [Siwek i Libik 2005], kopru włoskiego [Błażewicz-Woźniak 2010]. Można to tłumaczyć większą wilgotnością panującą pod osłonami, co zapewniało większe uwilgotnienie tkanek roślin. Uprawa współrzędna nie wpłynęła niekorzystnie na gromadzenie witaminy C w liściach sałaty rzymskiej.

WNIOSKI

Zastosowane płaskie osłony z włókniny PP nie miały istotnego wpływu na wielkość plonu sałaty rzymskiej, masę i wysokość główki oraz liczbę liści a także na zawartość w nich witaminy C.

Spośród gatunków towarzyszących uprawie sałaty tylko rzodkiewka ograniczyła jej plon oraz masę jednostkową, wysokość główki i ulistnienie natomiast koper ogrodowy i burak liściowy nie wpłynęły znacząco na plon sałaty i jego jakość.

Największy plon sałaty rzymskiej zapewniła uprawa jednorodna bez wsiewek.

LITERATURA

- Biesiada A. 2008. *Wpływ okryć płaskich i rozstawy na plon i jakość kalarepy w uprawie wiosennej*. J. Elementol. 13(2), 167–173.
- Błażewicz-Woźniak M. 2009. *Wpływ osłaniania gleby i roślin oraz terminu siewu na wschody i wzrost dwóch odmian kopru włoskiego w uprawie polowej*. Annales UMCS, sec. EEE 19(2), 1–10.
- Błażewicz-Woźniak M. 2010. *Effect of soil and plant covering as well as sowing term upon fennel bulb nutritional value*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 9(1), 3–12.
- Cantwell, M., Suslow, T. 2009. *Lettuce: Romaine or Cos. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality*. UC, Davis.
- Kasirajan S., Ngouajio M. 2012. *Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review*. Agron. Sustain. Dev. 32, 501–529.
- Kęsik T., Błażewicz-Woźniak M. 2009. *Growth and yielding of onion under conservation tillage*. Veg. Crops Res. Bull. 70, 111–123.
- Konopiński M. 2004. *Wpływ mulczowania gleby i siewu bezpośredniego na wschody i plonowanie skorzonery odmiany 'Lange Jan'*. Rocz. AR Pozn. 356, 37, 103–108.
- Rekowska E., Słodkowski P. 2008. *Wpływ osłaniania roślin i zagęszczania rzędów na plonowanie odmian buraka ćwikłowego uprawianego na zbiór pęczkowy*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 527, 265–271.
- Rodkiewicz T. 2005. *Plonowanie sałaty rzymskiej (Lactuca sativa L. var. longifolia) uprawianej w różnych terminach*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 515, 441–446.
- Rolbiecki R., Rolbiecki S., Piszczek P. 2011. *Plonowanie trzech odmian sałaty rzymskiej na glebie bardzo lekkiej w warunkach fertygacji kropłowej azotem*. Infrastructure And Ecology of Rural Areas, PAN Oddział w Krakowie, 6, 205–209. ISSN 1732-5587

- Ryder E.J. 2002. *The new salad crop revolution*. [W:] J. Janick and A. Whipkey, Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, 408–412.
- Sartorius G. 1993. *Uprawa współrzędna i płodozmian*. Wyd. Multico, Warszawa.
- Siwek P. 1999. *Warzywa pod niskimi osłonami*. Wyd. Hortpress, Warszawa.
- Siwek P., Libik A. 2005. *Wpływ osłon z folii i włókniny w uprawie wczesnej se-lera naciowego na wielkość i jakość plonu*. Zesz. Nauk AR we Wrocławiu 515, 483–490.
- Soare R., Duta A., Rosculete E., Iancu P. 2009. *The utilization of some technological practices regarding the lettuce crop in order to reduce of the pollution edible organs*. J. Hortic., Forestry and Biotechnology 13, 2066-1797.
- Tendaj M., Mysiak B. 2007. *Plonowanie cebuli siedmiolatki (Allium fistulosum L.) w zależności od terminu sadzenia rozsady i stosowania płaskich osłon*. Annales UMCS, sec. EEE 17(2), 5–10.
- Wasilewska I. 1996. *Uprawa sałaty pod osłonami i w polu*. Wyd. Hortopress, Warszawa.
- Wierzbicka B., Kuskowska M. 2002. *Wpływ wybranych czynników na zawartość witaminy C w warzywach*. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 1(2), 49–57.

Adres do korespondencji:

Dr hab. Marzena Błażewicz-Woźniak, prof. nadzw. UP w Lublinie
Katedra Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin
e-mail: marzena.wozniak@up.lublin.pl

Badania finansowane w ramach działalności statutowej
Katedry Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych UP w Lublinie

**WPŁYW TERMINU SADZENIA ROZSADY
NA PLONOWANIE PAPRYKI SŁODKIEJ W POLU**
THE INFLUENCE OF TRANSPLANTING DATE
ON THE SWEET PEPPER YIELDING IN THE FIELD

Abstrakt. Celem niniejszej pracy było określenie wpływu terminu sadzenia rozsady: 20–21 maja, 30–31 maja, 9–10 czerwca na plon handlowy i wczesny czterech odmian papryki słodkiej: Marysia, Red Knight F₁, Mino, Caryca F₁. Istotnie większy plon handlowy owoców zebrano z roślin posadzonych w pierwszym i drugim terminie. Zdecydowanie większy plon wczesny handlowy otrzymano z pierwszego terminu uprawy. Owoce zebrane z roślin posadzonych najwcześniej odznaczały się większą zawartością suchej masy (%) oraz ekstraktu (%). Większy plon owoców papryki słodkiej uzyskano z roślin odmian heterozyjnych w porównaniu do plonu z roślin odmian ustalonych.

Słowa kluczowe: *Capsicum annuum L.*, plon wczesny, plon handlowy, odmiana

Summary. The aim of the present paper was to determine the effect of planting date; 20th–21st, 30th–31st May and 9th–10th June on marketable and early yield of four sweet pepper cultivars in the field production. The highest marketable yield was obtained from plants cultivated from the first and second planting term. The highest marketable early yield, however, was obtained from the first planting term. The fruits harvested from the plants grown in the first term contained more dry matter (%) and more soluble solids (%). Greater marketable yield of sweet pepper fruits was obtained from the hybrid cultivars plants in comparison to standard ones.

Key words: *Capsicum annuum L.*, early yield, commercial yield, cultivar

WSTĘP

W Polsce podstawowym wyznacznikiem terminu rozpoczęcia uprawy papryki w polu jest data występowania ostatnich przymrozków wiosennych. Najwcześniej można zatem wysadzać rozsadę papryki w rejonach o łagodniejszym klimacie na Pomorzu Zachodnim oraz w okolicach Wrocławia. W ostatnich latach w naszym kraju zdarzają się w okresie wiosennym anomalie termiczne, co sprawia, że czas występowania ostatnich przymrozków wiosennych jest trudny do przewidzenia. Dlatego też wyznaczenie optymalnego terminu rozpoczęcia uprawy papryki w polu nie jest łatwym zadaniem.

Z doniesień literatury z zakresu badań nad agrotechniką papryki rocznej, które były prowadzone w kilku ośrodkach naukowych w Polsce wynika, że rozsadę papryki wysadzano w pole zarówno w połowie maja [Gajc-Wolska i in. 2007] jak i w 1. dekadzie czerwca [Szafirowska i Elkner 2008, 2009]. Najczęściej jednak stosowanym terminem rozpoczęcia uprawy papryki w polu była 3. dekada maja zarówno w doświadczeniach prowadzonych na Pomorzu Zachodnim [Orłowski i in. 2003; Jadczał i in. 2004] oraz w okolicach Wrocławia [Adamczewska-Sowińska i Kołota 2001, 2004], na Lubelszczyźnie [Buczkowska 1996, 2004, 2007, Buczkowska i Bednarek 2005], na Mazowszu [Gajc-Wolska i Skąpski 2002; Korzeniewska i Niemirowicz-Szczytt 2007], a także w specyficznych warunkach chłodniejszego klimatu Olsztyna [Michalik 2007, 2010].

Niekiedy niesprzyjające warunki pogodowe występujące drugiej połowie maja lub przyczyny innej natury mogą uniemożliwiać rozpoczęcie uprawy papryki w tym terminie, dlatego też koniecznością staje się późniejsze sadzenie rozsady w 1. dekadzie czerwca.

W związku z powyższym celem niniejszej pracy była ocena plonowania papryki słodkiej uprawianej w polu przy zastosowaniu trzech terminów sadzenia rozsady: 20–21 maja, 30–31 maja oraz 9–10 czerwca.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2004–2005 w prywatnym gospodarstwie w miejscowości Zezulin (powiat Łęczna) na glebie płowej powstałej z utworów lessowatych na marglach kredowych, o zawar-

tości 1,8% substancji organicznej w warstwie ornej. Przedplonem dla papryki słodkiej była pszenica ozima. Jesienią zastosowano nawożenie organiczne obornikiem w ilości 30 t·ha⁻¹. Nawożenie mineralne przeprowadzono w oparciu o wyniki analizy chemicznej gleby, stosując 2 tygodnie przed posadzeniem rozsady: 90 kg N (saletra amonowa); 50 kg P (superfosfat potrójny); 120 kg K (siarczan potasu) na 1 ha. Pogłównie paprykę nawożono dolistnie dwukrotnie Florovitem (0,5%) oraz dwukrotnie saletrą wapniową (1%). Zastosowano trzy terminy sadzenia rozsady papryki w polu: 1. 20–21 maja; 2. 30–31 maja; 3. 9–10 czerwca, w rozstawie 0,67 x 0,35 m. Zagęszczenie roślin wynosiło 4,26 rośliny na 1 m².

Obiektem badań były cztery odmiany papryki słodkiej: Marysia (odmiana czeska, dystrybutor nasion firma Oseva Polska sp.z o.o.), Red Knight F₁ (odmiana wyhodowana w USA, dystrybutor nasion firma Seminis-Reheza sp.j.), Mino (Capsinova L. & P. Nowaczyk), Caryca F₁ (PlantiCo Gołębiew). Odmiany te są polecane do uprawy w polu ze względu na krótki okres wegetacji i wczesne owocowanie w mniej korzystnych warunkach środowiska.

Doświadczenie założono jako dwuczynnikowe (czynnik A – odmiana), czynnik B – termin sadzenia rozsady), metodą bloków losowych, w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletka doświadczalnego wynosiła 4,7 m².

W trakcie wegetacji prowadzono ochronę roślin zgodnie z aktualnymi zaleceniami dla papryki słodkiej oraz niezbędne zabiegi pielęgnacyjne (odchwaszczanie i systematyczne nawadnianie). Warunki termiczne oraz sumę opadów w okresie uprawy papryki przedstawiono według danych obserwatorium meteorologicznego UP w Lublinie (Stacja Badawcza – Felin), która zlokalizowana jest w odległości 15 km od miejsca prowadzenia badań (tab. 1).

Porównanie wartości średnich miesięcznych temperatury powietrza w okresie wegetacji papryki w latach prowadzenia badań wskazuje, że bardziej korzystne warunki cieplne dla papryki panowały w roku 2004, ponieważ w tym roku badań w sierpniu średnia dobową temperatura (18,3°C) była zdecydowanie wyższa od temperatury tego miesiąca w roku 2005 (16,9°C) oraz wartości z wielolecia (17,3°C). Suma i rozkład opadów nie miały decydującego wpływu na wzrost i rozwój roślin, ponieważ uprawę papryki doraźnie nawadniano.

Tab. 1. Średnie miesięczne temperatury powietrza i sumy opadów w latach 2004–2005 (według obserwatorium meteorologicznego UP w Lublinie)

Temperatura °C	Rok	Miesiąc					
		IV	V	VI	VII	VIII	IX
	2004	7,9	11,9	15,8	18,1	18,3	12,8
	2005	9,1	13,2	15,0	19,8	16,9	14,9
	Średnio z lat 1951–2000	7,5	13,0	16,5	17,9	17,3	12,9
Suma opadów mm	2004	38,1	38,0	49,9	90,5	48,5	14,2
	2005	18,6	98,0	55,9	109,8	108,7	18,0
	Średnio z lat 1951–2000	40,6	58,3	65,8	78,0	69,7	52,1

Owoce zbierano sukcesywnie co 7–10 dni, w fazie dojrzałości fizjologicznej, z każdego powtórzenia oddzielnie. Termin pierwszego zbioru owoców papryki w latach 2004 i 2005 dla wszystkich badanych kombinacji zamieszczono w tabeli 2. Zbiory owoców wszystkich odmian zakończono w 1. dekadzie października.

Tab. 2. Termin pierwszego zbioru owoców 4 odmian papryki słodkiej w zależności od terminu sadzenia rozsady

Odmiana	Termin sadzenia rozsady	Lata	
		2004	2005
Marysia	1	2. dek. sierpnia	2. dek. sierpnia
	2	2. dek. sierpnia	3. dek. sierpnia
	3	3. dek. sierpnia	3. dek. sierpnia
Red Knight F ₁	1	1. dek. września	3. dek. sierpnia
	2	2. dek. września	1. dek. września
	3	2. dek. września	1. dek. września
Mino	1	3. dek. sierpnia	2. dek. sierpnia
	2	1. dek. września	3. dek. sierpnia
	3	1. dek. września	1. dek. września
Caryca F ₁	1	1. dek. września	2. dek. sierpnia
	2	2. dek. września	3. dek. sierpnia
	3	1. dek. września	1. dek. września

Określono plon ogółem i handlowy owoców, liczbę owoców ogółem i handlowych oraz plon wczesny, za który umownie uznano u wszystkich odmian owoce zebrane do 10 września. W owocach zebranych w 2. dekadzie września oznaczono suchą masę (metodą suszarkową w temperaturze 104°C) oraz ekstrakt (%) – refraktometrycznie.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Istotność różnic oceniono za pomocą wielokrotnych przedziałów ufności T-Tukey'a przy 5% poziomie ufności.

WYNIKI I Dyskusja

Wykazano istotny wpływ terminu sadzenia rozsady na plonowanie papryki słodkiej w uprawie polowej. Statystycznie większy średni plon handlowy owoców otrzymano z roślin wysadzonych w pierwszym (3,82 kg·m⁻²) i drugim terminie (3,74 kg·m⁻²) w porównaniu do plonu z trzeciego terminu (3,06 kg·m⁻²). We wszystkich terminach uprawy udział plonu handlowego owoców w plonie ogółem był duży i stanowił odpowiednio: 86,2; 84,4; 81,4% (tab. 3).

Stwierdzono zróżnicowany wpływ terminu uprawy na średni plon handlowy owoców ocenianych odmian. Największy wpływ terminu sadzenia na średni plon handlowy owoców uwidocznił się w uprawie odmian: Caryca F₁, Marysia i Red Knight F₁. U odmiany Mino nie wykazano natomiast statystycznie istotnego wpływu terminu sadzenia rozsady na wielkość średniego plonu handlowego. Związane to było zapewne ze specyficznymi cechami tej odmiany, której rośliny odznaczają się szybką dynamiką wzrostu, wczesnością kwitnienia i owocowania [Nowaczyk i Nowaczyk 2000; Buczkowska 2004].

Oceniane odmiany różniły się statystycznie pod względem średniego plonu handlowego owoców. We wszystkich terminach uprawy istotnie większy średni plon handlowy uzyskano z roślin odmian heterozyjnych: Caryca F₁ (4,04 kg·m⁻²), Red Knight F₁ (3,97 kg·m⁻²) w porównaniu do odmian ustalonych Mino (3,12 kg·m⁻²) oraz Marysia (3,04 kg·m⁻²). Uzyskane rezultaty są zbieżne z wynikami innych autorów [Buczkowska 2007; Buczkowska i Bednarek 2005; Gajc-Wolska i Skąpski 2002; Gajc-Wolska i in. 2005, 2007; Korzeniewska i Niemirowicz-Szczytt 2007], którzy dowodzą również, iż plonowanie odmian ustalonych papryki słodkiej nie dorównuje plonowaniu odmian heterozyjnych, zwłaszcza w uprawie polowej, gdzie panują mniej korzystne warunki środowiska.

Tab. 3. Wpływ terminu sadzenia rozsady na plonowanie papryki słodkiej w polu 1 – 20–21 maja; 2 – 30–31 maja; 3 – 9–10 czerwca

Odmiana	Termin sadzenia rozsady	Plon handlowy owoców (kg·m ⁻²)			Udział plonu handlowego w plonie ogółem (%)			Plon wczesny owoców (kg·m ⁻²)		
		2004	2005	Średnio	2004	2005	Średnio	2004	2005	Średnio
Marysia	1	3,62	3,38	3,50	96,8	87,6	92,1	1,31	1,56	1,44
	2	3,50	2,60	3,05	84,7	87,2	85,9	1,00	0,38	0,69
	3	2,55	2,60	2,58	100,0	73,2	84,6	0,56	1,10	0,83
	Średnio	3,22	2,58	3,04	92,8	82,7	87,6	0,96	0,83	0,99
Red Knight F ₁	1	4,90	3,21	4,06	86,3	84,0	85,5	0,49	1,43	0,96
	2	5,13	3,47	4,30	80,3	96,7	86,2	0,00	0,47	0,23
	3	3,54	3,58	3,56	76,5	83,8	80,0	0,00	0,49	0,24
	Średnio	4,52	3,42	3,97	81,1	87,9	83,9	0,16	0,80	0,48
Mino	1	3,86	2,92	3,39	77,0	87,7	81,3	0,68	1,28	0,98
	2	4,11	2,04	3,08	75,9	86,4	79,4	0,92	0,42	0,67
	3	2,86	2,94	2,90	80,1	81,0	80,6	0,17	0,26	0,22
	Średnio	3,61	2,63	3,12	77,5	84,6	80,4	0,59	0,65	0,62
Caryca F ₁	1	5,00	3,78	4,39	86,9	88,5	87,6	0,42	2,06	1,24
	2	4,86	4,20	4,53	80,6	91,5	85,3	0,00	1,03	0,52
	3	3,11	2,29	3,20	74,0	86,6	80,0	0,26	0,82	0,54
	Średnio	4,32	3,76	4,04	81,1	89,1	84,7	0,23	0,54	0,77
Średnio	1	4,32	3,32	3,82	85,6	86,9	86,2	0,73	1,58	1,16
	2	4,40	3,08	3,74	80,1	91,1	84,4	0,48	0,58	0,53
	3	3,02	3,10	3,06	80,7	81,4	81,4	0,25	0,67	0,46
	Średnio	3,92	3,17	3,54	82,0	86,4	83,9	0,49	0,94	0,72

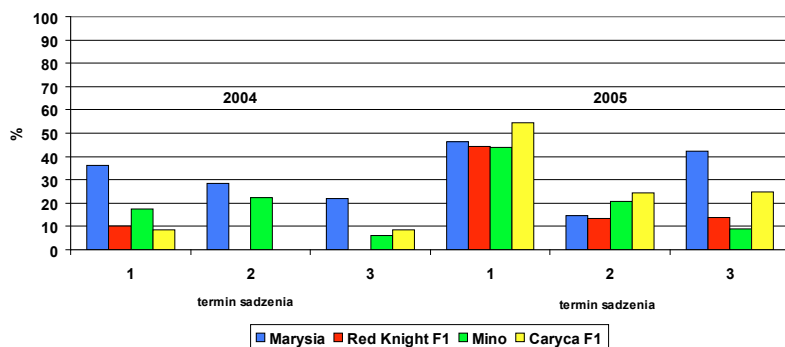
NIR _{P=0,05}			
dla terminu uprawy	(a)	0,249	0,116
dla odmiany	(b)	0,316	0,147
dla lat	(c)	0,180	0,079
dla interakcji:	(a x b)	0,747	0,308
	(a x c)	0,457	0,200
	(b x c)	0,523	0,247
	(a x b x c)	1,151	0,505

Odmiany mieszańcowe papryki słodkiej w uprawie polowej odznaczają się mniejszą zmiennością plonu w warunkach klimatycznych naszego kraju [Buczowska i Bednarek 2005; Buczowska 2007].

Uzyskane w tej pracy rezultaty wskazują jednak na istotne różnice w średnim plonie handlowym papryki słodkiej, który uzyskano z uprawy w polu w roku 2004 (3,92 kg·m⁻²) oraz 2005 (3,17 kg·m⁻²). Niezależnie od terminu sadzenia rozsady większy plon handlowy owoców otrzymano z roślin wszystkich ocenianych odmian w roku 2004 aniżeli w 2005. Świadczy to o tym, że plonowanie papryki słodkiej w polu nawet przy doborze odpowiednich odmian jest zależne od przebiegu pogody w okresie uprawy [Buczowska 1996, 2004; Gajc-Wolska i Skąpski 2002; Gajc-Wolska i in. 2007; Korzeniowska i Niemirowicz-Szczytt 2007; Michalik 2007, 2010]. Na podstawie porównania warunków termicznych, które panowały w latach badań w okresie kwitnienia, zawiązywania i dorastania owoców można wnioskować, że korzystniejsze warunki termiczne w sierpniu 2004 roku (średnia dobowa temperatura powietrza 18,3°C) w porównaniu do temperatury tego miesiąca w roku 2005 (16,9°C) oraz wartości z wielolecia (17,3°C) miały duży wpływ na plonowanie papryki, gdyż w tym okresie notuje się intensywny przyrost masy zawiązanych owoców [Gajc-Wolska i in. 2007] (tab. 2). Termin sadzenia rozsady miał istotny wpływ na plon wczesny handlowy owoców, który umownie dla wszystkich odmian przyjęto jako plon owoców zebranych do 10 września (tab.1, 3, ryc.1).

Istotnie największy otrzymano z najwcześniejszego terminu sadzenia (średnio 1,16 kg·m⁻²) w porównaniu do otrzymanego z drugiego (średnio 0,53 kg·m⁻²) i trzeciego (średnio 0,46 kg·m⁻²). Udział plonu wczesnego w całkowitym plonie handlowym stanowił średnio

30,4% z najwcześniejszego terminu uprawy, gdy z drugiego i trzeciego terminu wynosił średnio tylko 15,3% i 15,8%. Oceniane odmiany były istotnie zróżnicowane pod względem wczesności plonowania. Istotnie największy plon wczesny otrzymano z uprawy roślin odmiany Marysia (średnio $0,99 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) w porównaniu do pozostałych (średnio $0,48\text{--}0,77 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$).



Ryc. 1. Udział wczesnego plonu handlowego owoców w całkowitym plonie handlowym czterech odmian papryki słodkiej w zależności od terminu sadzenia rozsady (%)

Istotnie większy wczesny plon handlowy owoców otrzymano w roku 2005 (średnio $0,94 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) w porównaniu do roku 2004 (średnio $0,49 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), ponieważ w drugim roku badań u odmian: Marysia, Mino oraz Caryca F₁ zbiory owoców rozpoczęto zdecydowanie wcześniej, bo już w 2. dekadzie sierpnia (tab. 2). Wcześniejszemu dorastaniu i dojrzewaniu owoców papryki tym roku sprzyjały zapewne bardzo korzystne warunki termiczne w miesiącu lipcu (średnia miesięczna temperatura $19,8^{\circ}\text{C}$). W obu latach badań mniejszym udziałem plonu wczesnego handlowego owoców w plonie całkowitym charakteryzowało się plonowanie odmian mieszańcowych zwłaszcza wielkoowocowej odmiany Red Knight F₁, średnio (11,9%) (ryc. 1). Uzyskane w tej pracy wyniki z plonowania papryki słodkiej uprawianej w polu są zgodne z rezultatami innych prac dotyczących wielkości i wczesności plonu odmian mieszańcowych i ustalonych papryki słodkiej, w których dowiedziono, że w warunkach klimatycznych naszego kraju odmiany mieszańcowe są bardziej stabilne w plonowaniu. Charakteryzują się jednak dłuższym okresem wegetacji i plonują

z reguły później od odmian ustalonych. Odznaczają się owocami o większej masie i grubszej ściance owocni, których czas dorostania i dojrzewania jest dłuższy w porównaniu do mniej atrakcyjnych owoców odmian ustalonych [Buczkowska 1996, 2007; Gajc-Wolska i Skąpski 2002; Gajc-Wolska i in. 2005, 2007; Korzeniewska i Niemirowicz-Szczytt 2007; Korzeniewska i in. 2007; Nowaczyk i in. 1998].

Sucha masa (%) w owocach ocenianych odmian papryki słodkiej była zróżnicowana w zależności od terminu sadzenia rozsady. Istotnie więcej suchej masy oznaczono w owocach, które uzyskano z roślin posadzonych w pole 20–21 maja (średnio 7,88%) w porównaniu do owoców z późniejszych terminów uprawy: 30–31 maja (średnio 7,37%), 9–10 czerwca (średnio 7,19%). Największe zróżnicowanie w suchej masie w zależności od terminu uprawy stwierdzono w owocach odmian Red Knight F₁ oraz Mino. Niezależnie od terminu uprawy zawartość suchej masy w owocach ocenianych odmian wynosiła odpowiednio: 7,23 i 7,49%. Nie wykazano statystycznie zróżnicowania w zawartości suchej masy w owocach papryki słodkiej w latach 2004 (średnio 7,52%) i 2005 (średnio 7,44%). Zawartość suchej masy w owocach papryki jest uzależniona od cech odmiany [Gajc-Wolska i Skąpski 2002; Gajc-Wolska i in. 2005, 2007], a także technologii uprawy [Kowalczyk i Zielony 2007]. Z reguły więcej suchej masy zawierają owoce papryki ostrej [Orłowski i in. 2003; Buczkowska i Najda 2002].

Istotnie najwięcej ekstraktu (%) oznaczono w owocach papryki uzyskanych z roślin posadzonych najwcześniej (średnio 6,1%) w porównaniu do owoców z późniejszych terminów (średnio 5,1% i 4,7%). Niezależnie od terminu sadzenia rozsady w owocach ocenianych odmian wykazano istotnie różną zawartość składników rozpuszczalnych w soku komórkowym, zdecydowanie najmniejszą u odmiany Caryca F₁ (średnio 4,4%) w porównaniu do owoców pozostałych odmian (średnio 5,4–5,7%), w których ta zawartość nie odbiegła od oznaczonej przez innych autorów [Gajc-Wolska i in. 2005; Kowalczyk i Zielony 2007]. Owoce ocenianych odmian różniły się w latach badań pod względem zawartości ekstraktu. Istotnie więcej oznaczono w owocach zebranych w roku 2004 (średnio 5,8%) aniżeli w roku 2005 (średnio 4,7%). Na podstawie wyników innych prac można twierdzić, że zawartość ekstraktu w owocach papryki jest zmienna i uzależniona od wielu czynników między innymi cech

odmiany, fazy dojrzałości owoców, warunków środowiska oraz technologii uprawy [Gajc-Wolska i Skąpski 2002; Gajc-Wolska i in. 2005; Kowalczyk i Zielony 2007; Orłowski i in. 2003].

W dostępnej literaturze nie znaleziono informacji o wynikach badań dotyczących optymalizacji terminu sadzenia papryki słodkiej w klimacie naszego kraju. Z wielu opracowań wynika, że termin sadzenia papryki słodkiej w pole uzależniony jest od przebiegu pogody w danym roku.

Tab. 4. Sucha masa (%) oraz zawartość ekstraktu (%) w owocach czterech odmian papryki słodkiej w zależności od terminu sadzenia rozsady

Odmiana	Termin sadzenia rozsady	Sucha masa (%)			Ekstrakt (% suchej masy)		
		2004	2005	Średnio	2004	2005	Średnio
Marysia	1	8,48	7,68	8,08	6,5	5,1	5,8
	2	7,21	7,80	7,50	6,0	4,5	5,3
	3	8,32	8,18	8,25	6,5	4,8	5,6
	Średnio	8,00	7,89	7,94	6,3	4,8	5,6
Red Knight F ₁	1	7,67	7,96	7,82	7,5	6,0	6,8
	2	7,24	6,96	7,10	5,5	4,8	5,2
	3	7,16	6,40	6,78	4,5	4,2	4,4
	Średnio	7,36	7,11	7,23	5,8	5,0	5,4
Mino	1	7,78	8,80	8,29	7,5	5,9	6,7
	2	7,55	7,38	7,47	6,0	4,8	5,4
	3	7,66	5,74	6,70	5,5	4,3	4,9
	Średnio	7,66	7,31	7,49	6,3	5,0	5,7
Caryca F ₁	1	7,41	7,21	7,31	5,5	4,2	4,9
	2	6,94	7,88	7,41	5,0	3,7	4,4
	3	6,78	7,23	7,01	4,0	3,8	3,9
	Średnio	7,04	7,44	7,24	4,8	3,9	4,4
Średnio	1	7,84	7,91	7,88	6,8	5,3	6,1
	2	7,24	7,50	7,37	5,6	4,5	5,1
	3	7,48	6,89	7,19	5,1	4,3	4,7
	Średnio	7,52	7,44	7,48	5,8	4,7	5,3

NIR_{P=0,05}

dla terminu sadzenia	(a)	0,154	0,49
dla odmiany	(b)	0,196	0,62
dla lat	(c)	n.i.	0,21
dla interakcji:	(a x b)	0,438	1,24
	(a x c)	0,267	0,89
	(b x c)	0,330	1,05
	(a x b x c)	0,678	2,08

W doświadczeniach odmianowo – porównawczych przeprowadzonych w SGGW w Warszawie dobre rezultaty plonowania papryki słodkiej w polu uzyskano zarówno z sadzenia roślin w połowie maja [Gajc-Wolska i in. 2007] jak i w ostatnich dniach maja [Gajc-Wolska i Skąpski 2002; Gajc-Wolska i in. 2005, 2007; Korzeniewska i Niemirowicz-Szczytt 2007; Korzeniewska i in. 2007]. W badaniach Szafirowskiej i Elkner [2008, 2009] dotyczących porównania plonowania papryki słodkiej w uprawie ekologicznej i konwencjonalnej na polach doświadczalnych w Skierniewicach rozsadę papryki sadzono w 1. dekadzie czerwca i w zależności od metody uprawy z odmiany Caryca F₁ uzyskano także dobry plon owoców (2,8–3,4 kg·m²). W warunkach chłodniejszego klimatu Olsztyna w badaniach agrotechnicznych nad oceną plonowania ustalonych odmian wczesnych papryki słodkiej dobre efekty uzyskano wysadzając rozsadę w pole w 3. dekadzie maja [Michalik 2007, 2010].

Na podstawie wyników z kilkuletnich badań nad intensyfikacją plonowania papryki słodkiej w polu [Buczowska 1996], oceną przydatności kilkudziesięciu odmian do uprawy w polu [Buczowska 2007] a także nad zmiennością plonowania tego ciepłolubnego warzywa w zależności od przebiegu warunków termicznych [Buczowska i Bednarek 2005] można wnioskować, iż bezpiecznym terminem sadzenia rozsady papryki słodkiej w pole dla Polski Centralnej i Wschodniej (Mazowsze i Lubelszczyzna) jest 3. dekada maja. Termin sadzenia rozsady w 1. dekadzie czerwca może być praktykowany latach, w których warunki pogodowe lub przyczyny innej natury unieumożliwiają wysadzenie rozsady papryki we wcześniejszym terminie.

WNIOSKI

Termin sadzenia rozsady miał istotny wpływ na plonowanie papryki słodkiej w polu. Istotnie większy plon handlowy owoców uzyskano z roślin posadzonych w pierwszym (20–21 maja) i drugim (30–31 maja) terminie uprawy niż w trzecim (9–10 czerwca). Zdecydowanie największy wczesny plon handlowy owoców otrzymano z roślin z najwcześniejszego (20–21 maja) terminu uprawy.

Termin sadzenia rozsady wpływał na zróżnicowanie suchej masy (%) i ekstraktu (%) w owocach papryki słodkiej. Owoce zebrane z roślin posadzonych najwcześniej (20–21 maja) odznaczały się większą zawartością suchej masy (%) oraz ekstraktu (%) w porównaniu do uzyskanych z późniejszych terminów uprawy.

Oceniane odmiany różniły się istotnie pod względem wielkości i wczesności plonu handlowego owoców. Istotnie większy plon owoców uzyskano z roślin odmian heterozyjnych Caryca F₁ oraz Red Knight F₁ w porównaniu do plonu z odmian ustalonych Mino i Marysia. Największy plon wczesny owoców otrzymano z uprawy odmiany Marysia zaś najmniejszy z odmiany Red Knight F₁. Owoce ocenianych odmian różniły się znacząco pod względem zawartości ekstraktu. Najmniej składników rozpuszczalnych w soku komórkowym oznaczono w owocach odmiany Caryca F₁.

Niezależnie od terminu sadzenia rozsady plonowanie ocenianych odmian papryki słodkiej w polu różniło się w latach badań. Istotnie większy plon handlowy owoców uzyskano w roku 2004, natomiast w roku 2005 owoce papryki słodkiej dojrzewały wcześniej.

LITERATURA

- Adamczewska-Sowińska K., Kołota E. 2001. *Wykorzystanie żywych ściółek w uprawie papryki*. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo 46, 7–11.
- Adamczewska-Sowińska K., Kołota E. 2004. *Wpływ sposobu odchwaszczania na plonowanie papryki*. Folia Univ. Stetin., Agriculture 239 (95), 13–16.
- Buczkowska H. 1996. *Badania nad modyfikacją mikroklimatu w polowej uprawie papryki słodkiej (Capsicum annum L.)*. Ser. Wyd. Rozp. Nauk., Wyd. AR w Lublinie, pp. 73.
- Buczkowska H. 2004. *Wpływ zagęszczenia roślin na wzrost i plonowanie papryki słodkiej odmiany 'Mino'*. Folia Univ. Stetin., Agriculture 239(95), 27–32.

- Buczowska H. 2007. *Evaluation of yielding of Polish sweet pepper cultivars in the field cultivation in the aspect of breeding progress*. Progress in Research on Capsicum & Eggplant. K. Niemirowicz-Szczytt (ed.) Warsaw University of Life Sciences Press, 257–265.
- Buczowska H., Najda A. 2002. *A comparison of some chemical compounds in the fruit of sweet, hot pepper (Capsicum annum L.)*. Fol. Hort.14(2), 59–67.
- Buczowska H., Bednarek H. 2005. *Ocena plonowania dwóch odmian papryki słodkiej w polu w odniesieniu do warunków termicznych*. Acta Agroph. 5(3), 567–575.
- Gajc-Wolska J., Skąpski H. 2002. *Yield of field grown sweet pepper depending on cultivars and growing conditions*. Folia Hort. Ann. 14/1, 95–103.
- Gajc-Wolska J., Zielony T., Radzanowska J. 2005. *Ocena i jakość owoców nowych mieszańców papryki słodkiej (Capsicum annum L.)*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 515, Rolnictwo LXXX VI, 139–147.
- Gajc-Wolska J., Zielony T., Łyszkowska M. 2007. *The effect of Goteo and BM 86 on yield and fruit quality of sweet pepper (Capsicum annum L.) cultivars in the field production*. Progress in Research on Capsicum & Eggplant. K. Niemirowicz-Szczytt (ed.) Warsaw University of Life Sciences Press, 267–274.
- Jadczak D., Orłowski M., Grzeszczuk M. 2004. *Wpływ odmiany i terminu cięcia na plonowanie papryki przyprawowej*. Folia Univ. Agric. Stetin. Agriculture 239 (95), 155–160.
- Korzeniewska A., Niemirowicz-Szczytt K. 2007. *Improvement of pericarp thickness: for field-grown sweet pepper (Capsicum annum L.) in Poland*. Progress in Research on Capsicum & Eggplant. K. Niemirowicz-Szczytt (ed.) Warsaw University of Life Sciences Press, 291–296.
- Korzeniewska A., Malesa M., Niemirowicz-Szczytt K. 2007. *Applicability of sweet pepper (Capsicum annum L.) functionally male sterile lines to F₁ hybrid production*. Progress in Research on Capsicum & Eggplant. K. Niemirowicz-Szczytt (ed.) Warsaw University of Life Sciences Press, 283–290.
- Kowalczyk K., Zielony T. 2007. *The effect of environment conditions on the sweet pepper (capsicum annum L.) fruit quality*. Progress in Research on Capsicum & Eggplant. K. Niemirowicz-Szczytt (ed.) Warsaw University of Life Sciences Press, 297–303.
- Michalik Ł. 2007. *Wzrost i plonowanie papryki słodkiej (Capsicum annum L.) uprawianej w polu w warunkach klimatycznych Olsztyna*. Roczn. AR Pozn. CCCLXXXIII, Ogrodn. 41, 571–575.
- Michalik Ł. 2010. *The effect of non-woven PP fabric covers on the yielding and the fruit quality of field-grown sweet peppers*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 9(4), 25–32.

- Nowaczyk P., Koszucka H., Nowaczyk L. 1998. *Plon wczesny i plon owoców dojrzałych jako kryteria oceny wczesności plonowania papryki*. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy 215, Rolnictwo 42, 155–159.
- Nowaczyk P., Nowaczyk L. 2000. 'Mino' – kartłowa odmiana papryki rocznej. Ogrodnictwo 1, 17–18.
- Orłowski M., Grzeszczuk M., Jadczyk D. 2003. *Ocena plonowania i wartości odżywczej wybranych odmian papryki ostrej (Capsicum annuum L.)*. Folia Hort., suppl. 2, 325–327.
- Szafirowska A., Elkner K. 2008. *Yielding and fruit quality of three sweet pepper cultivars from organic and conventional cultivation*. Veg.Crops Res. Bull. 69, 135–143.
- Szafirowska A., Elkner K. 2009. *The comparison of yielding and nutritive value of organic and conventional pepper fruits*. Veg.Crops Res. Bull. 71, 111–121.

Adres do korespondencji:

Halina Buczkowska
Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin
e-mail: halina.buczkowska@up.lublin.pl

JAKOŚĆ PŁONU ŚWIEŻEGO I SUCHEGO SUROWCA LEBIODKI POSPOLITEJ (*ORIGANUM VULGARE L.*)

ZALEŻNIE OD TERMINU ZBIORU

QUALITY OF FRESH AND DRY HERB OF WILD MARJORAM (*ORIGANUM VULGARE L.*) IN DEPENDENCE OF HARVEST TERM

Abstrakt. Przedmiotem pracy było określenie zróżnicowania jakości plonu surowca lebiodki pospolitej *Origanum vulgare L.* zależnie od terminu zbioru w dwuletniej uprawie roślin. Ziele ścinano w trzech terminach (fazach rozwojowych): I – rośliny roczne w pełni kwitnienia jesienią, II – rośliny dwuletnie w pełni kwitnienia latem, III – rośliny dwuletnie w początku kwitnienia jesienią. Plon ziela był największy, gdy zbioru dokonywano w terminie II, natomiast zbiór jesienią z roślin rocznych, choć mniejszy, charakteryzował się największym udziałem liści i kwiatów w ziele. Nie stwierdzono wyraźnego wpływu terminu zbioru surowca na zawartość w nim olejku eterycznego i karotenoidów oraz hamowanie peroksydacji kwasu linolowego, natomiast zbiór z roślin dwuletnich latem dawał ziele o najwyższym poziomie fenoli i aktywności antyrodnikowej. Suszenie surowca przyczyniło się do obniżenia zawartości karotenoidów i kwasu askorbinowego, poziom fenoli i siła wychwytywania DPPH były wyższe w surowcu suchym niż świeżym, a skala zmian badanych parametrów wskutek suszenia zależała od terminu zbioru.

Słowa kluczowe: *faza rozwoju, fenole, karotenoidy, kwas askorbinowy*

Summary. In two-year plant cultivation of wild marjoram the differences in herb quality in dependence of harvest terms were determined. The herb was harvested in three terms (plant developmental phases): I – one-year-old plants at full blooming in autumn, II – two-year-old plants at full blooming in summer, III – two-year-old plants at the beginning of blooming in autumn. The yield was the greatest when plants were harvested in term II, while that from one-year-old plants harvested in autumn, though smaller, had the greatest share of leaves and flowers in herb. Harvest term had no effect on the content of essential oil and carotenoids as well as on the inhibition of linoleic acid peroxidation. The herb harvested from two-year-old plants in summer had the greatest level of phenolics and DPPH scavenging ability. Drying of herb contributed to the decrease in carotenoid and ascorbic acid content, the level of phenolics and DPPH scavenging ability were greater in dry than fresh herb, and the degree of changes in tested parameters as a result of drying depended on harvest term.

Key words: *ascorbic acid, carotenoids, developmental stage, essential oil*

WSTĘP

Uzyskiwanie surowców roślinnych o cechach optymalnych dla poszczególnych odbiorców napotyka w uprawie szereg problemów, gdyż zarówno ich plon, jak i zawarte w nim substancje chemiczne podlegają znacznej zmienności [Kozłowski 1985; Brovelli 2006]. Wynika to z cech samej rośliny, a także z szeregu czynników zewnętrznych oddziałujących na nią w trakcie rozwoju. Lebiodka pospolita jest jedną z ważniejszych roślin użytkowych, dostarczających ziela przyprawowego i leczniczego. Uprawa tej byliny jest zwykle ograniczana do 2–3 lat, gdyż w kolejnych następuje zmniejszenie masy zbieranego surowca i pogorszenie jego jakości [Kordana i Kordana 1999].

Dla oceny jakości plonu ziela lebiodki pospolitej, obok liści, istotny jest udział w nim kwiatów. Zawierają one przeciętnie 50% więcej podstawowego składnika czynnego, jakim jest olejek eteryczny, niż liście. Zawartość olejku podczas kwitnienia zmienia się inaczej w liściach i w kwiatach [Marzi 1997; Putievsky i in. 1997; Jerković i in. 2001; Mockute i in. 2003; Gaspar i Leeke 2004; Şahin i in. 2004; Ivask i in. 2005]. Obok olejku eterycznego w ziele lebiodki na uwagę zasługują związki fenolowe – fenolokwasy i flawonoidy. Tymczasem niewiele jest doniesień na temat ich gromadzenia w trakcie wzrostu i rozwoju, ani też różnic w ich zawartości w plonie, uzależnionych od zalecanych dotąd w uprawie terminów zbioru. Wobec udokumentowanej, dużej aktywności biologicznej tych związków, w tym szczególnie akcentowanych w ostatnim czasie właściwości przeciwutleniających, podkreśla się potrzebę ustalania ich poziomu w preparatach leczniczych [Bazyłko i in. 2002; Fecka i in. 2002]. Równocześnie coraz więcej leków bazujących na surowcach zielarskich jest standaryzowanych na zawartość innych niż olejek związków [Jambor i Reuter 1997]. Dla praktyki rolniczej istotna jest możliwie szeroka znajomość aspektów zmienności uzyskiwanych surowców, gdyż pozwala na elastyczność w dostosowywaniu się do potrzeb różnych odbiorców. Ziele lebiodki jest także źródłem witamin antyoksydacyjnych, zwłaszcza C i karotenoidów. Według Rupasovej i innych [1998 a] zawartość obu tych składników w liściach lebiodki uzależniona jest w podobny sposób od fazy zbiorczej ziela i ilości w nim kwiatów.

Oprócz przedzbiorczych czynników związanych z rośliną, na jakość surowca zielarskiego niezaprzeczalny wpływ ma suszenie, będące

najczęstszym sposobem jego utrwalania. Wskutek tego zabiegu drastycznie zmienia się aktywność metaboliczna tkanek, z uwagi na przeprowadzanie zbioru podczas pełnej wegetacji roślin. Doprowadza to do większych lub mniejszych zmian składu chemicznego. Odnosnie zawartości olejku eterycznego w większości przeprowadzonych doświadczeń notowano niewielkie jego zmiany [Jerković i in. 2001; Patora i in. 2003; Di Cesare i in. 2004], natomiast na temat wpływu suszenia na poziom innych związków czynnych w ziele lebidki niewiele wiadomo. Przez analogię do innych roślin wnioskować należy, że zmiany takie następują, jednak ich charakter i zakres wymagają wyjaśnienia.

Celem niniejszej pracy było określenie zróżnicowania jakości plonu lebidki pospolitej zależnie od terminu zbioru, a więc wieku i fazy rozwoju roślin, a także ustalenie zmian zawartości wybranych składników chemicznych pod wpływem suszenia surowca. Jako główne wyznaczniki oceny jakości przyjęto zawartość substancji antyoksydacyjnych w ziele wraz z równoległym określeniem jego aktywności przeciwutleniającej.

MATERIAŁ I METODY

Badania dotyczące porównania jakości plonu surowca lebidki pospolitej *Origanum vulgare* L. ssp. *vulgare* przeprowadzono w oparciu o doświadczenie polowe założone w gospodarstwie doświadczalnym w Mydlnikach koło Krakowa na glebie brunatnej właściwej wykształconej z pyłu ilastego, zalegającego na glinie średniej, pylastej o zawartości węgla organicznego 2% i pH(H₂O) 6,88; podtyp – szarobrunatna (stara mada próchniczna); rodzaj – ustabilizowane aluwia rzeczne. Materiał siewny, uzyskany poprzez firmę „Herbador” z Bydgoszczy, pochodził z polskich plantacji nasiennych. Była to populacja wyselekcjonowana do uprawy w Polsce.

Uprawę rozpoczynano w dwóch kolejnych latach. Każdorazowo prowadzono ją przez dwa lata, pozyskując surowiec z roślin jednorocznych jednokrotnie w sezonie wegetacyjnym, a następnie z dwulet-
nich, dwukrotnie w sezonie wegetacyjnym. Doświadczenie zakładano metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach, stosując rozstaw roślin 0,4 x 0,4 m. Rozsadę doniczkowaną, przygotowaną w szklarni,

wysadzano na miejsca stałe pod koniec maja. Wielkość pojedynczego poletka wynosiła 4,48 m². Przyjęta agrotechnika, w tym przygotowanie gleby, nawożenie i zabiegi pielęgnacyjne były zgodne z zaleceniami opracowanymi dla warunków Polski [Kołodziej 2010]. Zbiory zielea przeprowadzono w fazie między początkiem a pełnią kwitnienia, jednokrotnie w pierwszym roku wegetacji (termin zbioru I) i dwukrotnie w drugim roku (termin zbioru II i termin zbioru III). Fazy rozwojowe i wiek roślin dla przyjętych terminów zbioru wraz z okresami sezonu wegetacyjnego, w których ścinano ziele zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Charakterystyka faz rozwojowych roślin lebiodki pospolitej w dwuletniej uprawie w przyjętych terminach zbioru zielea

Termin zbioru	Faza rozwojowa i wiek roślin	Czas zbioru
I	pełnia kwitnienia, rośliny jednoroczne	02–04 września
II	pełnia kwitnienia, rośliny dwuletnie - 1 pokos	12 lipca
III	początek kwitnienia, rośliny dwuletnie - 2 pokos	20 września–04 października

Z każdej partii świeżego surowca część przeznaczano do analiz chemicznych, pozostały surowiec poddawano suszeniu. Suszenie w warunkach naturalnych przeprowadzono w zacienieniu i przewiewie przez okres 10–14 dni. Po wysuszeniu wilgotność surowca nie przekraczała 12%. Dla oceny plonowania roślin w kolejnych terminach zbioru określono wysokość roślin, plon świeżego surowca, jego usychalność (stosunek świeżej do powietrznie suchej masy), plon powietrznie suchego surowca, udział liści i kwiatów w zieleu.

Analizy chemiczne przeprowadzono w surowcu pozbawionym łodyg, bezpośrednio po zbiorze (świeży surowiec) i po powietrznym wysuszeniu (suchy surowiec). Naważki analityczne suchego materiału roślinnego ustalano uwzględniając jego usychalność, tak, aby odpowiadały naważkom materiału świeżego. Stąd badane parametry analityczne wyrażone zostały w tych samych jednostkach (w świeżej masie), co umożliwiło porównanie surowca świeżego i po wysuszeniu. Dokonano oznaczeń zawartości następujących składników: absolutnie sucha masa – metodą suszarkową według PN-88/R04013;

karotenoidy – fotometrycznie według Lichtenthalera i Wellburna [1983]; kwas L-askorbinowy – metodą Tillmansa [Krełowska-Kułas 1993]; fenole – fotometrycznie z użyciem odczynnika Folin-Ciocalteu [Zheng i Wang 2001; Singh i in. 2002]. Ustalono ponadto aktywność antyoksydacyjną surowców, przeprowadzając testy z DPPH i kwasem linolowym. Stopień wychwytywania DPPH określono fotometrycznie przy użyciu rodnika 2,2-difenylo-1-pikrylohydrazylu [Chen i Ho 1997; Wang i in. 1998; Matsuura i in. 2003]. Wynik wyrażono jako stężenie próby odpowiadające masie surowca, która powodowała połowiczną neutralizację DPPH (IC_{50}) po 30 minutach. Stopień hamowania peroksydacji kwasu linolowego [Toivonen i Sweeney 1998; Leja i in. 2001] oznaczono w układzie modelowym stosując 10% ekstrakty, a wynik wyrażono w procentach. Dla bardziej szczegółowej oceny jakości plonu z trzech badanych terminów zbioru, powietrznie suchy surowiec uzyskany w 1. roku obserwacji poddano destylacji ziela z parą wodną w aparacie Derynga [FP V 1995], ustalając zarówno zawartość olejku eterycznego w ziele, jak i plon olejku z jednostki powierzchni.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, a średnie porównywano testem T Tukeya przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI

Charakterystykę plonu ziela lebiodki zależnie od terminu zbioru w kolejnych latach uprawy przedstawiono w tab. 2. Wzrost roślin, a tym samym i masa uzyskiwanego z nich surowca zmieniały się w kolejnych terminach zbioru. Plon ziela w drugim roku wegetacji roślin był większy niż w pierwszym, co jest oczywiste w przypadku uprawy roślin wieloletnich.

Już w pierwszym pokosie roślin dwuletnich (termin zbioru II) plon świeżego i powietrznie suchego surowca lebiodki 2–3-krotnie przewyższał plon roślin rocznych. W kolejnym, jesiennym zbiorze (III), zależnie od roku obserwacji, plon był nieco mniejszy lub dorównywał plonowi ze zbioru letniego, jednak większy niż z roślin rocznych (termin zbioru I). Mimo tego sumaryczny plon ziela z trzech kolejnych terminów zbioru nie różnił się istotnie w obu latach obserwacji.

Tab. 2. Charakterystyka plonu lebiodki pospolitej zależnie od terminu zbioru w kolejnych latach obserwacji

Cecha	Termin zbioru*	1.rok obserwacji	2. rok obserwacji	średnio
Wysokość rośliny (cm)	I	27,9 a	34,7 ab	31,3 A
	II	81,2 d	70,6 d	75,9 C
	III	48,2 c	44,1 bc	46,2 B
	średnio	52,4	49,8	
Plon świeżego surowca (t·ha ⁻¹)	I	7,8 a	11,9 b	9,9 A
	II	28,0 d	28,4 d	28,2 C
	III	28,2 d	18,9 c	23,5 B
	suma	64,0	59,2	
Plon powietrznie suchego surowca (t·ha ⁻¹)	I	2,4 a	3,4 a	2,9 A
	II	8,7 c	8,5 c	8,6 C
	III	7,8 c	5,3 b	6,6 B
	suma	18,9	17,2	
Udział liści i kwiatów w ziele (%)	I	79 c	74 b	77 C
	II	59 a	61 a	60 A
	III	61 a	70 b	66 B
	średnio	67	68	
Sucha masa w świeżym ziele (% św.m.)	I	28,2 b	30,8 c	29,5 B
	II	30,6 c	30,1 c	30,4 B
	III	26,5 ab	25,9 a	26,2 A
	średnio	28,4	28,9	
Zawartość olejku (ml·100 g ⁻¹ s.m.)	I	0,52		
	II	0,54		
	III	0,43		
	średnio	0,50		
Plon olejku (l·ha ⁻¹)	I	12,6 a		
	II	26,2 b		
	III	18,3 ab		
	średnio	19,03		

* Termin zbioru: I – pierwszy rok wegetacji (wrzesień); II – drugi rok wegetacji (lipiec); III – drugi rok wegetacji (wrzesień/październik); dokładny opis faz zbiorczych w tabeli 1

Analizując wpływ terminu zbioru na udział liści i kwiatów w zebranym ziele stwierdzono, że był on na ogół większy, gdy zbiory prowadzono jesienią (termin I i III) niż latem (termin II). Nie stwierdzono wpływu terminu zbioru na zawartość olejku eterycznego w suchym ziele, natomiast jego wydajność z jednostki powierzchni w kolejnych terminach odzwierciedlała zróżnicowanie masy plonu surowca.

Wyniki analiz związków biologicznie czynnych świeżego i suchego ziele z poszczególnych terminów zbioru i lat obserwacji przedstawiono w tabeli 3. W świeżym ziele lebidki nie stwierdzono różnic zależnych od terminu zbioru pod względem zawartości karotenoidów, a zróżnicowanie ilości tego składnika było większe między latami prowadzenia doświadczenia niż między terminami zbioru. Wskutek suszenia ziele występowało obniżenie poziomu karotenoidów średnio o 20%. Było ono największe w surowcu zbieranym w terminie II, a najmniejsze w terminie III. Skutkiem tego powietrznie suche ziele z roślin dwuletних zbierane jesienią zawierało istotnie więcej karotenoidów niż analogiczne z dwu wcześniejszych terminów zbioru. Zmiany zawartości kwasu askorbinowego w świeżym ziele zależnie od terminu zbioru kształtowały się odmiennie w kolejnych latach obserwacji. Średnio jednak ziele zbierane jesienią (zarówno roślin rocznych jak i dwuletних) zawierało więcej witaminy C niż zbierane latem. Po wysuszeniu zawartość kwasu askorbinowego w ziele zmniejszyła się drastycznie, średnio o 71%, a ustalone zmiany nie wykazywały regularności związanej z terminem zbioru, jednak straty były tym większe im większy był poziom witaminy C w surowcu świeżym. W przypadku ilości związków fenolowych w świeżym surowcu lebidki nie stwierdzono istotnych różnic między latami obserwacji, a największy ich poziom zanotowano w ziele z pierwszego pokosu roślin w drugim roku wegetacji (termin zbioru II). Poziom fenoli w powietrznie wysuszonym surowcu był większy niż w świeżym. Zależnie od terminu zbioru i roku obserwacji różnice te wynosiły od 6 do 72%. Mimo tak szerokiego zakresu zmian nie stwierdzono ich powiązania z terminami zbioru, których wpływ na poziom fenoli w suchym surowcu był analogiczny jak w przypadku świeżego.

Tab. 3. Zawartość wybranych związków biologicznie czynnych w świeżym i suchym ziele lebidki oraz jego aktywność antyoksydacyjna zależnie od terminu zbioru

Składnik	Termin zbioru	Świeże ziele			Suche ziele		
		1 rok obserwacji	2 rok obserwacji	Średnio	1 rok obserwacji	2 rok obserwacji	Średnio
Karotenoidy (mg·100 g ⁻¹)	I	45,4 ab	50,3 ab	47,8	37,9 a	39,6 a	38,8 A
	II	59,7 a	41,6 b	50,6	38,2 a	30,8 a	34,5 A
	III	60,8 a	45,3 ab	53,0	53,4 b	41,3 ab	47,4 B
	Średnio	55,3 B	45,7 A		43,2 B	37,2 A	
Kwas L-askorbinowy	I	39,6 ab	62,1 cd	50,8 B	17,2 ab	8,63 cd	12,9
	II	40,5 ab	31,0 a	35,7 A	19,6 b	6,30 c	12,9
	III	70,6 d	48,6 bc	59,6 B	12,3 ad	15,1 ab	13,7
	Średnio	50,2	47,2		16,4 B	10,0 A	
Fenole (g·100 g ⁻¹)	I	1,79 abc	1,54 ab	1,67 A	1,90 c	2,60 bc	2,25 AB
	II	2,05 c	1,91 bc	1,98 B	2,63 b	2,46 ab	2,55 B
	III	1,38 a	1,64 abc	1,51 A	2,38 abc	2,09 ac	2,24 A
	Średnio	1,74	1,70		2,30	2,39	
	I	1,20 a	1,61 b	1,42 B	0,84	0,65	0,75
	II	1,08 a	1,03 a	1,06 A	0,87	0,73	0,80
	III	1,78 b	1,03 a	1,41 B	0,75	0,99	0,87
	Średnio	1,37 B	1,22 A		0,82	0,79	
Hamowanie peroksydacji kwasu linolowego (%)	I		47,2			23,7 a	
	II		46,6			43,8 ab	
	III		51,3			52,3 b	
	Średnio		48,4			39,9	

* Termin zbioru: I – pierwszy rok wegetacji (wrzesień); II – drugi rok wegetacji (lipiec); III – drugi rok wegetacji (wrzesień/październik); dokładny opis faz zbiorczych w tabeli 1

Obserwowane w pierwszym dwuletnim okresie uprawy zróżnicowanie w sile wychwytywania DPPH przez świeży surowiec uzależnione od terminu zbioru wskazywało, że ziele z terminu III miało mniejszą aktywność niż z dwu wcześniejszych. Powtórzenie obserwacji w kolejnych latach uprawy dało jednak wynik przeciwny. Niezależnie od lat badań, największą średnią zdolność wychwytywania DPPH ustalono dla ziela z II terminu zbioru. IC_{50} było mniejsze dla ziela wysuszonego niż świeżego co oznaczało, że surowiec suchy miał większą zdolność wychwytywania DPPH niż świeży. Wpływu terminu zbioru na wychwytywanie DPPH przez suche ziele lebidki nie stwierdzono jednak w żadnym z lat obserwacji. Oznaczenie aktywności przeciwutleniającej świeżego ziela w teście z kwasem linolowym nie wskazywało na zależność tej cechy od terminu zbioru. Suche ziele ograniczało peroksydację kwasu linolowego nieco słabiej niż świeże, a wpływ terminu zbioru był w tym przypadku nieco wyraźniejszy.

DYSKUSJA

Plon ziela lebidki pospolitej w drugim roku uprawy był 5–7 razy większy niż w pierwszym, osiągając masę kilkakrotnie większą niż uzyskiwana na plantacjach węgierskich [Bernáth 1997] oraz polskich [Kordana i Kordana 1999]. Różnice między plonem roślin rocznych i dwuletnich, a także mniejszy udział łądyg w ziele tych pierwszych odpowiadały danym dotyczącym uprawy lebidki we Włoszech [Marzi 1997]. W niniejszej pracy intensywne tempo rozwoju roślin w drugim roku pozwalało na pierwszy zbiór w pełni kwitnienia, a drugi w jego początku. Plon jesienny był równy lub nieco mniejszy od letniego, a udział liści i kwiatów w ziele taki sam lub większy. Marzi [1997] uzyskiwał dwa pokosy o takiej samej proporcji łądyg do liści i kwiatów, jednak masa pierwszego zbioru była około 4 razy większa niż powtórnego. Zawartość karotenoidów oznaczonych w ziele lebidki uzyskanym w niniejszej pracy nie była zależna od terminów zbioru, mimo analizowania ich w drugim roku w różnych fazach kwitnienia, które w doświadczeniu Rupasova i innych [1998b] decydowały o zmiennym poziomie tych składników. Natomiast mniejsza zawartość kwasu askorbinowego oraz większa

związków fenolowych w plonie z terminu II (pełnia kwitnienia) niż III (początek kwitnienia) odpowiadały zmianom zanotowanym w ontogenezie tego gatunku przez Rupasova i innych [1998a]. Wzrost ilości związków fenolowych w liściach lebidki pospolitej w miarę rozwoju roślin do pełni kwitnienia obserwowali także Kofidis i inni [2003]. W obecnej pracy wysokiemu poziomowi fenoli towarzyszyła bardzo silna zdolność ziela do wychwytywania DPPH. Odzwierciedlały to obserwacje zmienności tych dwu cech w kolejnych terminach zbioru lebidki. Było to kolejnym potwierdzeniem istotnej roli związków fenolowych w aktywności antyoksydacyjnej surowców roślinnych [Milos i in. 2000; Matsuura i in. 2003]. Şahin i inni [2004] wykazali, że do właściwości przeciwutleniających ziela lebidki olejek eteryczny przyczynia się w niewielkim stopniu. Potwierdziły to niniejsze obserwacje nie wykazujące różnic w poziomie olejku ziela z różnych terminów zbioru. Również rola kwasu askorbinowego i karotenoidów w antyoksydacyjnej aktywności surowca, w porównaniu z polarnymi składnikami fenolowymi, wydawała się być znikoma.

Zależnie od potrzeb, surowce zielarskie wykorzystuje się w stanie świeżym lub poddaje suszeniu. Często zmiany zachodzące podczas suszenia są niekorzystne dla jakości surowców, a zwłaszcza zawartości w nich związków czynnych i aktywności biologicznej [Jambor i Czosnowska 2001; Chudnicka i Matysik 2005]. Suszenie ziela lebidki przyczyniło się do obniżenia poziomu kwasu askorbinowego i karotenoidów. Tempo rozkładu witaminy C w trakcie suszenia zależy od rodzaju suszonego surowca [UNIDO 2006]. Jako rozpuszczalna w wodzie, reaguje ona w wysokim stopniu z innymi substancjami soku komórkowego do czasu bardzo niskiego uwodnienia tkanek. Franke [1978] dla ziela melisy określiła ubytek witaminy C wynikły z suszenia na około 50%, a Elbanowska [1993] dla owoców róży nawet na 90%. W obecnej pracy straty tego składnika, zależnie od terminu zbioru ziela, wahały się od 50 do 90%. Obniżenie poziomu karotenoidów wskutek suszenia było mniejsze. Jako składniki lipofilne utrzymują się one bowiem w suchej masie tkanki i nie ulegają reakcjom hydrolitycznym. Do ich destrukcji może dochodzić jednak w przemianach z nadtlenkami, powstającymi podczas utleniania substancji tłuszczowych [Sablani 2006]. U niektórych warzyw poziom karotenu może obniżyć się o 80% [UNIDO 2006]. Dla

analizowanego w pracy ziela lebiodki straty karotenoidów wynosiły średnio 20%. Mimo obserwowania zróżnicowania w zmniejszaniu się zawartości obu wspomnianych składników w analizowanych terminach zbioru, nie można było się dopatrzeć jego powiązania ani ze stopniem uwodnienia tkanek, ani z poziomem związków fenolowych, uznawanych za ograniczające rozpad tych substancji [Diplock i in. 1998; Troszyńska i in. 2000; Nowak 2004].

W trakcie suszenia, skutkiem aktywności enzymów, często dochodzi do uwalniania aktywnych biologicznie substancji z nieaktywnych połączeń, co może przyczyniać się do korzystnych zmian w materiale roślinnym [Elbanowska 1993; Jerković i in. 2001; Makowska-Wąs i Janeczko 2006]. Poziom związków fenolowych i zdolność wychwytywania DPPH, analizowane w pracy, były większe w surowcu powietrznie wysuszonym niż w świeżym. Zbiór i suszenie stanowią czynnik stresowy dla normalnie funkcjonującej żywej tkanki, która może reagować nagromadzeniem związków fenolowych, będących naturalnymi substancjami obronnymi roślin. Tłumaczone to jest uaktywnianiem się enzymów zaangażowanych w przemiany tych substancji [Hamauzu 2006]. Utrzymująca się aktywność enzymów w komórkach analizowanych surowców do czasu ich wysuszenia mogła więc być powodem tworzenia związków o zdolnościach antyoksydacyjnych. Zwiększanie zawartości niskocząsteczkowych antyoksydantów w tkankach roślin jasnotowatych w warunkach ich krytycznego uwodnienia obserwowali Munne-Bosch i Alegre [2003]. Böttcher i inni [2003] zanotowali podniesienie poziomu flawonoidów podczas pierwszych dni suszenia ziela dziurawca nawet o 88%. Z chwilą zbioru następuje zahamowanie procesów asymilacyjnych, a zintensyfikowane zostają reakcje utlenienia. Związki fenolowe, jako łatwo ulegające przemianom redox, pośredniczą w utlenianiu substratów nie reagujących bezpośrednio z tlenem, stąd ich ilość w tkankach może się zwiększać, co często obserwowane było po sprzęcie różnych surowców roślinnych [Brovelli 2006]. Z drugiej strony jednak, niższy poziom substancji fenolowych ustalony w surowcu świeżym mógł być wynikiem strat na etapie przygotowywania ekstraktu z materiału bezpośrednio po zbiorze. Rozdrabnianie świeżego materiału roślinnego, naruszające struktury komórkowe [Kączkowski 1993], mogło być powodem in-

tensywnie przebiegających reakcji rozkładu lub przemian w związki o zmniejszonej zdolności redukcji przy udziale enzymów, które w wysuszonym materiale są już nieaktywne [Chudnicka i Matysik 2005]. Jeszcze inną przyczyną ustalonych różnic poziomu sumy fenoli i właściwości antyrodnikowych zależnie od charakteru badanego surowca mogło być lepsze wyodrębnienie związków aktywnych z materiału suchego niż ze świeżego. Postać surowca wpływa bowiem na wydajność ekstrakcji tych związków z tkanek [Asami i in. 2003].

Większej zawartości ogółu substancji fenolowych w wysuszonym surowcu towarzyszyła jego silniejsza zdolność wychwytywania DPPH, co odzwierciedlało korelację tych dwu cech wykazaną wcześniej na podstawie zmienności uzależnionej od terminu zbioru. Natomiast zdolność hamowania peroksydacji kwasu linolowego skutkiem suszenia niewiele się zmieniała. Dowodziło to też złożoności czynników rzutujących na obraz właściwości przeciwutleniających materiałów roślinnych [Kähkönen i in. 1999] i konieczności oceniania ich w układach zbliżonych do takich, w których miałyby mieć zastosowanie [Prior i Cao 1999; Prior i in. 2005].

WNIOSKI

1. Plon ziela lebidki uzyskiwany z dwuletniej uprawy był największy, gdy zbioru dokonywano z roślin dwuletnich w pełni kwitnienia latem. Plon zebrany jesienią z roślin rocznych był mniejszy, jednak cechował się największym udziałem liści i kwiatów w ziele. Zawartość olejku eterycznego nie różniła się zależnie od zastosowanych terminów zbioru.

2. Zróżnicowanie składu związków biologicznie czynnych świeżego ziela lebidki uzależnione od terminu zbioru dotyczyło kwasu askorbinowego, fenoli i wychwytywania DPPH. Surowiec ze zbioru roślin dwuletnich latem zawierał najwięcej fenoli i cechował się, mimo małej zawartości kwasu askorbinowego, najsilniejszą aktywnością antyrodnikową. Nie stwierdzono wyraźnego wpływu terminu zbioru surowca na poziom karotenoidów w ziele i hamowanie peroksydacji kwasu linolowego.

3. Suszenie ziela przyczyniło się do zmiany poziomu analizowanych składników, oraz aktywności przeciwutleniającej. Zawar-

tość karotenoidów, oraz kwasu askorbinowego ulegały zmniejszeniu. Poziom fenoli i siła wychwytywania DPPH były większe w suchym surowcu niż w świeżym. Skala zmian badanych parametrów wskutek suszenia surowca zależała od terminu zbioru.

LITERATURA

- Asami D.K., Hong Y.-J., Barrett D.M., Mitchell A.E. 2003. *Comparison of total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn using conventional, organic, and sustainable agricultural practices*. J. Agric. Food Chem. 51(5), 1237–1241.
- Bazyłko A., Śliwińska A., Strzelecka H. 2002. *Izolacja kirsilineolu i 8-metoksykirsilineolu z Thymi extractum fluidum*. Herba Pol. XLVIII(3), 130–135.
- Bernáth J. 1997. *Some scientific and practical aspects of production and utilization of oregano in central Europe*. [w:] S. Padulosi (red.). *Oregano. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. 14. Proc. IPGRI Intl Workshop on Oregano, 8–12 May 1996, CIHEAM, Valenzano (Bari), Italy, 75–92.
- Böttcher H., Günther I., Kabeliz L. 2003. *Physiological postharvest responses of Common Saint-John's wort herbs (Hypericum perforatum L.)*. Posthar. Biol. Technol. 29(3), 343–452.
- Brovelli E.A. 2006. *Pre- and postharvest factors affecting nutraceutical properties of horticultural products*. Stewart Posthar. Rev. 2(4), www.stewart-postharvest.com
- Chen J. H., Ho C.T. 1997. *Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds*. J. Agric. Food Chem. 41, 2374–2378.
- Chudnicka A., Matysik G. 2005. *Research of enzymatic activities of fresh juice and water infusions from dry herbs*. J. Ethnopharm. 99(2), 281–286.
- Di Cesare L. F., Forni E., Viscardi D., Nani R.C. 2004. *Influence of drying techniques on the volatile phenolic compounds, chlorophyll and colour of oregano (Origanum vulgare L. ssp. prismaticum Gaudin)*. Ital. J. Food Sci. 16(2), 165–175.
- Diplock T. A., Charleux J.L., Crozier-Willi G., Kok F.J., Rice-Evans C., Roberfroid M., Stahl W., Viña-Ribes J. 1998. *Functional food science and defence against reactive oxidative species*. British J. Nutr. 80, Suppl., 1, S77–S112.
- Elbanowska A. 1993. *Podstawowe zasady, metody i parametry suszenia surowców zielarskich*. [W:] *Towaroznawstwo zielarskie*. IRiPZ, Poznań, 57–69.
- FP V. 1995. *Farmakopea Polska V. Suplement I*. PTF, Warszawa.
- Fecka I., Mazur A., Cisowski W. 2002. *Kwas rozmarynowy, ważny składnik terapeutyczny niektórych surowców roślinnych*. Postępy Fitoterapii, 8 (1–2), <http://www.czytelniamedyczna.pl/> (28.01.2013).

- Franke W. 1978. *On the contents of vitamin C and thiamin during the vegetation period in leaves of three spice plants (Allium schoenoprasum L., Melissa officinalis L. and Petroselinum crispum (Mill.) Nym. sp. crispum)*. Acta Hort. 73, 205–211.
- Gaspar F., Leeke G. 2004. *Essential oil from Origanum vulgare L. ssp. virens (Hoffm. et Link) letsvaart: content, composition and distribution within bracts*. J. Essent. Oil Res. 16, 82–84.
- Hamazu Y. 2006. *Role and evolution of fruit phenolic compounds during ripening and storage*. Stewart Posthar. Rev. 2(5), www.stewartpostharvest.com
- Ivask K., Orav A., Kailas T. 2005. *Composition of the essential oil from wild marjoram (Origanum vulgare L. ssp. vulgare) cultivated in Estonia*. J. Essent. Oil. Res. 17, 384–387.
- Jambor J., Czosnowska E. 2001. *Preparaty ze świeżych roślin*. Post. Fitoter., 8(1–2), www.czytelniamedyczna.pl/ (28.01.2013).
- Jambor J., Reuter K.P. 1997. *Prognozowanie potrzeb surowcowych w przetwórstwie zielarskim*. Herba Pol. 43(4), 498–502.
- Jerković I., Mastelić J., Milos M. 2001. *The impact of both the season of collection and drying on the volatile constituents of Origanum vulgare L. ssp. hirtum grown wild in Croatia*. Intl J. Food Sci. Technol. 36, 649–654.
- Kähkönen M. P., Hopia A. I., Vourela H.J., Rauha J.-P., Pihlaja K., Kujala T.S., Heinonen M. 1999. *Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds*. J. Agric. Food Chem. 47, 3954–3962.
- Kączkowski J. 1993. *Biochemia roślin. Tom 2. Metabolizm wtórny*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa
- Kołodziej B. (red.). 2010. *Poradnik dla plantatorów uprawa ziół*. PWRiL Sp. z o.o., Poznań.
- Kofidis G., Bosabalidis A.M., Moustakas M. 2003. *Contemporary Seasonal and altitudinal variations of leaf structural features in oregano (Origanum vulgare L.)*. Annals of Botany 92(5), 635–645.
- Kordana S., Kordana T. 1999. *ABC ... uprawowych roślin zielarskich*. Wiad. Ziel. 12, 12–17.
- Kozłowski J. 1985. *Kompleksowa interpretacja zmian zawartości związków biologicznie czynnych w roślinach i surowcach zielarskich*. Instytut Przemysłu Zielarskiego, Poznań.
- Krełowska-Kułas M. 1993. *Badanie jakości produktów spożywczych*. PWE, Warszawa.
- Leja M., Mareczek A., Starzyńska A., Rożek S. 2001. *Antioxidant ability of broccoli flower buds during short-term storage*. Food Chem. 72, 219–222.
- Lichtenthaler H. K., Wellburn A. R. 1983. *Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents*. Biochem. Soc. Trans. 603, 591–593.

- Makowska-Wąs J., Janeczko Z. 2006. *Glikozydy monoterpenowe i fenolowe w surowcach olejkowych*. *Aromaterapia* 2, 26–29.
- Marzi V. 1997. *Agricultural practices for oregano*. [W:] S. Padulosi (red.). *Oregano. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. 14. Proc. IPGRI Intl Workshop on Oregano, 8–12 May 1996, CIHEAM, Valenzano (Bari), Italy, 61–67.
- Matsuura H., Chiji H., Asakawa C., Amano M., Yoshihara T., Mizutani J. 2003. *DPPH radical scavengers from dried leaves of oregano (Origanum vulgare)*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 67(11), 2311–2316.
- Milos M., Mastelic J., Jerkovic I. 2000. *Chemical composition and antioxidant effect of glycosidically bound volatile compounds from oregano (Origanum vulgare L. ssp. hirtum)*. *Food Chem.* 71, 79–83.
- Mockute D., Bernotiene G., Judzentiene A. 2003. *The β -ocimene chemotype of essential oils of the inflorescences and the leaves with stems from Origanum vulgare ssp. vulgare growing wild in Lithuania*. *Biochem. System. Ecol.* 31(3), 269–278.
- Munne-Bosch S., Alegre L. 2003. *Drought-induced changes in the redox state of alpha-tocopherol, ascorbate, and diterpene carnosic acid in chloroplasts of Labiatae species differing in carnosic acid contents*. *Plant Physiol.* 131(4), 1816–1825.
- Nowak R. 2004. *Natura – nieocenione źródło kwasu askorbinowego*. *Post. Fito-ter.*, 11, 14–18.
- Patora J., Majda T., Góra J., Klimek B. 2003. *Variability in the content composition of essential oil from lemon balm (Melissa officinalis L.) cultivated in Poland*. *Acta Pol. Pharm.* 60(5), 395–400.
- Prior R. L., Cao G. 1999. *In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods*. *Free Rad. Biol. Med.* 27(11/12), 1173–1181.
- Prior R. L., Wu X., Schaich K. 2005. *Standardized methods for the determination of antioxidant capacity of phenolics in foods and dietary supplements*. *J. Agric. Food Chem.* 53(10), 4290–4302.
- PN-88/R04013. 1988. *Analiza chemiczno-rolnicza roślin. Oznaczanie powietrznie suchej i suchej masy*. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości. Wyd. Normal. "Alfa".
- Putievsky E., Dudai N., Ravid U. 1997. *Cultivation, selection and conservation of oregano species in Israel*. [W:] S. Padulosi (red.). *Oregano. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. 14. Proc. IPGRI Intl Workshop on Oregano, 8–12 May 1996, CIHEAM, Valenzano (Bari), Italy, 102–109.
- Rupasova Zh. A., Kukhareva L. V., Ignatenko V. A., Varavina N. P., Rudakovskaya R.N., Vasilevskaya T.I. 1998 a. *Seasonal dynamics of the biologically*

- active compounds of marjoram in Belarus conditions*. Vestī Akademiī Navuk Belarusi. Serīya Bīyalagīchnykh Navuk 2, 10–15.
- Rupasova Zh. A., Kukhareva L. V., Rudakovskaya R. N., Matyushevskaya E.N., Burganskiĭ V.L. 1998 b. *Photosynthetic pigments and mineral content of pot marjoram under Belarus conditions*. Vestī Akademiī Navuk Belarusi. Serīya Bīyalagīchnykh Navuk 3, 10–15.
- Sablani S. S. 2006. *Food quality attributes in drying*. Stewart Posthar. Rev. 2(2), www.stewartpostharvest.com, (24.01.2013).
- Şahin F., Güllüce M., Daferera D., Sökmen A., Sökmen M., Polissiou M., Agar G., Özer H. 2004. *Biological activities of the essential oils and methanol extract of Origanum vulgare ssp. vulgare in the Eastern Anatolia region of Turkey*. Food Control 15, 549–557.
- Singh R. P., Chidambara Murthy K. N., Jayaprakasha G. K. 2002. *Studies on the antioxidant activity of pomegranate (Punica granatum) peel and seed extracts using in vitro models*. J. Agric. Food Chem. 50, 81–86.
- Toivonen P. M. A., Sweeney M. 1998. *Differences in chlorophyll loss at 13°C for two broccoli (Brassica oleracea L.) cultivars associated with antioxidant enzyme activities*. J. Agric. Food Chem. 46, 20–24.
- Troszyńska A., Honke J., Kozłowska H. 2000. *Naturalne substancje nieożywczce (NSN) pochodzenia roślinnego jako składniki żywności funkcjonalnej*. Post. Fitoter. 2, <http://www.czytelniamedyczna.pl/> (28.01.2013).
- UNIDO 2006. *Quality of dried foods and deteriorative reactions during drying*. Chapter 31. http://www.unido.org/fileadmin/import/32142_31QualityofDriedFoods.14.pdf, (25.01.2013).
- Wang M., Li J., Rangarajan M., Shao Y., LaVoie E.J., Huang T.-C., Ho C.-T. 1998. *Antioxidative phenolic compounds from sage (Salvia officinalis)*. J. Agric. Food Chem. 46, 4869–4873.
- Zheng W., Wang S.Y. 2001. *Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs*. J. Agric. Food Chem. 49, 5165–5170.

Adres do korespondencji:

Ewa Capecka
Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
e-mail: e.capecka@ogr.ur.krakow.pl

MIKROROZMNAŻANIE RÓŻNYCH GENOTYPÓW POMIDORA W WARUNKACH NIEDOBORU AZOTU I POTASU W POŻYWCIE

MICROPROPAGATION OF DIFFERENT TOMATO GENOTYPES IN CONDITIONS OF NITROGEN AND POTASSIUM DEFICIENCY

Abstrakt. Popularność pomidora skłania hodowców do prowadzenia ciągłej hodowli twórczej, zmierzającej do poprawy niektórych cech tej rośliny m.in. podniesienia poziomu odporności roślin na choroby oraz tolerancji na stresy abiotyczne. Materiał roślinny w niniejszych badaniach stanowiły cztery genotypy: *Solanum habrochaites* S. Knapp & D.M Spooner, Peru (LA1777), *S. pennelii* Correll, Peru (LA0716), *S. lycopersicum* L. 'Primabel' (Francja) i 'Red Cherry' (Kanada). Kultury zainicjowano z nasion wyłożonych na pożywkę MS, a następnie uzyskane rośliny przetestowano na pięciu pożywkach z obniżoną zawartością azotu w stosunku do kontroli, którą stanowiły rośliny rosnące na pożywce MS. Analiza statystyczna wykazała istotne różnice pomiędzy badanymi genotypami w wysokości roślin, liczbie liści i długości korzeni.

Słowa kluczowe: *in vitro*, pomidor, azot, potas, stres fizjologiczny

Summary. Popularity of tomato tends breeders to improve certain characteristics of the plant including enhance plant resistance to diseases and tolerance to abiotic stresses. The research material in this study were four genotypes of tomato: *Solanum habrochaites* S. Knapp & D.M Spooner, Peru (LA1777), *S. pennelii* Correll, Peru (LA0716), *S. lycopersicum* L. 'Primabel' (France) and 'Red Cherry' (Canada). Tomato cultures were initiated from seeds on MS [Murashige and Skoog 1962] medium and then they were tested for five testing media with different nitrogen and potassium concentration decreased comparing to control which was MS. Statistical analysis showed significant differences between four genotypes of tomato on different media in plants high, number of leaves and root length.

Key words: *in vitro*, tomato, nitrogen, potassium, physiological stress

WSTĘP

Pomidor jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych roślin uprawnych i konsumpcyjnych na świecie, co wynika z jego wysokich walorów smakowych i dużej wartości odżywczej. Popularność pomidora skłania hodowców do prowadzenia ciągłej hodowli twórczej, zmierzającej do poprawy niektórych cech tej rośliny m.in. podniesienia poziomu odporności roślin na choroby oraz tolerancji na stresy abiotyczne. Oprócz bezpośredniej selekcji na polu, która jest mało efektywna z powodu braku kontroli nad czynnikami środowiskowymi, wykorzystuje się kultury *in vitro*. Kultury *in vitro* umożliwiają przebadanie wielu roślin na stosunkowo małej powierzchni. Ponadto ilość składników pokarmowych w pożywce oraz warunki doświadczenia są ściśle kontrolowane, a tym samym selekcja roślin tolerancyjnych jest bardziej efektywna. Dlatego też, w niniejszej pracy wykorzystano technikę kultur *in vitro* do selekcji genotypów pomidora o zwiększonej tolerancji na niedobory azotu i potasu. Niedobór azotu uważany jest za najważniejszy, oprócz braku wody czynnik ograniczający wzrost roślin [Lemaire i in. 2008]. Pierwiastek ten ma najbardziej istotny wpływ na plon roślin uprawnych. Jednak poważnym problemem jest nadmierne nawożenie azotem, zwłaszcza w intensywnej produkcji rolniczej, które powoduje zwiększenie aktywnego azotu w atmosferze, glebie i wodzie. W przypadku pomidora nadmiar azotu powoduje pogorszenie smaku owoców oraz zmniejszenie ilości flawonoidów w owocach [Vallverdú-Queralt i in. 2012]. Ponadto Siddiqi i inni [1998] w swoich badaniach stwierdzili, że w przypadku pomidora, obniżenie stężenia makroskładników o 50% lub 25% w stosunku do kontroli, nie miało istotnego wpływu na wzrost roślin, plon owoców i ich jakość.

Potas, obok azotu, jest kolejnym makroskładnikiem, który ma decydujący wpływ na rozwój roślin. Jest niezbędny w procesie fotosyntezy, utrzymuje gradient potencjału elektrycznego błony komórkowej, turgor komórek, jest również odpowiedzialny za aktywację wielu enzymów [Zhang i in. 2010]. Potas odpowiada za jakość owoców pomidora, za jednolite dojrzewanie, kwasowość i ich smak.

Zmiany klimatyczne, wzrost obszarów dotkniętych przez suszę oraz postępujące zasolenie gleb, pośrednio związane z intensywnym nawożeniem, zmusza rolników do bardziej zrównoważonego dawkowania nawozami. Należy podkreślić, iż ceny nawozów mine-

ralnych stale rosną, tak jak ceny energii i surowców potrzebnych do ich wytworzenia. Odmiany pomidora o zwiększonej tolerancji na niedobory N i K byłyby idealnym rozwiązaniem problemów rolników, a także środowiska naturalnego, poprzez zmniejszenie użycia nawozów nieorganicznych. Ponadto, rośliny tolerancyjne na obniżone nawożenie azotem mogą być tolerancyjne na inne stresy abiotyczne, tak jak w przypadku tropikalnej kukurydzy odpornej zarówno na suszę jak na niskie nawożenie N [Bänziger i in. 2002]. Autorzy sugerują konstytutywny mechanizm tolerancji na stres, który wpływa na wysokość i stabilność plonu.

Cennym źródłem genów odporności na stresy biotyczne i abiotyczne są dzikie gatunki pomidora. W niniejszych badaniach przebadano dwa dzikie gatunki pomidora i dwie odmiany uprawne w celu porównania ich reakcji na warunki niedoboru azotu i potasu.

MATERIAŁ I METODY

Eksplantatami pierwotnymi do założenia kultur *in vitro* były nasiona *Solanum habrochaites* S. Knapp & D.M Spooner, Peru (LA1777), *S. pennelii* Correll, Peru (LA0716), *S. lycopersicum* L. 'Primabel' (Francja) i 'Red Cherry' (Kanada). Nasiona dwóch dzikich gatunków pomidora pochodziły z Tomato Genetics Resource Center przy Uniwersytecie Kalifornia w Davis, natomiast nasiona dwóch pozostałych odmian pochodziły z Centre for Genetic Resources, the Netherlands. Zawinięte w bibułę nasiona w warunkach sterylnych pod kamerą laminarną włożono na 15 s do zlewki z 70% etanolem. Zapakowane w bibułę nasiona, przełożono następnie do roztworu podchlorynu sodu o stężeniu 5% na 5 min. i wypłukano dwukrotnie przez 5 min w destylowanej wodzie w dwóch osobnych naczyniach. Zdezynfekowane nasiona, osuszono na sterylnej bibule i wyłożono do słoików o pojemności 500 ml z 30 ml pożywki MS [Murashige i Skoog 1962] z dodatkiem 30 g·dm⁻³ sacharozy i 8 g·dm⁻³. Wszystkie pożywki zostały uprzednio autoklawowane w temperaturze 121°C i pod ciśnieniem 1 atmosfery przez 20 min. Słoiki z nasionami umieszczono w fitotronie w temperaturze 22°C–23 °C w ciągu całej doby, wilgotności względnej powietrza 70–80%, z cyklem dobowym dnia i nocy wynoszącym 16/8 godzin. Badane rośliny oświetlane były

światłem fluorescencyjnym o natężeniu 40 PAR ($\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Po 3 pasażach roślin na pożywkę MS, zainicjowano doświadczenie właściwe. W tym celu pobrano ok. 0,5 cm fragmenty pędu z pączkiem bocznym i wyłożono po 1 do słoików z pożywką kontrolną MS oraz z pięcioma różnymi pożywkami o obniżonej w stosunku do kontroli zawartości azotu i potasu (tab.1). Doświadczenie wykonano w pięciu powtórzeniach. Po czterech tygodniach zmierzono wysokość pędów, liczbę liści, długość korzeni oraz ich liczbę. Wyniki poddano analizie wariancji dwuczynnikowej z powtórzeniami przy poziomie istotności $\alpha=0,05$, a następnie wyznaczono grupy jednorodne za pomocą testu Tukey'a.

Tab. 1. Zawartość N, P i K w pożywkach testujących i pożywce kontrolnej MS

Nr pożywki	N (mmol·dm ⁻³)	P (mmol·dm ⁻³)	K (mmol·dm ⁻³)	Forma azotu
MS	60,00	1,20	20,00	KNO ₃ , NH ₄ NO ₃
1	3,00	0,12	2,00	NaNO ₃
2	5,00	0,12	2,00	NaNO ₃
3	4,00	0,12	2,00	NH ₄ NO ₃
4	5,00	0,12	2,00	NH ₄ NO ₃
5	3,00	2,40	3,00	NH ₄ NO ₃

WYNIKI I Dyskusja

Azot jest jednym z najważniejszych składników pożywki MS mający istotny wpływ na wzrost roślin i ich morfogenezę w kulturach *in vitro* [Gamborg i Shyluk 1970]. Obniżona zawartość azotu i potasu w pożywce miała istotny wpływ na wysokość badanych roślin pomidora, większość roślin rosnących na pożywkach testujących cechowała się obniżonym wzrostem w stosunku do kontroli, wyjątkiem były rośliny odmiany 'Red Cherry' (tab.2). Największą wysokością na wszystkich pożywkach cechowały się rośliny linii LA1777 (6,7 cm), które na pożywce MS osiągnęły aż 17,8 cm, a na pożywce nr 5 rosły stosunkowo słabo. Rośliny pozostałych odmian: 'Prima-bel', 'Red Cherry' i LA0716 najmniejszą były istotnie niższe, średnio o 4,0 cm. Analizując reakcję roślin poszczególnych genotypów

na pożywki z obniżoną zawartością N i K, najmniejszą wysokość miały rośliny linii LA0716 od 0,8 do 2,4 cm. Biorąc pod uwagę średnią wysokość roślin rosnących na pożywkach o obniżonym stężeniu N i K stwierdzono, że rośliny badanych genotypów były istotnie niższe od roślin rosnących na pożywce kontrolnej. W badaniach Rahman i innych [2011] nad wzrostem pięciu genotypów ziemniaka w kulturach *in vitro* na pożywkach o zróżnicowanej zawartości azotu. Rośliny rosnące na pożywce o zwiększonej ilości N w stosunku do kontroli (MS) cechowały się niewiele większą wysokością roślin niż rośliny rosnące na pożywce z obniżoną zawartością azotu. Tylko całkowity brak azotu w pożywce skutkowałam istotnym zahamowaniem wzrost roślin, autorzy sugerują, iż obniżona zawartość azotu w pożywce nie ma wpływu na wzrost roślin. Natomiast rośliny rosnące na pożywce ze zwiększoną zawartością azotu w pożywce cechowały się znacznie większą świeżą masą pędów niż rośliny rosnące na pożywce z obniżoną zawartością N. Obniżona świeża masa pędów mogła być skutkiem np. obniżenie liczby liści. W niniejszych badaniach również tą cechą poddano ocenie. Prawie wszystkie badane genotypy pomidora rosnące na pożywkach z obniżoną zawartością N i K cechowały się mniejszą liczbą liści w stosunku do roślin rosnących na pożywce kontrolnej. Największą liczbą liści na wszystkich pożywkach cechowała się linia LA1777 – 4,6 szt., a na pożywce kontrolnej rośliny tej linii wykształciły aż 12,2 szt. Analizując liczbę liści roślin rosnących tylko na pożywkach selekcyjnych, większą liczbą liści cechowały się linie LA0716 (3,4 szt.) i LA1777 (3,1 szt.), z kolei odmiany ‘Red Cherry’ i ‘Primabel’, odpowiednio 2,7 i 2,6 szt. Największą liczbę liści na pożywkach selekcyjnych osiągnęły rośliny rosnące na pożywce nr 3.

Pomidory rosnące na pożywkach o obniżonej zawartości N i K cechowały się jasnozieloną barwą, nawet do żółtej. Na liściach roślin obserwowano liczne zmiany chlorotyczne i cechował je niski turgor. Wiele badań wskazuje na istotną rolę korzeni w pobieraniu azotu i potasu z podłoża [Mackay i Barber 1986; Sattelmacher i in. 1990; van Beem i Smith 1996; Horst i in. 2003; Chun i in. 2005]. System korzeniowy zbudowany jest z korzenia głównego i korzeni bocznych. W warunkach braku wody korzeń główny wydłuża się co pozwala na dotarcie do głębszych warstw gleby i pobranie z nich azotu [Jordan i in. 1983].

Tab. 2. Wpływ dawki azotu i potasu na wysokość i liczbę liści 4 genotypów pomidora

Pożywka	Wysokość roślin (cm)					Liczba liści				
	Badane genotypy pomidora									
	Primabel	Red Cherry	LA0716	LA1777	Średnia	Primabel	Red Cherry	LA0716	LA1777	Średnia
MS	5.6	2.2	10.2	17.8	9.0	4,8	3,6	7,0	12,2	6,9
1	1.6	3.1	0.8	4.3	2.5	2,6	1,2	1,6	3,2	2.2
2	2.0	3.4	1.1	5.7	3.1	2,0	3,6	2,2	3,4	2.8
3	2.2	1.0	2.4	4.1	2.4	2,4	2,6	7,6	3,4	4.0
4	1.3	3.9	1.5	4.5	2.8	1,6	3,6	2,2	2,6	2.5
5	3.2	2.3	1.3	3.7	2.6	2,2	1,8	3,2	2,8	2.5
Średnia	2.7	2.6	2.9	6.7		2.6	2.7	4.0	4.6	
NIR α =0,05 dla:										
genotypu	0,63				0,79					
pożywki	0,90				1,19					
interakcji	1,80				2,26					

Korzenie boczne są silnie rozgałęzione i pomagają w pobieraniu pierwiastków z płytszych warstw gleby. Dzięki licznym rozgałęzieniom z większej powierzchni lepiej pobierany jest m.in. potas, którego więcej jest w płytszych warstwach gleby [Liu i in. 2004]. Ponadto wielu autorów sugeruje, że brak azotu jest czynnikiem, który zwiększa stosunek korzeni do pędów [Eghball i Maranville 1993; Vameralli i in. 2003]. Analiza długości korzeni u roślin rosnących na wszystkich stosowanych w doświadczeniu pożywkach wykazała, że najdłuższymi korzeniami cechowały się rośliny linii LA1777. Dodatkowo, rośliny tej linii rosnące na pożywkach testujących (z wyjątkiem pożywki nr 1) miały dłuższe korzenie w stosunku do kontroli, co może się świadczyć o potencjalnej tolerancji tej linii na niedobory N i K. Najdłuższe korzenie miały rośliny w/w linii na pożywce nr 2 i 4. Najmniejszą długością korzeni na wszystkich pożywkach cechowały się rośliny

linii LA0716 – 1,6 cm. Tak jak w przypadku wysokości roślin, odmiany uprawne ‘Primabel’ i ‘Red Cherry’ miały zbliżoną długość korzeni na wszystkich pożywkach. Wszystkie badane genotypy wytworzyły najdłuższe korzenie na pożywce kontrolnej i na pożywce nr 4. Badane genotypy nie różniły się istotnie między sobą pod względem liczby korzeni. Najmniejszą liczbę korzeni wytworzyły odmiany rosnące na pożywce nr 1 i 2, a największą na pożywce nr 3 i MS.

Tab. 3. Wpływ dawki azotu i potasu na długość i liczbę korzeni 4 genotypów pomidora

Pożywka	Długość korzeni (cm)					Liczba korzeni				
	Badane genotypy pomidora									
	Primabel	Red Cherry	LA0716	LA1777	Średnia	Primabel	Red Cherry	LA0716	LA1777	Średnia
MS	7.7	10.7	4.3	11,1	8,4	5,0	7,2	5,0	9,2	6,6
1	17.4	0.0	0.8	8,6	6,7	2,0	0,0	1,2	2,6	1,5
2	4.9	3.8	0.7	20,2	7,4	1,6	3,6	2,0	2,6	2,5
3	4.2	3.3	0.7	12,5	5,2	5,8	2,2	15,0	3,8	6,7
4	1.1	14.0	2.0	15,8	8,2	2,0	8,0	2,0	3,6	3,9
5	3.6	7.5	1.4	12,4	6,24	6,4	3,8	1,6	2,8	3,7
Średnia	6,5	6,6	1,6	13,4		3,8	4,1	4,5	4,1	
NIR $\alpha=0,05$ dla:										
genotypu	1,88					1,11				
pożywki	2,69					1,59				
interakcji	5,38					3,18				

WNIOSKI

Największą wysokością roślin oraz największą liczbą liści charakteryzowały się rośliny linii LA1777. Rośliny tej linii wytworzyły dłuższe korzenie, zarówno na wszystkich badanych pożywkach jak też na pożywkach testujących. Świadczy to o zwiększonej tolerancji tej linii na niedobory azotu i potasu w stosunku do innych linii.

Wysokość roślin i liczba liści wszystkich badanych genotypów rosnących na pożywkach selekcyjnych była obniżony w stosunku do kontroli.

LITERATURA

- Bänziger, M., Edmeades, G. O., Lafitte H. R. 2002. *Physiological mechanisms contributing to the increased N stress tolerance of tropical maize selected for drought tolerance*. Field Crop. Res. 75, 223–233.
- Chun L., Mi G., Li J., Chen F., Zhang F. 2005. *Genetic analysis of maize root characteristics in response to low nitrogen stress*. Plant and Soil 276 (1–2), 369–382.
- Eghball B., Maranville J W. 1993. *Root development and nitrogen influx of corn genotypes grown under combined drought and N stress*. Agron. J. 85, 147–152.
- Gamborg OL, Shyluk JP. 1970. *The culture of plant cells with ammonium salts as the sole nitrogen source*. Plant Physiol. 45, 598–600.
- Horst W., Behrens T., Heuberger H., Kamh M., Reidenbach G., Wiesler F. 2003. *Genotypic differences in nitrogen use efficiency in crop plants*. In Innovative Soil–Plant Systems for Sustainable Agricultural Production. J M Lynch., J S Schepers. & I Uⁿ nver. Eds.75–92. OECD.
- Jordan W R., Douglas P R, JR Shouse P J. 1983. *Strategies for crop improvement for drought-prone regions*. Agr. Water Manage. 7, 281–199.
- Lemaire G., Jeuffroy M., Gastal F. 2008. *Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practices for crop N management*. European Journal of Agronomy 28(4), 614–624.
- Liu Y., Mi G., Chen F., Zhang J., Zhang F. 2004. *Rhizosphere effect and root growth of two maize (Zea mays L.) genotypes with contrasting P efficiency at low P availability*. Plant Sci. 167, 217–223.
- Mackay A. D., Barber S.A. 1986. *Effects of nitrogen on root growth of two corn genotypes in the field*. Agron. J. 78, 699–703.
- Murashige, T., Skoog F. 1962. *A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures*. Physiol. Plant 15, 473–497.
- Rahman M. H., Haider S.A., Hossain M., Islam R. 2011. *Effect of potassium and ammonium nitrate media on in vitro growth response of potato (Solanum tuberosum L.)* International Journal of Biosciences 1(2), 54–57. ISSN: 2220-6655.
- Sattelmacher B., Klotz F., Marschner H. 1990. *Influence of the nitrogen level on root growth and morphology of two potato varieties differing in nitrogen acquisition*. Plant Soil 123, 131–137.

- Siddiqi M.Y., Kronzucker H.J., Britto D.T., Glass A.D.M. 1998. *Growth of a tomato crop at reduced nutrient concentrations as a strategy to limit eutrophication*. Journal of Plant Nutrition 21, 1879–1895.
- Vallverdú-Queralt A., Jáuregui O., Medina-Remón A., Lamuela-Raventós R.M. 2012. *Evaluation of a Method To Characterize the Phenolic Profile of Organic and Conventional Tomatoes*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 60(13), 3373–3380.
- Vamerali T., Saccomani M., Bona S., Mosca G., Guarise M., Ganis A. 2003. *A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids*. Plant Soil 255, 157–167.
- van Beem J., Smith M E. 1996. *Variation in nitrogen use efficiency and root system size in temperate maize genotypes. In Developing drought and low N-tolerant maize*. Proceedings of a Symposium, March 25–29, 1996. Eds. G O Edmeades, M Bañeziger, H R Mickelson, C B Pena-Valdivia. 241–244. CIMMYT.
- Zhang F., Niu J., Zhang W., Chen W., Li C., Yuan L., Xie J. 2010. *Potassium Nutrition of Crops under Varied Regimes of Nitrogen Supply*. Plant and Soil 335, 21–34.

Adres do korespondencji:

dr hab. Renata Dobromilska prof. ZUT w Szczecinie
mgr inż. Małgorzata Szczepaniak Katedra Ogrodnictwa
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI 1, 71–459 Szczecin
e-mail: Renata.Dobromilska@zut.edu.pl, Małgorzata.Szczepaniak@zut.edu.pl

Praca finansowa z środków pochodzących
z projektu badawczego MNiSW Nr rej.: N N310 012840

WPŁYW TERMINU SIEWU NA WIELKOŚĆ I JAKOŚĆ PLONU KOLENDRY SIEWNEJ UPRAWIANEJ NA ZBIÓR PĘCZKOWY

THE EFFECT OF SOWING TIME ON THE YIELD AND QUALITY OF CORIANDER GROWN FOR BUNCH HARVEST

Abstrakt. W Polsce spożycie części zielonych kolendry siewnej, w przeciwieństwie do jej owoców, nie jest popularne a warte rozpowszechnienia, mogą bowiem wzbogacić asortyment dostępnych na rynku roślin aromatycznych. Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu trzech terminów siewu (2 dekada kwietnia, 1 dekada maja, 3 dekada maja) na wielkość i jakość plonu kolendry siewnej w uprawie na zbiór pęczkowy. Wyniki dotyczące plonowania pokazały, iż ostatni (trzecia dekada maja) termin siewu był najbardziej korzystnym. Największą zawartością kwasu L-askorbinowego, cukrów oraz suchej masy charakteryzowały się liście roślin z siewu w drugiej dekadzie kwietnia.

Słowa kluczowe: *Coriandrum sativum L.*, okres uprawy, liście, skład chemiczny

Summary. Unlike the dried fruits of coriander, its aromatic fresh leaves are not commonly consumed in Poland, although the herb can add a distinctive flavor to many dishes. The aim of this study was to determine the effect of three different sowing dates (mid-April, the first ten days of May, the last ten days of May) on the yield and quality of coriander grown for bunch harvest. It was found that the best time for sowing coriander is the last ten days of May. The leaves of plants sown in mid-April were characterized by the highest concentrations of L-ascorbic acid, sugars and dry matter.

Key words: *Coriandrum sativum L.*, time of cultivation, leaves, chemical composition

WSTĘP

Kolendra (*Coriandrum sativum* L.) jest rośliną jednoroczną, należącą do rodziny selerowatych (*Apiaceae* L.), pochodzącą znaną z Morza Śródziemnego. Jest jedną z najstarszych roślin uprawnych, opisaną już w papirusie Ebersa (ok. 1550 r. p.n.e.) i wykorzystywanych w kuchni oraz ziołolecznictwie. Jej głównym surowcem są owoce o silnym aromacie i korzennym smaku wykorzystywane w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym i kosmetycznym. Coraz częściej uprawiana jest też dla mających intensywny i bardzo charakterystyczny aromat liści. Są one, zarówno świeże jak i suszone, popularnym komponentem potraw w wielu kuchniach azjatyckich, kuchniach krajów basenu Morza Śródziemnego oraz Rosji. Młode liście kolendry są wykorzystywane do sporządzania różnego rodzaju surówek, sałatek, do dekoracji potraw oraz wyrobu sosów. W Polsce spożycie części zielonych tego gatunku, w przeciwieństwie do owoców, nie jest popularne a warte rozpowszechnienia, mogą bowiem wzbogacić asortyment dostępnych na rynku roślin aromatycznych. Ze względu na dużą zawartość we wszystkich częściach tego gatunku witamin, soli mineralnych a także olejku eterycznego, flawonoidów, kwasów fenolowych, polifenoli oraz dużą aktywność farmakologiczną, kolendra jest brana pod uwagę jako znaczące potencjalne źródło wysokiej jakości komponentów żywności funkcjonalnej i nutraceutyków [Bremness 1991; Diederichsen 1996; Khah 2009; Kozłowska i Ziarno 2012; Sahib i in. 2012; USDA 2012; Morales-Payan 2013].

Kolendra jest rośliną uprawianą z siewu wprost do gruntu. W dużej mierze, oprócz jakości materiału siewnego, o jej wschodach i wzroście decydują warunki panujące w tym okresie warunki atmosferyczne. W naszym klimacie kiełkowanie nasion trwa zwykle długo a wschody są nierównomierne. Z tego powodu, dla uzyskania jak najwyższego plonu, niezwykle ważny jest wybór optymalnego terminu siewu [Capecka i in. 2000].

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu trzech wiosennych terminów siewu (2 dekada kwietnia, 1 dekada maja, 3 dekada maja) na wielkość i jakość plonu liści kolendry siewnej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie z uprawą kolendry siewnej (Plantico) na zbiór pęczkowy przeprowadzono w latach 2009-2011 na polu Ogrodu Doświadczalnego Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Każdego roku nasiona wysiewano do gruntu w trzech terminach, po raz pierwszy w drugiej dekadzie kwietnia, a następnie po 3 i 6 tygodniach. Terminarz czynności w poszczególnych latach zamieszczono w tabeli nr 1.

Tab. 1. Terminarz najważniejszych czynności

Wyszczególnienie	Rok					
	2009		2010		2011	
	data	liczba dni od wysiewu	data	liczba dni od wysiewu	data	liczba dni od wysiewu
Siew termin I	16,04	-	14,04	-	18,04	-
Siew termin II	7,05	-	7,05	-	9,05	-
Siew termin III	28,05	-	28,05	-	30,05	-
Pierwsze wschody termin I	4,05	19	4,05	21	4,05	17
Pierwsze wschody termin II	19,05	13	20,05	14	20,05	14
Pierwsze wschody termin III	10,06	14	10,06	14	10,06	12
Zbiór termin I	15,06	62	16,06	63	7,06	50
Zbiór termin II	23,06	48	28,06	53	20,06	42
Zbiór termin III	1,07	35	5,07	40	11,07	42

Norma wysiewu wynosiła 3 g na 1 m². Rośliny uprawiano na glebie typu czarna ziemia właściwa, zaliczonej do klasy bonitacyjnej IIIb, należącej do kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego [Systematyka Gleb Polski 1989; Bieniek 1994]. Glebę pod uprawę przygotowano zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami agrotechniki.

Doświadczenie zostało założone metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 1,0 m², rozstawa rzędów – 20 cm. Pielęgnacja w trakcie wegetacji była

standardowa dla tego gatunku. Rośliny w trakcie wegetacji dokarmiano granulowanym uniwersalnym wieloskładnikowym nawozem ogrodniczym NPK(Mg, S) 9-6-11-(5,5-12) w dawce 0,1 kg na 1 m².

Liście kolendry siewnej ścinano ręcznie, jednorazowo z każdego terminu uprawy. Po zbiorach określano wielkość plonu liści oraz wykonywano biometrię roślin.

Przeprowadzono również analizy chemiczne na zawartość suchej masy i podstawowych składników organicznych w liściach: kwasu L-askorbinowego, cukrów ogółem i cukrów prostych. Analizy chemiczne materiału roślinnego wykonywano w trzech powtórzeniach bezpośrednio po zbiorze na średnich próbach pobranych z poszczególnych wariantów doświadczenia. Zawartość suchej masy oznaczono metodą wagową (PN-90/A-75101/03), kwasu L-askorbinowego metodą Tillmansa w modyfikacji Pijanowskiego (PN-90/A-75101/11), cukrów ogółem i redukujących metodą Luffa-Schorla (PN-90/A-75101/07).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy pomocy programu Statistica 10,0 z zastosowaniem analizy wariancji ANOVA. Do szczegółowego porównania średnich zastosowano test Tuckey'a.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki plonowania (plon ogółem) kolendry siewnej uprawianej na zbiór pęczkowy przedstawiono w tab. 2. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, iż termin siewu wywarł istotny wpływ na wielkość plonu liści. Zarówno w pierwszym jak i ostatnim roku badań największy plon uzyskano z ostatniego terminu siewu (odpowiednio 0,37 i 1,38 kg m⁻²). W 2010 roku najkorzystniejszym okazał się drugi termin siewu (0,65 kg m⁻²). Najmniej odpowiednim w każdym z kolejnych lat był najwcześniejszy termin siewu (14–18 kwietnia).

Średnie wyniki dotyczące plonowania uzyskane z całego okresu badań pokazały, iż najmniej korzystnym był pierwszy a najbardziej korzystnym ostatni termin siewu. Plony liści z terminu trzeciego w latach 2009–2011 był przeciętnie o ponad 52% wyższe w porównaniu do terminu pierwszego. Podobne efekty uzyskała Jadczak [2007a] w doświadczeniu z cząbrem ogrodowym oraz bazylią siewną [Jadczak 2007b] a także Jadczak i Grzeszczuk [2008] w uprawie

bylicy estragonu. Zupełnie odmienne wyniki zanotowały natomiast Jadczak i Grzeszczuk [2009] w uprawie trybuli ogrodowej a także Błażewicz-Woźniak [2009] w doświadczeniu z koprem włoskim, kiedy to najbardziej efektywnym okazał się najwcześniejszy termin siewu. Podobnie Słodkowski i Rekowska [2005] w doświadczeniu z rakieta siewną najlepsze rezultaty uzyskali z siewów w kwietniu. Ich opóźnianie do maja skutkowało spadkiem plonu.

Tab. 2. Wielkość plonu kolendry w uprawie na zbiór pęczkowy

Termin siewu	Plon (kg m ⁻²)			
	2009	2010	2011	2009–2011
I	0,20	0,34	0,79	0,44
II	0,31	0,65	1,06	0,67
III	0,37	0,49	1,38	0,75
Średnio	0,29	0,49	1,08	0,62
NIR _{0,05}	0,11	0,09	0,39	0,07

Niezależnie od terminu siewu, średni plon liści uzyskany w pierwszym roku badań był o 69 % niższy niż w 2010 i ponad 3,5-krotnie niższy niż plon w 2011 roku. Przyczyną był najprawdopodobniej przebieg warunków klimatycznych w okresie uprawy kolendry. W kolejnych latach temperatury powietrza były zbliżone, zawsze nieco wyższe od średnich wieloletnich. Rok 2011 charakteryzował się natomiast dużą ilością opadów w okresie kwiecień-lipiec i dosyć dobrym ich rozkładem, co sprzyjało prawidłowemu kiełkowaniu i wzrostowi roślin. Szczególnie niekorzystna pod tym względem była wiosna 2009 roku z sumą opadów w kwietniu na poziomie zaledwie 4,8 mm (tab. 3).

W niniejszym doświadczeniu wykazano, iż termin siewu nie wywarł istotnego wpływu na masę pojedynczej rośliny kolendry (tab. 4). Średnia masa 1 rośliny w latach 2009–2011 wahała się od 2,06 (I termin) do 2,99 g (III termin). Wpływ terminu siewu na pozostałe cechy biometryczne roślin okazał się istotny. Liczba liści w rozecie wzrastała wraz z kolejnymi datami wysiewu w zakresie od 6,06 do 7,80 szt.

W badaniach Chaulagain i inni [2011] rośliny kolendry miały w zależności od odmiany i fazy wzrostu od 1,73 do 6,54 szt. liści rozetowych. Najdłuższymi liśćmi charakteryzowały się rośliny uzyskane z wysiewu w pierwszej dekadzie maja.

Tab. 3. Wybrane dane meteorologiczne z okresu uprawy (wg Stacji Meteorologicznej w Tomaszkowie k/Olsztyna)

Dane meteorologiczne	Rok	Miesiąc				Okres uprawy IV–VII
		IV	V	VI	VII	
Średnia dobowa temperatura powietrza (°C)	2009	9,4	12,4	14,9	20,4	14,3
	2010	8,1	12,0	16,4	21,1	14,4
	2011	9,1	13,1	17,1	17,9	14,3
	średnio	8,9	12,5	16,1	19,8	14,3
	średnio z wielolecia 1961–1990	6,5	12,6	15,7	17,4	13,1
Suma opadów (mm)	2009	4,8	52,9	136,9	48,3	242,8
	2010	18,2	131,9	84,8	80,4	315,3
	2011	22,5	55,1	81,7	202,8	358,1
	średnio	15,2	80,0	101,1	110,5	305,4
	średnio z wielolecia 1961–1990	32,8	49,4	83,9	74,9	241,0

Jadczak [2007b] badając bazylię stwierdziła istotny wpływ terminu uprawy na zmienność jej cech biometrycznych, najkorzystniejszym był podobnie jak w niniejszych badaniach ostatni termin siewu. W doświadczeniu z bylicą estragonem Jadczak i Grzeszczuk [2008] nie stwierdziły aby ten czynnik, miał istotny wpływ na parametry biometryczne roślin, poza długością liści.

Tab. 4. Cechy biometryczne roślin kolendry siewnej w uprawie na zbiór pęczkowy (średnio z lat 2009–2011)

Termin siewu	Masa 1 rośliny (g)	Liczba liści (szt.)	Długość liści (cm)
I	2,06	6,06	12,19
II	2,31	6,22	15,19
III	2,99	7,80	11,69
Średnio	2,45	6,69	13,02
NIR _{0,05}	n.i.	1,10	1,76

Analiza statystyczna wykazała, iż termin uprawy wywarł istotny wpływ na zawartość w liściach kolendry suchej masy i wybranych

składników organicznych (tab. 5). Wyniki analiz chemicznych materiału roślinnego wykazały, iż poziom suchej masy był najwyższy w pierwszym terminie siewu (15,16%) i spadał w miarę opóźnienia siewu. Liście kolendry należą do bardzo zasobnych w kwas L-askorbinowy. W dostępnych danych literaturowych wartości są bardzo rozbieżne od 27 (USDA 2012) do nawet 361 mg 100 g⁻¹ św. m. [Clyde i in. 1979]. W niniejszym doświadczeniu rośliny zawierały go od 89,37 do 114,24 mg w 100 g św. m., najwięcej pochodzące z siewu w drugiej dekadzie kwietnia. Istotnie najwięcej cukrów, zarówno redukujących jak i ogółem, oznaczono również w świeżych liściach roślin z pierwszego terminu siewu. Zawartość cukrów w materiale z kolejnych zbiorów była niższa a różnice między nimi niewielkie. Podobnie Grzeszczuk i inni [2010] wykazały istotny wpływ terminu siewu na wartość biologiczną łobody ogrodowej. W przypadku tego gatunku największą wartością biologiczną charakteryzowały się rośliny, przy uprawie których zastosowano siew w pierwszej dekadzie maja. Błażewicz-Woźniak [2010] stwierdziła, iż termin siewu nie wywarł istotnego wpływu na gromadzenie witaminy C w bulwach kopru włoskiego, miał natomiast znaczenie dla poziomu suchej masy oraz cukrów.

Tab. 5. Zawartość suchej masy, kwasu L-askorbinowego oraz cukrów w liściach kolendry siewnej w uprawie na zbiór pęczkowy (średnio z lat 2009–2011)

Termin siewu	Sucha masa (%)	Kwas L-askorbinowy (mg 100 g ⁻¹ św.m.)	Cukry redukujące (g 100 g ⁻¹ św.m.)	Cukry ogółem (g 100 g ⁻¹ św.m.)
I	15,16	114,24	1,38	1,67
II	14,17	98,82	0,97	1,17
III	10,80	89,37	1,06	1,27
Średnio	13,38	100,81	1,14	1,37
NIR _{0,05}	1,02	29,73	0,20	0,30

WNIOSKI

Najbardziej korzystnym dla wielkości plonu kolendry siewnej uprawianej na zbiór pęczkowy był ostatni (trzecia dekada maja) termin siewu.

Wpływ terminu siewu na cechy biometryczne roślin kolendry, z wyjątkiem masy pojedynczej rośliny, był istotny.

Największą wartością biologiczną odznaczały się liście roślin wysiewanych w drugiej dekadzie kwietnia, które były najzasobniejsze w kwas L-askorbinowy oraz cukry, zawierały też więcej niż w pozostałych terminach suchej masy.

LITERATURA

- Błażewicz-Woźniak M. 2009. *Wpływ osłaniania gleby i roślin oraz terminu siewu na wschody i wzrost dwóch odmian kopru włoskiego w uprawie polowej*. Annales UMCS Sectio EEE XIX(2), 1–10.
- Błażewicz-Woźniak M. 2010. *Effect of soil and plant covering as well as sowing term upon fennel bulb nutritional value*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 9(1), 3–12.
- Bremness L. 1991. *Wielka księga ziół*. Wyd. Wiedza i Życie, Warszawa.
- Capecka E., Suchorska K., Dąbrowska B., Wiewióra B. 2000. *Wpływ uszłachetniania nasion na wysokość i jakość plonu owoców kolendry siewnej*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 71, 61–64.
- Chaulagain R., Pant S.S., Thapa R.B., Sharma M. D. 2011. *Performance of coriander cultivars for green leaf production under late sowing condition*. J. Agric. Envir. 12, 67–73.
- Clyde D. D., Bertini J., Dmochowski R., Koop H. 1979. *The vitamin a and c content of Coriandrum sativum and the variations in the loss of the latter with various methods of food preparation and preservation*. Qual. Plant.-Pl. Fds. Hum. Nutr. XXVIII (4), 317–322.
- Diederichsen A. 1996. *Coriander (Coriandrum sativum L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. 3. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome (http://www.ecpgr.cgiar.org/fileadmin/bioersity/publications/pdfs/375_Coriander__Coriandrum_sativum_L..pdf?cache=1357711499) – 24.01.2013
- Grzeszczuk M., Jadczak D., Kawecka A., Długosz I. 2010. *Effect of sowing date on biological value of garden orache*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 9(4), 163–169.
- Jadczak D. 2007a. *Effect of sowing date on the quantity and quality of the yield of summer savory (Satureja hortensis L.) grown for bunch harvest*. Herba Pol. 53(3), 22–27.
- Jadczak D. 2007b. *Wpływ terminu siewu i odległości rzędów na plonowanie bazylii pospolitej (Ocimum basilicum L.)*. Roczn. AR w Poznaniu 383(41), 505–509.

- Jadczyk D., Grzeszczuk M. 2008. *Effect of a sowing date on the quality of the yield of tarragon (Artemisia dracunculus L.) grown for a bunch harvest*. J. Elementol. 13(2), 221–226.
- Jadczyk D., Grzeszczuk M. 2009. *Effect of sowing date on the quantity and quality of the yield of chervil (Anthriscus cerefolium L. (Hoffm.) ssp. sativum) grown for bunch harvest*. Herba Pol. 55(3), 292–297.
- Khah E. M. 2009. *Effect of sowing date and cultivar on leaf yield and seed production of coriander (Coriandrum sativum L.)*. J Food, Agric. & Envir. 7(2), 332–334.
- Kozłowska M., Ziarno M. 2012. *Kolendra-skład i zastosowanie*. Post. Fito-terapii 2, 108–112.
- Morales-Payan J.P. 2013. *Herbs and leaf crops: cilantro, broadleaf cilantro and vegetable amaranth* (W: Soils, plant growth and crop production) (<http://www.eolss.net/Sample- Chapters/C10/E1-05A-47.pdf>) – 28.01.2013
- Sahib N. G., Anwar F., Gilani A.H., Hamid A.A., Saari N., Alkharfy K.M. 2012. *Coriander (Coriandrum sativum L.): A Potential Source of High-Value Components for Functional Foods and Nutraceuticals – A Review*. Phytother. Res. (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ptr.4897/pdf>) – 24.01.2013.
- Słodkowski P., Rekowski E. 2005. *Wpływ terminu siewu nasion na plonowanie rokiety siewnej*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo LXXXVI 497–502.
- USDA 2012. *Nutrient data for 11165, Coriander (cilantro) leaves, raw*. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25. (<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2917?fg=&man=&lfacet=&count=&max=25&sort=fg&qlookup=&offset=100&format=Full&new=>) – 25.01.2013.

Adres do korespondencji:

Anna Francke
Katedra Ogrodnictwa
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. Prawocheńskiego 21, 10–718 Olsztyn
e-mail: afrancke@uwm.edu.pl

**FLUORESCENCJA CHLOROFILU MIERNIKIEM
DOJRZAŁOŚCI NASION KOLENDY SIEWNEJ**
CHLOROPHYLL FLUORESCENCE
OF CORIANDER SEEDS AS MATURATION METER

Abstrakt. Celem badań była ocena aktywności fluorescencyjnej (F_s , F_M' , Φ_{PSII}) oraz jakości nasion kolendry siewnej o dojrzałości morfologicznej (nasiona zielone), fizjologicznej (nasiona jasno brązowe) i zbiorczej (nasiona brązowe). Nasiona kolendry siewnej zebrane w fazie dojrzałości morfologicznej charakteryzowały się niską jakością, co wyrażało się niską zdolnością i długim czasem ich kiełkowania. W warunkach stresu niskiej temperatury (5°C) zaczęły kiełkować o 7 dni później, niż zebrane w fazie dojrzałości zbiorczej. Różnice w kiełkowaniu nasion o różnym stopniu dojrzałości były większe w warunkach stresu temperatury 30°C niż w temperaturze optymalnej (20°C). Wartości pomiarów fluorescencji chlorofilu (F_s , F_M' , Φ_{PSII}) były odwrotnie proporcjonalne do jakości nasion i malały w miarę ich dojrzewania. Uzyskane wyniki badań wskazują, że ocena fluorescencji chlorofilu w okrywkach nasienych kolendry siewnej jest niedestrukcyjną metodą wskazującą na stopień dojrzałości nasion oraz może być markerem wigoru nasion.

Słowa kluczowe: *kolendra siewna, fluorescencja chlorofilu, zdolność kiełkowania, średni czas kiełkowania, dynamika wschodów.*

Summary. The aim of this study was to evaluate the fluorescence activity (F_s , F_M' , Φ_{PSII}) and the quality of coriander seed harvested at morphological (green seeds), physiological (seeds light brown) and final maturity (brown seeds). Seeds harvested at morphological maturity were characterized by low quality expressed by low germination capacity and a long period of germination. Under conditions of low temperature stress (5°C) began to germinate 7 days later than collected at final maturity. The differences of seeds germination with different degrees of maturity were greater under stress conditions of 30°C temperature than the optimal temperature (20°C). The measurement values of chlorophyll fluorescence (F_s , F_M' , Φ_{PSII}) were inversely proportional to the quality of the seed and decreased gradually as their mature. The obtained results indicate that the fluorescence of chlorophyll in seed coat of coriander is a non-destructive method for defining the degree of their maturity and may be a marker of seed vigor.

Key words: *coriander, chlorophyll fluorescence, germination, mean germination time, the dynamics of emergence*

WSTĘP

Kolendra siewna (*Coriandrum sativum* L.) jest jednoroczną rośliną należącą do rodziny selerowatych (*Apiaceae*). Głównym surowcem zielarskim kolendry są owoce bogate w olejek eteryczny, związki kumarynowe i białkowe, a także flawonoidy i fitosterole. Jako surowiec przyprawowy wykorzystywane są ponadto świeże zielone liście kolendry, znane jako cilantro [Diederichsen 1996]. Olejek eteryczny obecny w nasionach wykazuje dodatkowo aktywność przeciwbakteryjną, przeciwgrzybiczną oraz antyoksydacyjną. Wykazuje właściwości chłodzące, moczopędne, rozkurczowe, wiatropędne, tonizujące, afrodyzujące, łagodzi problemy gastryczne i reumatyczne. Stosuje się go również jako przyprawę np. do kiełbas, ciast i bułek [Diederichsen 1996].

W uprawie kolendry siewnej na nasiona napotyka się na szereg problemów. Jednym z największych jest nierównomierne dojrzewanie owoców. Prowadzi to do zbioru nasion o różnym stopniu zaawansowania rozwoju [Msaadai i in. 2007]. W rezultacie wpływa to na ich jakość i zróżnicowany skład chemiczny. Nierównomierne dojrzewanie nasion kolendry stwarza problemy w określeniu precyzyjnego terminu zbioru.

Celem badań była ocena przydatności pomiaru fluorescencji chlorofilu w okrywach nasiennych do określenia jakości i wigoru nasion zbieranych w różnych fazach dojrzałości oraz optymalnego terminu ich zbioru.

METODYKA

Doświadczenie przeprowadzono na polu doświadczalnym Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach. W trakcie dojrzewania nasiona kolendry siewnej zbierano w fazach dojrzałości morfologicznej (nasiona zielone), fizjologicznej (nasiona jasno brązowe) i zbiorczej (nasiona brązowe). Bezpośrednio po zbiorze wykonano pomiary aktywności fluorescencyjnej w okrywach nasiennych, wyrażone następującymi parametrami:

Fs – fluorescencja stacjonarna – wskazuje natężenie fluorescencji chlorofilu, które towarzyszy procesowi fotosyntezy w warunkach stacjonarnych.

F_M – fluorescencja maksymalna chlorofilu w doświetlanych nasionach.

Φ_{PSII} – pozwala ocenić wydajność kwantową reakcji fotochemicznej w PSII.

Fluorescencja chlorofilu w okrywkach nasion mierzona była przy pomocy aparatu FMS 1 Pulse-Modulated Chlorophyll Fluorescence Monitoring System firmy Hansatech Instruments. Doświadczenie przeprowadzono w czterech powtórzeniach. Po ocenie fluorescencji chlorofilu nasiona suszono w temperaturze 20°C i wilgotności względnej 50%. Następnie poddano je czyszczeniu za pomocą zesławu Petkus i ocenie zdolności kiełkowania oraz średniego czasu kiełkowania w temperaturze 20°C.

Średni czas kiełkowania nasion (T) oceniano według wzoru:

$$T = n \cdot d \cdot N^{-1}$$

gdzie; n – liczba skiełkowanych nasion w danym dniu; d – liczba dni od momentu rozpoczęcia testu, N – suma wszystkich wykiełkowanych nasion. Ocenę zdolności oraz średniego czasu kiełkowania nasion przeprowadzono w 4 powtórzeniach po 2–4 miesiącach przechowania.

Na podstawie określonej codziennie liczby skiełkowanych nasion w 5, 20 i 30°C oceniono ich dynamikę kiełkowania. Do oceny różnic między średnimi użyto wielokrotnego testu t-Duncana przyjmując poziom istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Uzyskane wyniki badań wskazują, że nasiona zebrane w fazie dojrzałości morfologicznej uzyskały niższą jakość niż bardziej zaawansowane w rozwoju. Nasiona te kiełkowały zaledwie w 20%, a ich średni czas kiełkowania wynosił 6,2 dni (Tab. 1). Podobne wyniki zaobserwował też Rubatzky i współpracownicy [1999]. Zjawisko to było najprawdopodobniej spowodowane niedojrzałością nasion [Diederichsen 1996]. Nasiona o dojrzałości zbiorczej kiełkowały niemal w 100%, a średni czas kiełkowania skrócił się o 2,4 dni w porównaniu do zebranych w fazie dojrzałości morfologicznej (Tab. 1).

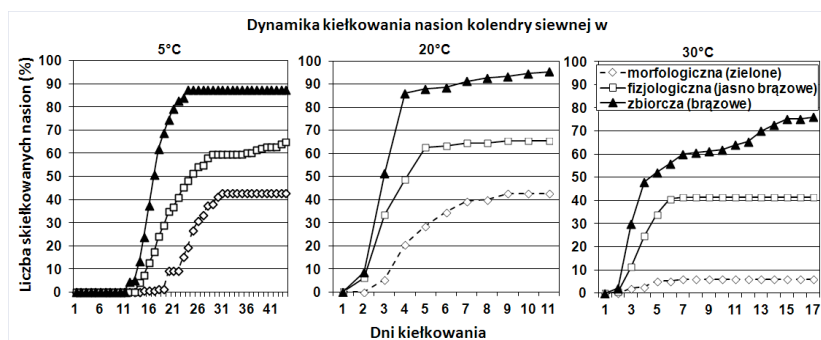
Tab. 1. Zdolność i średni czas kiełkowania nasion kolendry siewnej w 20°C (%) w różnych fazach dojrzałości

Fazy dojrzałości nasion	Zdolność kiełkowania w 20°C (dni)	Średni czas kiełkowania w 20°C (dni)
morfologiczna (zielone)	20.0 a ¹	6,2 c
fizjologiczna (jasno brązowe)	38.0 b	4,8 b
zbiorcza (brązowe)	98,0 c	3,8 a

¹Wartości oznaczone tą samą literą w obrębie wierszy nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$

W warunkach ciągłego stresu termicznego (niskiej temperatury - 5°C) nasiona o dojrzałości morfologicznej zaczęły kiełkować o 7 dni później niż zebrane w fazie dojrzałości zbiorczej (ryc. 1).

Różnice w kiełkowaniu nasion o różnym stopniu dojrzałości były większe w warunkach ciągłego stresu temperatury 30°C, niż w temperaturze optymalnej (20 °C) (ryc. 1). W związku z tym już przy niewielkim spadku wigoru nasion obserwowano większe zmiany w ich kiełkowaniu niż w warunkach optymalnych.



Ryc. 1. Dynamika kiełkowania nasion kolendry siewnej w temperaturze 5, 20 i 30°C

Wyniki pomiarów fluorescencji chlorofilu w okrywkach nasienych kolendry siewnej zbieranych w różnych fazach dojrzałości wskazały na zależność z jakością nasion, wyrażoną ich zdolnością kiełkowania w 20°C [Ooms i Destain 2011; Jalink i in. 1999] (tab. 2, ryc. 1). Potwierdzają to wyniki średniego czasu kiełkowania, dynamiki kiełkowania w 5, 20, 35°C, jak również dynamiki wschodów

siewek. Zależność pomiędzy fluorescencją chlorofilu nasion była odwrotnie proporcjonalna do ich jakości i była przede wszystkim związana z zawartością chlorofilu w okrywach nasiennych [Jalink i in. 1999].

Tab. 2. Fluorescencja chlorofilu w okrywach nasion kolendry siewnej zbieranych w różnych fazach dojrzałości

Fazy dojrzałości nasion	Fluorescencja chlorofilu		
	F _s	F _{M'}	Φ _{PSII}
morfologiczna (nasiona zielone)	64,0 c	187,5 c	0,6 c
fizjologiczna (nasiona jasno brązowe)	7,7 b	14,5 b	0,5 b
zbiorcza (nasiona brązowe)	1,7 a	3,2 a	0,3 a

Wartości oznaczone tą samą literą w obrębie kolumn nie różnią się istotnie przy $\alpha=0,05$

W miarę dojrzewania nasion i ich wzrastającej jakości malały wartości parametrów fluorescencji chlorofilu (F_s, F_{M'}, Φ_{PSII}). Było to spowodowane najprawdopodobniej rozkładem chlorofilu w okrywach nasiennych [Grzywacz i Orzeszko-Rywka 2007]. Z przeprowadzonych badań wynika, że ocena fluorescencji chlorofilu w okrywach nasiennych jest metodą określającą stopień dojrzałości nasion oraz optymalny termin zbioru. Nasiona kolendry nie są uszkodzane w czasie pomiarów fluorescencyjnych i mogą być następnie wykorzystane do innych analiz. Zastosowana metoda może być wykorzystana w praktyce do segregacji nasion o różnych stopniach dojrzałości.

WNIOSKI

Nasiona kolendry siewnej o dojrzałości morfologicznej charakteryzują się niską jakością w porównaniu do zebranych w fazie dojrzałości zbiorczej.

Różnice w kiełkowaniu nasion o różnym stopniu dojrzałości są większe w warunkach temperatury 30°C niż w temperaturze optymalnej (20°C).

Wartości pomiarów fluorescencji chlorofilu (F_s, F_{M'}, Φ_{PSII}) były odwrotnie proporcjonalne do jakości nasion i malały w miarę ich dojrzewania.

LITERATURA

- Diederichsen A. 1996. Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. 3. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Grzywacz G., Orzeszko-Rywka A. 2007. *Tradycyjne i nowoczesne metody oceny wigoru nasion*. *Postępy nauk Rolniczych* 5, 79–89.
- Jalink H., Schoor R., Birnbaum Y. E., Bino J. B. 1999. *Seed chlorophyll content as an indicator for seed maturity and seed quality*. *Acta Hort.* 504, 219–227.
- Msaada, K., Hosni, K., BenTaarit, M., Chahed, T., Kchouk, M. E., Marzouk, B. 2007. *Changes on essential oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits during three stages of maturity*. *Food Chemistry* 102, 1131–1134.
- Ooms D., Destain M. F. 2011. *Evaluation of chicory seeds maturity by chlorophyll fluorescence imaging*. *Biosystem Engineering* 110, 168–177.
- Rubatzky, V. E., Quiros, C. F. and Simon, P. W. 1999. *Carrots and Related Vegetable Umbelliferae*. CABI, UK. 294 ss.

Adres do korespondencji:

Krzysztof Górnik
Pracownia Nasiennictwa
Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96–100 Skierniewice
e-mail: Krzysztof.Gornik@inhort.pl

Praca została wykonana w ramach Programu Wieloletniego „Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodniczej w celu zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów ogrodniczych oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony jego zasobów“, finansowanego przez MRiRW, zad. 4. 3

**WPLYW TERMINU SIEWU NA CECHY BIOMETRYCZNE
KORZENI I LIŚCI PIETRUSZKI KORZENIOWEJ
(*PETROSELINUM CRISPUM* (MILL.) NYMAN
EX AW HILL VAR. *TUBEROSUM* (BERNH.) CROV.)**
EFFECT OF SOWING TIME ON BIOMETRICAL FEATURES
OF HAMBURG PARSLEY (*PETROSELINUM CRISPUM*
(MILL.) NYMAN EX AW HILL VAR. *TUBEROSUM*
(BERNH.) CROV.) ROOTS AND LEAVES

Abstrakt. W doświadczeniu badano wpływ terminu siewu na cechy biometryczne korzeni i liści pietruszki korzeniowej. Nasiona wysiano w pięciu terminach: 25 sierpnia, 5 i 15 września, bezpośrednio przed nastaniem zimy i wiosną. Wykazano, że w zależności od terminu siewu rośliny tworzyły korzenie o różnej długości, nie różniły się natomiast pod względem ich masy jak i współczynnika kształtu. Rośliny uzyskane z siewu w roku poprzedzającym zbiór wytworzyły większą liczbę i masę liści niż z siewu wiosennego, ale miały niższy stosunek masy korzenia do masy liści. Wpływ odmiany był modyfikowany przez warunki pogodowe, które oddziaływały na wszystkie badane cechy poza współczynnikiem kształtu korzenia i stosunkiem masy korzenia do masy liści.

Słowa kluczowe: *długość korzenia, współczynnik kształtu korzenia, masa liści, liczba liści*

Summary. In the experiment the effect of sowing time on biometrical features of Hamburg parsley roots and leaves was investigated. Seeds were sown in five terms: 25 August, 5 and 15 September, just before winter and in spring. The sowing time affected length of roots, but plants did not differ in their root weight and shape coefficient. Plants obtained from the sowing in the previous year produced more leaves of higher weight in comparison to spring sowing, but they had lower root/leaves weight ratio. Effect of cultivar was modified by weather conditions, which affected all tested features except the coefficient of shape and root/leaves weight ratio.

Key words: *root length, root coefficient of shape, weight of leaves, number of leaves*

WSTĘP

Pietruszka korzeniowa jest jednym z najbardziej popularnych warzyw uprawianych w Polsce. O jakości plonu decydują w dużej mierze cechy biometryczne roślin [PN-R-75370; Petropoulos i in. 2005]. Na cechy biometryczne wpływa wiele czynników: system uprawy, przygotowanie gleby, głębokość i termin siewu, warunki pogodowe, obsada roślin na jednostce powierzchni oraz odmiana [Bąkowski i in. 1993; Błażewicz-Woźniak 1998, 1999b, 2003; Pokluda 2003; Petropoulos i in. 2005; Gruszecki 2006, 2007b]. Pietruszka korzeniowa może być uprawiana z różnych terminów siewu poczynając od wczesnej wiosny a kończąc na siewie przedzimowym [Błażewicz-Woźniak 1998; Gruszecki 2006, 2007a, 2007b]. Rośliny uzyskane z siewu w różnych terminach charakteryzują się najczęściej zróżnicowanymi cechami biometrycznymi [Bąkowski i in. 1993; Błażewicz-Woźniak 1998b; Petropoulos i in. 2005, 2006, 2008]. Dotychczas ukazało się niewiele prac opisujących cechy użytkowe roślin pietruszki korzeniowej uzyskanych z siewu jesienno [Gruszecki 2006; Petropoulos i in. 2005], a zwłaszcza późnoletniego. Celem pracy było określenie zależności pomiędzy terminem siewu, a cechami biometrycznymi roślin pietruszki korzeniowej.

METODYKA BADAŃ

Doświadczenie polowe założono w Gospodarstwie Doświadczalnym Lublin-Felin, Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie w układzie bloków losowanych w 4 powtórzeniach, powierzchnia poletka wynosiła 3 m². Nasiona dwu odmian pietruszki korzeniowej, 'Berlińska PNE' (późna) i 'Cukrowa' (wczesna), wysiano w obu sezonach badań: 25 sierpnia, 5 i 15 września oraz w terminie przedzimowym (17 listopada 2005 i 18 grudnia 2006 r.) i wiosennym (21 kwietnia 2006 i 5 kwietnia 2007 r.). Rośliny zbierano, gdy, na podstawie cotygodniowych pomiarów, średnia średnica korzenia przekraczała 20 mm – najmniejszą wymaganą dla korzeni pietruszki (PN-R-75370). Terminy zbioru przedstawiono w tab. 1, a warunki pogodowe w tab. 2. Analizę cech biometrycznych przeprowadzono dla 40 losowo wybranych roślin. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Istotność różnic oceniono za pomocą półprze-działów ufności według testu Tukey'a dla poziomu istotności $p=0,05$.

Tab. 1. Termin zbioru roślin pietruszki korzeniowej w zależności od sezonu uprawy

Odmiana	Termin siewu									
	25 VIII		5 IX		15 IX		Przedzimowy		Wiosenny	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
'Berlińska PNE'	25 VI	29 V	24 VI	18 VI	4 VII	24 VI	17 VII	11 VII	10 IX	10 VIII
'Cukrowa'	17 VI	27 V	22 VI	9 VI	1 VII	20 VI	26 VII	5 VII	7 IX	31 VII

Tab. 2. Średnie miesięczne temperatury powietrza i sumy opadów w czasie doświadczenia

Sezon uprawy	Miesiąc												
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	Temperatura (°C)												
2005/06	16,9	14,9	8,9	2,7	-0,8	-7,4	-4,4	-1,2	8,7	13,6	16,9	21,8	17,5
2006/07	17,5	15,6	9,9	5,3	3,1	2,8	-1,6	6,1	8,9	14,9	18,1	19,2	18,4
	Opady (mm)												
2005/06	109,1	18,0	8,6	21,7	54,5	15,7	26,7	47,0	30,3	59,5	37,9	6,8	198,3
2006/07	198,3	11,0	14,2	41,2	18,6	51,5	22,3	30,2	17,1	80,5	87,8	87,0	37,6

WYNIKI

Najkrótsze korzenie w sezonie 2005/06 wytworzyły rośliny uprawiane z siewu 15 września, najmniej zaawansowane we wzroście przed zimą, najdłuższe zaś z siewu przedzimowego (tab. 3). W kolejnym

sezonie uprawy rośliny z siewu przedzimowego wytworzyły najkrótsze korzenie, a z siewu 25 sierpnia najdłuższe. Długość korzeni nie zależała od odmiany, ale od warunków pogodowych.

Nie stwierdzono wpływu terminu siewu na średnią masę korzenia (tab. 3). W sezonie z niższymi temperaturami w okresie zimy, średnia masa korzenia była większa i bardziej zróżnicowana niż w sezonie 2006/07. W sezonie 2006/07 korzenie o mniejszej masie wytworzyły rośliny 'Cukrowa', gdy w poprzednim długość korzeni nie zależała od odmiany.

Nie stwierdzono wpływu warunków pogodowych i terminu siewu na współczynnik kształtu korzeni (tab. 3). Wpływ odmiany na ten współczynnik stwierdzono tylko w sezonie 2005/06, smuklejsze korzenie wytworzyły rośliny 'Berlińska'.

Najmniej liści miały rośliny uzyskane z siewu wiosennego (tab. 3). Liczba liści u roślin, które weszły przed zimą zależała od warunków pogodowych. Rośliny z siewu 25 sierpnia tworzyły więcej liści w sezonie z wyższymi (2006/07), a z siewów wrześniowych i przedzimowego z niższymi temperaturami w okresie zimy (2005/06). Tylko w sezonie 2006/07 wpływ odmiany na długość liści był istotny, więcej wytworzyły ich rośliny odmiany 'Cukrowa'.

Najmniejszymi wahaniami długości liści w poszczególnych latach charakteryzowały się rośliny uzyskane z siewu wiosennego i 5 września (tab. 3). Te ostatnie wytwarzały jedne z najdłuższych liści w każdym z sezonów badań. Dłuższe liście miały tylko rośliny z siewu 25 sierpnia, w sezonie 2005/06, i 15 września, w sezonie 2006/07. W każdym z sezonów badań rośliny odmiany 'Cukrowa' miały krótsze liście, ale tylko w sezonie 2006/07 różnice te udowodniono statystycznie. Długość liści zależała od warunków pogodowych.

Masa liści roślin uzyskanych z siewów w roku poprzedzającym zbiór była większa niż z siewu wiosennego, ale w sezonie 2006/07 istotnie większą masę liści miały tylko rośliny z siewu 25 sierpnia. Nie stwierdzono zależności pomiędzy odmianą a średnią masą liści uzyskanych z jednej rośliny, w przeciwieństwie do warunków pogodowych (tab. 3).

Największy stosunek masy korzenia do masy liści był u roślin z siewu wiosennego, najmniejszy z siewu 25 sierpnia. W roku o łagodnej zimie (2006/07), wielkość tego współczynnika, u roślin z sie-

wu we wrześniu i przedzimowego była zbliżona do uzyskanych z siewu wiosennego, natomiast po ostrej zimie (2005/06) do zebranych z siewu 25 sierpnia. Mniejszym stosunkiem charakteryzowały się rośliny odmiany 'Cukrowa', ale istotnie mniejszym tylko w sezonie 2006/07 (tab. 3).

Tab. 3. Wpływ terminu siewu na cechy biometryczne roślin pietruszki korzeniowej

Termin siewu	Odmiana	Długość korzenia (cm)		Masa korzenia (g)		Współczynnik kształtu korzenia		Liczba liści (szt.)		Długość liści (cm)		Masa liści (g)		Stosunek masy korzenia do masy liści	
		2005/06	2006/07	2005/06	2006/07	2005/06	2006/07	2005/06	2006/07	2005/06	2006/07	2005/06	2006/07	2005/06	2006/07
25 VIII	'Berlińska PNE'	15,1	16,2	25,8	21,8	6,5	7,7	16,0	19,0	48,8	41,5	41,7	55,4	0,62	0,43
	'Cukrowa'	14,3	15,6	26,6	21,3	5,4	6,6	17,4	23,7	49,2	37,1	51,2	55,8	0,53	0,38
	Średnio	14,7	15,9	26,2	21,6	6	7,2	16,7	21,4	49,0	39,3	46,5	55,6	0,58	0,41
5 IX	'Berlińska PNE'	15,8	15,5	38,9	21,9	6	6,8	21,3	10,3	53,2	50,0	50,5	22,9	0,76	0,94
	'Cukrowa'	15,3	14,6	28,1	18,4	5,8	6,7	18,3	16,5	42,2	51,2	57,2	31,5	0,62	0,59
	Średnio	15,6	15,1	33,5	20,2	5,9	6,8	19,8	13,4	47,7	50,6	53,8	27,2	0,69	0,76
15 IX	'Berlińska PNE'	14,0	14,1	21,2	20,2	6,7	6,8	19,9	9,2	38,6	57,7	38,5	25,7	0,57	0,77
	'Cukrowa'	13,8	14,7	22,8	15,9	5,7	7,1	16,4	9,8	41,5	48,0	33,6	26,3	0,69	0,60
	Średnio	13,9	14,4	22	18,1	6,2	7	18,2	9,5	40,1	52,9	36,0	26,0	0,63	0,69

	Odmiana (C)	Termin siewu(B)	NIR _{0,05}	Średnio			Wiosenny			Przedzimowy		
				Średnio	'Cukrowa'	'Berlińska PNE'	Średnio	'Cukrowa'	'Berlińska PNE'	Średnio	'Cukrowa'	'Berlińska PNE'
	n.i.	2,21	0,65	15,6	15,1	16,1	16,0	15,3	16,6	18,0	17,0	19,0
	n.i.	1,99		14,9	14,7	15,1	15,2	14,6	15,7	13,9	13,9	13,9
	n.i.	n.i.	3,76	26,9	26,0	27,7	20,3	20,9	19,7	32,3	31,4	33,1
	4,21	n.i.		20,8	17,8	23,7	22,0	21,3	22,7	22,1	12,2	31,9
	0,64	n.i.	n.i.	6,4	5,9	6,9	7,1	6,2	7,9	7	6,5	7,5
	n.i.	n.i.		6,7	6,7	6,7	6,5	6,4	6,6	6,3	6,9	5,7
	n.i.	4,81	1,36	16,7	16,3	17,1	10,8	11,2	10,3	18,2	18,4	18,0
	1,78	4,00		12,3	13,4	11,1	7,9	7,6	8,2	9,3	9,6	9,0
	n.i.	12,15	3,12	41,8	41,1	42,5	39,8	40,7	38,8	32,7	32,0	33,3
	3,39	7,61		45,5	43,7	47,3	42,5	41,1	43,8	42,5	41,3	43,7
	n.i.	19,56	5,52	41,3	43,0	39,6	17,7	22,1	13,4	52,4	50,8	54,0
	n.i.	16,06		32,5	31,0	34,0	25,9	22,5	29,3	28,0	19,0	36,9
	n.i.	0,314	n.i.	0,72	0,69	0,76	1,12	0,98	1,26	0,60	0,61	0,59
	0,060	0,135		0,70	0,63	0,77	0,86	0,95	0,78	0,77	0,65	0,90

DYSKUSJA

Petropoulos i in. [2005] wykazali, że siew nasion w roku poprzedzającym zbiór przyczynia się do uzyskania dłuższych korzeni. W prezentowanej pracy wykazano zależności długości korzeni od terminu siewu, ale wyniki uzyskane w poszczególnych latach były rozbieżne. Dotychczasowe wyniki badań wskazują, że długości korzenia spichrzowego może zależeć od doboru odmian [Błażewicz-Woźniak 1999b; Pokluda 2003; Petropoulos i in. 2005; Gruszecki 2006, 2007a], ale w doświadczeniu takich zależności nie stwierdzono.

Średnia masa korzenia zależała od terminu siewu [Petropoulos i in. 2008], czego nie wykazano w doświadczeniu. Na średnią masę

korzenia wpływała odmiana. Wyniki te są zgodne z uzyskanymi przez wielu autorów [Pokluda 2003; Gruszecki 2007a; Petropoulos i in. 2006], ale Petropoulos i in. [2005] uważają, że różnice te nie są istotne.

Według Bąkowskiego i in. [1993] terminu siewu może wpływać na współczynnik kształtu korzeni, ale Błażewicz-Woźniak [1998] nie stwierdziła takich zależności, co zostało potwierdzone w prezentowanej pracy. Współczynnik ten zależał od odmiany tylko w jednym (2005/06) z dwu sezonów badań. Błażewicz-Woźniak [1999b] oraz Bąkowski i in. [1993] wykazali, że odmiany pietruszki różnią się współczynnikiem kształtu korzenia.

Dotychczasowe wyniki badań nie dają jednoznacznej odpowiedzi, czy liczba liści roślin pietruszki zależy od terminu siewu [Błażewicz-Woźniak 1997; Petropoulos i in. 2008]. Rośliny uzyskane z siewów w roku poprzedzającym zbiór tworzyły więcej liści niż uzyskane z siewu wiosennego. Warunki pogodowe modyfikowały wpływ odmiany – tylko w jednym sezonie różnice między odmianami były istotne. Wpływ odmiany został wykazany przez Petropoulos i in. [2006] oraz Gruszeckiego [2006, 2007b].

Według Błażewicz-Woźniak [1999a] długości liści pietruszki korzeniowej nie zależy od odmiany, odmiennego zdania są Petropoulos i in. [2006] oraz Gruszecki [2006, 2007b]. W niniejszym doświadczeniu wpływ odmiany stwierdzono tylko w jednym sezonie badań. Długość liści zależała od terminu siewu, dłuższe liście wytwarzały rośliny, które weszły przed nastaniem zimy. Potwierdzają to wyniki uzyskane przez Petropoulos i in. [2006], ale zdaniem Błażewicz-Woźniak [1997] wpływ ten był istotny tylko w początkowym okresie wzrostu.

Masa liści wytworzonych przez jedną roślinę zależała od terminu siewu. Jest to zgodne z wynikami Petropoulos i in. [2006, 2008], ale nie Błażewicz-Woźniak [1997]. Odmiana nie wywierała wpływu na średnią masę rozety liściowej. Potwierdza to badania Błażewicz-Woźniak [1997, 1999a], ale w innych pracach taką zależność stwierdzono [Petropoulos i in. 2006; Gruszecki 2006; 2007b].

Największym stosunkiem masy korzenia do masy liści charakteryzowały się rośliny z siewu wiosennego, najmniejszym z siewu 25 sierpnia. Hochmuth i in. [1999] stwierdzili, że stosunek masy korzenia do masy liści zależy od terminu siewu i odmiany. Zależności te potwierdzono w pracy, ale wpływ odmiany tylko w jednym sezonie badań.

Warunki pogodowe oddziaływały na wszystkie badane cechy poza współczynnikiem kształtu korzenia i stosunkiem masy korzenia do masy liści. Wielu autorów zwraca uwagę na wpływ warunków pogodowych podczas wegetacji roślin na ich cechy biometryczne [Bąkowski i in. 1993; Błażewicz-Woźniak 1998, 2003; Pokluda 2003; Gruszecki 2006, 2007a, 2007b; Petropoulos i in., 2008]. Jak podaje Pokluda [2003] nie wpływają one na długość korzeni, a zdaniem Błażewicz-Woźniak [1998] na ich średnicę.

WNIOSKI

Cechy biometryczne roślin pietruszki były modyfikowane przez warunki pogodowe, które wpływały na wszystkie badane cechy poza współczynnikiem kształtu korzeni i stosunkiem masy korzenia do masy liści.

Rośliny w zależności od terminu siewu, różniły się długością korzeni, liczbą, długością i masą liści oraz stosunkiem masy korzenia do masy liści. Rośliny z siewów w roku poprzedzającym zbiór tworzyły więcej liści i większą masę rozety liściowej, ale mniejszy stosunek masy korzenia do masy liści.

Zróżnicowanie genetyczne badanych odmian wpływało na cechy biometryczne roślin pietruszki, ale wpływ ten był modyfikowany przez warunki pogodowe.

LITERATURA

- Bąkowski J., Michalik H., Umięcka L. 1993. *Wpływ odmiany i terminu siewu na przydatność pietruszki korzeniowej do mrożenia*. Biul. Warz. 40, 125–133.
- Błażewicz-Woźniak M. 1997. *Wpływ czynników agrotechnicznych na wschody, wzrost i plonowanie pietruszki korzeniowej, uprawianej na glebie zlewnej o nietrwałej strukturze*. Część II. Wzrost i plon liści. Ann. UMCS Sect. EEE V, 117–127.
- Błażewicz-Woźniak M. 1998. *Wpływ czynników agrotechnicznych na wschody, wzrost i plonowanie pietruszki korzeniowej, uprawianej na glebie zlewnej o nietrwałej strukturze*. Część IV. Cechy jakościowe korzeni. Ann. UMCS Sect. EEE VI, 89–102.
- Błażewicz-Woźniak M. 1999a. *Dynamika wzrostu liści pietruszki w zależności od głębokości siewu i obsady roślin*. Mat. Konf. VIII Ogóln. Zjazdu Hod. Roślin Ogrod., Lublin 1999, 51–54.

- Błażewicz-Woźniak M. 1999b. Porównanie niektórych cech jakościowych korzeni dwóch odmian pietruszki w zależności od głębokości siewu nasion i obsady roślin w rzędzie. Mat. Konf. VIII Ogóln. Zjazdu Hod. Roślin Ogrod., Lublin 1999, 55–59.
- Błażewicz-Woźniak M. 2003. Zmiany kształtu korzeni pietruszki pod wpływem uprawy zerowej i mulczów roślinnych. Acta Agrobot. 2(3), 489–497.
- Gruszecki R. 2006. Ocena wybranych cech biometrycznych kilku odmian pietruszki korzeniowej uprawianej z siewu późnojesiennego. Folia Hort. Supl. 2006/1, 156–160.
- Gruszecki R. 2007a. Wpływ odmiany na wielkość i jakość plonu pietruszki korzeniowej (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A.W. Hill var. *tuberosum* (Bernh) Mart. Crov.). Część I. Plon korzeni. Ann. UMCS Sect. EEE 17, 27–34.
- Gruszecki R. 2007b. Wpływ odmiany na wielkość i jakość plonu pietruszki korzeniowej (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A.W. Hill var. *tuberosum* (Bernh) Mart. Crov.). Część II. Plon liści. Ann. UMCS, Sect. EEE 17, 35–40.
- Hochmuth G. J., Brecht J.K., Bassett M.J. 1999. Nitrogen fertilization to maximize carrot yield and quality on a sandy soil. HortSci. 34(4): 641–645.
- Petropoulos, S. A., Akoumianakis, C.A., Passam, H.C. 2005. Effect of sowing date and cultivar on yield and quality of turnip-rooted parsley (*Petroselinum crispum* ssp. *tuberosum*). J. Food Agric. Environ. 3(2), 205–207.
- Petropoulos, S. A., Akoumianakis, C.A., Passam, H.C. 2006. Evaluation of turnip-rooted parsley (*Petroselinum crispum* ssp. *tuberosum*) for root and foliage production under a warm, Mediterranean climate. Sci. Hort. 109(3), 282–287.
- Petropoulos, S. A., Olympios C.M., Passam, H.C. 2008. The effect of nitrogen fertilization on plant growth and the nitrate content of leaves and roots of parsley in the Mediterranean region. Sci. Hort. 118, 255–259.
- Pokluda R. 2003. Comparison of selected characteristics of root parsley (*Petroselinum crispum* conv. *radicosum* (Alef.) Danert) cultivars. Hort. Sci. (Prague) 30(2), 67–72.
- Polska Norma PN-R-75370. 1996. Pietruszka korzeniowa.

Adres do korespondencji:

Robert Gruszecki
Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych,
Uniwersytet Przyrodniczy Lublin,
ul. Króla Leszczyńskiego 58, 20–069 Lublin,
e-mail: robert.gruszecki@up.lublin.pl

**POPRAWA KIEŁKOWANIA NASION ORAZ
WSCHODÓW I WZROSTU SIEWEK KOLENDRY
SIEWNEJ (*CORIANDRUM SATIVUM* L.) METODĄ
KONDYCJONOWANIA**

IMPROVEMENT OF SEED GERMINATION, SEEDLING
EMERGENCE AND GROWTH OF CORIANDER
(*CORIANDRUM SATIVUM* L.) BY CONDITIONING

Abstrakt. Celem przeprowadzonych doświadczeń było zbadanie możliwości poprawy wartości siewnej nasion kolendry siewnej przy pomocy hydrokondycjonowania. Uzyskane wyniki wskazały, że hydrokondycjonowanie nasion kolendry siewnej zwiększa dynamikę, zdolność i równomierność kiełkowania oraz korzystnie wpływa na wschody, wzrost i wybarwienie uzyskanych z nich roślin. Jednocześnie zabieg ten skraca czas bezpiecznego składowania nasion, co wskazuje na konieczność ich wysiewu w możliwie krótkim czasie po tym uszlachetnieniu.

Słowa kluczowe: *nasiona kolendry siewnej, hydrokondycjonowanie, przechowywanie, zdolność kiełkowania, wschody i wzrost siewek*

Summary. The aim of the experiments was to study the possibilities of improving the seed sowing value of coriander with hydroconditioning. The results indicated that hydroconditioning of coriander seeds increases dynamics and uniformity of germination and had the beneficial effect on emergence, growth and coloration of plants, obtained from them. At the same time, this procedure reduces the safe storage of seeds, which indicates the necessity of sowing them as soon as possible after making up.

Key words: *coriander seeds, hydroconditioning, storage, germination, seedling emergence and growth*

WSTĘP

Wysoka wartość siewna nasion produkowanych i uszlachetnianych metodami ekologicznymi jest jednym z najważniejszych celów przemysłu nasiennego w ostatnich latach na świecie. Wynika on z powszechnego dążenia do ograniczenia nadmiernego stosowania związków chemicznych w produkcji roślinnej, zwiększającego się areału roślin uprawianych metodami ekologicznymi i integrowanymi, produkcji zdrowej żywności, ochrony środowiska przyrodniczego oraz zwiększenia odporności kiełkujących nasion i roślin na niesprzyjające warunki zmieniającego się klimatu. Do skuteczniejszych sposobów poprawiających wigor nasion należy, między innymi, kondycjonowanie, polegające na kontrolowanym uwilgotnieniu ich do odpowiednich wilgotności i następnie inkubacji w ściśle ustalonych warunkach przez określony czas. Zabieg ten na celu zainicjowanie wszystkich procesów metabolicznych, poprzedzających kiełkowanie właściwe jeszcze przed wysiewem, nie dopuszczając jednak do przebiccia okrywy nasiennej przez korzonek zarodkowy. Następstwem przedsięwziętej inicjacji procesów metabolicznych w zarodku są szybsze, wyrównane i zwiększone wschody roślin wielu gatunków w różnych warunkach środowiskowych niż w przypadku nasion nie kondycjonowanych, w których wszystkie procesy fizjologiczne poprzedzające kiełkowanie zachodzą dopiero po wysianiu w polu [Badek i in. 2006, 2007; Grzesik i Janas 2011; Grzesik i Nowak 1998; Grzesik i Romanowska-Duda 2009].

W literaturze światowej istnieje znaczna ilość informacji dotyczących teoretycznych podstaw kondycjonowania nasion różnymi metodami. Mniej jest natomiast konkretnych danych, niezbędnych do zastosowania tej technologii w uszlachetnianiu poszczególnych gatunków, odmiany, a nawet określonych partii nasion. Dotyczy to również kolendry siewnej, w przypadku której, oprócz wyników badań przeprowadzonych w AR Kraków i SGGW, nie ma informacji dotyczących kondycjonowania nasion [Capecka i Libik 2007]. Z tego względu celem prezentowanych doświadczeń było zbadanie możliwości poprawy wartości siewnej nasion kolendry siewnej przy pomocy hydrokondycjonowania.

METODYKA

Badaniom poddano nasiona kolendry siewnej (*Coriandrum sativum* L.), zebrane z własnej plantacji w 2011 i 2012 roku i następnie przechowywane w warunkach laboratoryjnych (20°C, 50% wilgotności powietrza), odpowiednio przez 15 i 3 miesiące. Nasiona te hydrokondycjonowano poprzez nawilgotnienie w odpowiednio dobranej (na podstawie wcześniejszych badań) dawce wody destylowanej do wilgotności 40% i następnie inkubowanie w 20°C przez 4 dni w hermetycznych pojemnikach, codziennie przewietrzanych. W trakcie inkubacji, co 2 dni dokonywano pomiaru ich wilgotności metodą suszarkową, wyrażonej w % świeżej masy [ISTA 2003]. Po zakończeniu inkubacji nasiona suszono w warunkach laboratoryjnych (20°C, 50% RH) do wilgotności wyjściowej (10 %) i następnie poddano je ocenie dynamiki i zdolności kiełkowania w temperaturze 5, 20 i 30°C, a także testom przyspieszonego starzenia, dynamiki wschodów i wzrostu siewek oraz indeksu zawartości chlorofilu w liściach. W tym celu z każdego traktowania wysiano 3 x 100 nasion na wilgotną bibułę w szalkach Pertiego i umieszczono w termostatach, w ciemności i w stałej temperaturze 5, 20 i 30°C. Codziennie liczono liczbę skiełkowanych zarodków. Za nasiona skiełkowane przyjmowano te, u których korzonek zarodkowy przebił okrywą nasienną i uzyskał długość co najmniej 1 mm. Na podstawie codziennych pomiarów wykreślono krzywe dynamiki kiełkowania, natomiast końcowa liczba skiełkowanych nasion wskazała na zdolność ich kiełkowania. Kontrolę stanowiły nasiona nie kondycjonowane, o wilgotności początkowej 10%.

W celu oceny wartości przechowalniczej, kondycjonowane nasiona poddano testowi przyspieszonego starzenia. Podczas przechowywania nad wodą, w 40°C i 100% RH, co 3–4 dni pobierano osobne próbki nasion i oceniano je pod kątem zdolności kiełkowania w 20°C.

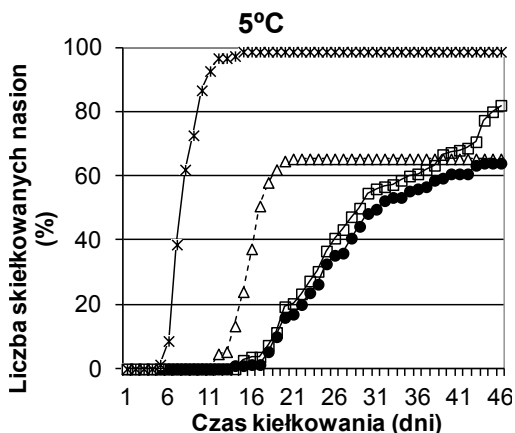
W celu zbadania wpływu hydrokondycjonowania na wschody i wzrost siewek, traktowane nasiona wysiano do skrzynek wypełnionych uniwersalną ziemią ogrodniczą i umieszczono w pokoju wegetacyjnym, w stałej temperaturze 20°C oraz 16-godzinnym oświetleniu dobowym światłem sodowym o gęstości strumienia fotonów światła fotosyntetycznie czynnego $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, emitowanym przez lampy SON-T AGRO 400. Codziennie liczono liczbę wzeszłych siewek, a okresowo od 10 do 43 dnia od wysiewu, mierzono ich wysokość oraz oceniono w nich indeks zawartości chlorofilu przy pomocy aparatu SPAD, Minolta.

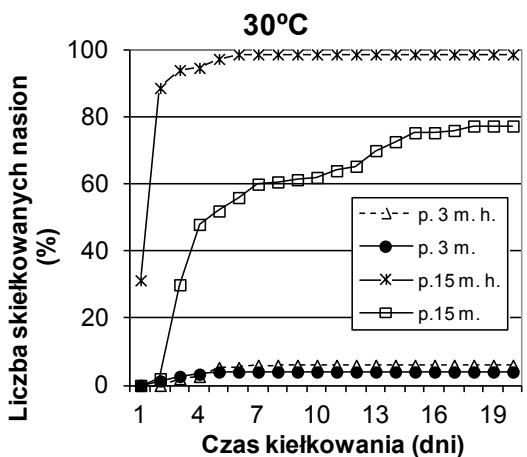
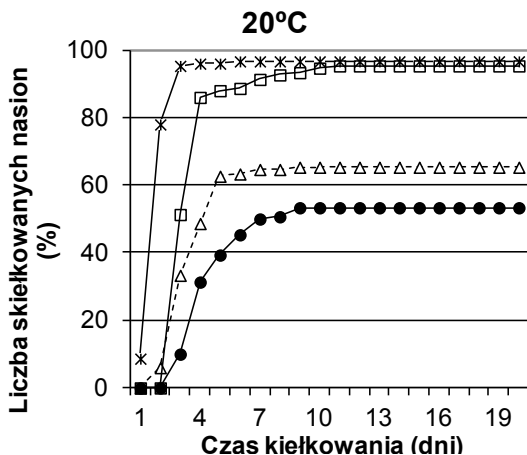
Wszystkie badania wykonano trzykrotnie, a wyniki podane na rysunkach stanowią średnią z tych trzech powtórzeń. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji.

WYNIKI I Dyskusja

Uzyskane wyniki wskazały na wyższą wartość siewną nasion kolendry siewnej ze zbioru w 2011 roku i następnie przechowywanych przez 15 miesięcy w 20°C i 50% RH niż zebranych w 2012 i magazynowanych 3 miesiące. Nasiona zebrane w 2011 roku charakteryzowały się wyższą dynamiką i zdolnością kiełkowania w 5, 20 i 30°C (ryc. 1). Mogło to być wynikiem długotrwałego spoczynku nasion, który ustąpił po 15 miesięcznym przechowywaniu oraz/lub lepszą ich wartością siewną po zbiorach w 2011 roku, wynikającą z korzystniejszych warunków pogodowych podczas ich powstawania i dojrzewania [Finkelstein i in. 2008].

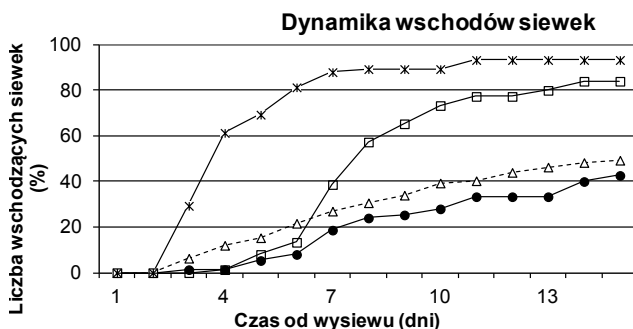
Niezależnie od roku zbioru i czasu przechowywania, hydrokondycjonowanie nasion kolendry siewnej, podobnie jak u innych gatunków [Badek i in. 2006, 2007; Grzesik i Janas 2011; Grzesik i Nowak 1998; Grzesik i Romanowska-Duda 2009], korzystnie wpłynęło na ich wartość siewną. Wykazano to na podstawie zwiększonej dynamiki i zdolności kiełkowania, jej równomierności (ryc. 1), dynamiki wschodów i wzrostu siewek (ryc. 2) oraz indeksu zawartości chlorofilu w siewkach (ryc. 3).



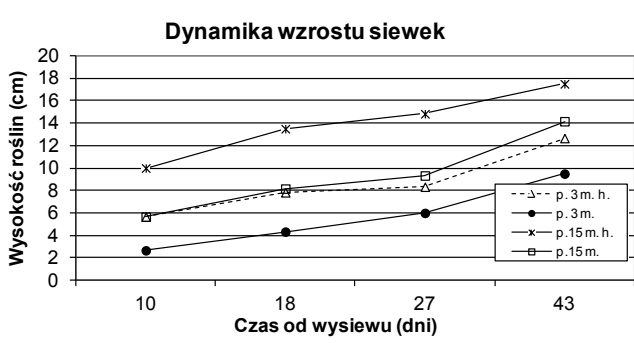


Objaśnienia:

- p. 3 m.h.: zebrane w 2012 r., przechowywane 3 m. i hydrokondycjonowane
- p. 3m.: zebrane w 2012 r., przechowywane 3 miesiące
- p. 15 m.h.: zebrane w 2011 r., przechowywane 15 m. i hydrokondycjonowane
- p.15 m. zebrane w 2011 r., przechowywane 15 m.



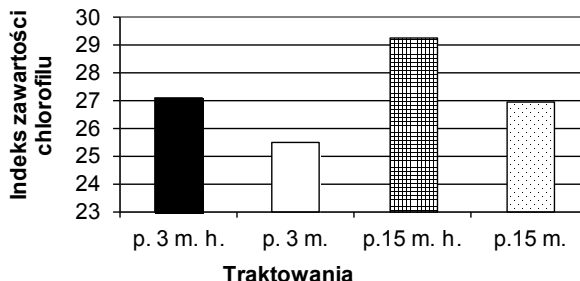
Ryc. 1. Dynamika kiełkowania nasion kolendry siewnej (*Coriandrum sativum* L.). $NIR_{0,05}=5,01$ (5°C). $NIR_{0,05}=4,93$ (20°C). $NIR_{0,05}=5,22$ (30°C).



Objaśnienia jak na ryc. 1.

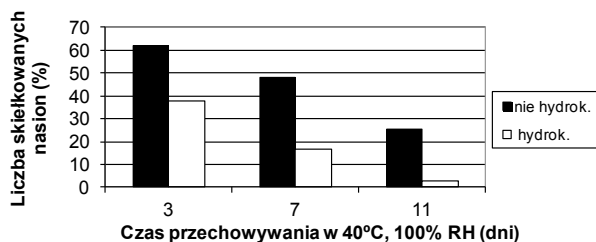
Ryc. 2. Dynamika wschodów i wzrostu siewek kolendry siewnej (*Coriandrum sativum* L.), uzyskanych z nasion zebranych w 2012 i 2011 roku. $NIR_{0,05}=3,22$ (dynamika wschodów siewek). $NIR_{0,05}=2,52$ (dynamika wzrostu siewek).

Nasiona hydrokondycjonowanie w wymienionych warunkach traciły szybciej żywotność, co wskazuje na konieczność ich wysiewu w możliwie krótkim czasie po tym uszlachetnieniu (ryc. 4). Szybsze starzenie kondycjonowanych nasion było wynikiem znacznego zawansowania procesów metabolicznych poprzedzających kiełkowanie właściwe. Zwiększająca się ilość zainicjowanych procesów fizjologicznych skutkuje większą dynamiką kiełkowania i jednocześnie mniejszą zdolnością przechowalniczą nasion [Grzesik i in. 2002].



Objaśnienia jak na ryc. 1.

Ryc. 3. Indeks zawartości chlorofilu w siewkach kolendry siewnej (*Coriandrum sativum* L.), uzyskanych z nasion zebranych w 2012 i 2011 roku. $NIR_{0,05}=1,18$.



Ryc. 4. Liczba skielkowanych nasion (%) kolendry siewnej (*Coriandrum sativum* L.), poddanych procesowi hydrokondycjonowania (hydrok.) po 3 miesiącach składowania w 2012 r. i następnie testowi przyspieszonego starzenia przez 3, 7 i 11 dni w 40°C i 100% RH. $NIR_{0,05}=8,15$.

WNIOSEK

Przedświenne hydrokondycjonowanie nasion kolendry siewnej zwiększa dynamikę i zdolność kiełkowania oraz przyspiesza wschody i wzrost siewek.

LITERATURA

Badek B., van Duijn B., Grzesik M. 2006. *Effects of water supply methods and seed moisture content on germination of China aster (Callistephus chinensis) and tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) seeds.* Eur. J. Agron. 24, 45–51.

- Badek B., van Duijn B., Grzesik M. 2007. *Effects of water supply methods and incubation on germination of China aster (Callistephus chinensis) seeds*. Seed Sci. and Techn. 35(3), 569–576.
- Capecka E., Libik A. 2007. *Kierunki badawcze z zakresu zielarstwa prowadzone na Wydziale Ogrodniczym AR w Krakowie*. Herba Polonica 53 (2), 91–92.
- Finkelstein RR, Reever W, Ariizumi T, Steber C. 2008. *Molecular aspects of seed dormancy*. Ann Rev Plant Biol. 59, 387–415.
- Grzesik M., Karsznicka A., Badek B., Górnik K. 2002. *Wpływ wybranych czynników na efektywność kondycjonowania nasion astra chińskiego*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 488, 405–412.
- Grzesik M., Janas R. 2011. *Wpływ hydrokondycjonowania na aktywność metaboliczną oraz kiełkowanie nasion i wschody siewek marchwi*. J. Res. and Appl. In Agric. Ing. 56(3), 127–132.
- Grzesik M., Nowak J. 1998. *Effect of matriconditioning and hydropriming on Helichrysum bracteatum L. seeds germination, seedling emergence and stress tolerance*. Seed Sci. and Techn. 26(2), 363–376.
- Grzesik M., Romanowska-Duda Z. B. 2009. *Technologia hydrokondycjonowania nasion słazowca pensylwańskiego Sida hermaphrodita w aspekcie zmian klimatycznych*. [W:] Produkcja Biomasy, Wybrane Problemy. Wieś Jutra, red. Alojzy Skrobacki, VII, 63–69.
- ISTA. 2003. *International rules for seed testing*. Edition The International Seed Testing Association. CH-Switzerland, 203–223.

Adres do korespondencji:

Mieczysław Grzesik
Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96–100 Skierniewice
e-mail: Mieczyslaw.Grzesik@inhort.pl

Praca została wykonana w ramach Programu Wieloletniego „Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodniczej w celu zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów ogrodniczych oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony jego zasobów”, finansowanego przez MRiRW, zad.4.3

**OCENA WZROSTU I PŁONOWANIA POLSKICH
ODMIAN PAPRYKI SŁODKIEJ (*CAPSICUM ANNUUM* L.)
W UPRAWIE POŁOWEJ**

**EVALUATION OF THE GROWTH AND YIELDING
OF POLISH CULTIVARS OF SWEET PEPPERS
(*CAPSICUM ANNUUM* L.) IN THE FIELD CULTIVATION**

Abstrakt. Dwuletnie badania (2009 i 2011), przeprowadzono w Warzywniczej Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie w Mydlnikach (północno-zachodni rejon Krakowa). Jedenaście polskich odmian papryki słodkiej, uprawiano w warunkach polowych: Barbórka, Calipso, Caryca F₁, Etiuda, Gloria, Iga, Lena, Mercedes, Mira, Oliwia, Ożarowska. Analizowano wzrost i rozwój oraz wielkość i jakość plonu, w celu określenia przydatności odmian do uprawy w polu. Wszystkie odmiany papryki istotnie różniły się między sobą pod względem cech biometrycznych. Rośliny wykazały się większą zmiennością wysokości, aniżeli zróżnicowaniem średnicy. Przeprowadzone badania wykazały również istotne różnice w wielkości plonu ogólnego i handlowego, masy owoców oraz ich liczby. Stwierdzono, iż polskie odmiany cechowały się bardzo dużą plennością oraz wysoką jakością owoców.

Słowa kluczowe: *pokrój roślin, produktywność, masa owocu*

Summary. A two-year research (2009 and 2011), was conducted in the Vegetable Research Station of University of Agriculture in Krakow in Mydlniki (the north-western region of Krakow). Eleven Polish varieties of sweet peppers were cultivated in open field: Barbórka, Calipso, Caryca F₁, Etiuda, Gloria, Iga, Lena, Mercedes, Mira, Oliwia, Ożarowska. Growth, development and yield quantity and quality were analyzed in order to determine the suitability for cultivation in the open field. All cultivars of bell pepper differed significantly in terms of biometric features. Plants have shown greater variability in height than diameter. The present study has also presented important differences in the total and commercial yield, the fruit mass as well the number of fruits. It was found that the Polish cultivars were characterized by a very high yield and quality of the fruits.

Key words: *plant habit, productivity, fruit mass*

WSTĘP

Papryka słodka (*Capsicum annuum* L.) wywodzi się z cieplejszych rejonów Ameryki Środkowej i Południowej. Podobnie jak oberżyna i pomidor, należy do warzyw o długim okresie wegetacji, wysokich wymaganiach klimatycznych, glebowych oraz świetlnych.

W ostatnich latach, w Polsce i na świecie, obserwuje się większe zainteresowanie uprawą jak i spożyciem papryki słodkiej. Światowa produkcja wyraźnie wzrasta, co potwierdzają dane *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [2012], gdzie od 2005 (25,2 mln t) produkcja przyrastała średnio rocznie o 0,84 mln ton i w 2010 osiągnęła wielkość 29,4 mln ton. Powierzchnia uprawy zwiększyła się z 1,76 mln (2005) do 1,87 mln (2010) hektarów rocznie. Do największych światowych producentów papryki należą Chiny, Meksyk, Turcja, Indonezja oraz USA (łącznie 21,6 mln t). W krajach Unii Europejskiej, roczna produkcja papryki w 2010 osiągnęła wielkość 2,9 mln ton, a najważniejszym producentem była Hiszpania (872 tys. t). Pozostałe kraje: Holandia, Włochy, Rumunia i Grecja, miały od dwu do ponad sześciokrotnie mniejszą produkcję (365–141 tys. t).

Wielkość produkcji papryki w Polsce szacowana jest na 50 tys. ton rocznie, przy powierzchni upraw 1000 ha pod osłonami oraz 600 ha w polu. Usytuowanie upraw dostosowane jest do wymogów termicznych papryki, dlatego zlokalizowane są głównie na Lubelszczyźnie, w rejonie Radomia i Sandomierza. Owoce odmian wielkoowocowych przeznaczone są głównie na rynek warzyw świeżych, natomiast do przetwórstwa wykorzystuje się raczej odmiany drobnoowocowe.

Papryka zawdzięcza wzrost popularności wysokim walorom odżywczym i prozdrowotnym. Owoce bogate są w witaminy (B_1 , B_2 , B_6 , C, E, H, P), karotenoidy (β -karoten, b-kryptoksantyna), składniki mineralne (K, P, Mg, Ca, Na, Fe, Zn, Mn) oraz zawierają niewielkie ilości kapsaicyny [Fouad i in. 1981; Guil-Guerrero i in. 2006; Surma-Zadora i in. 2011]. Dodatkową zaletą owoców papryki jest ich niska kaloryczność o wartości 10,3–27,6 kcal na 100 g świeżej masy [Buczowska 2005].

Wybór odpowiedniej odmiany jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o powodzeniu uprawy, nie tylko ze względu na jakość owoców, ale również na wielkość plonu. Oferta odmia-

nowa firm hodowlano-nasiennych na polskim rynku jest bogata i bardzo zróżnicowana. Powodzeniem w uprawie cieszą się odmiany mieszańcowe, ze względu na możliwość otrzymania większego plonu owoców o dużej wartości biologicznej. Niestety, nasiona odmian mieszańcowych są znacznie droższe, niż ustalonych i nie można ich reprodukcować na własne potrzeby [Sharifova i in. 2012].

Głównym celem badań było porównanie typu wzrostu roślin oraz plonowania jedenastu polskich odmian papryki w warunkach uprawy polowej.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2009 i 2011 w Warzywniczej Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie w Mydlnikach przeprowadzono jednoczynnikowe doświadczenie polowe z jedenastoma odmianami papryki słodkiej. Oceniane odmiany pochodziły z trzech polskich firm hodowlano-nasiennych: Gloria, Iga, Lena, Mira, Oliwia (Polan), Etiuda, Ożarowska (PNOS Ożarów Mazowiecki) oraz Barbórka, Calipso, Caryca F₁, Mercedes (Plantico).

Tab. 1. Dane uprawowe

Lp.	Dane uprawowe	2009	Dzień od siewu / sadzenia	2011	Dzień od siewu / sadzenia
1.	Wysiew nasion	17.03	0	29.03	0
2.	Wschody	25–28.03	8–11	11–18.04	13–20
3.	Pikowanie	11.04	25	19–27.04	21–29
4.	Sadzenie w pole	20.05	64/0	25.05	57/0
5.	Zbiór owoców	8.09–2.10	174–198/ 111–135	12.09–10.10	166–194/110–138

Nasiona wysiewano w drugiej połowie marca, do skrzynek, w szklarni Wydziału Ogrodniczego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (tab. 1). Po upływie trzech tygodni młode, prawidłowo

wyrośnięte siewki pikowano do 40 komórkowych multipalet, wypełnionych substratem torfowym, zneutralizowanym do pH 6,5 i nawiezionym MIS-4. Okres przygotowania rozsady w pełni gotowej do wysadzenia na miejsce stałe trwał około ośmiu tygodni. 10 dni przed planowanym terminem wysadzania, rośliny poddano procesowi hartowania. Prawidłowo przygotowana rozsada cechowała się dużą zdrowotnością, dobrze wykształconymi i wybarwionymi liśćmi w ilości co najmniej ośmiu, mocnym i silnie rozbudowanym systemem korzeniowym oraz w przypadku kilku odmian, widoczne były już pierwsze pąki kwiatowe.

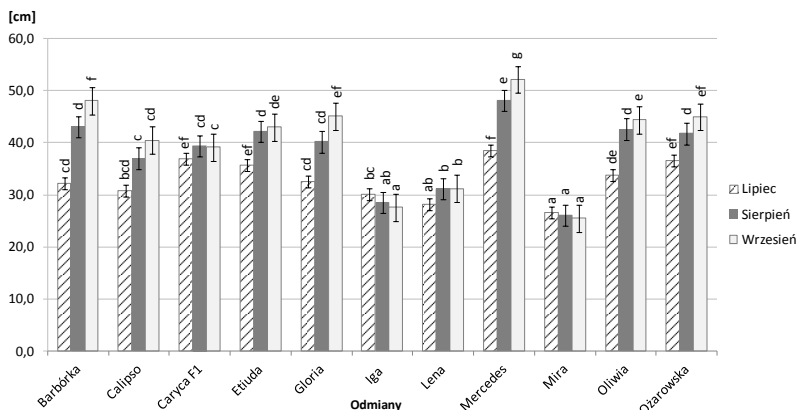
W roku 2009 rośliny wysadzono w pole 20 maja, a w 2011 25 maja. Doświadczenie założono w czterech powtórzeniach, metodą losowanych bloków, zastosowano rozstawę 50x40 cm. Na pojedynczym poletku, którego powierzchnia wynosiła 4,8 m², znajdowały się 24 rośliny w dwóch pasach. Do pomiarów biometrycznych oraz wielkości plonowania brano pod uwagę 20 roślin, gdyż pozostałe stanowiły część pasa ochronnego.

Podczas dwóch sezonów wegetacyjnych, wystąpił korzystny układ warunków termicznych i wilgotnościowych, co miało znaczący wpływ na jakość, zdrowotność oraz plon papryki. Czerwiec, w obydwu latach, okazał się korzystny dla ukorzeniania się roślin i kwitnienia. Z kolei w miesiącach sierpień i wrzesień warunki pogodowe sprzyjały zawiązywaniu, dorastaniu oraz wybarwianiu się owoców papryki.

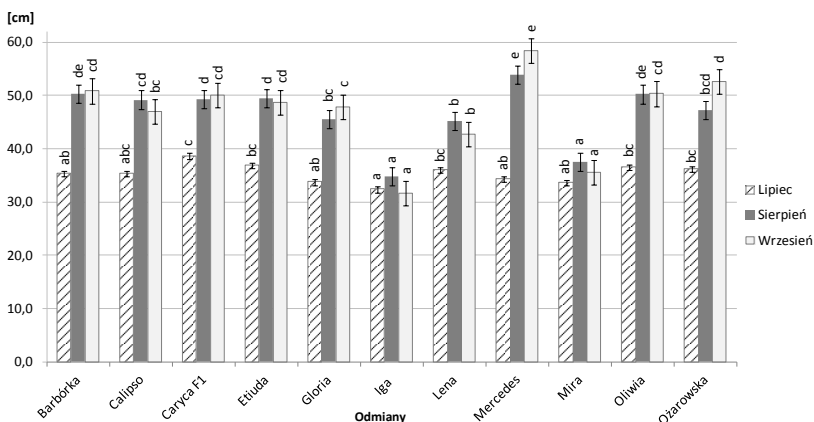
W okresie intensywnego wzrostu papryki, w miesiącach lipcu, sierpniu i wrześniu, w 4-tygodniowych odstępach wykonano pomiary wysokości oraz średnicy roślin. Zbiory owoców w fazie dojrzałości fizjologicznej, odbywały się trzykrotnie: w miesiącach wrześniu i październiku. W 2009 roku, pierwszy zbiór owoców wykonano 8 września, a ostatni 2 października. Z kolei w 2011, pierwszy zbiór przypadł na 12 września, a ostatni 10 października. Owoce zaraz po zebraniu ważono, liczono oraz dzielono na plon handlowy i poza wyborem. Otrzymane wyniki zestawiono jako średnie z dwóch lat badań i poddano analizie statystycznej w programie STATISTICA (StatSoft Inc., USA), testem HSD Tukeya przy poziomie istotności $p=0,05$. Dodatkowo obliczono współczynniki korelacji, poszukując istotnych zależności między charakterystyką wzrostu a cechami plonotwórczymi roślin.

WYNIKI

W obu latach doświadczenia, podczas cyklu wegetacyjnego dokonano pomiaru wysokości oraz średnicy roślin, jedenastu odmian papryki (ryc. 1 i 2). Na podstawie analizy statystycznej uzyskanych wyników odmiany papryki podzielono na trzy grupy, ze względu na typ wzrostu: niskie (25,5–31,2 cm), średnie (39,2–44,4 cm) oraz wysokie (45,0–52,1 cm). Stwierdzono istotne różnice odmianowe w wysokości roślin.



Ryc. 1. Wysokość roślin papryki w trzech terminach pomiaru



Ryc. 2. Średnica roślin papryki w trzech terminach pomiaru

Do odmian charakteryzujących się niskim wzrostem należały Mira, Iga oraz Lena, których wysokość w każdym terminie pomiaru była naj-

niejsza. Nieco wyższe, czyli o średniej wysokości były Caryca F₁, Calipso, Etiuda i Oliwia. Z kolei do grupy roślin o najwyższym wzroście należały Ożarowska, Gloria, Barbórka i Mercedes. Średnica roślin kształtowała się w zakresie od 31,6 do 58,4 cm. Najmniejszą średnicę papryki, stwierdzono u odmiany Iga, z kolei największą u Mercedes. Pozostałe odmiany odznaczały się średnicą w podobnym zakresie. Największy przyrost wysokości oraz średnicy roślin, wystąpił pomiędzy pierwszym (lipiec) a drugim terminem pomiaru (sierpień), natomiast w kolejnym był niewielki. Odmianą, która odznaczała się największą wysokością i średnicą roślin, na każdym etapie wzrostu, była Mercedes.

Dokonano oceny wielkości plonu ogólnego oraz handlowego papryki słodkiej (Tab. 2). Średni plon ogólny z dwóch lat badań mieścił się w szerokim zakresie, od 32,62 do 63,75 t·ha⁻¹ oraz od 310,8 do 754,7 tys. szt·ha⁻¹. Małą plennością, cechowały się Iga i Mira, których plon ogólny nie przekroczył 34 ton, jednocześnie był on dwukrotnie mniejszy niż w przypadku najplenniejszej odmiany, jaką była Mercedes (63,75 t). Średni plon owoców, o 12,48 i 15,93 ton większy od odmiany Iga (32,62 t) uzyskano z odmian Lena i Ożarowska. Pozostałe odmiany (Gloria, Etiuda, Calipso, Barbórka, Caryca F₁, Oliwia) odznaczały się bardzo dużą plennością w zakresie od 49,87 do 59,32 t·ha⁻¹. Do odmian na których roślinach zawiązało się najmniej owoców w plonie ogólnym (310,8–342,8 tys. szt·ha⁻¹), należały Iga, Barbórka, Etiuda, Gloria. Istotnie większą liczbę owoców zebrano z odmiany Calipso. Dwie odmiany, Mercedes i Oliwia, istotnie przewyższały pozostałe w ilości uzyskanych owoców, która wynosiła odpowiednio 694,7 oraz 754,7 tys. szt·ha⁻¹.

W uprawie polowej papryki średni plon handlowy wynosił od 27,71 (Iga) do 58,48 t·ha⁻¹ (Mercedes). Podobną do Mercedes wielkość plonu uzyskano z odmian Barbórka, Oliwia oraz Caryca F₁ (46,72–52,12 t). Odmiany Lena, Ożarowska, Gloria, Etiuda i Calipso cechowały się plonem handlowym w przedziale 40,58–44,59 ton. Porównywalnie mały plon handlowy, jak u odmiany Iga, uzyskano u odmiany Mira (30,24 t). Liczba owoców handlowych wahała się od 195,6 tys. szt·ha⁻¹ dla odmiany Gloria do 420,0 tys. szt·ha⁻¹ dla Oliwii. Zbliżoną liczbę owoców do Oliwii ale mniejszą o 5,6 tys. szt·ha⁻¹ otrzymano z odmiany Mercedes. Pozostałe odmiany wytworzyły od 223,1 do 328,8 tys. szt·ha⁻¹.

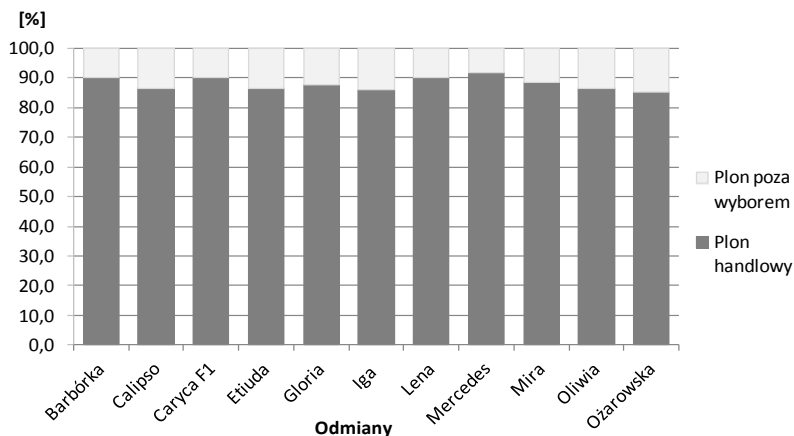
Tab. 2. Plon ogólny oraz handlowy badanych odmian papryki

Odmiana	Ogólny				Handlowy			
	t·ha ⁻¹		tys. szt.·ha ⁻¹		t·ha ⁻¹		tys. szt.·ha ⁻¹	
Barbórka	51,93 cd	(±6,5)	317,2 a	(±57,1)	46,72 cd	(±6,8)	233,1 ab	(±59,7)
Calipso	51,68 cd	(±4,8)	517,5 b	(±63,6)	44,59 c	(±4,7)	304,4 abc	(±42,2)
Caryca F ₁	57,57 cd	(±7,4)	448,4 ab	(±70,8)	52,12 cd	(±6,3)	328,8 bcd	(±25,5)
Etiuda	51,27 cd	(±7,7)	338,8 a	(±52,2)	44,29 c	(±6,2)	273,8 ab	(±33,8)
Gloria	49,87 cd	(±7,0)	342,8 ab	(±69,6)	43,45 bc	(±6,4)	195,6 a	(±25,2)
Iga	32,62 a	(±2,0)	310,8 a	(±20,1)	27,71 a	(±2,0)	240,0 ab	(±23,5)
Lena	45,10 abc	(±5,5)	379,7 ab	(±56,3)	40,58 abc	(±5,3)	296,9 ab	(±52,0)
Mercedes	63,75 d	(±3,9)	694,7 c	(±52,8)	58,48 d	(±3,9)	414,4 cd	(±72,0)
Mira	34,11 ab	(±3,5)	373,4 ab	(±17,3)	30,24 ab	(±4,2)	223,1 ab	(±72,5)
Oliwia	59,32 cd	(±9,3)	754,7 c	(±135,7)	51,17 cd	(±8,3)	420,0 d	(±40,3)
Ożarowska	48,55 bc	(±4,5)	366,3 ab	(±10,1)	41,31 bc	(±3,4)	260,0 ab	(±30,5)

*SD-odchylenie standardowe

Najmniejszą różnicą (3,87–4,91 t), między wielkością plonu ogólnego a handlowego, cechowały się odmiany Mira, Lena i Iga, średnią (5,21–6,98 t) Barbórka, Mercedes, Caryca F₁, Gloria, Etiuda, z kolei największą (7,09–8,15 t) Calipso, Ożarowska i Oliwia. Inne wyniki otrzymano analizując ilość owoców zebranych z poszczególnych odmian. Najmniejsza różnica, pomiędzy liczbą owoców w plonie ogólnym i handlowym, wystąpiła w przypadku odmiany Etiuda (19,2%), największa natomiast u Oliwii (44,3%).

Strukturę plonu ogólnego, z podziałem na plon handlowy oraz poza wyborem, obrazuje rycina 3. Udział plonu handlowego w całkowitym wahał się w przedziale od 85,1% (Ożarowska) do 91,7% (Mercedes). Dużym udziałem owoców o wysokiej jakości w plonie ogólnym, oprócz odmiany Mercedes, cechowały się również Barbórka, Caryca F₁ oraz Lena, wszystkie 90,0%. Średnim udziałem, charakteryzowały się odmiany Gloria i Mira, odpowiednio 87,5% i 88,7%, z kolei najniższym, w przedziale 85,1–86,4%, Ożarowska, Iga, Calipso, Oliwia i Etiuda. Plon poza wyborem mieścił się w zakresie od 8,3% (Mercedes) do 14,9% (Ożarowska).



Ryc. 3. Struktura plonu ogólnego odmian papryki słodkiej [%]

Średnia masa owocu w plonie ogólnym i handlowym (Tab. 3), kształtowała się odpowiednio w zakresie 78,9–164,9 g i 115,8–224,1 g. W plonie ogólnym, najmniejszą masę owocu uzyskano z odmian Oliwia, Mira, Mercedes i Calipso (78,9–100,3 g), natomiast największą z odmian Gloria, Etiuda oraz Barbórka (147,6–164,9 g). W plonie handlowym, owoce o najmniejszej masie wytworzyły Iga, Oliwia, Lena (115,8–139,2 g), a największą masą owoców cechowały się Barbórka i Gloria (207,7 i 224,1 g).

Powiązanie pomiędzy cechami biometrycznymi a plonowaniem papryki przedstawiono w tabeli 4. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, iż istnieje ścisłe powiązanie między wysokością i średnicą roślin a plonem ogólnym i handlowym.

Korelacje liniowe dla których współczynniki, okazały się statystycznie istotne, przedstawiono na rycinach 4–7. W przypadku zmiennych takich jak wysokość i średnica roślin oraz plon handlowy i plon ogólny korelacje były dodatnie. Oznacza to, iż wraz ze zwiększeniem wysokości i szerokości roślin, wzrastały wszystkie parametry charakteryzujące plonowanie odmian papryki słodkiej.

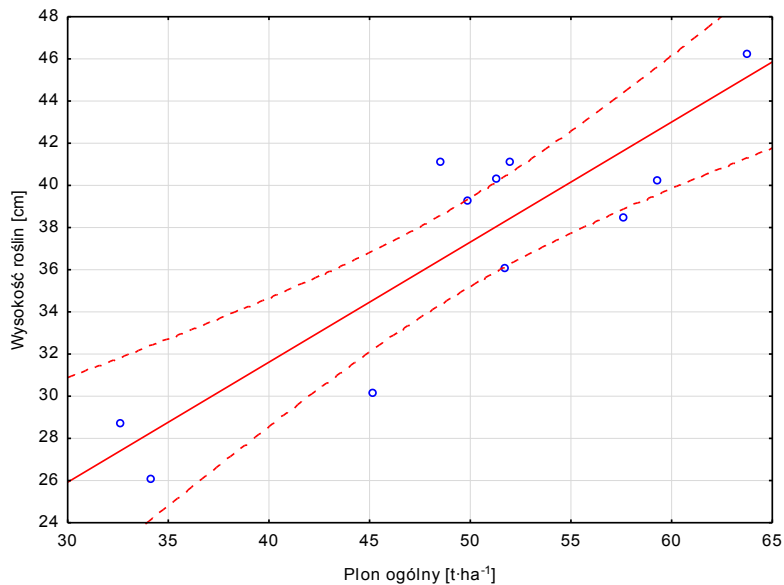
Tab. 3. Średnia masa owocu papryki w plonie ogólnym i handlowym (g)

Odmiana	Ogólny		Handlowy	
Barbórka	164,9 g	(±9,8*)	207,7 bc	(±50,6)
Calipso	100,3 abc	(±7,1)	147,0 ab	(±5,8)
Caryca F ₁	128,9 de	(±6,5)	158,3 abc	(±10,5)
Etiuda	151,5 fg	(±6,2)	162,1 abc	(±15,9)
Gloria	147,6 efg	(±19,0)	224,1 c	(±39,6)
Iga	105,0 bc	(±2,4)	115,8 a	(±7,3)
Lena	119,2 cd	(±5,0)	139,2 a	(±26,1)
Mercedes	92,0 ab	(±6,5)	143,3 ab	(±16,6)
Mira	91,4 ab	(±9,3)	144,5 ab	(±43,0)
Oliwia	78,9 a	(±4,7)	121,4 a	(±10,6)
Ożarowska	132,4 def	(±9,5)	161,2 abc	(±28,1)

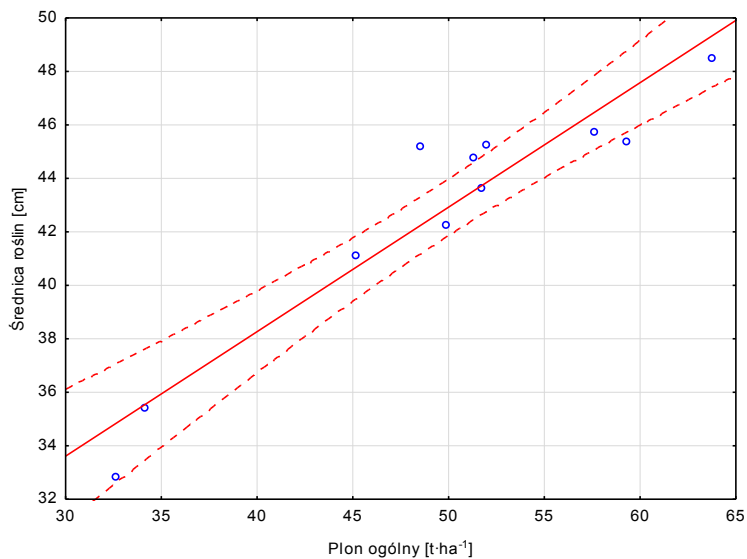
*SD – odchylenie standardowe

Tab. 4. Współczynniki korelacji pomiędzy cechami biometrycznymi roślin a plennością papryki (p=0,05)

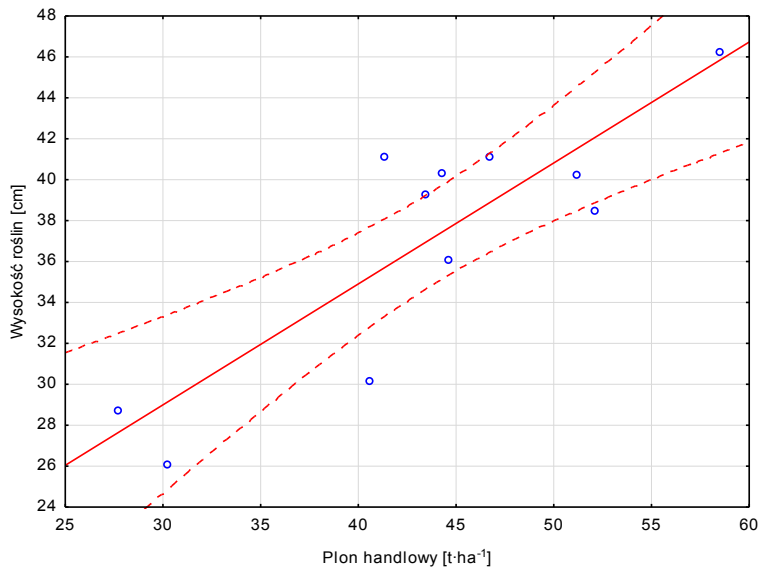
	Wysokość roślin [cm]	Średnica roślin [cm]
Plon ogólny [t·ha ⁻¹]	0,8821	0,9499
	p=0,000	p=0,000
Plon ogólny [tys. szt.·ha ⁻¹]	0,4386	0,4997
	p=0,177	p=0,118
Plon handlowy [t·ha ⁻¹]	0,8574	0,9373
	p=0,001	p=0,000
Plon handlowy [tys. szt.·ha ⁻¹]	0,4577	0,5637
	p=0,157	p=0,071
Średnia masa owocu w plonie ogólnym [g]	0,2783	0,2234
	p=0,407	p=0,509
Średnia masa owocu w plonie handlowym [g]	0,3733	0,3025
	p=0,258	p=0,366



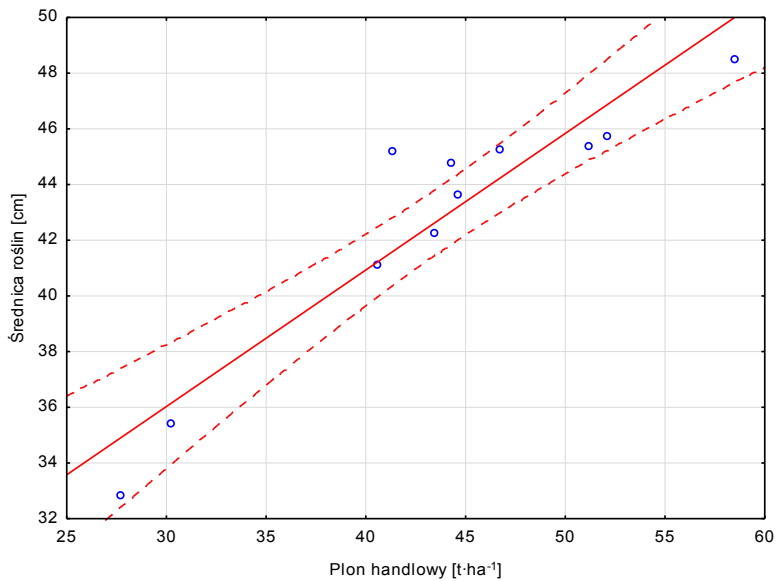
Ryc. 4. Korelacja liniowa pomiędzy wysokością roślin a plonem ogólnym



Ryc. 5. Korelacja liniowa pomiędzy średnicą roślin a plonem ogólnym



Ryc. 6. Korelacja liniowa pomiędzy wysokością roślin a plonem handlowym



Ryc. 7. Korelacja liniowa pomiędzy średnicą roślin a plonem handlowym

DYSKUSJA

Okres wegetacji papryki słodkiej, uprawianej w warunkach polowych, trwał od końca maja aż do początku października w obydwu latach badań. Korzystny układ warunków atmosferycznych, zwłaszcza w okresie zawiązywania, wykształcania i dojrzewania owoców, miał znaczący wpływ na prawidłowy wzrost, zdrowotność roślin oraz duży plon owoców handlowych. Doświadczenie przeprowadzone na odmianach papryki słodkiej pokazuje, iż odznaczają się one dużą różnorodnością cech oraz są dobrze przystosowane do warunków polowych. Statystycznie potwierdzone różnice wystąpiły w przypadku wysokości oraz średnicy roślin. Do odmian papryki odznaczających się najmniejszą wysokością roślin w każdym terminie pomiaru należały Iga, Lena oraz Mira. Wyniki uzyskane przez Michalik [2007] potwierdzają niski wzrost roślin wymienionych odmian, a podane wartości są bardzo zbliżone do uzyskanych w niniejszym doświadczeniu. Rośliny wymienionych odmian charakteryzowały się sztywną łodygą, jak również zwartym pokrojem. Wzrost roślin następował jedynie do momentu pierwszego zbioru. W czasie wegetacji roślin, najwyższą wysokością charakteryzowały się Mercedes, Barbórka, Gloria i Ożarowska, a uzyskane wartości wynosiły ponad 44,95 cm. Odmiany wysokie, w przeciwieństwie do niskich, charakteryzowały się ciągłym wzrostem i rozwojem, trwającym do momentu wystąpienia pierwszych, jesiennych przymrozków. Zanotowane w czasie ostatniego pomiaru niższe wartości dotyczące wysokości roślin, wynikały z intensywnego dorastania owoców. Rośliny pod wpływem masy owoców ulegały częściowemu wyleganiu. W doświadczeniu przeprowadzonym przez Valsikova i innych [2006] na 15 odmianach papryki słodkiej, rośliny charakteryzowały się średnią (43,5–54,4 cm) lub dużą (56,3–63,7 cm) wysokością. Dane odnośnie wysokości roślin charakterystyczne dla poszczególnych odmian papryki polowej, przedstawione przez Buczkowską [2005], są znacznie wyższe od przedstawionych w wynikach. Oceniane w prezentowanym doświadczeniu odmiany, cechowały się większą średnicą roślin niż wysokością. Najmniejszą średnicę zanotowano dla odmiany Iga, z kolei największą dla Mercedes.

Odmiana jest istotnym czynnikiem w uprawie polowej papryki, która ma ogromny wpływ na wielkość oraz jakość plonu. Zamieszczo-

ne dane z badań wykazały różnice odmianowe również w aspekcie plonowania. Ogólny i handlowy plon jedenastu odmian papryki oceniono jako bardzo duży, ponieważ z powierzchni jednego hektara można uzyskać nawet do 63,75 ton owoców (Mercedes). Oprócz odmiany Mercedes wysoką plennością cechowały się Oliwia, Caryca F₁, Barbórka, Calipso, Etiuda i Gloria. Najmniejszy całkowity i handlowy plon otrzymano z odmiany Iga. Uzyskane rezultaty odnośnie plonowania papryki, są w różnym stopniu porównywalne do wyników innych autorów. Z odmian Iga i Mira w doświadczeniu polowym Michalik [2007, 2010] w latach 2005 i 2006 otrzymano podobny plon ogólny i handlowy, z kolei w roku 2010 cytowana autorka otrzymała istotnie mniejszy plon na poziomie 11–20 ton z 1 hektara. Buczkowska i Bednarek [2005] w chłodniejszym rejonie Lubelszczyzny uzyskały gorsze wyniki plonowania, w porównaniu do uprawy w obszarze Krakowa. Odmiany Caryca F₁ i Mercedes, uprawiane w warunkach klimatycznych Skierniewic, cechowały się również dużo mniejszą plennością. W latach 2007 i 2008 [Szafirowska i Elkner 2008] uzyskano średnio dwu- (Caryca F₁) a nawet czterokrotnie (Mercedes) mniejszy plon handlowy. Cytowane wyniki potwierdzają zróżnicowaną plenność roślin papryki słodkiej w zależności od rejonu Polski. Warto zauważyć, że doświadczenie własne było zlokalizowane w jednym z cieplejszych rejonów kraju. Plon papryki wyrażony w tysiącach sztuk na 1 hektar był statystycznie mniej zróżnicowany niż w tonach. Odmiany, pomiędzy którymi istniała największa rozbieżność w liczbie owoców w plonie ogólnym to Iga i Oliwia (różnica 443,9 tys. szt.) a w plonie handlowym Gloria i Oliwia (różnica 224,4 tys. szt.).

Stwierdzono wysoki udział plonu handlowego w ogólnym u ocenianych odmian. Największy udział plonu handlowego uzyskano w przypadku odmian Mercedes, Caryca F₁, Barbórka i Lena. Zbliżone wyniki otrzymała Michalik [2007] dla odmiany Iga (76%), Lena (88%) i Mira (90%) oraz Buczkowska i Bednarek [2005] dla odmian Maja F₁ i Roberta F₁ (powyżej 85%).

Papryka wytwarza owoce o ogromnej różnorodności cech biometrycznych. Jedenaście badanych odmian papryki istotnie różniło się masą owocu, od 79 g do ponad dwu i pół krotnie większej (224 g). Buczkowska [2005] podaje, iż masa owoców papryki może wynosić od kilku do nawet kilkuset gramów, w zależności od odmiany

i warunków uprawy. Odmiany papryki słodkiej, wykorzystane w doświadczeniu przez Jadczak i in. [2010] oraz Juroszeki Tsai [2009], pokazują zróżnicowanie masy owoców u odmian mieszańcowych. Największą masę owoców w pierwszej klasie handlowej, uzyskano dla odmiany Green Bell Improved F_1 (300 g), z kolei najmniejszą o masie 128 g dla Polonez F_1 . Sharifova i in. [2012] uzyskała zakres masy owoców mieszańcowych od 90 do 128 g. Obserwacje własne, otrzymane dla odmiany hybrydowej Caryca F_1 , potwierdzają wysoką masę owoców średnio 158,3 g. Odmiany mieszańcowe, ze względu na wysokie walory jakościowe owoców, zaczynają być coraz bardziej pożądane na rynku warzywniczym.

W niniejszej pracy stwierdzono ścisłą współzależność liniową pomiędzy cechami biometrycznymi roślin a badanymi parametrami charakteryzującymi plonowanie. Istotna, dodatnia korelacja wskazała na silny związek pomiędzy wysokością roślin a plonem ogólnym i handlowym ($t \cdot ha^{-1}$) oraz pomiędzy średnicą roślin a również plonem ogólnym i handlowym ($t \cdot ha^{-1}$). Wpływ na taką zależność miał zdecydowanie pokrój papryki, gdzie w warunkach polowych był bardziej zwarty. Pędy boczne o krótkich międzywęźlach nieustannie rozgałęziały się, wytwarzając młode pędy a w ich rozwidleniach kwiaty. Obfite kwitnienie wpłynęło pozytywnie na plon plonowanie roślin.

WNIOSKI

Oceniane odmiany papryki słodkiej charakteryzowały się dużą różnorodnością cech biometrycznych oraz plonotwórczych.

W każdym terminie pomiaru, odmiany papryki istotnie różniły się między sobą, pod względem wysokości oraz średnicy pokroju roślin. Odmiany te cechowały się niskim, średnim lub wysokim wzrostem roślin.

Znaczące różnice odmianowe stwierdzono w wielkości plonu, a mniejsze w liczbie wytworzonych owoców. Najmniejszy plon ogólny i handlowy charakterystyczny był dla odmiany Iga, a największy dla Mercedes.

Udział plonu handlowego w ogólnym był bardzo wysoki dla wszystkich odmian. Najwięcej owoców uzyskano z odmiany Mercedes, a najmniej z Ożarowskiej.

Oceniane odmiany różniły się istotnie pod względem średniej masy owoców. Owoce o największej masie wytworzyły odmiany Gloria i Barbórka.

Wykazano istotne pozytywne korelacje pomiędzy wysokością i średnicą roślin a wielkością plonu ogólnego i handlowego.

LITERATURA

- Buczowska H. 2005. *Uprawa papryki w polu*. Plantpress Sp. z o.o., Kraków.
- Buczowska H., Bednarek H. 2005. *Ocena plonowania dwóch odmian papryki słodkiej w polu w odniesieniu do warunków termicznych*. Acta Agrophysica 5(3), 567–575.
- Fouad M. Basiouny, Biswas P.K. 1981. *Ascorbic acid, pigments and mineral element contents associated with growth and development of pimiento pepper*. Proc. Fla. State Hort. Soc. 94, 268–269.
- Guil-Guerrero J. L., Martinez-Guirado C., Ma Del Mar Reboloso-Fuentes, Carrique-Perez A. 2006. *Nutrient composition and antioxidant activity of 10 pepper (Capsicum annum) varieties*. Eur. Food Res. Technol. 224, 1–9.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.
- Jadczak D., Grzeszczuk M., Kosecka M. 2010. *Quality characteristics and content of mineral compounds in fruit of some cultivars of sweet pepper (Capsicum annum L.)*. J. Elementol. 15(3), 509–515.
- Juroszek P., Tsai H. H. 2009. *Yields of organically grown sweet pepper cultivars and lines during the hot-wet and cool-dry season in the tropics*. HortTechnology 19(2), 418–422.
- Michalik Ł. 2007. *Wzrost i plonowanie papryki słodkiej (Capsicum annum L.), uprawianej w polu w warunkach klimatycznych Olsztyna*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań. Rocz. AR Pozn. CCCLXXXIII, Ogrodn. 41, 571–575.
- Michalik Ł. 2010. *The effect of non-woven PP fabric covers on the yielding and the fruit quality of field-grown sweet pepper*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 9(4), 25–32.
- Sezena S. M., Yazar A., Eker S. 2005. *Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper*. Agr. Water Manag. 81, 115–131.
- Sharifova S., Hasanov S., Babayev A., Guliyev N., 2012. *Some characteristics of the newly obtained constant sweet pepper (Capsicum annum L.) hybrids*. Ratar. Povrt. 49, 122–125.

- Szafirowska A., Elkner K. 2008. *Yielding and fruit quality of three sweet pepper cultivars from organic and conventional cultivation*. Veg. Crops Res. Bull. 69, 135–143.
- Surma-Zadora M., Cieślak E., Grzych-Tuleja E., Bodzioch A. 2011. *Próba znalezienia współzależności pomiędzy zawartością witaminy C a barwą papryki*. Bromat. Chem. Toksykol. XLIV, 1, 17–24.
- Valsikova M., Kralova J., Barkoci S. 2006. *Study of some characteristics of vegetable pepper varieties*. Hort. Sci. (Prague) 33(4), 153–157.

Adres do korespondencji:

Aneta Jakubas
Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: jakubas.aneta@gmail.com

Opiekun naukowy: *prof. dr hab. Stanisław Cebula*

**WPEŁYW WYBRANYCH PREPARATÓW
BIOLOGICZNYCH NA ZDROWOTNOŚĆ NASION BROKUŁU
REPRODUKOWANYCH METODAMI EKOLOGICZNYMI**
EFFECT OF SELECTED BIOLOGICAL COMPOUNDS
ON THE HEALTH STATUS OF BROCCOLI SEEDS
REPRODUCED BY ECOLOGICAL METHODS

Abstrakt. Brokuły podobnie, jak inne rośliny kapustowate są uszkodzane przez liczne patogeny. Do najczęściej identyfikowanych i najgroźniejszych należą grzyby z rodzaju *Alternaria* – a zwłaszcza gatunki odpowiedzialne za czern krzyżowych: *Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc., *A. alternata* (Fr.) Kreissler oraz *A. brassicicola* (Schw.) Wiltsh. Pierwotnym źródłem infekcji są porażone nasiona, ale także zimujące na resztkach roślinnych zarodniki przetrwalnikowe lub grzybnia. Grzyby z rodzaju *Alternaria* są również sprawcami zgorzeli siewek czy brązowienia róż. Podstawową metodą zapobiegania chorobom przenoszonym z nasionami jest wysiew nasion o wysokiej zdrowotności. Z nasion brokuła izoluje się również wiele innych patogenicznych i saprofitycznych grzybów, obniżających jakość oraz plon nasion i roślin. Celem badań była ocena zdrowotności nasion brokuła, reprodukowanych metodą ekologiczną. Nasiona brokuła odmiany Wiarus traktowano przedsięwzięciem preparatami: Biojodis, Tytanit, Goemar Goteo i Physpe. Wymienione środki aplikowano następnie w uprawach nasiennych brokuła, w różnych fazach wzrostu i rozwoju roślin. Badania wykazały, iż zastosowanie wymienionych środków biologicznych w uprawach nasiennych brokuła, powoduje istotną redukcję zasiedlenia nasion przez grzyby oraz poprawę jakości nasion.

Słowa kluczowe: brokuł, nasiona, zdrowotność, środki biologiczne.

Summary. Broccoli like other brassicas are damaged by various pathogens. The most commonly identified and dangerous are fungi of the genus: *Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc., *A. alternata* (Fr.) Kreissler oraz *A. brassicicola* (Schw.) Wiltsh. The primary source of infection is contaminated seeds, but also the remains of plants overwintering spores or mycelium. Fungi of the genus *Alternaria* also causes damping off and browning of roses. The primary method of prevention of seed-borne diseases is sowing the seeds of high health

status. From the seeds of broccoli are isolated many other pathogenic and saprophytic fungi which reduce the quality and yield of seeds and plants. The aim of this study was to evaluate the broccoli seeds contamination by mycoflora, reproduced by ecological method. Seeds of broccoli variety of Wiarus were treated before sowing by preparations: Biojodis in concentration of 1%, Tytanit 0,4%, Goemar Goteo 1%, Physpe 1% and then sown into the ground. These chemicals were applied then on seed broccoli crops. Studies have shown that the use of these biological agents on seed broccoli crops, results in significant reduction in seed contamination by fungi and improve their quality.

Key words: *broccoli, seeds, health status, biological compounds*

WSTĘP

Jedną z najważniejszych przyczyn niskich plonów nasion roślin warzywnych są choroby powodowane przez grzyby. Wieloletnie badania prowadzone w Pracowni Nasiennictwa Instytutu Ogrodnictwa wykazały, że na plantacjach nasiennych roślin warzywnych występuje wiele chorób powodowanych przez mikopatogeny. Pojawiają się już w najwcześniejszych fazach wzrostu i rozwoju roślin, powodując zgorzele siewek i atakując rośliny w różnych okresach wegetacji, z różnym nasileniem, skutkującym często rozległymi, trudnymi do zwalczania epifitozami [Janas 1999; Janas i Grzesik 2011].

Fitopatogeny bytują w fyllosferze, a następnie zasiedlają fylloplanę, ograniczając powierzchnię asymilacyjną liści, osłabiając rośliny nasienne, zwłaszcza w krytycznych dla nich okresach : przejścia z fazy wegetatywnej w generatywną (tworzenia pędów generatywnych, kwitnienia i zawiązywania nasion). Wiele z nich zasiedlając rizosferę, poraża system korzeniowy i prowadzi do więdnienia i obumierania roślin

Nasiona pochodzące z niewłaściwie chronionych plantacji nasiennych odznaczają się niską jakością (energiją i zdolnością kiełkowania, masą tysiąca nasion) i niską zdrowotnością. Są też często źródłem pierwotnej infekcji i przenoszą liczne choroby [Janas i Robak 1996, 2001; Tylkowska i in. 2007].

Brokuły, podobnie jak inne rośliny kapustowate są uszkodzane przez liczne patogeny. Do najczęściej identyfikowanych i najgroź-

niejszych patogenów brokołu należą grzyby z rodzaju *Alternaria* – a zwłaszcza gatunki odpowiedzialne za czern krzyżowych: *Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc., *A. alternata* (Fr.) Kreissler oraz *A. brassicicola* (Schw.) Wiltsh. Pierwotnym źródłem infekcji są porażone nasiona, ale także zimujące na resztkach roślinnych zarodniki lub grzybnia. Grzyby z rodzaju *Alternaria* są również sprawcami zgorzeli siewek czy brązowienia róż [Tylkowska i Bereśniewicz – Dudała 1988; Ogórek i in. 2011]. Podstawową metodą zapobiegania chorobie jest wysiew nasion zaprawianych chemicznie o wysokiej zdrowotności, które pozyskuje się z plantacji nasiennych intensywnie chronionych fungicydami.

Celem badań była ocena zdrowotności nasion brokołu, reprodukowanych w systemach ekologicznych z zastosowaniem wybranych środków biologicznych (o różnych mechanizmach działania).

METODYKA

Doświadczenia prowadzono na polu doświadczalnym Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach.

Materiał badawczy stanowiły nasiona i rośliny nasienne brokoła odmiany Wiarus. Nasiona traktowano przedsejwem przez 20 minut następującymi biopreparatami: Biojodis w stężeniu 1%, Tytanit 0,4%, Goemar Goteo 1%, Physpe 1%, kontrola – nie traktowana. Następnie nasiona wysiano do wielodoniczek do podłoża ogrodniczych. Rozsadę wysadzano do gruntu w rozstawie 45 x 30 cm w trzech powtórzeniach. Doświadczenia prowadzono w układzie bloków losowanych, w 3 powtórzeniach. Powierzchnia poletek wynosiła 9,2 m². Wymienione środki aplikowano następnie w uprawach nasiennych brokołu. Pierwszy zabieg dolistny testowanymi preparatami wykonano po wykształceniu się pędów nasiennych i kontynuowano je z częstotliwością co 14 dni, aż do zbioru nasion (łącznie cztery aplikacje). Po zbiorze nasiona młócono, doczyszczano i sortowano. Otrzymane nasiona poddano analizom laboratoryjnym. Określono wpływ aplikowanych dolistnie biopreparatów na plon, jakość i zdrowotność nasion. Parametry jakości nasion: energię i zdolność kiełkowania oceniano na kiełkownikach Jacobsena. Zdrowotność nasion badano metodą sztucznych kultur z zastosowaniem pożywki

dekstrozowo-ziemniaczanej PDA Nasiona inkubowano 7 dni, po czym diagnozowano zasiedlającą je mikoflorę.

WYNIKI I Dyskusja

Analiza mikologiczna nasion (nie traktowanych) wykazała obecność licznych gatunków grzybów saprofitycznych i pasożytniczych. Dominującym gatunkiem był *Alternaria alternata*, *A. brassicicola* oraz *A. brassicae*. Wyizolowano również *Stemphylium botryosum*, *Fusarium* spp., *Cladosporium herbarum*, *Botrytis cinerea*, *Phoma lingam* oraz inne grzyby m.in. z rodzajów *Aspergillus* sp. i *Penicillium* spp.

Ocena zdrowotności nasion brokuła, reprodukowanych w doświadczeniach polowych, gdzie aplikowano dolistnie preparaty o różnych mechanizmach działania, wskazuje na spadek porażenia nasion przez grzyby, zmniejszenie udziału mikopatogenów w ogólnej liczbie izolatów oraz poprawę zdrowotności nasion. Traktowanie nasion i roślin preparatami Biojodis, Tytanit, Goemar Goteo oraz Physpe istotnie zredukowało zasiedlenie ich przez grzyby. Najlepszą skutecznością wykazywał się preparat Physpe (redukcja zasiedlenia do około 17%), w tym około 15% stanowiły grzyby z rodzaju *Alternaria* (tab.1). Po jego aplikacji w polowych uprawach nasiennych brokuła, uzyskano najlepszej jakości nasiona i wyższe plony nasion (tab. 2).

Tab. 1. Wpływ wybranych biopreparatów na zasiedlenie mikoflorą nasion brokuła (% w stosunku do ogółu izolatów).

Mikoflora	Kontrola	Biojodis	Tytanit	Physpe	Goemar Goteo
<i>Alternaria</i> sp.	29,0	22,8	20,5	15,0	25,8
<i>Cladosporium</i> sp.	0,6	0,6	0,4	0,0	0,8
<i>Ulocladium</i> sp.	1,4	0,8	0,8	0,2	1,0
<i>Phoma lingam</i>	0,8	0,5	0,3	0,0	0,0
<i>Trichothecium roseum</i>	0,5	0,8	0,5	0,3	0,5
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	2,2	1,0	0,8	0,5	1,6
<i>Penicillium</i> sp.	2,5	1,5	1,0	0,0	1,9
Porażenie nasion przez grzyby (%)	39,5	26,0	21,9	17,0	29,5

Tab. 2. Wpływ biopreparatów stosowanych dolistnie w uprawach nasiennej brokuła odmiany Wiarus na plon i jakość uzyskanych nasion.

L.p.	Nazwa biopreparatu	Masa nasion z rośliny (g)	Plon nasion (kg 100 m ⁻²)	Zdolność kiełkowania (%)	Masa tysięcy nasion (g)
1.	Kontrola	7,97b	5,82b	90b	4,28b
2.	Biojodis	8,32ab	6,07ab	95ab	4,61ab
3.	Tytanit	8,39ab	6,12ab	94ab	4,52ab
4.	Physpe	8,51a	6,21a	98a	4,66a
5.	Goemar Goteo	8,11b	5,92ab	95ab	4,59ab

¹Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%) wg testu Duncana.

WNIOSKI

Zastosowanie środków biologicznych o różnych mechanizmach działania w uprawach nasiennych brokuła, powoduje redukcję zasiedlenia nasion przez grzyby.

Aplikacja preparatów Biojodis, Goemar Goteo, Tytanit i Physpe na plantacjach brokuła, uprawianego na nasiona powoduje wzrost plonów nasion i ich jakości.

Najwyższą skutecznością wykazywał się preparat Physpe. Po jego aplikacji w uprawach nasiennych brokuła, otrzymano nasiona najlepszej jakości i zdrowotności.

LITERATURA

- Janas R. 1999. *Badania mikoflory nasion i ocena zdrowotności materiału siewnego kapusty białej*. Nowości Warzywnicze 35, 45–50.
- Janas R., Grzesik M. 2011. *Skuteczność wybranych preparatów biologicznych w uprawach ekologicznych roślin prozdrowotnych na nasiona*. J. of Research and Applic. in Agric. Engineering 56(3), 152–157.
- Janas R., Robak J. 1996. *Wpływ kompleksowej ochrony plantacji nasiennej warzywa kapustnych na wartość siewną i zdrowotność nasion*. Materiały

- z Sympozjum Naukowego: Choroby roślin a środowisko. Poznań, 311–317.
- Janas R., Robak J. 2001. *Wpływ wybranych fungicydów na zdrowotność nasion w uprawach nasiennych kalafiorów*. Progress in Plant Protection 41(2), 675–678.
- Ogórek R., Płaskowska E., Kalinowska K. 2011. *Charakterystyka i taksonomia grzybów z rodzaju Alternaria*. Mikologia Lekarska 18(3), 150–155.
- Tylkowska K., Bereśniewicz-Dudała M.. 1988. *Znaczenie obecności Alternaria brassicicola w nasionach Brassica oleracea reprodukowanych w Polsce dla wschodów i zdrowotności siewek*. Biul. IHAR 167, 101–108.
- Tylkowska K., Dorna H., Szopińska D. 2007. *Patologia nasion*. AR Poznań.

Adres do korespondencji:

dr Regina Janas
Pracownia Nasiennictwa
Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96–100 Skierniewice
e-mail: Regina.Janas@inhort.pl

Praca została wykonana w ramach Programu Wieloletniego „Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodniczej w celu zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów ogrodnictwa oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony jego zasobów”, finansowanego przez MRiRW, zad. 4. 3

WPŁYW NADTLENKU WODORU NA JAKOŚĆ NASION CEBULI, POMIDORA I SAŁATY

EFFECT OF HYDROGEN PEROXIDE ON THE QUALITY OF ONION, TOMATO AND LETTUCE SEEDS

Abstrakt. Celem doświadczenia było określenie wpływu nadtlenku wodoru (H_2O_2) na zdrowotność oraz kiełkowanie nasion cebuli (odm. Octavia i Stuttgarter Riesen), pomidora (odm. Hubal i Rodeo) oraz sałaty (odm. Ewelina i Justyna). Nasiona każdej z prób moczone przez 10, 20 i 30 min w 3% roztworze nadtlenku wodoru a kontrolę stanowiły nasiona nietraktowane. Zdrowotność nasion cebuli i pomidora określano za pomocą testu agarowego a zdrowotność nasion sałaty za pomocą testu bibułowego z przemrażaniem, kiełkowanie nasion oceniano zgodnie z przepisami Międzynarodowego Związku Oceny Nasion (ISTA 2012). Traktowanie nadtlenkiem wodoru istotnie ograniczało zasiedlenie nasion cebuli przez: *Alternaria alternata*, *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. i *Stemphylium botryosum*, nasion pomidora przez: *A. alternata*, *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp. i *Mucor* spp. oraz nasion sałaty przez: *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *S. botryosum* i *Verticillium* spp. Poprawa zdrowotności nasion na ogół wiązała się ze zwiększeniem się liczby nasion wolnych od grzybów, co korzystnie wpływało na kiełkowanie nasion.

Słowa kluczowe: H_2O_2 , kiełkowanie, zdrowotność nasion

Summary. The aim of the experiment was to determine the effect of hydrogen peroxide (H_2O_2) on health and germination of onion (cv. Octavia and Stuttgarter Riesen), tomato (cv. Hubal and Rodeo) and lettuce (cv. Ewelina and Justyna) seeds. The seeds of each lot were soaked for 10, 20 and 30 min in 3% solution of hydrogen peroxide and controls were untreated seeds. Health of onion and tomato seeds was evaluated by means of agar test, whereas health of lettuce seeds by means of deep freeze blotter test, germination was evaluated on the base of International Seed Testing Association

rules (ISTA 2012). Treatment with hydrogen peroxide reduced significantly infestation of onion seeds with: *Alternaria alternata*, *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp and *Stemphylium botryosum*, tomato seeds with: *A. alternata*, *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp. and *Mucor* spp., and lettuce seeds with: *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *S. botryosum* and *Verticillium* spp. Generally, it was connected with an increase of the number of seeds free from fungi and positively affected seed germination.

Key words: H_2O_2 , germination, seed health

WSTĘP

Od wielu lat trwają badania nad poprawą jakości nasion roślin ogrodniczych. Poszukuje się metod, które byłyby skuteczne w zwalczaniu lub ograniczaniu chorobotwórczych mikroorganizmów na nasionach i oddziaływały pozytywnie na ich kiełkowanie, a jednocześnie były nieszkodliwe dla człowieka oraz środowiska. Alternatywą dla powszechnie wykorzystywanych do zaprawiania nasion syntetycznych środków chemicznych może być zastosowanie nadtlenu wodoru (H_2O_2), związku powstającego naturalnie w reakcjach obronnych roślin [Bestwick i in. 1997; Tiedemann 1997]. Przeprowadzone dotychczas badania wskazują na jego korzystny wpływ na kiełkowanie nasion cynii [Ogawa i Iwabuchi 2001], kawona [Duval i NeSmith 2000; Jaskani i in. 2006], kukurydzy [Wahid i in. 2008], ryżu [Sasaki i in. 2005], winorośli [Conner 2008] i niektórych traw [Klein i in. 2008; Huarte i Garcia 2009]. Przeciwbakteryjne i przeciwgrzybowe właściwości tego związku powszechnie wykorzystuje się w medycynie i przemyśle spożywczym [Lehrer 1969; Beuchat 1997; Sapers i Sites 2003]. Nieliczne doniesienia wskazują także na możliwość stosowania nadtlenu wodoru przeciwko patogenom roślin [Peng i Kuc 1992; Smilanick i in. 1994; Geetha i Shetty 2002]. Działanie nadtlenu wodoru na grzyby zasiedlające nasiona jest jeszcze mało znane i nie do końca wyjaśnione [Smilanick i in. 1994; Neumann i in. 1997; Jarosz 2006; Rosada 2012; Słupinska 2012]. Wymaga to prowadzenia dalszych doświadczeń nad wpływem i działaniem nadtlenu wodoru na jakość nasion różnych gatunków.

Celem badań było określenie wpływu traktowania nasion cebuli, pomidora i sałaty nadtlaniem wodoru na ich zdrowotność i kiełkowanie.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano nasiona kategorii standard trzech gatunków: cebuli (*Allium cepa* L.) – odmiany Octavia i Stuttgarter Riesen, pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) – odmiany Hubal i Rodeo oraz sałaty (*Lactuca sativa* L.) – odmiany Ewelina i Justyna. Nasiona każdej z prób moczoano przez 10, 20 i 30 minut w 3% wodnym roztworze nadtlenu wodoru (Laboratorium Galenowe Olsztyn Sp. z o. o.). Kontrolę stanowiły nasiona nietraktowane.

Test zdrowotności przeprowadzono na 200 nasionach z każdej kombinacji. Nasiona sałaty oceniono za pomocą testu bibułowego z przemrażaniem. Nasiona rozkładano w płytkach Petriego o średnicy 9 cm, na bibule filtracyjnej zwilżonej wodą destylowaną, po 20 nasion na płytce. Inkubowano je przez jeden dzień w temperaturze 20°C w ciemności, a następnie przemrażano w temperaturze -20°C przez 24 godziny. Po upływie tego czasu płytki z nasionami umieszczono w temperaturze 20°C i inkubowano przez osiem dni w warunkach przemiennego oświetlenia światłem NUV (12 godzin światła i 12 godzin ciemności). Grzyby identyfikowano na podstawie zarodnikowania oraz sposobu formowania konidioforów, za pomocą mikroskopu stereoskopowego przy powiększeniu 50 x [Mathur i Kongsdal 2003]. Zdrowotność nasion cebuli i pomidora oceniano za pomocą testu agarowego. Nasiona umieszczono w płytkach Petriego o średnicy 9 cm (10 nasion na płytkę), na zestalonej pożywce dekstrozowo-ziemniaczanej (PDA) z dodatkiem 100 ppm siarczanu streptomycyny. Następnie inkubowano je przez 10 dni w temperaturze 20°C, w warunkach przemiennego oświetlenia światłem NUV. Podstawą identyfikacji był wygląd kolonii grzybów oraz ich zarodnikowanie [Mathur i Kongsdal 2003].

Kiełkowanie oceniano na 300 nasionach z każdej kombinacji, w sześciu powtórzeniach po 50 nasion. Nasiona wykładano na nawilżoną wodą destylowaną bibułę w płytkach Petriego o średnicy 9 cm. Nasiona cebuli inkubowano przez 12 dni a sałaty przez 7 dni w ciemności w temperaturze 20°C, natomiast nasiona pomidora przez 14 dni w temperaturze zmiennej 20°C/30°C, (16/8 godzin). Ocenę kiełkowania przeprowadzono według wymagań Międzynarodowego Związku Oceny Nasion (ISTA 2012). Energię i zdolność kiełkowania określono odpowiednio po 6 i 12 dniach dla cebuli, po 5 i 14 dniach

dla pomidora oraz 4 i 7 dniach dla sałaty. Ponadto obliczono odsetek siewek z objawami chorobowymi, siewek zdeformowanych, nasion martwych oraz zdrowych niekiełkujących. Określono również ogólną liczbę kiełkujących nasion – G_{max} . W tym celu 300 nasion z każdej kombinacji, w sześciu powtórzeniach po 50 nasion, umieszczano na nawilżonej wodą destylowaną bibule filtracyjnej na płytkach Petriego o średnicy 9 cm. Nasiona inkubowano w tych samych warunkach, jak w teście zdolności kiełkowania. Test trwał 12 dni dla cebuli, 14 dni dla pomidora oraz 7 dni dla sałaty. W tym czasie codziennie usuwano z płytek nasiona, u których zaobserwowano korzonek zarodkowy o długości co najmniej 1 mm. Wyniki poddano analizie za pomocą programu Seed Calculator 2.1. [Jalink i Van der Schoor 1999].

WYNIKI

Nietraktowane nasiona obu odmian cebuli były w dużym stopniu opанowane przez grzyby *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler i *Cladosporium* spp. Ponadto obserwowano występowanie *Botrytis cinerea* Pers ex Pers, *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. i *Stemphylium botryosum* Wallr. Zastosowanie nadtlenku wodoru niezależnie od czasu traktowania, u obu odmian wyeliminowało lub znacznie zmniejszyło występowanie grzybów *A. alternata*, *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. i *S. botryosum*. Po traktowaniu nadtlenkiem wodoru stwierdzono więcej nasion wolnych od grzybów (tab. 1).

Nietraktowane nasiona pomidora odmiany Hubal były zasiedlone głównie przez grzyby rodzajów *Mucor* i *Rhizopus*, natomiast na nasionach odmiany Rodeo obserwowano przede wszystkim grzyby *A. alternata* i *Rhizopus* spp. Ponadto na nasionach drugiej z wymienionych odmian stwierdzono występowanie *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp. i *Mucor* spp. Traktowanie nadtlenkiem wodoru wyeliminowało *A. alternata* na nasionach obu odmian oraz *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp. i *Mucor* spp. na nasionach odmiany Rodeo. Niezależnie od czasu traktowania nasion stwierdzono również zmniejszenie ich zasiedlenia przez *Mucor* spp., u odmiany Hubal. Nadtlenek wodoru zwiększył odsetek nasion opанowanych przez *Rhizopus* spp, choć u odmiany Hubal różnice w porównaniu z kontrolą nie były is-

totne statystycznie. Traktowanie nadtlaniem wodoru nasion odmiany Rodeo przez 20 i 30 minut zwiększyło liczbę nasion wolnych od grzybów (tab. 2).

Tab. 1. Wpływ traktowania nasion cebuli nadtlaniem wodoru na występowanie grzybów

Traktowanie nasion	Zasiedlenie nasion przez grzyby [%]											Nasiona wolne od grzybów [%]		
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	<i>Botrytis cinerea</i> Pers ex Pers	<i>Cladosporium</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Stemphylium botryosum</i> Wallr.								
Odmiana Octavia														
K*	50,5	a**	1,5	a	65,0	a	3,5	a	13,5	a	14,5	a	0,0	c
H ₂ O ₂ 10	2,5	b	0,5	a	2,0	b	0,0	b	1,5	b	1,0	b	38,0	b
H ₂ O ₂ 20	1,5	b	0,0	a	2,0	b	0,0	b	0,0	c	1,0	b	36,5	b
H ₂ O ₂ 30	0,0	c	0,0	a	0,0	b	0,0	b	0,0	c	1,0	b	81,0	a
Odmiana Stuttgarter Riesen														
K	38,5	a	3,0	a	49,0	a	4,0	a	24,0	a	3,0	a	0,0	b
H ₂ O ₂ 10	0,0	b	6,5	a	0,5	b	0,0	b	1,0	b	0,5	b	32,0	a
H ₂ O ₂ 20	0,5	b	6,5	a	1,0	b	0,0	b	0,5	b	0,0	b	58,5	a
H ₂ O ₂ 30	1,0	b	11,5	a	1,0	b	0,0	b	1,0	b	0,0	b	52,5	a

*K – kontrola (nasiona nietraktowane); H₂O₂ 10 – nasiona moczone w 3% roztworze nadtlenu wodoru przez 10 minut; H₂O₂ 20 – nasiona moczone w 3% roztworze nadtlenu wodoru przez 20 minut; H₂O₂ 30 – nasiona moczone w 3% roztworze nadtlenu wodoru przez 30 minut;

**Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$ według testu Duncana

Tab. 2. Wpływ traktowania nasion pomidora nadtlaniem wodoru na występowanie grzybów

Traktowanie nasion	Zasiedlenie nasion przez grzyby [%]										Nasiona wolne od grzybów [%]	
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler		<i>Cladosporium</i> spp.		<i>Fusarium</i> spp.		<i>Mucor</i> spp.		<i>Rhizopus</i> spp.			
Odmiana Hubal												
K	0,5	a	-*	-	68,0	a	34,5	a	4,5	a		
H ₂ O ₂ 10	0,0	a	-	-	0,0	b	70,0	a	30,0	a		
H ₂ O ₂ 20	0,0	a	-	-	5,5	b	55,0	a	40,0	a		
H ₂ O ₂ 30	0,0	a	-	-	5,5	b	45,0	a	49,5	a		
Odmiana Rodeo												
K	65,5	a	2,0	a	2,5	a	3,0	a	21,0	b	7,0	b
H ₂ O ₂ 10	0,0	b	0,0	b	0,0	b	0,0	a	70,0	a	29,5	ab
H ₂ O ₂ 20	0,0	b	0,0	b	0,0	b	0,0	a	59,5	a	38,0	a
H ₂ O ₂ 30	0,0	b	0,0	b	0,0	b	0,0	a	44,5	ab	54,0	a

* nie stwierdzono występowania. Pozostałe objaśnienia podano pod tabelą 1.

Nietraktowane nasiona obu odmian sałaty w znacznym stopniu były zasiedlone przez *A. alternata* i *Cladosporium* spp. Ponadto obserwowano występowanie *Fusarium* spp., *S. botryosum* oraz *Verticillium* spp. Zasiedlenie nasion przez *A. alternata* znacznie zmniejszyło się po zastosowaniu nadtlenu wodoru, niezależnie od czasu traktowania u odmiany Ewelina, natomiast wzrosło u odmiany Justyna. Traktowane nasiona obu odmian były w mniejszym stopniu opanowane przez *Cladosporium* spp. Zabieg wyeliminował, natomiast, grzyby rodzajów *Fusarium* i *Verticillium* oraz *S. botryosum*. U odmiany Ewelina po traktowaniu nadtlaniem wodoru stwierdzono znacznie więcej nasion wolnych od grzybów niż w kontroli (tab. 3).

Tab. 3. Wpływ traktowania nasion sałaty nadtleniem wodoru na występowanie grzybów

Traktowanie nasion	Zasiedlenie nasion przez grzyby [%]										Nasiona wolne od grzybów [%]	
	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	<i>Cladosporium</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Stemphylium botryosum</i> Wallr.	<i>Verticillium</i> spp.							
Odmiana Ewelina												
K	48,5	a	49,5	a	8,5	a	5,5	a	8,0	a	12,5	b
H ₂ O ₂ 10	10,0	b	5,5	b	0,0	b	0,0	b	0,0	b	76,0	a
H ₂ O ₂ 20	12,5	b	1,0	b	0,0	b	0,0	b	0,0	b	79,5	a
H ₂ O ₂ 30	9,0	b	3,5	b	0,0	b	0,0	b	0,0	b	72,5	a
Odmiana Justyna												
K	13,5	c	20,0	a	5,5	a	1,5	a	4,5	a	57,5	a
H ₂ O ₂ 10	20,5	bc	3,5	b	0,0	b	0,0	b	0,0	b	62,0	a
H ₂ O ₂ 20	27,0	ab	4,0	b	0,0	b	0,0	b	0,0	b	56,5	a
H ₂ O ₂ 30	37,0	a	4,0	b	0,0	b	0,0	b	0,0	b	44,5	a

Objaśnienia podano pod tabelą 1.

U żadnego z gatunków nie odnotowano istotnej zmiany w ogólnej liczbie nasion kiełkujących w stosunku do kontroli (tab. 4–6).

Tab. 4. Wpływ traktowania nasion cebuli nadtlaniem wodoru na ich kiełkowanie

Traktowanie nasion	G_{\max}^* [%]		Energia kiełkowania [%]		Zdolność kiełkowania [%]		Siewki z objawami chorobowymi [%]		Siewki zdeformowane [%]		Nasiona martwe [%]		Nasiona zdrowe niekiełkujące [%]	
Odmiana Octavia														
K	97,7	a	30,3	c	62,7	b	12,0	a	21,3	a	2,0	a	2,3	a
H ₂ O ₂ 10	97,0	a	43,7	ab	81,0	a	5,7	b	11,0	b	1,0	a	1,3	a
H ₂ O ₂ 20	99,3	a	49,0	a	81,0	a	3,0	b	12,7	ab	1,7	a	1,7	a
H ₂ O ₂ 30	97,0	a	36,0	bc	79,0	a	1,0	c	17,7	ab	1,3	a	1,3	a
Odmiana Stuttgarter Riesen														
K	97,0	a	58,3	a	85,0	a	5,7	a	6,7	b	1,7	a	1,0	a
H ₂ O ₂ 10	96,7	a	63,3	a	81,7	ab	6,3	a	8,7	ab	1,3	a	2,0	a
H ₂ O ₂ 20	94,3	a	64,3	a	84,0	ab	4,7	a	6,0	b	2,0	a	3,3	a
H ₂ O ₂ 30	96,7	a	55,3	a	76,3	b	6,3	a	13,3	a	1,3	a	2,7	a

G_{\max} – procent kiełkujących nasion
Pozostałe objaśnienia podano pod tabelą 1

Tab. 5. Wpływ traktowania nasion pomidora nadtleniem wodoru na ich kiełkowanie

Traktowanie nasion	G_{\max}^* [%]	Energia kiełkowania [%]		Zdolność kiełkowania [%]		Siewki z objawami chorobowymi [%]		Siewki zdeformowane [%]		Nasiona martwe [%]		Nasiona zdrowe niekiełkujące [%]		
Odmiana Hubal														
K	93,0	a	55,7	b	74,0	b	16,7	a	1,7	a	3,0	a	4,3	a
H ₂ O ₂ 10	89,0	a	65,0	a	85,3	a	5,7	b	2,7	a	1,3	ab	5,0	a
H ₂ O ₂ 20	92,0	a	67,7	a	88,0	a	5,0	b	2,0	a	0,7	b	4,3	a
H ₂ O ₂ 30	93,7	a	61,7	ab	87,7	a	3,3	b	2,7	a	1,7	ab	4,7	a
Odmiana Rodeo														
K	93,0	a	54,3	ab	66,0	b	22,0	a	1,7	a	10,3	a	0	b
H ₂ O ₂ 10	91,0	a	60,0	a	79,0	a	11,7	a	4,3	a	2,3	c	4,0	a
H ₂ O ₂ 20	90,7	a	46,3	b	74,7	ab	13,7	a	2,7	a	4,3	bc	4,7	a
H ₂ O ₂ 30	93,3	a	53,7	ab	69,0	ab	19,7	a	3,0	a	7,3	ab	1,0	b

G_{\max} – procent kiełkujących nasion
 Pozostałe objaśnienia podano pod tabelą 1

Tab. 6. Wpływ traktowania nasion sałaty nadtlaniem wodoru na ich kiełkowanie

Traktowanie nasion	G_{\max}^* [%]		Energia kiełkowania [%]		Zdolność kiełkowania [%]		Siewki z objawami chorobowymi [%]		Siewki zdeformowane [%]		Nasiona martwe [%]		Nasiona zdrowe niekiełkujące [%]	
Odmiana Ewelina														
K	97,3	a	66,7	b	80,0	b	13,3	a	2,7	c	3,0	a	1,0	a
H ₂ O ₂ 10	97,0	a	81,7	a	89,7	a	4,7	b	3,7	bc	1,7	ab	0,3	a
H ₂ O ₂ 20	99,0	a	76,3	a	87,0	ab	3,0	b	6,7	ab	0,3	b	1,3	a
H ₂ O ₂ 30	99,0	a	74,3	ab	86,3	ab	2,0	b	9,7	a	2,0	ab	0	a
Odmiana Justyna														
K	98,7	a	69,3	a	80,7	a	14,7	a	3,0	b	1,0	a	0,7	a
H ₂ O ₂ 10	98,0	a	71,0	a	83,3	a	10,3	ab	3,7	b	1,3	a	1,3	a
H ₂ O ₂ 20	99,3	a	67,7	ab	81,3	a	5,0	b	11,0	a	0,3	a	2,3	a
H ₂ O ₂ 30	98,0	a	57,3	b	83,7	a	8,7	ab	5,0	b	1,3	a	1,0	a

G_{\max} – procent kiełkujących nasion
 Pozostałe objaśnienia podano pod tabelą 1

Zastosowanie nadtlenu wodoru znacznie poprawiło zdolność kiełkowania nasion odmiany Octavia oraz ograniczyło występowanie siewek z objawami chorobowymi. Traktowanie nasion przez 10 minut zmniejszyło również liczbę siewek zdeformowanych. U odmiany Stuttgarter Riesen natomiast stwierdzono pogorszenie zdolności kiełkowania i wzrost liczby siewek zdeformowanych po 30 minutach traktowania (tab. 4).

Traktowanie nasion pomidora odmiany Hubal nadtlentkiem wodoru, niezależnie od czasu zabiegu, poprawiło ich zdolność kiełkowania i zmniejszyło liczbę siewek z objawami chorobowymi. W przypadku, gdy nasiona traktowano przez 10 i 20 minut, obserwowano większą niż w kontroli energię kiełkowania. Traktowanie nasion odmiany Rodeo nadtlentkiem wodoru przez 10 minut poprawiło ich zdolność kiełkowania oraz ograniczyło występowanie nasion martwych i zwiększyło liczbę nasion zdrowych niekiełkujących (tab. 5).

U sałaty odmiany Ewelina stwierdzono poprawę energii kiełkowania nasion po 10 i 20 minutach traktowania nadtlentkiem wodoru, natomiast zwiększenie zdolności kiełkowania notowano tylko po 10 minutach traktowania. Niezależnie od czasu traktowania odnotowano zmniejszenie liczby siewek z objawami chorobowymi oraz zwiększenie liczby siewek zdeformowanych po 20 i 30 minutach traktowania. Liczba nasion martwych zmniejszyła się po zastosowaniu nadtlenu wodoru przez 20 minut. U nasion odmiany Justyna stwierdzono pogorszenie energii kiełkowania po 30 minutach traktowania. Zmniejszenie liczby siewek z objawami chorobowymi i wzrost liczby siewek zdeformowanych zaobserwowano po 20 minutach stosowania nadtlenu wodoru (tab. 6).

DYSKUSJA

W pracy oceniano wpływ nadtlenu wodoru na zdrowotność i kiełkowanie nasion cebuli, pomidora i sałaty. Badane próby nasion różniły się pod względem zasiedlenia przez grzyby i zdolnością kiełkowania. Nasiona wszystkich gatunków zasiedlone były przez *A. alternata*, jednak odsetek nasion opanowanych przez ten grzyb był zróżnicowany. Zastosowanie nadtlenu wodoru ograniczyło jego

występowanie na nasionach cebuli i pomidora oraz jednej odmiany sałaty. Wyniki te potwierdzają wcześniejsze badania prowadzone na nasionach marchwi [Jarosz 2006], astra chińskiego [Rosada 2012] i cebuli [Słupinska 2012]. Licznie występującymi grzybami, zwłaszcza na nasionach cebuli i sałaty były gatunki rodzaju *Cladosporium*. Traktowanie nadtlakiem wodoru wyeliminowało te grzyby lub istotnie zmniejszyło ich występowanie. Obserwowano również mniejsze opanowanie traktowanych nasion sałaty i cebuli przez *S. botryosum*. Podobne wyniki uzyskała Słupinska [2012] w badaniach przeprowadzonych na nasionach cebuli. Peng i Kuc [1992] zaobserwowali, że w warunkach *in vitro* związek ten hamował wzrost grzybów *Peronospora tabacina*, *Cladosporium cucumerinum* i *Colletotrichum lagenarium* na fragmentach tytoniowych liści. W niniejszym doświadczeniu niezbyt licznie występujące na nasionach większości odmian gatunki rodzaju *Fusarium* po zastosowaniu nadtlaku wodoru zostały usunięte. Zjawisko to również zaobserwowała Jarosz [2006] u nasion marchwi i Rosada [2012] u nasion astra chińskiego. Traktowanie nasion daglezi, modrzewia i jodły nadtlakiem wodoru przez 4 godziny ograniczyło występowanie *Fusarium* spp. w doświadczeniu opublikowanym przez Neumann'a i innych [1997]. W przeprowadzonych badaniach grzyby rodzaju *Penicillium* występowały dość licznie na nasionach obu odmian cebuli. Traktowanie nadtlakiem wodoru spowodowało ograniczenie ich występowania. Hamujący wpływ nadtlaku wodoru na wzrost *Penicillium* spp. na nasionach cebuli obserwowwała także Słupinska [2012]. Grzyby rodzaju *Verticillium*, zasiedlające nasiona sałaty oraz grzyby rodzaju *Mucor*, występujące na nasionach pomidora, zostały wyeliminowane po zastosowaniu tego związku. Nie wykazał on jednak skuteczności w zwalczaniu grzybów rodzaju *Rhizopus* występujących na nasionach pomidora. U obu odmian po zastosowaniu nadtlaku wodoru nastąpił wzrost zasiedlenia nasion przez te grzyby. Nadtlak wodoru nie miał istotnego wpływu na występowanie grzyba *B. cinerea* na nasionach cebuli.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że traktowanie nadtlakiem wodoru w większości kombinacji zwiększyło znacznie odsetek nasion wolnych od grzybów. Zjawisko to potwierdzają badania przeprowadzone przez Jarosz [2006] na na-

sionach march-wi i Słupinską [2012] na nasionach cebuli. O przeciwgrzybowych właściwościach tego związku donosili także Peng i Kuc [1992], Smilanick i in. [1994] oraz Geetha i Shetty [2002], poprzez traktowanie nasionach rospłenicy perłowej (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) nadtlaniem wodoru o stężeniu 1 mM, znacząco ograniczyli rozwój patogena *Sclerospora graminicola*, uzyskując polepszenie wzrostu i plenności roślin wyrosłych z traktowanych nasion. Peng i Kuc [1992] stwierdzili *in vitro* ograniczające działanie nadtlenu wodoru na kiełkowanie zarodników *P. tabacina*, *C. cucumerinum* i *C. lagenarium*. Smilanick i inni [1994] obserwowali natomiast całkowite zahamowanie wzrostu zarodników *Tilletia controversa* i *T. tritici* po sześciominutowym traktowaniu ziarniaków jęczmienia i pszenicy w 3,5% roztworze nadtlenu wodoru, w temperaturze 45°C i 50°C.

U żadnego z badanych gatunków traktowanie nadtlaniem wodoru nie miało istotnego wpływu na ogólną liczbę kiełkujących nasion. Jedna z traktowanych prób każdego gatunku odznaczała się poprawą energii i zdolności kiełkowania, natomiast u nasion drugiej próby parametry te nie ulegały zmianie lub nieznacznie się pogarszały, jak w przypadku cebuli odmiany Stuttgarter Riesen po 30 minutach traktowania. Pozytywny wpływ działania nadtlenu wodoru na kiełkowanie nasion ryżu wykazały badania przeprowadzone przez Naredo i in. [1998]. Sasaki i inni [2005] stwierdzili natomiast, że zastosowanie nadtlenu wodoru w stężeniach 5, 50 i 100 mM przez 24 godziny znacznie zwiększało świeżą masę kiełków ryżu, natomiast wyższe stężenia tego związku powodowały jej zmniejszenie. Klein i inni [2008] oraz Huarte i Garcia [2009] zaobserwowali, że moczenie nasion trawy *Tripsacum dactyloides* L. w roztworze nadtlenu wodoru przełamuje ich spoczynek, poprawiając tym samym zdolność kiełkowania nasion. Duval i NeSmith [2000] uzyskali poprawę kiełkowania nasion kawona dzięki częściowemu bądź całkowitemu odsłonięciu zarodka, oraz poprzez umieszczenie całych nasion na pożywce zawierającej 4% i 8% nadtlenu wodoru. Autorzy stwierdzili ponadto, że związek ten w stężeniach wyższych niż 2% uszkadza pozbawione okrywy nasiennej zarodki. Jaskani i inni [2006] zaobserwowali, że traktowanie nasion kawona 2% H₂O₂ istotnie poprawiało wzrost siewek. Wahid i in. [2008] uzyskali poprawę energii i zdolności kiełkowania ziarniaków

kukurydzy po ich moczeniu w roztworach nadtlenu wodoru o stężeniach od 100 do 250 mM przez 8 godzin i inkubacji przez 24 godziny w temperaturze 27°C. Traktowanie nadtlentkiem wodoru oraz GA₃ przed stratyfikacją istotnie poprawiało zdolność kiełkowania nasion winorośli [Conner 2008]. Ogawa i Iwabuchi [2001] dowiedli, że nadtlenek wodoru o stężeniu od 5 mM do 50 mM wpływał pozytywnie na kiełkowanie nasion cynii.

Zaobserwowany w niniejszym doświadczeniu korzystny wpływ na kiełkowanie nasion oraz zdolność do ograniczania występowania na nasionach większości grzybów sprawiają, że nadtlenek wodoru może być polecany do traktowania nasion cebuli, pomidora i sałaty w uprawach ekologicznych.

WNIOSKI

Traktowanie nadtlentkiem wodoru istotnie ograniczało zasiedlenie nasion cebuli przez: *Alternaria alternata*, *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. i *Stemphylium botryosum*, nasion pomidora przez *A. alternata*, *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp. i *Mucor* spp. oraz nasion sałaty przez *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *S. botryosum* i *Verticillium* spp.

Po traktowaniu nadtlentkiem wodoru istotnie wzrastała liczba nasion wolnych od grzybów u obu prób cebuli oraz u jednej z prób sałaty i pomidora.

Traktowanie nadtlentkiem wodoru na ogół poprawiało energię i zdolność kiełkowania nasion cebuli, pomidora i sałaty, nie miało natomiast wpływu na ogólną liczbę kiełkujących nasion.

LITERATURA

- Bestwick C. S., Brown I. R., Bennett M. H. R., Mansfield J. W. 1997. *Localization of hydrogen peroxide accumulation during the hypersensitive reaction of lettuce cells to Pseudomonas syringae pv phaseolicola*. The Plant Cell 9, 209–221.
- Beuchat L. R. 1997. *Comparison of chemical treatments to kill Salmonella on alfalfa seeds destined for sprout production*. Inter. J. Food Microbiol. 34(3), 329–333.

- Conner P. J. 2008. *Effects of stratification, germination temperature and pre-treatment with gibberelic acid and hydrogen peroxide on germination of 'Fry' muscadine (Vitis rotundifolia) seed.* HortScience 43(3), 853–856.
- Duval J. R., NeSmith D. S. 2000. *Treatment with hydrogen peroxide and seed-coat removal or clipping improve germination of 'Genesis' triploid watermelon.* HortScience 35, 85–86.
- Geetha H. M., Shetty H. S. 2002. *Induction of resistance in pearl millet against downy mildew disease caused by Sclerospora graminicola using benzothiadiazole, calcium chloride and hydrogen peroxide – a comparative evaluation.* Crop Protection 21 (8), 601–610.
- Huarte R., Garcia M. D. 2009. *Tripsacum dactyloides (L.) L. (Poaceae) caryopsis dormancy and germination responses to scarification, hydrogen peroxide and phytohormes.* Seed Sci. Techn. 37, 544–553.
- ISTA. 2012. *International Rules for Seed Testing. Edition 2012. International Seed Testing Association.* Bassersdorf, Switzerland.
- Jalink H., Van der Schoor R. 1999. *Seed Calculator 2.1.* License number: 100200122. Plant Research International. Wageningen, the Netherlands.
- Jarosz M. 2006. *Ocena efektywności traktowania nasion marchwi (Daucus carota L.) wybranymi związkami chemicznymi i preparatem Biosept 33 SL.* Praca magisterska, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu.
- Jaskani M. J., Kwon S. W., Kim D. H., Abbas H. 2006. *Seed treatments and orientation affects germination and seedling emergence in tetraploid watermelon.* Pakistan J. Bot. 38(1), 89–98.
- Klein J. D., Wood L. A., Geneve R. L. 2008. *Hydrogen peroxide and color sorting improves germination and vigor of eastern gamagrass (Tripsacum dactyloides) seeds.* Acta Hort. 782, 93–97.
- Lehrer R. I. 1969. *Antifungal effects of peroxidase systems.* J. Bacteriology 99(2), 361–365.
- Mathur S. B., Kongsdal O. 2003. *Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi.* International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Naredo M. E. B., Juliano A. B., Lu B. R., Guzman de F., Jackson M. 1998. *Responses to seed dormancy – breaking treatments in rice species (Oryza L.).* Seed Sci. Technol. 26, 675–689.
- Neumann M., Trotter D., Kolotelo D. 1997. *Seed sanitation method to reduce seedborne Fusarium levels on conifer seed.* Surrey, BC: British Columbia Ministry of Forests, Seed and Seedling Extension Topics 10, 18–23.

- Ogawa K., Iwabuchi M. 2001. *A mechanism for promoting the germination of Zinnia elegans seeds by hydrogen peroxide*. Plant Cell Physiol. 42(3), 286–291.
- Peng M., Kuc J. 1992. *Peroxidase-generated hydrogen peroxide as a source of antifungal activity in vitro and on tobacco leaf disks*. Phytopathology 82, 696–699.
- Rosada D. 2012. *Wpływ nadtlenu wodoru i kwasów organicznych na kiełkowanie, wigor i zdrowotność nasion astra chińskiego (Callistephus chinensis Nees.)*. Praca magisterska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.
- Sapers G. M., Sites J. E. 2003. *Efficacy of 1% hydrogen peroxide wash in decontaminating apples and cantaloupe melons*. J. Food Sci. 68(5), 1793–1797.
- Sasaki K., Kishtami S., Fumitaka A., Sato T. 2005. *Promotion of seedling growth of seeds of rice (Oryza sativa L. cv. Hitomebore) by treatment with H₂O₂ before sowing*. Plant Prod. Sci. 8(5), 509–514.
- Smilanick J. L., Goates B. J., Denis-Arrue R., Simmons G. F., Peterson G. L., Henson D. J., Rij R. E. 1994. *Germinability of Tilletia spp. after hydrogen peroxide treatment*. Plant Disease 78, 861–865.
- Słupinska E. 2012. *Wpływ nadtlenu wodoru i kwasów organicznych na kiełkowanie, wigor i zdrowotność nasion cebuli (Allium cepa L.)*. Praca magisterska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.
- Tiedemann A. V. 1997. *Evidence for a primary role of active oxygen species in induction of host cell death during infection of bean leaves with Botrytis cinerea*. Physiol. Molecular Plant Pathology 50, 151–166.
- Wahid A., Sehar S., Perveen M., Gelani S., Basra S. M. A., Farooq M. 2008. *Seed pretreatment with hydrogen peroxide improves heat tolerance in maize at germination and seedling growth stages*. Seed Sci. Technol. 36(3), 633–645.

Adres do korespondencji

Magdalena Jarosz, Hanna Dorna, Dorota Szopińska
Katedra Nasiennictwa,
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Szamotulska 28, Baranowo, 62–081 Przeźmierowo
e-mail: seed@up.poznan.pl

**PORÓWNANIE CECH MORFOLOGICZNYCH OWOCU
DWUNASTU ODMIAN POMIDORA PRZEMYSŁOWEGO**
COMPARISON OF FRUIT MORPHOLOGICAL
FEATURES OF TWELVE PROCESSING TOMATO
CULTIVARS

Abstrakt. Celem przeprowadzonego w latach 2008–2010 doświadczenia była ocena dwunastu odmian pomidora polowego, karłowego pochodzącego z polskich firm hodowlanych pod względem cech morfologicznych owocu. Odmiany Mieszko F_1 , Sokal F_1 i Hetman charakteryzowały się mniejszymi, 2–3 komorowymi owocami o wydłużonym kształcie oraz grubszą ścianą w stosunku do pozostałych odmian. Stwierdzono ujemną zależność pomiędzy ilością komór i grubością ściany owocu. Współczynnik kształtu był dodatnio skorelowany z grubością ściany, a ujemnie ze średnią masą i ilością komór owocu.

Słowa kluczowe: *pomidor przemysłowy, odmiana, cechy owocu*

Summary. The aim of the investigation carried in years 2008–2010 was to evaluate twelve processing tomato cultivars, derived from Polish bread companies, in terms of morphological features of fruits. Cultivars Mieszko F_1 , Sokal F_1 and Hetman were characterized by smaller fruits, with 2–3 seed chambers and elongated shape, with thick peripheral walls. The negative correlation between number of seed chambers and thickness of walls was found. It is also observed that shape of the fruit is strongly positively correlated with thickness of the wall and inversely with mean fruit weight and number of seed chambers.

Key words: *processing tomato, cultivar, fruit morphological features*

WSTĘP

Globalna produkcja pomidorów przemysłowych na świecie w 2011 roku oszacowana została na 37,185 mln ton [World Processing Tomato Council 2011]. W Polsce źródłem surowca dla przetwórstwa jest praktycznie tylko uprawa pomidora polowego. Na przestrzeni ostatnich lat przetworzono około 170–205 tys. ton owoców pomidora [Michalska 1993; Rumpel 2007]. Wraz z rozwojem przemysłu przetwórczego zrosły wymagania stawiane owocom, gdyż obecnie zwraca się uwagę zarówno na cechy fizyczne owocu, jak i jego wartość biologiczną [Bąkowski 1999]. Wysoka jakość produktu gotowego (przeciery, keczupy), w głównej mierze zależy od owoców świeżych skierowanych do przetwórnicy [Osińska i in. 1998]. Poprawa jakości produktu wymaga uprawy odmian przeznaczonych wyłącznie dla przemysłu, który oczekuje owoców twardych, z dużą zawartością suchej masy. Cechy te umożliwiają ich transport luzem, co obniża koszty produkcji. Takie owoce, chociaż ich smak odbiega od typowego dla soczystych odmian deserowych, budzą zainteresowanie także na rynku warzyw świeżych. Wynika to prawdopodobnie z ich oryginalnego kształtu i dużej jędrności, zachowywanej nawet kilka dni po zbiorze. Wśród odmian zalecanych dla przemysłu znajdują się zarówno te o owocach kulistych, jak i podłużnych.

Aktualnie w Rejestrze COBORU znajduje się 98 odmian pomidora, z tego 45 stanowią odmiany karłowe polecane do przetwórstwa [COBORU 2013]. Należy jednak uwzględnić, iż do handlu i obrotu w naszym kraju dopuszczone są wszystkie odmiany zarejestrowane w Unii Europejskiej, wobec czego lista odmian przemysłowych jest znacznie dłuższa.

Polska jest najdalej wysuniętym na północ Europy krajem, gdzie pomidor jest uprawiany w polu na skalę przemysłową. Jako roślina ciepłolubna wymaga on bowiem odpowiednich warunków termiczno-wilgotnościowych. Wrażliwość poszczególnych odmian na przebieg warunków pogodowych powoduje, że wybór odmiany jest ważnym czynnikiem warunkującym optymalną wielkość i jakość plonu [Elkner i Borowiak 1990, Marković 1997, Jędrszczyk i in. 2012].

Celem przeprowadzonego doświadczenia była ocena dwunastu odmian pomidora polowego, karłowego pochodzącego z polskich firm hodowlanych pod względem cech morfologicznych owocu.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie prowadzono na terenie Warzywniczej Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Rolniczego w Mydlnikach koło Krakowa w latach 2008–2010, na glebie brunatnej właściwej. Materiał badań stanowiło dwanaście odmian samokończących pomidora, polskiej hodowli. Były to: Sokal F₁, Batory F₁, Rejtan F₁, Hetman, Lubań, Babinicz, Awizo F₁, Mieszko F₁, III A F₁ hodowli PlantiCo Zielonki oraz Ondraszek, Hubal, Talon hodowli Reguły. Doświadczenie założono w układzie jednoczynnikowym, metodą losowych bloków, w czterech powtórzeniach. Terminy siewu i sadzenia roślin w poszczególnych latach były następujące: rok 2008 – siew 8 kwiecień, sadzenie 16 maj, rok 2009 – siew 16 kwiecień, sadzenie 21 maj, rok 2010 – siew: 31 marzec, sadzenie 26 maj. Rostadę pomidora wysadzano w rozstawie 80 x 60 cm. Wielkość pojedynczego poletka doświadczalnego obejmowała 40 roślin. W okresie wegetacji prowadzono typowe zabiegi pielęgnacyjne, jak odchwaszczanie i chemiczną ochronę przed chorobami zgodnie z aktualnymi zaleceniami. Zbiór owoców dokonano jednorazowo, w fazie dojrzałości zbiorczej osiągananej indywidualnie przez poszczególne odmiany.

Z plonu handlowego pobrano po 20 sztuk owoców z każdego powtórzenia i określono: średnią masę owocu, wysokość i szerokość owocu, grubość ścian obwodowych oraz liczbę komór. Z ilorazu wysokości do szerokości określono współczynnik kształtu.

Istotność różnic między średnimi określono metodą analizy wariancji w oparciu o test NIR Fishera, przy prawdopodobieństwie $p=0,05$. Obliczono współczynnik korelacji R Spermiana pomiędzy cechami morfologicznymi owocu ($p=0,05$). Obliczenia wykonano za pomocą StatSoft Statistica 10.

WYNIKI I DYSKUSJA

Cechy morfologiczne owoców badanych odmian pomidora przemysłowego przedstawiono jako średnią z lat 2008–2010, w tabeli 1. Pomidor przemysłowy powinien odznaczać się owocami średniej wielkości, gdyż gwarantuje to dobrą jędrność, małą liczbę wytworzonych komór, co jest korzystne w procesie technologicznym. Pomędzy badanymi odmianami stwierdzono znaczne różnice

w wielkości owoców dochodzące do 63 g. Najmniejsze owoce odnotowano u odmiany Mieszko F₁, Sokal F₁ i Hetman (odpowiednio 82,89; 89,73 i 91,61 g). Pozostałe odmiany charakteryzowały się owocami o masie przekraczającej 100 g. Zalewska-Korona i Jabłońska-Ryś [2012] badając 17 odmian pomidora przeznaczonych dla przetwórstwa uzyskały bardziej zróżnicowane w wielkości owoce (masa owocu wahała się od 52,08 do 205,55 g). Autorki stwierdzają, że wielkość owoców pomidora nie ma istotnego znaczenia w przetwórstwie, ale jest ważna przy zbiorze ręcznym, który jest najczęściej stosowany w warunkach Polski. Rozpatrując współczynnik korelacji pomiędzy cechami morfologicznymi owocu stwierdzono silną negatywną korelację pomiędzy wielkością owocu i współczynnikiem kształtu (tab. 1). Potwierdza to obserwacje Sestraśa i in. [2006], że im owoc jest bardziej wydłużony tym odznacza się mniejszą masą.

Tab. 1. Różnice w cechach anatomicznych owocu dwunastu odmian pomidora przemysłowego

Odmiana	Średnia masa owocu (g)	Współczynnik kształtu	Ilość komórek (szt.)	Grubość ściany (mm)
Sokal F ₁	89.73 a*	1.06 c	2.89 bc	6.28 b-e
Batory F ₁	117.48 c	0.85 ab	3.88 f	5.98 a-c
Rejtan F ₁	114.74 c	0.84 ab	3.13 cd	6.13 a-d
Hetman	91.61 ab	1.33 d	2.17 a	7.36 gh
Luban	145.67 d	0.81 a	3.40 de	6.89 e-g
Babinicz	137.37 d	0.81 a	4.02 f	6.54 c-f
Awizo F ₁	107.94 bc	1.11 c	2.47 ab	7.00 fg
Mieszko F ₁	82.89 a	1.39 d	2.20 a	7.98 h
III A F ₁	138.10 d	0.92 b	3.00 cd	6.74 d-g
Ondraszek	119.94 c	0.92 b	3.11 cd	5.51 a
Hubal	144.67 d	0.86 ab	3.89 f	5.64 ab
Talon	110.64 c	0.84 ab	3.71 ef	6.94 e-g

* Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy p=0,05

Wśród odmian polecanych do przemysłu znajdują się zarówno te o owocach kulistych, jak i wydłużonych [Zalewska-Korona i Jabłońska-Ryś 2009]. O ile owoce kuliste są bardziej uniwersalne i mogą być wykorzystywane w bezpośrednim spożyciu, jak i w przetwórstwie, o tyle pomidory o wydłużonym kształcie są typowo przetwórcze. Sestras i inni [2006] porównując dziewięć odmian przemysłowych pomidora wykazali zróżnicowanie we współczynniku kształtu od 0,83 do 1,17, średnio dla badanych odmian współczynnik ten wynosił 1,02. W niniejszym doświadczeniu większość odmian charakteryzowała się kształtem okrągłym o współczynniku kształtu od 0,81 do 0,92. Owoce wydłużone stwierdzono u odmian Sokal F₁, Awizo F₁, Hetman, Mieszko F₁ (współczynnik kształtu odpowiednio 1,06; 1,11; 1,33 oraz 1,39). Zaobserwowano także, że kształt owocu jest silnie dodatnio skorelowany z grubością ściany, a ujemnie z ilością komór (tab. 2).

Tab. 2. Wartości współczynników korelacji pomiędzy badanymi cechami morfologicznymi owocu 12 odmian pomidora przemysłowego

Para zamiennych dla N=108	Współczynnik R Spermans*	t (N-2)	p
Średnia masa owocu i grubość ścian	- 0,126	- 1,31	0,192
Średnia masa owocu i ilość komór	0,108	1,12	0,267
Średnia masa owocu i współczynnik kształtu	- 0,640	- 8,58	0,00000
Grubość ściany i ilość komór	- 0,291	- 3,13	0,002
Grubość ściany i współczynnik kształtu	0,345	3,79	0,0002
Ilość komór i współczynnik kształtu	- 0,505	- 6,02	0,00000

* współczynniki korelacji R są istotne dla $p < 0,05$

Ilość komór decyduje pośrednio o smaku owocu. Im więcej galaretowatej substancji tym owoce są chętniej wybierane przez konsumentów do bezpośredniego spożycia. Współcześnie uprawiane od-

miany, w zależności od przeznaczenia mają owoc 2 lub 3-komorowy, kilkukomorowy lub wielokomorowy [Babik 1997]. W przetwórstwie największą wartość mają owoce dwu- i trzy-komorowe. W niniejszym doświadczeniu większość badanych odmian cechowała się małą liczbą komór, jedynie Babinicz, Hubal, Batory F₁ i Talon odznaczały się największą, zbliżoną do 4. Nie stwierdzono zależności pomiędzy ilością komór w owocu pomidora a jego masą. W badaniach Marković i innych [1997] natomiast wykazano silną dodatnią korelację pomiędzy tymi cechami.

Odmiany przeznaczone do przetwórstwa powinny charakteryzować się owocami o grubszych ścianach obwodowych. Cecha ta jest szczególnie ważna przy zbiorze mechanicznym, gdzie owoce są zbierane kombajnem, zsypywane na przyczepę i łatwo mogą ulec spękaniu i zgnieceniu. Spośród badanych odmian największą grubością ściany charakteryzowały się Mieszko F₁ (7,98 mm) i Hetman (7,36 mm). Wyliczony współczynnik korelacji potwierdził, że owoce o mniejszej ilości komór nasiennych odznaczają się grubszą ścianą obwodową (tab. 2).

WNIOSKI

Stwierdzono istotne różnice w cechach morfologicznych owocu dwunastu badanych odmian pomidora karłowego, które mogą determinować wykorzystanie tych odmian w przetwórstwie. Większość badanych odmian charakteryzowała się owocem o masie przekraczającej 100 g. Wydłużony kształt owocu, pożądaný w przetwórstwie, charakteryzował odmiany Sokal F₁, Awizo F₁, Hetman i Mieszko F₁. Większość badanych odmian charakteryzowała się owocem 2–3 komorowym. Największą grubością ściany charakteryzowały się owoce odmian Mieszko F₁ i Hetman.

Stwierdzono istotne korelacje pomiędzy badanymi cechami morfologicznymi owocu. Współczynnik kształtu był dodatnio skorelowany z grubością ściany owoców, a ujemnie ze średnią masą owocu i ilością komór. Zaobserwowano także ujemną zależność pomiędzy ilością komór i grubością ściany owocu.

LITERATURA

- Babik I. 1997. *Pomidory gruntowe*. PWRiL. Warszawa.
- Rumpel J. 2007. *Uprawa pomidorów polowych*. Plantpress Sp. z o.o. Kraków.
- Bąkowski J. 1999. *Wymagania jakościowe dotyczące warzyw do przetwórstwa*. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny 8(99), 39–41.
- COBORU 2013. *Lista Odmian Roślin Warzywnych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce*. WWW COBORU.pl
- Elkner K., Borowiak J. 1990. *Ocena jakości owoców kilku odmian pomidorów przeznaczonych do przetwórstwa*. Biul. Warzywn. (34), 243–255.
- Jędrszczyk E, Skowera B., Kopcińska J., Ambroszczyk A.M. 2012. *The influence of weather conditions during vegetation period on yielding of twelve determinate tomato cultivars*. Not Bot Horti Agrobo 40(2), 203–209.
- Marković Ž., Zdravković J., Damjanović M. 1997. *Correlation between the morphological characteristics and the biochemical components of tomato fruit quality*. Acta Hort. 462, 151–156.
- Michalska A. 1993. *Hodowla pomidora*. [w:], Niemirowicz-Szczytt K. (red), *Hodowla roślin warzywnych*. SGGW, Warszawa.
- Osińska M., Kołota E., Michalak K. 1998. *Ocena wartości technologicznej wybranych odmian pomidora*. Zesz. Nauk. A.R. w Krakowie (333). Sesja Naukowa (57), 57–261.
- Sestraş A., Jidavu M., Sestraş R., Apahidean M., Hârşan E., Tămaş E., Gao Y. 2006. *The response of several tomato cultivars for processing in Central Transylvania conditions. II. Fruit quality*. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj, XXXIV, 62–68.
- World Processing Tomato Council <http://www.wptc.to/index.aspx>.
- Zalewska-Korona M., Jabłońska-Ryś E. 2009. *Content of biological active compounds occurring in field grown tomatoes derived from new breeding lines*. Bromat. Chem. Toksykol. XLII (3), 865–869.
- Zalewska-Korona M., Jabłońska-Ryś E. 2012. *Ocena przydatności do przetwórstwa owoców wybranych odmian pomidora gruntowego*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 2(81), 77–87.

Adres do korespondencji:

Elżbieta Jędrszczyk, Anna M. Ambroszczyk
Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich
Uniwersytet Rolniczy,
Al. 29 listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: e.jedrszczyk@ogr.ur.krakow.pl

Doświadczenie realizowane w ramach projektu badawczego „Ocena jakości wybranych gatunków warzyw jako ważnych elementów żywności funkcjonalnej” zadania badawczego: „Ocena jakości wybranych odmian pomidora pod względem przydatności do przetwórstwa” finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa HOR hn – 078 dec/3/10 (2008, 2010).

**WPLYW KRÓTKOTRWAŁEGO PRZECHOWYWANIA
NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI ANTYOKSYDACYJNE
OWOCÓW PAPRYKI (*CAPSICUM ANNUUM* L.)
W RÓŻNYCH STADIACH DOJRZAŁOŚCI**

**EFFECT OF SHORT-TERM STORAGE ON THE SELECTED
ANTIOXIDANT PROPERTIES OF SWEET PEPPERS FRUITS
(*CAPSICUM ANNUUM* L.) AT DIFFERENT
MATURITY STAGES**

Abstrakt. Papryka słodka (*Capsicum annuum* L.) odmiany Spartacus F₁ była uprawiana przez trzy sezony wegetacyjne (2006–2008) w tunelu foliowym przy zastosowaniu wełny mineralnej jako podłoża. Przeznaczone do analiz laboratoryjnych owoce zbierano w trzech stadiach dojrzałości: zielone, przebarwiające się (określone jako „brunatne”) i w pełni dojrzałe (czerwone). Owoce analizowano bezpośrednio po zbiorze i po krótkotrwałym (dwa tygodnie) przechowywaniu w niskiej temperaturze (5–8°C), przedłużonym o dwa dni przetrzymywania ich w temperaturze pokojowej (20–22°C). Krótkotrwałe przechowywanie spowodowało znaczny wzrost składników fenolowych w owocach przebarwiających się, nie obserwowano jednak istotnych zmian w tkance zielonych i czerwonych owoców. Podczas przechowywania następował istotny wzrost aktywności antyrodnikowej w przypadku owoców w pełni dojrzałych, natomiast istotny wzrost hamowania peroksydacji lipidów stwierdzono niezależnie od fazy dojrzałości.

Słowa kluczowe: papryka słodka, związki fenolowe, aktywność antyoksydacyjna, przechowywanie

Summary. Three-year experiment (2006–2008) with sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) of Spartacus F₁ cultivar which was grown on rockwool in plastic foil high tunnel was carried out. Fruits for laboratory analyses were harvested in three maturity stages: green, turning (described as “brownish”), and fully ripe (red) ones. Pepper fruits were analyzed after harvesting and after short-term (two weeks) storage at low temperature (5–8°C) followed by two days of room temperature (20–22°C) treatment. Short-term storage caused considerable increase of phenolics in fruits of turning phase, however, no significant changes in these compounds were observed either in green or in red fruit tissue. During storage radical scavenging activity increased significantly only in the case of fully ripened fruits, while significant increase of inhibition of lipid peroxidation was observed irrespectively to maturity stage of pepper fruits.

Key words: sweet pepper, phenolics, antioxidant activity, storage

WSTĘP

Papryka roczna charakteryzuje się bogatym składem związków ważnych w diecie człowieka. W jej owocach znajduje się przede wszystkim duża zawartość kwasu askorbinowego. Oprócz tego jest źródłem barwników karotenoidowych: beta-karotenu, beta-kryptoksantyny, likopenu, luteiny, zeaksantyny oraz charakterystycznych tylko dla gatunków *Capsicum* kapsantyny i kapsorubiny [Minguez-Mosquera i Hornero-Mendez 1994]. Ponadto w owocach papryki stwierdzono obecność witaminy E [Koch i in. 2002], związanej podobnie jak karotenoidy z fazą lipofilową. W tkance owoców papryki znajdują się także związki fenolowe. Wszystkim wymienionym powyżej związkom przypisywane są właściwości antyoksydacyjne, które ograniczają ryzyko wystąpienia groźnych chorób cywilizacyjnych, takich jak choroby układu krążenia, nowotwory, choroba Parkinsona czy Alzheimerera [Temple 2000, Ono i in. 2006, Serafini 2006].

Owoce po zbiorze podlegają dalszym procesom dojrzewania, które kończą się wraz z rozpoczęciem starzenia się tkanek. W przypadku owoców papryki obserwuje się to zjawisko w owocach zielonych, przebarwiających się jak też całkowicie wybarwionych. Efektem jest zmiana zabarwienia owoców, (szczególnie widoczna w owocach zielonych) i wzrost wycieku jonów wywołany degradacją błon komórkowych [Jimenez i in. 2003]. Utrata wody i zmiany zachodzące w ścianach komórkowych doprowadzają do mięknięcia owoców. Przemiany dotyczą też składu chemicznego owoców. Najczęściej dochodzi w nich do obniżenia zawartości cukrów, akumulacji barwników, związków fenolowych, wzrostu stężenia kwasu askorbinowego [Camejo i in. 2010].

Celem prezentowanej pracy było przebadanie wybranych parametrów antyoksydacyjnych takich jak związki fenolowe (suma, pochodne kwasu cynamonowego, flawonole i antocyjany) oraz aktywność antyoksydacyjna owoców papryki podczas ich krótkotrwałego przechowywania, w warunkach powszechnie stosowanych w transporcie, handlu i gospodarstwach domowych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny wykorzystany w doświadczeniu stanowiły owoce papryki odmiany Spartakus F₁. Rośliny uprawiano przez trzy sezony

wegetacyjne (2006–2008), w tunelu foliowym na wełnie mineralnej zastosowanej jako podłoże, w systemie fertygacyjnym zaopatrzonym w sterowany komputerem mieszalnik nawozowy, z możliwością regulacji temperatury w podłożu. Składniki pokarmowe dostarczane były w formie pożywki za pomocą kapilar umieszczonych w matach. W czasie trwania uprawy wykonywano na bieżąco niezbędną pielęgnację i kontrolę roślin.

Materiał do analiz stanowiły owoce papryki zbierane z wysokości czwartego piętra, pobierane w trzech fazach dojrzałości fizjologicznej: jako zielone (I stadium; po średnio 88 dniach od momentu wysadzenia rozsady), przebarwiająca się (II stadium; po 90 dniach) i czerwone (III stadium; po 95 dniach). Zebrany materiał segregowano na klasy według zaleceń opracowanych przez główny Inspektorat Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa (2005). Do analiz wykorzystywano owoce zakwalifikowane do klasy I, z których wybierano losowo 30 sztuk. Połowę z nich przeznaczano do analiz wykonanych bezpośrednio po zbiorze, pozostałe umieszczano w perforowanych woreczkach foliowych i przechowywano w chłodni w temperaturze 5–8°C, w warunkach wilgotności względnej 80–85%. Po tym okresie owoce przenoszono na dwa dni do pomieszczenia o temperaturze 20–22°C. Dwutygodniowe przechowywanie owoców w chłodni i dodatkowe ich przetrzymywanie w temperaturze pokojowej przez dwa kolejne dni miało na celu symulowanie warunków typowych dla obrotu handlowego.

Po usunięciu gniazd nasiennych i rozdrobnieniu tkanki owocu, sporządzano naważki, które przechowywano w temperaturze -32°C do czasu wykonania analiz biochemicznych. Zawartość składników fenolowych oznaczono w oparciu o metodę spektrofotometryczną [Fukumoto i Mazza 2000], polegającą na wykorzystaniu zróżnicowanych wartości maksimum absorpcji dla sumy polifenoli (280 nm), fenylopropanoidów (320 nm), flawonoli (360 nm) i antocyjanin (520 nm), stosując odpowiednio jako standardy kwas chlorogenowy, kwas kawowy, kwercetynę i cyjanidynę.

Aktywność antyrodnikową (RSA) oznaczono w oparciu o metodę polegającą na neutralizacji stabilnego wolnego rodnika DPPH (1,1-difenylo-2-pikrylohydrazyl) przez ekstrakty tkanki owoców, sporządzone w 80% metanolu [Pekkarinen i in. 1999]. Do oznaczenia zdefini-

owanej jako całkowita aktywność antyoksydacyjna (TAA) zdolności hamowania peroksydacji lipidów przez ekstrakty roślinne zastosowano metodę opracowaną przez Toivonena i Sweeneya [1998].

Przedstawione w niniejszej pracy wyniki stanowią średnie wartości z trzech lat badań, obliczone osobno dla owoców zebranych w różnych fazach fizjologicznej dojrzałości. We wszystkich biochemicznych analizach wykonanych w 3 powtórzeniach (z wyjątkiem metody TAA gdzie zastosowano 4 powtórzenia) zastosowano weryfikację statystyczną przy użyciu testów t-Studenta, Duncana i NIR Fischera przy prawdopodobieństwie 0,05.

WYNIKI I DISKUSJA

W owocach analizowanych po zbiorze można stwierdzić istotnie wyższą zawartość związków fenolowych, tak sumy jak też poszczególnych frakcji w owocach w pełni dojrzałych (czerwonych) w porównaniu z zielonymi i przebarwiającymi się (tab. 1). Dwutygodniowe traktowanie owoców niską temperaturą, uzupełnione dwudniowym przechowywaniem w temperaturze pokojowej, spowodowało istotny wzrost polifenoli tylko w owocach przebarwiających się.

Zawartość polifenoli oznaczona dla poszczególnych frakcji (fenylopropanoidy, flawonole i antocyjaniny) kształtowała się na podobnym poziomie i stanowiła zazwyczaj kilkanaście procent sumy (tab. 1), jedynie w przechowywanych owocach przebarwiających się i owocach czerwonych, świeżo zebranych oraz przechowywanych udział fenylopropanoidów i antocyjanin był nieco wyższy (około 20%).

Aktywność antyrodnikowa, oznaczona metodą DPPH i wyrażona jako procent neutralizacji wolnego rodnika (ryc. 1) była wysoka (od 46,9 do 77,2%) i różniła się istotnie w zależności od stanu fizjologicznego zebranych owoców, w owocach przebarwiających się i czerwonych była znacznie wyższa niż w zielonych. Wzrost aktywności antyrodnikowej pod wpływem przechowywania obserwowano tylko w przypadku owoców w pełni dojrzałych.

Całkowita aktywność antyoksydacyjna (TAA) wyrażona jako zdolność hamowania peroksydacji kwasu linolowego była stosunkowo wysoka (od 35,4 do 58,4%). W miarę dojrzewania papryki wartość ta, oznaczana bezpośrednio po zbiorze, wykazywała ten-

dencję niższą, jakkolwiek różnicę istotną statystycznie notowano jedynie pomiędzy owocami zielonymi i czerwonymi (ryc. 2). Krótkotrwałe przechowywanie spowodowało wzrost TAA, niezależnie od stadium fizjologicznego owoców.

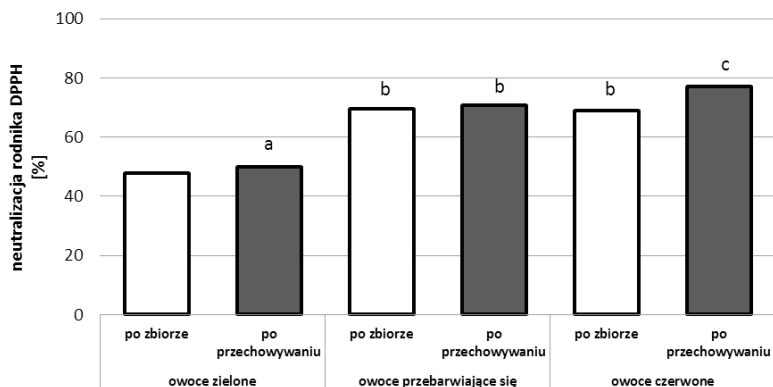
Tab. 1. Zawartość związków fenolowych w owocach papryki w różnych stadiach dojrzałości, po zbiorze i po przechowywaniu

		zawartość związków fenolowych [mg · 100g ⁻¹ ś.m.]			
		suma fenoli	fenylopropanoidy	flawonole	antocyjany
owoce zielone	po zbiorze	41,3 a*	6,8 a (16%)**	6,6 a (16%)	7,6 a (18%)
	po przechowywaniu	43,6 ab	7,7 a (18%)	6,9 a (16%)	7,6 a (17%)
owoce przebarwiające się	po zbiorze	43,9 ab	6,9 a (16%)	7,0 a (16%)	8,2 ab (19%)
	po przechowywaniu	75,1 d	14,9 c (20%)	14,5 b (19%)	14,8 c (20%)
owoce czerwone	po zbiorze	51,4 bc	9,7 b (19%)	8,4 a (16%)	9,6 b (19%)
	po przechowywaniu	52,1 c	9,7 b (19%)	7,1 a (14%)	9,1 ab (17%)
	średnie po zbiorze	45,5 a	7,8 a (17%)	7,3 a (16%)	8,5 a (19%)
	średnie po przechowywaniu	56,9 b	10,8 b (19%)	9,5 b (17%)	10,5 b (18%)

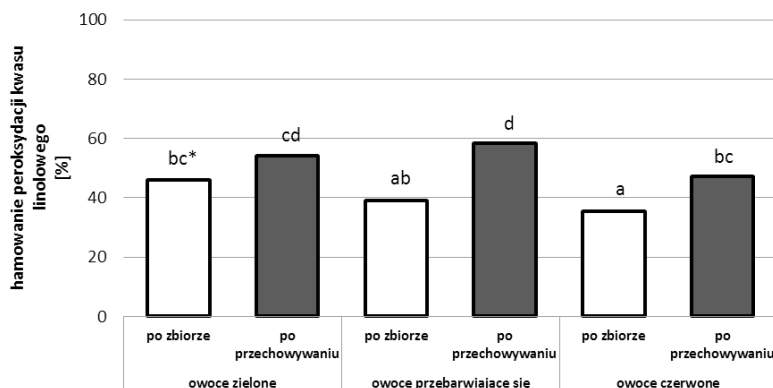
* takie same litery oznaczają brak istotnie statystycznych różnic pomiędzy średnimi przy $p = 0,05$; ** wartość w nawiasie wyraża procentowy udział danej frakcji fenoli w całkowitej ich zawartości (oznaczonej jako suma fenoli)

Owoce papryki charakteryzują się szerokim spektrum składników fenolowych. Jak donoszą Marin i in. [2004] zidentyfikowano w nich 5 kwasów hydroksycynamonowych (głównie kumarowy, kawowy i cynamonowy) i 23 związki należące do flawonoidów, wśród

których dominuje kwercetyna i luteolina [Materska i in. 2003]. Posiadają one wysoką antyoksydacyjną aktywność, zdeterminowaną ich strukturą chemiczną (wysoka liczba grup hydroksylowych, szczególnie w pierścieniu B flawonoidów) [Silva i in. 2000, Foti i in. 1996]. Oznaczone w prezentowanej pracy związki fenolowe należące do pochodnych kwasu cynamonowego, flawonoli i antocyjanin można uważać więc za dobre przeciwutleniacze.



Ryc. 1. Aktywność antyrodnikowa w owocach papryki wyrażona jako procent neutralizacji rodnika DPPH; * takie same litery oznaczają brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy obiektami (przy $p = 0,05$)



Ryc. 2. Całkowita aktywność antyoksydacyjna (TAA) wyrażona jako zdolność hamowania peroksydacji kwasu linolowego; * takie same litery oznaczają brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy obiektami (przy $p = 0,05$)

Zawartość poszczególnych składników fenolowych kształtowała się na podobnym poziomie i stanowiła zazwyczaj kilkanaście procent sumy. Poziom polifenoli, analizowany bezpośrednio po zbiorze, oznaczony w owocach zielonych i przebarwiających się nie różnił się istotnie, zaś akumulację tych związków notowano w owocach czerwonych.

Nie stwierdzono korelacji pomiędzy zawartością składników fenolowych a zdolnością neutralizacji wolnego rodnika: obserwowany wysoki współczynnik regresji pomiędzy tymi parametrami notowany przez Velioglu i in. [1998] nie zawsze znajduje potwierdzenie [Kahkonen i in. 1999, Cox i in. 2003, Zhang i Hamauzu 2003]. Wysokie wartości antyrodnikowej aktywności jak też zdolności hamowania peroksydacji lipidów oznaczone w prezentowanej pracy, mogły wynikać z obecności innych przeciwutleniaczy, jak na przykład kwas askorbinowy.

Oddziaływanie niskiej temperatury na owoce papryki podczas dwutygodniowego przechowywania można potraktować jako stres termiczny, który wywołuje produkcję aktywnych form tlenu [Grace 2005], co pociąga za sobą uruchomienie mechanizmu obronnego polegającego na syntezie niskocząsteczkowych antyoksydantów, jak też zwiększonej aktywności antyoksydacyjnych enzymów [Connor i in. 2002]. Wzrost składników fenolowych w wyniku krótkotrwałego przechowywania warzyw w niskiej temperaturze obserwowano w sałacie [Leja i in. 1994] i brokule [Starzyńska i in. 2003]. Jak stwierdzono powyżej, wrażliwością na traktowanie niską temperaturą charakteryzowały się jedynie owoce papryki fazy przebarwiającej się, w których obserwowano wyraźny wzrost poziomu polifenoli w wyniku przechowywania.

Poza wzrostem antyrodnikowej aktywności w owocach czerwonych poddanych przechowywaniu nie stwierdzono wpływu oddziaływania niskiej temperatury na ich antyrodnikową aktywność, obserwowano natomiast wyższą zdolność hamowania peroksydacji kwasu linolowego w przechowywanych owocach, niezależnie od fazy ich dojrzałości. Prawdopodobnie odpowiedzialnymi za wartość TAA są inne niż fenolowe niskocząsteczkowe antyoksydanty.

Reasumując, owoce papryki poddane dwutygodniowemu przechowywaniu w chłodni i dodatkowemu dwudniowemu traktowaniu temperaturą pokojową, zachowały wysoką wartość biologiczną i dietetyczną określoną jako zdolność antyoksydacyjna, niezależnie od fazy ich dojrzałości fizjologicznej w momencie zbioru plonu.

WNIOSKI

Krótkotrwałe przechowywanie owoców spowodowało znaczny wzrost składników fenolowych w owocach przebarwiających się.

Podczas przechowywania nastąpił istotny wzrost aktywności antyrodnikowej w przypadku owoców w pełni dojrzałych.

Istotny wzrost hamowania peroksydacji lipidów nastąpił niezależnie od fazy dojrzałości owoców papryki.

LITERATURA

- Camejo D, Marti M. C., Roman P., Ortiz A., Jimenez A. 2010. *Antioxidant System and Protein Pattern in Peach Fruits of Two Maturation Stages*. J. Agric. Food Chem. 58, 11140–11147.
- Connor A., Luby J. J., Hancock J. F., Berkheimer S., Hanson E. J. 2002. *Changes in Fruit Antioxidant Activity among Blueberry Cultivars during Cold-Temperature Storage*. J. Agric. Food Chem. 50, 893–898.
- Cox S. E., Stushnoff C., Sampson D. A. 2003. *Relationship of Fruit Colour and Light Exposure to Lycopene Content and Antioxidant Properties of Tomato*. Can. J. Plant Sci. 83, 913–919.
- Foti M., Piattelli M., Baratta M. T., Ruberto G. 1996. *Flavonoids, Coumarins, and Cinnamic Acids as Antioxidants in a Micellar System. Structure-Activity relationship*. J. Agric. Food Chem. 44, 497–501.
- Fukumoto L. R., Mazza G. 2000. *Assessing Antioxidant and Prooxidant Activities of Phenolic Compounds*. J. Agric. Food Chem. 48, 3597–3604.
- Grace N. 2005. *Phenolics as Antioxidants. Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants* (ed. N. Smirnoff). Blackwell Publishing Ltd. Oxford UK. 141–169.
- Jimenez A., Romojaró F., Gomez J. M., Llanos M. R., Sevilla F. 2003. *Antioxidant Systems and Their Relationship with the Response of Pepper Fruits to Storage at 20°C*. J. Agric. Food Chem. 51, 6293–6299.
- Kahkonen M. P., Hopia A. I., Vuorela H. J., Rauha J. P., Pihlaja K., Kajula T. S. 1999. *Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds*. J. Agric. Food Chem. 47, 3954–3962.
- Koch M., Arango Y., Mock H., Heise H. 2002. *Factors Influencing α -Tocopherol Synthesis in Pepper Fruits*. J. Plant Physiol. 159, 1015–1019.
- Leja M., Rożek S., Myczkowski J. 1994. *The Effect of Fertilization with Different Forms of Nitrogen on Greenhouse Lettuce Quality and Its Changes during Storage. III. Phenolic Metabolism*. Folia Hort. VI/1, 63–72.

- Marin A., Ferreres F., Tomas-Barberan F.A., Tomas-Berberan F., Gil M. I. 2004. *Characterization and Quantitation of Antioxidant Constituents of Sweet Pepper (Capsicum annuum L.)*. J. Agric. Food Chem. 52, 3861–3869.
- Materska M., Piacente S., Stochmal A., Pizzi C., Oleszek W., Perucka I. 2003. *Isolation and Structure Elucidation of Flavonoid and Phenolic Acid Glycosides from Pericarp of Hot Pepper Fruit (Capsicum annuum L.)*. Phytochemistry 63, 893–898.
- Minguez-Mosquera M. I., Hornero-Mendez D. 1994. *Comparative Study of the Effect of Paprika Processing on the Carotenoids in Peppers (Capsicum annuum) of the Bola and Agridulce Varieties*. J. Agric. Food Chem. 42 1555–1560.
- Ono K., Hamaguchi T., Naiki H., Yamada M. 2006. *Anti-amyloidogenic Effects of Antioxidants: Implications for the Prevention and Therapeutics of Alzheimer's Disease*. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular Basis of Disease 1762, 575–586.
- Pekkarinen S. S., Stockmann H., Schwarz K., Heinonen M., Hopia A. I. 1999. *Antioxidant Activity and Partitioning of Phenolic Acids in Bulk and Emulsified Methyl Linoleate*. J. Agric. Food Chem. 48, 3036–3043.
- Serafini M. 2006. *The Role of Antioxidants in Disease Prevention*. Medicine 34, 533–535.
- Silva F. A. M., Borges F., Guimaraes C., Lima J. L. F. C., Matos C., Reis S. 2000. *Phenolic Acids and Derivatives: Studies on the Relationship among Structure, Radical Scavenging Activity, and Physicochemical Parameters*. J. Agric. Food Chem. 48, 2122–2126.
- Starzyńska A., Leja M., Mareczek A. 2003. *Physiological Changes in the Antioxidant System of Broccoli Flower Buds Senescing during Short-term Storage, Related to Temperature and Packaging*. Plant Sci. 165, 1387–1395.
- Temple N. 2000. *Antioxidants and Disease: More Questions than Answers*. Nutrition Research. 20, 449–459.
- Toivonen P. M. A., Sweeney M. 1998. *Differences in Chlorophyll Loss at 13°C for Two Broccoli Cultivars Associated with Antioxidant Enzyme Activities*. J. Agric. Food Chem. 46, 20–24.
- Velioglu Y. S., Mazza G., Gao L., Oomah B. D., 1998. *Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products*. J. Agric. Food Chem. 46, 4113–4117.
- Zhang D., Hamauzu Y. 2003. *Phenolic Compounds, Ascorbic Acid, Carotenoids and Antioxidant Properties of Green, Red and Yellow Bell Peppers*. Food, Agric. Environ. 1, 22–27.

Adres do korespondencji:

Iwona Kamińska
Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków
e-mail: i.kaminska@ogr.ur.krakow.pl

Prezentowane wyniki uzyskano w czasie realizacji projektu
badawczego finansowanego przez MNiSW o numerze 2 P06R 021 30

**WPŁYW MIKORYZY NA WZROST I ROZWÓJ
POMIDORA UPRAWIANEGO NA WEŁNIE
MINERALNEJ I MATACH KOKOSOWYCH**

THE EFFECT OF ARBUSCULAR MYCORRHIZA
ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF TOMATO PLANT
GROWN IN COCONUT AND ROCKWOOL

Abstrakt. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu arbuskularnych grzybów mikoryzowych oraz zróżnicowanego poziomu fosforu w pożywce (15 lub 50 mg dm⁻³), na wzrost i rozwój pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) uprawianego w wełnie mineralnej i na matach kokosowych. Doświadczenie przeprowadzono w tunelu foliowym wyposażonym w rynny uprawowe. Inokulację roślin przeprowadzono poprzez wprowadzenie do podłoża gotowej szczepionki zawierającej grzyby z rodzaju *Glomus* (m.in. *G. mosesa*, *G. intraradices*). Od fazy kwitnienia pierwszego grona do momentu ogłowienia roślin wykonywano pomiary biometryczne obejmujące: wysokość roślin, liczbę gron oraz średnicę łodygi pod ostatnim kwitnącym gronem. Pomiary wykonywano w odstępach tygodniowych każdorazowo na tych samych trzech roślinach w powtórzeniu. Tydzień po ogłowieniu roślin wykonano oznaczenie pokrycia wskaźnika liściowego LAI (*Leaf Area Index*). Mikoryzacja roślin pomidora nie miała wpływu na wzrost i rozwój roślin wyrażony średnicą pędu, powierzchnią liści i liczbą gron. Rodzaj podłoża oraz poziom fosforu w pożywce nie wpłynął na parametry biometryczne. Zaznaczyła się jedynie tendencja potwierdzona statystycznie w jednym terminie pomiaru większej średnicy pędu u roślin rosnących na wełnie mineralnej niż matach kokosowych.

Słowa kluczowe: *arbuskularne grzyby mikoryzowe, fosfor, LAI, Lycopersicon esculentum, wysokość roślin*

Summary. The aim of the study was to determine the effect of arbuscular mycorrhizal fungi and different phosphorus concentration in nutrient solution (15 lub 50 mg dm⁻³) on growth and development of tomato plants grown in soilless culture system using coconut and rockwool as a growing medium. The experiment was carried out in a tunnel. Commercial inoculum containing *Glomus sp.* was applied to growing media. From time of first

flowering until plant pruning there were three parameters measured: plant height, number of clusters per plant and shoot diameter below last flowering cluster. The measurement were carried out in one week intervals on the same, three plants in each repetition. One week after plants' pruning the LAI (Leaf Area Index) was determined. The results showed that arbuscular mycorrhiza did not have a significant effect on all measured parameters. However in one term of measurement there were a tendency to higher diameter of shoot of plants grown in rockwool than coconut.

Key words: *arbuscular mycorrhizal fungi, phosphorus level, LAI, Lycopersicon esculentum, plant growth*

WSTĘP

Arbuskularne grzyby mikoryzowe (AGM) należą do najbardziej rozpowszechnionych niepatogenicznych grzybów glebowych. Żyją one w symbiozie z około 90% roślin naczyniowych, w tym w dużej części z roślinami uprawnymi [Baslam i in. 2011]. Symbioza ta (mikoryza) zlokalizowana jest w korzeniach roślin lub w strukturach pełniących rolę korzeni. Strzępki grzybów mikoryzowych zwiększają powierzchnię chłonną korzeni, co wpływa na wzrost zaopatrzenia roślin w składniki mineralne i wodę. Tahat i inni [2008] wykazali ponad dwukrotny wzrost długości, powierzchni i objętości korzeni pomidora zainokulowanego arbuskularnymi grzybami *Glomus mosseae* w stosunku do roślin kontrolnych, tj. nieinokulowanych. Korzyści wynikające z mikoryzy to także wzrost odporności roślin na działanie biotycznych i abiotycznych czynników stresowych, w tym metali ciężkich, suszy, zasolenia. Grzyby oddziałują również stymulująco na hormony regulujące wzrost roślin oraz zwiększają tempo fotosyntezy poprzez wzmożenie pobierania CO₂ przez korzenie [Al-Karaki 2006]. Reakcje te wpływają na lepszy wzrost i plonowanie roślin [Dasgan i in. 2008].

Możliwość kolonizacji korzeni roślin przez arbuskularne grzyby mikoryzowe warunkowana jest między innymi niską koncentracją fosforu w środowisku korzeniowym roślin [Cwala i in. 2010; Ikiz i in. 2009; Ryan i Graham 2002]. Łatwa przyswajalność fosforu limituje kolonizację korzeni roślin przez AGM, co w konsekwencji nie powoduje korzyści z mikoryzy. Cwala i inni [2010] podają, że utrzymywanie niskiego stężenia fosforu w środowisku korzeniowym roślin jest

szczególnie istotne w uprawach hydroponicznych, gdzie składnik ten występuje w formach łatwo przyswajanych.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu arbuskularnych grzybów mikoryzowych oraz zróżnicowanego poziomu fosforu w pożywce na wzrost i rozwój pomidora uprawianego w wełnie mineralnej i na matach kokosowych

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w sezonie wiosenno-letnim 2012 roku w tunelu foliowym Wydziału Ogrodniczego UR w Krakowie. Obiektem badań był pomidor (*Lycopersicon esculentum* Mill.) odmiany Admiro F₁ uprawiany w rynnach podpartych wypełnionych podłożem. Badano wpływ zróżnicowanego poziomu fosforu w pożywce, sztucznej inokulacji szczepionką mikoryzową oraz rodzaju podłoża na wzrost i rozwój roślin. Czynnikiem doświadczenia było: stężenie fosforu w pożywce (15 lub 50 mg dm⁻³), arbuskularne grzyby mikoryzowe lub brak (+AGM/-AGM) oraz rodzaj podłoża (wełna mineralna Grotop Master Dry lub maty kokosowe GrowConcept). Badania prowadzono w układzie trzyczynnikowym, w którym wyróżniono dwa podbloki ze zróżnicowaną zawartością fosforu w pożywce (pierwszy czynnik). W obrębie każdego podbloku zastosowano dwa podłoża (drugi czynnik), na których rosły pomidory poddane inokulacji przez AGM lub nie (trzeci czynnik). Każda kombinacja doświadczalna (8 obiektów, tj. dwa poziomy P x dwa podłoża x inokulacja AGM lub brak) znajdowała się w trzech powtórzeniach. Powtórzenie obejmowało 15 roślin. Pomidory rosły w zagęszczeniu 2,5 roślin na m². Rośliny prowadzono na jeden pęd, a ogławianie wykonano nad 7 gronem.

Inokulację roślin przeprowadzono poprzez wprowadzenie do podłoża gotowej szczepionki zawierającej grzyby z rodzaju *Glomus* (m.in. *G. mosesa*, *G. intraradices*). Zabieg ten wykonano w czasie sadzenia roślin na miejsce stałe, tj. do mat uprawowych. Inokulację powtórzono dwukrotnie w odstępach dwutygodniowych licząc od pierwszego zabiegu. Odczyn pożywki oraz zawartość składników pokarmowych z wyjątkiem fosforu dla wszystkich roślin utrzymywano na tym samym poziomie dostosowanym zarazem do fazy wzrostu roślin (mg dm⁻³), tj. N 180, K 300, Ca 180, Mg 50, Fe 1,50, Mn 0,6, Zn

0,5, B 0,33, Cu 0,1 (faza pełnego plonowania) [Adamicki i in. 2005].

Od fazy kwitnienia pierwszego grona do ogłowienia roślin, które wykonano w jednym terminie dla wszystkich roślin w odstępach tygodniowych prowadzono pomiary biometryczne obejmujące: wysokość roślin, liczbę gron oraz średnicę łodygi pod ostatnim kwitnącym gronem (siedem pomiarów: I – 04.04, II – 11.04, III – 18.04, IV – 25.04, V – 02.05, VI – 09.05, VII – 16.05) każdorazowo na tych samych trzech roślinach w powtórzeniu. Tydzień po ogłowieniu roślin wykonano oznaczenie wskaźnika pokrycia liściowego LAI (*Leaf Area Index*) czyli stosunku sumarycznej powierzchni liści na roślinie do powierzchni przez nią zajmowanej. Powierzchnia liści została określona na podstawie fotografii liści, które analizowano wykorzystując program komputerowy KSRUN 3.0 IC Windows Release 3.0 firmy Carl Zeiss Visio GmbH. Mierzono powierzchnię dwóch liści na roślinie, tj. liść pod i nad pierwszym gronem, na trzech roślinach z powtórzenia. Uzyskaną średnią powierzchnię pojedynczego liścia mnożono przez ilość liści na roślinie.

Analizę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono metodą analizy wariancji dla układu trzyczynnikowego wykorzystując test Duncana. Obliczenia statystyczne uzyskanych wyników wykonano za pomocą programu Statistica 10.0 PL. Wyniki przedstawiono jako średnie z każdego powtórzenia, oddzielnie dla każdego terminu pomiaru. Różnice uznano za istotne przy $p < 0,05$.

WYNIKI I Dyskusja

W tabelach 1–3 przedstawiono wyniki wysokości roślin, liczby gron oraz średnicy łodygi mierzonej pod ostatnim kwitnącym gronem z siedmiu pomiarów, wykonywanych w odstępach tygodniowych.

Wysokość roślin. W fazie rozpoczęcia pomiarów (faza kwitnienia pierwszego grona) średnia wysokość roślin wynosiła 56,7 cm, natomiast w fazie ogławiania roślin (ostatni termin pomiaru) 161,7 cm (tab. 1). W żadnym terminie pomiarów nie wykazano wpływu czynników doświadczenia na wysokość roślin. Wyjątek stanowiły terminy 11.04 oraz 16.05 (drugi i ostatni termin). W terminie 11.04 istotnie wyższą wysokość osiągnęły rośliny rosące na wełnie mineralnej w porównaniu do roślin na matach kokosowych, odpowiednio

76,5 i 73,6 cm. W ostatnim terminie pomiaru odnotowano odwrotną zależność – wyższe były rośliny uprawiane na matach kokosowych (163,5 cm) niż na wełnie mineralnej (159,8 cm). We wszystkich terminach pomiarów nie wykazano wpływu zastosowania sztucznej inokulacji na wzrost roślin. Zaznacza się jedynie tendencja do większej wysokości roślin, które były poddane mikoryzacji. Podobnie Davies i Linderman [1991] w uprawie papryki w kulturze piaskowej nie odnotowali zróżnicowania wysokości roślin zamikoryzowanych i nieinokulowanych.

Arbuskularne grzyby mikoryzowe zwiększają powierzchnię chłonną korzeni roślin gospodarza, przez co pobieranie wody i składników pokarmowych jest bardziej efektywne. Niejednokrotnie wykazano wzrost zaopatrzenia roślin w fosfor w obecności AGM co spowodowane było wzrostem powierzchni chłonnej korzeni oraz rozpuszczalności przez enzymy grzybów niedostępnych lub trudno dostępnych form fosforu. Dzięki mikoryzie zaopatrzenie roślin w fosfor i inne makro- i mikroelementy może być wyższe nawet kilka razy [Karandshov i Bucher 2005; Karagiannidis i in. 2007]. Dobre zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe ma konsekwencje nie tylko w plonowaniu roślin, ale również w wielu parametrach biometrycznych roślin takich jak: wysokość roślin, powierzchnia liści, liczba kwiatów, owoców oraz nasion [Bolandnazar i in. 2007; Yaseen i in. 2012]. Schmidt i inni [2010] w uprawie aksamitki w perlicie w warunkach zróżnicowanej zawartości P w pożywce wykazali ograniczający wpływ stężenia fosforu na kolonizację korzeni roślin przez trzy gatunki grzybów z rodzaju *Glomus* (*G. etunicatum*, *G. intraradices*, *G. claroideum*). Rośliny otrzymujące obniżoną o 25% i 50% dawkę fosforu w stosunku do kontroli, którą była pożywka Hoaglanda charakteryzowały się frekwencją mikoryzową na poziomie około 30% oraz obfitością arbuskul w przedziale 15–20%. Zasilanie roślin pełną pożywką Hoaglanda oraz pożywką o podwojonym stężeniu P spowodowało znaczące zahamowanie rozwoju mikoryzy w korzeniach aksamitki. Pomimo zróżnicowania zasiedlenia roślin przez AGM autorzy nie wykazali zróżnicowania we wzroście roślin.

Liczba gron. Liczba wykształconych przez roślinę gron jest ważnym parametrem determinującym wielkość plonu. W przeprowadzonym doświadczeniu we wszystkich terminach pomiarów nie wykazano

wpływu czynników doświadczenia na liczbę wykształconych gron (tab. 2). Odmienne rezultaty uzyskali Yaseen i inni [2012] w tradycyjnej uprawie ciecierzycy. Autorzy wykazali, że rośliny, które poddano sztucznej inokulacji charakteryzowały się większą liczbą strąków w porównaniu do roślin kontrolnych, tj. nieinokulowanych, co mogło być spowodowane zwiększeniem dostępności dla roślin trudno rozpuszczalnych form fosforu. Fosfor jest niezbędnym pierwiastkiem w procesie kwitnienia i owocowania roślin. Schmidt i inni [2010] uzyskali czterokrotnie większą liczbę kwiatów u aksamitki zasilanej pożywką Hoaglanda o podwojonej koncentracji fosforu w porównaniu do roślin zasilanych pożywką o obniżonej do 25% standardowej zawartości tego makroskładnika w pożywce Hoaglanda.

Średnica łodygi. W dwóch terminach wykonywania pomiarów, tj. 18.04. i 02.05. (drugi i czwarty termin pomiaru) wykazano istotny wpływ czynników doświadczenia na średnicę łodygi mierzoną pod ostatnim kwitnącym gronem (tab. 3). W terminie 18.04. większą średnicą charakteryzowały się rośliny uprawiane na wełnie mineralnej (1,03 cm) w porównaniu do roślin rosnących na matach kokosowych (0,77 cm). Natomiast w terminie 02.05. jedynie poziom fosforu w pożywce różnicował średnicę pędu. Rośliny, które otrzymywały pożywkę o obniżonej koncentracji fosforu (15 mg dm^{-3}) miały mniejszą średnicę łodygi (1,10 cm) w porównaniu do roślin otrzymujących w pożywce standardową zawartość tego makroskładnika (50 mg dm^{-3} ; 1,25 cm). W terminie tym ponadto wykazano istotną interakcję czynników doświadczenia na średnicę pędu (tab. 3). Największą średnicą charakteryzowały się rośliny mikoryzowane, uprawiane w matach kokosowych, które otrzymywały pożywkę o wyższej koncentracji fosforu (1,41 cm), natomiast najmniejszą rośliny niemikoryzowane, otrzymujące pożywkę o obniżonej zawartości P, uprawiane w matach kokosowych (1,04 cm).

Powierzchnia liści oraz współczynnik LAI. Średnia powierzchnia pojedynczego liścia pomidora wynosiła 1193 cm^2 (tab. 4). Zastosowane czynniki doświadczenia nie miały wpływu na powierzchnię liści. Wyniki te są zgodne z otrzymanymi przez Schmidt i innych [2010], którzy także nie wykazali wpływu inokulacji grzybami arbuskularnymi na powierzchnię liści aksamitki. Autorzy wykazali jednak, że bez względu na stopień zamikoryzowania korzeni roślin większą powierzchnię liści wytworzyły rośliny otrzymujące pożywkę

o standardowej i podwojonej koncentracji fosforu. W warunkach obniżonej zawartości fosforu w pożywce, pomimo uzyskania istotnie wyższej frekwencji mikoryzowej korzeni tych roślin, powierzchnia liści była najmniejsza. Wyniki autorów [Schmidt i in. 2010] wskazują, że mikoryza roślin rosnących w warunkach obniżonej zawartości P w pożywce nie zrekompensowała niskiego poziomu tego składnika.

W przeprowadzonym doświadczeniu nie wykazano wpływu zastosowanych czynników na wartość wskaźnika pokrycia liściowego LAI, która średnio wynosiła $8,23 \text{ cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2}$ (tab. 4). Bolandnazar i inni [2007] w tradycyjnej uprawie cebuli inokulowanej grzybami z rodzaju *Glomus* (*G. veriforme*, *G. intraradices*, *G. etonicatum*) uzyskali wyższy wskaźnik pokrycia liściowego LAI u roślin zamikoryzowanych w porównaniu do roślin kontrolnych, tj. uprawianych bez udziału arbuskularnych grzybów mikoryzowych.

WNIOSKI

Mikoryzacja roślin pomidora nie miała wpływu na wzrost i rozwój roślin wyrażony średnicą pędu, powierzchnią liści, liczbą gron oraz wskaźnikiem pokrycia liściowego.

Rodzaj podłoża oraz poziom fosforu w pożywce nie wpłynął na parametry biometryczne. Zaznacza się jedynie tendencja potwierdzona statystycznie w jednym terminie pomiaru większej średnicy pędu u roślin rosnących na wełnie mineralnej niż matach kokosowych.

LITERATURA

- Adamicki F., Dyśko J., Nawrocka B., Ślusarki Cz., Wysocka – Owczarek M. 2005. *Metodyka integrowanej produkcji pomidorów pod osłonami*. PI-ORIN. Warszawa.
- Al-Karaki G. N. 2006. *Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water*. Sci. Hort. 109, 1–7.
- Baslam M., Garmendia L., Goicoechea N. 2011. *Arbuscular mycorrhizal fungi improved growth and nutritional quality of green – house grown lettuce*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59, 5504–5515.
- Bolandnazar S. A., Neyshabouri M. R., Aliasgharzad N., Chaparzadeh N. 2007. *Effects of mycorrhizal colonization on growth parameters of onion under different irrigation and soil conditions*. Pakistan Journal of Biological Sciences 9, 1491–1495.

- Cwala Y., Laubscher C. P., Ndakidemi P.A., Meyer A. H. 2010. *Mycorrhizal root colonization and the subsequent host plant response of soil less grown tomato plants in the presence and absence of the mycorrhizal stimulant*. *Mycotech. African Journal of Microbiology Research* 5, 414–419.
- Dasgan H. Y., Kusvuran S., Ortas I. 2008. *Responses on soilless grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal (Glomus fasciculatum) colonization in re-cycling and open systems*. *African Journal of Biotechnology* 7(20), 3606–3616.
- Davies F. T., Linderman R.G. 1991. *Short term effects of phosphorus and VA-mycorrhizal fungi on nutrition, growth and development of Capsicum annum L.* *Scientia Horticulturae* 45, 333–338.
- Ikiz O., Abak K., Dasgan H. Y., Ortas I. 2009. *Effects of mycorrhiza; inoculation in soilless culture on peper plant growth*. *Acta Hort.* 807, 553–540.
- Karagiannidis N., Nikolaou N., Ipsilantis I., Zioziou E. 2007. *Effects of different N fertilizers on the activity of Glomus mosseae and on grapevine nutrition and berry composition*. *Mycorrhiza* 18(1), 43–50.
- Karandashov V., Bucher M. 2005. *Symbiotic phosphate transport in arbuscular mycorrhizas*. *Trends Plant Sci.* 10, 22–29.
- Ryan, M. H., Graham J.H., 2002. *Is there a role for arbuscular mycorrhizal fungi in production agriculture?* *Plant Soil* 244, 263–271.
- Schmidt B., Domonkos M., Sumalan R., Biro B. 2010. *Suppression of arbuscular mycorrhiza's development by high concentrations of phosphorus at Tagetes patula L.* *Research Journal of Agricultural Science* 42(4), 156–162.
- Tahat M. M., Kamaruzaman O., Radziah O., Kadir J., Masdek H.N. 2008. *Response of (Lycopersicon esculentum Mill.) to different arbuscular mycorrhizal fungi species*. *Asian J. Plant Sci.* 7, 479–484.
- Yaseen T., Burni T., Hussain F. 2012. *Effect of arbuscular mycorrhizal inoculation on nutrient uptake, growth and productivity of chickpea (Cicer arietinum) varieties*. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 9, 334–345.

Adres do korespondencji:

Anna Konieczny

Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych

Wydział Ogrodniczy UR w Krakowie

Al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków

e-mail: ania.konieczny@wp.pl

Doświadczenie zrealizowano w ramach projektu badawczego
z Narodowego Centrum Nauki – nr N N310 725040

Tab. 1. Wpływ inokulacji arbuskularnymi grzybami mikoryzowymi, zróżnicowanego poziomu fosforu w pożywce oraz rodzaju podłoża na wysokość roślin pomidora (cm) w uprawie szklarniowej

		Termin pomiaru							
Fosfor mg dm ⁻³	Mikoryza	Podłoże	04.04.	11.04.	18.04.	25.04.	02.05.	09.05.	16.05.
15	-AGM	Kokos	53,9	69,4	91,7	107,2	126,7	149,4	158,9
		Wełna	57,2	75,6	96,7	111,7	130,0	150,6	157,8
	+AGM	Kokos	58,9	76,1	98,3	113,9	132,8	157,2	166,0
		Wełna	55,0	76,1	94,4	111,7	128,3	147,2	159,2
50	-AGM	Kokos	58,3	75,0	93,3	113,3	130,0	154,5	165,0
		Wełna	57,2	76,7	94,4	110,6	127,9	151,1	160,6
	+AGM	Kokos	55,6	73,9	93,3	111,1	128,9	155,6	163,9
		Wełna	57,8	77,8	96,9	111,7	130,8	152,2	161,7
Średnia	15		56,3	74,3	95,2	111,1	129,4	151,1	160,6
	50		57,2	75,8	94,5	111,7	129,4	153,3	162,8
	-AGM		56,7	74,2	94,0	110,7	128,7	151,4	160,6
	+AGM		56,8	76,0	95,8	112,1	130,2	153,1	162,8
	kokos		56,7	73,6	94,2	111,4	129,6	154,2	163,5
	wełna		56,8	76,5	95,6	111,4	129,2	150,2	159,8
Istotność dla:	Fosfor (A)		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
	AGM (B)		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
	Podłoże (C)		ni	x	ni	ni	ni	ni	x
	A x B		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
	A x C		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
	B x C		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
	A x B x C		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni

+AGM/ -AGM – inokulacja lub brak arbuskularnymi grzybami mikoryzowymi; ni – różnice nieistotne; x – różnice istotne przy $p < 0,05$

Tab. 2. Wpływ inokulacji arbuskularnymi grzybami mikoryzowymi, zróżnicowanego poziomu fosforu w pożywce oraz rodzaju podłoża na liczbę gron na roślinie pomidora w uprawie szklarniowej

Fosfor mg dm ⁻³	Mikoryza	Podłoże	Termin pomiaru						
			04.04.	11.04.	18.04.	25.04.	02.05.	09.05.	16.05.
15	-AGM	Kokos	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	5,00	6,00
		Wełna	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
	+AGM	Kokos	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	5,00	7,00
		Wełna	1,00	2,00	2,00	4,00	5,00	5,00	7,00
50	-AGM	Kokos	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
		Wełna	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
	+AGM	Kokos	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	5,00	7,00
		Wełna	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
Średnia	15		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
	50		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
	- AGM		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
	+AGM		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
	kokos		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
	wełna		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
Istotność dla:	Fosfor (A)		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
	AGM (B)		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
	Podłoże (C)		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
	A x B		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
	A x C		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
	B x C		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
	A x B x C		ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni

Objaśnienia: tab. 1.

Tab. 3. Wpływ inokulacji arbuskularnymi grzybami mikoryzowymi, zróżnicowanego poziomu fosforu w pożywce oraz rodzaju podłoża na średnicę łodygi pomidora (cm) w uprawie szklarniowej.

Termin pomiaru								
Fosfor mg dm ⁻³	Mikoryza	Podłoże	11.04.	18.04.	25.04.	02.05.	09.05.	16.05.
15	-AGM	Kokos	1,27	0,75	0,68	1,04a	0,87	0,91
		Wełna	1,32	1,10	1,06	1,09ab	1,07	0,79
	+AGM	Kokos	1,17	0,81	1,09	1,07ab	0,96	0,79
		Wełna	1,22	1,02	1,00	1,19ab	1,25	0,75
50	-AGM	Kokos	1,30	0,78	0,92	1,09ab	1,17	0,99
		Wełna	1,57	0,99	1,17	1,28bc	1,03	0,63
	+AGM	Kokos	1,21	0,72	1,02	1,41c	1,28	1,21
		Wełna	1,32	1,02	1,20	1,21abc	1,20	0,98
Średnia	15		1,24	0,92	0,96	1,10	1,04	0,81
	50		1,35	0,87	1,08	1,25	1,17	0,95
	- AGM		1,36	0,90	0,96	1,12	1,03	0,83
	+AGM		1,23	0,90	1,08	1,22	1,17	0,93
	kokos		1,24	0,77	0,93	1,15	1,07	0,98
	wełna		1,36	1,03	1,11	1,19	1,14	0,79
Istotność dla:	Fosfor (A)		ni	ni	ni	x	ni	ni
	AGM (B)		ni	ni	ni	ni	ni	ni
	Podłoże (C)		ni	x	ni	ni	ni	ni
	A x B		ni	ni	ni	ni	ni	ni
	A x C		ni	ni	ni	ni	ni	ni
	B x C		ni	ni	ni	ni	ni	ni
	A x B x C		ni	ni	ni	x	ni	ni

Objaśnienia: tab. 1.

W kolumnach te same litery wskazują na brak istotnych różnic przy $p < 0,05$

Tab. 4. Wpływ inokulacji arbuskularnymi grzybami mikoryzowymi, zróżnicowanego poziomu fosforu w pożywce oraz rodzaju podłoża na powierzchnię pojedynczego liścia (cm^2) oraz współczynnik LAI ($\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2}$) w uprawie szklarniowej pomidora

Fosfor mg dm^{-3}	Mikoryza	Podłoże	powierzchnia liścia	wsp. LAI
15	-AGM	Kokos	1120	8,26
		Wełna	1203	8,03
	+AGM	Kokos	1157	7,99
		Wełna	1155	7,99
50	-AGM	Kokos	1259	8,69
		Wełna	1269	8,49
	+AGM	Kokos	1251	8,46
		Wełna	1128	7,95
Średnia	15		1158	8,07
	50		1227	8,40
	- AGM		1213	8,37
	+AGM		1173	8,10
	kokos		1197	8,35
	wełna		1189	8,11
Istotność dla:	Fosfor (A)		ni	ni
	AGM (B)		ni	ni
	Podłoże (C)		ni	ni
	A x B		ni	ni
	A x C		ni	ni
	B x C		ni	ni
	A x B x C		ni	ni

Objaśnienia: tab. 1.

**WPŁYW NAWOŻENIA ŻELAZEM NA PLON I SKŁAD
CHEMICZNY SAŁATY (*LACTUCA SATIVA L.*)**
THE EFFECT OF IRON FERTILIZATION ON YIELD
AND CHEMICAL COMPOSITION OF LETTUCE
(*LACTUCA SATIVA L.*)

Abstract. W dwuletnich doświadczeniach oceniono wpływ poziomów żelaza zastosowanych w postaci chelatu Fe-DTPA (11%) na plon świeżej masy sałaty odmiany ‘Sunny’ i zawartość makro i mikrośladników w jej liściach. Rośliny uprawiano w substracie torfowym, w którym zróżnicowano poziomy żelaza: 25 (kontrola), 50, 75, 100, 150 i 300 mg Fe · dm⁻³ podłoża. Największy plon sałaty otrzymano przy najmniejszej (kontrolnej) zawartości żelaza w podłożu. W obiektach z 50 i 75 mg Fe dm⁻³ plon był nieznacznie mniejszy niż w kontroli (różnice nieistotne). Zwiększenie dawek żelaza do poziomu 150 i 300 mg Fe · dm⁻³ podłoża spowodowało drastyczne zmniejszenie plonu sałaty. Wraz ze wzrostem poziomu żelaza w podłożu stwierdzono zwiększenie zawartości azotu, fosforu, potasu, magnezu, siarki, żelaza i miedzi oraz obniżenie zawartości manganu i cynku w roślinach.
Słowa kluczowe: sałata, plon, chelat Fe-DTPA, makroskładniki, mikrośladniki

Summary. The two-year experiment evaluate the impact of levels of iron in the form of Fe-DTPA chelate on the yield of fresh weight lettuce ‘Sunny’ and the content of macro and micronutrients in the leaves. Plants were grown in a peat substrate, in which the different levels of iron were used: 25 (control), 50, 75, 100, 150 and 300 mg Fe · dm⁻³ substrate. The highest lettuce yield was obtained at the lowest Fe content (control) in the substrate and after chelate Fe-DTPA application of 50 and 75 mg Fe · dm⁻³ substrate. Increasing iron doses of 150 and 300 mg Fe · dm⁻³ substrate resulted in a drastic reduction in the yield of lettuce. With the increase in the level of iron in the substrate, an increased content of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, sulfur, iron, copper and manganese and reduction of zinc in plants were found.

Key words: lettuce, yielding, chelate Fe-DTPA, macronutrients, micronutrients

WSTĘP

Żelazo jest składnikiem niezbędnym dla rozwoju roślin ze względu na rolę, jaką pełni między innymi w procesach fotosyntezy, oddychania, powstawania chlorofilu, reakcjach oksydo-redukcyjnych, redukcji azotanów i asymilacji N_2 [Kabata-Pendias i Pendias 1999]. Niekontrolowane zawartości żelaza w podłożu różnicują jego zawartość w roślinach. Zwiększone nawożenie żelazem wpływa na skład chemiczny roślin, gdyż może być przyczyną interakcji między żelazem, a niektórymi makro i mikroskładnikami [Tyksiński 1987].

Wyniki licznych badań [Albano i in. 2012; Chohura i in. 2012; Reed i in. 1988; Vadas i in. 2007] wskazują, że w uprawie roślin ogrodniczych korzystnym źródłem dostarczania żelaza są nawozy chelatowe. Dostępne są chelaty żelazowe zawierające różne związki kompleksujące o działaniu nie zawsze neutralnym dla środowiska i o niejednakowej zdolności do biodegradacji [Albano 2011; Pirkanniemi i in. 2007; Nörtemann 2005]. Dlatego dla każdego z nich istotne jest określenie optymalnej dawki.

Celem badań było określenie wpływu chelatu Fe-DTPA (11%) zastosowanego w różnych dawkach na plon oraz zawartość makro i mikroskładników w liściach sałaty.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie z sałatą odmiany 'Sunny' przeprowadzono w szklarni w latach 2011–2012. Rośliny uprawiano w pojemnikach o objętości 6 dm^3 napełnionych torfem wysokim zwapnowanym na podstawie krzywej neutralizacji do pH 6,5 i wzbogaconym w składniki pokarmowe. Zawartość makro i mikroskładników w podłożu doprowadzono do następujących poziomów w $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$: N – 180, P – 140, K – 220, Mn – 20, Zn – 20, Cu – 5, Mo – 1,0, B – 1,0. Po zwapnowaniu zawartość wapnia ($\text{Ca} - 2045 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), magnezu ($\text{Mg} - 160 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) i siarki ($\text{S-SO}_4 - 25 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) była wystarczająca i nie dodawano tych składników do podłoża. Wyjściową zawartość żelaza $25 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ podłoża uznano jako kontrolę. Założone poziomy żelaza w podłożu: 50, 75, 100, 150, 300 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ otrzymano po zastosowaniu chelatu Fe-DTPA o zawartości 11% Fe.

Rozsadę sałaty sadzono 06. 04. 2011 r. i 11. 04. 2012 r. W okresie wegetacji rośliny podlewano do 70% pojemności wodnej oznaczonej w cylindrach Wahnschaffego. Każda kombinacja składała się z 4 powtórzeń (16 roślin), powtórzenie stanowił pojemnik z 4 roślinami. W fazie dojrzałości konsumpcyjnej sałatę ściąnano (11.05.2011 r. i 10.05.2012 r.), określano masę główek, a następnie rośliny suszono i homogenizowano. Przed zbiorem roślin wykonano odczyt intensywności zabarwienia liści (SPAD) aparatem N-tester. W suchym materiale roślinnym oznaczono po mineralizacji w kwasie siarkowym zawartość ogólnych form makroskładników: N-metodą destylacyjną Kjeldahla, P - kolorymetrycznie metodą wanado-molibdenową, K i Ca metodą fotometrii płomieniowej, Mg-metodą absorpcji atomowej. Mikroskładniki oznaczono po mineralizacji w mieszaninie kwasów HNO₃ i HClO₄ w stosunku objętościowym 3:1. Wyniki opracowano statystycznie na podstawie analizy wariancji. Po stwierdzeniu istotnych różnic średnie grupowano według testu Newmana Keuls'a na poziomie istotności $\alpha=0,05$.

Ze względu na nieznaczne różnice między wynikami analiz chemicznych w obu latach badań, w tabelach podano wartości średnie.

WYNIKI I DYSKUSJA

Świeża masa sałaty uprawianej w podłożach z różnymi poziomami żelaza w obu latach badań była podobna (tab. 1).

Tab. 1. Plon sałaty odmiany 'Sunny' w zależności od poziomu żelaza w podłożu zastosowanego w postaci chelatu Fe-DTPA

Poziom Fe mg·dm ⁻³ podłoża	Świeża masa sałaty g · roślina ⁻¹		średnia
	2011 rok	2012 rok	
25	149,94 d	146,94 d	148,44 d
50	138,13 cd	139,38 cd	138,75 d
75	137,75 cd	135,56 cd	136,66 d
100	127,75 cd	118,50 c	123,13 c
150	29,56 b	45,06 b	37,31 b
300	2,38 a	5,44 a	3,91 a

Niezależnie od roku badań plon sałaty w podłożu kontrolnym, w którym zawartość Fe wynosiła $25 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, był największy. Podobną masę sałaty uzyskano po zwiększeniu zawartości żelaza do 50 i $75 \text{ mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$ podłoża. Zastosowanie większej ilości żelaza w postaci chelatu spowodowało istotne obniżenie plonu. Przy poziomie $300 \text{ mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$ podłoża mały plon uniemożliwił przeprowadzenie analizy chemicznej materiału roślinnego. We wcześniejszych badaniach z sałatą uprawianą w torfie, Tyksiński [1992] nie stwierdził obniżenia plonu roślin po zastosowaniu trzykrotnie większej dawki żelaza w postaci siarczanu żelaza. Przyczyną redukcji plonu w omawianym doświadczeniu nie był zatem nadmiar żelaza, lecz nośnik zastosowany przy produkcji chelatu. Potwierdzają to badania Tyksińskiego i Komosy [2007] z różnymi chelatami żelaza. Autorzy istotne zmniejszenie plonu sałaty stwierdzili po zastosowaniu chelatu Fe-DTPA (6,3%) na poziomie $125 \text{ mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$ podłoża. W tej kombinacji oraz na poziomie $100 \text{ mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$ podłoża wystąpiły nekrotyczne plamy na liściach i marmurkowata chloroza. Badania Tyksińskiego i Komosy [2008] przeprowadzone jesienią w celu określenia działania następczego chelatów żelaza wykazały, że sałata uprawiana w tych samych podłożach dobrze plonowała, także przy poziomie $125 \text{ mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$ podłoża. Natomiast Kozik i inni [2011] uzyskali nieróżniący się plon sałaty w zakresie dawkowania $45\text{--}120 \text{ mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$ podłoża w postaci chelatu Librel Fe-DTPA. Zmniejszenie plonu spowodował Librel Fe-DTPA zastosowany na poziomie $220 \text{ mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$ podłoża.

Zawartość wszystkich makro- i mikrośladników w roślinach istotnie zależała od poziomu żelaza w podłożu (tab. 2).

Wzrost poziomu żelaza w podłożu spowodował zwiększenie zawartości azotu, fosforu, potasu, magnezu i siarki w roślinach. Każdemu większemu poziomowi żelaza odpowiadało istotne zwiększenie zawartości azotu w roślinach. Natomiast zawartość potasu i siarki przy poziomach $50\text{--}75 \text{ mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$ podłoża nie różniła się istotnie. Zawartość magnezu w liściach sałaty uprawianej w podłożu zawierającym 100 i $150 \text{ mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$ podłoża była istotnie większa od zawartości, jaką stwierdzono w roślinach z podłoża kontrolnego ($25 \text{ mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$ podłoża). Największą zawartość fosforu i sodu wykazano w świeżej masie liści sałaty uprawianej w podłożu przy poziomie żelaza 75 i $100 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Tab. 2. Zawartość makroskładników i sodu w liściach sałaty w zależności od poziomu żelaza w podłożu zastosowanego w postaci chelatu Fe-DTPA

Poziom mg·dm ⁻³ podłoża	Zawartość makroskładników i sodu, %						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na
25	2,45 a	0,72 a	3,04 a	2,05 c	0,88 a	0,41 a	0,69 ab
50	3,44 b	0,86 c	3,40 b	1,47 a	0,91 ab	0,49 b	0,72 b
75	3,59 c	0,90 d	3,48 b	1,67 ab	0,92 ab	0,51 b	0,79 c
100	3,89 d	0,93 d	3,92 c	1,91 bc	0,98 b	0,60 c	0,76 c
150	4,44 e	0,80 b	4,29 d	2,49 d	0,97 b	0,62 c	0,66 a

Przy większym poziomie żelaza w podłożu (150 mg·dm⁻³) zawartość fosforu i sodu była mniejsza. Zawartość sodu w liściach sałaty uprawianej w podłożu zawierającym 150 mg·dm⁻³ nie różniła się istotnie od zawartości w roślinach z kombinacji kontrolnej. Zawartość wapnia w świeżej masie sałaty jedynie po zastosowaniu 150 mg Fe · dm⁻³ podłoża była większa niż w kombinacji kontrolnej. W uprawie sałaty Gül i inni [2007] stwierdzili, że rodzaj użytego podłoża nie ma wpływu na zawartość azotu, fosforu i wapnia w roślinach. Autorzy, w porównaniu z badaniami własnymi, wykazali podobne zawartości azotu i wapnia, natomiast fosforu i magnezu mniejsze, a potasu większe. Według Tyksińskiego [1987] przy rosnących dawkach żelaza występuje antagonizm między rozpuszczalnymi formami żelaza i fosforu. Zależność tę potwierdzają badania Chohury i innych [2012] z różnymi chelatami żelaza. Autorzy stwierdzili istotne obniżenie zawartości fosforu w owocach pomidora po zwiększeniu zawartości żelaza z 50 do 75 i 100 mg Fe · dm⁻³ podłoża.

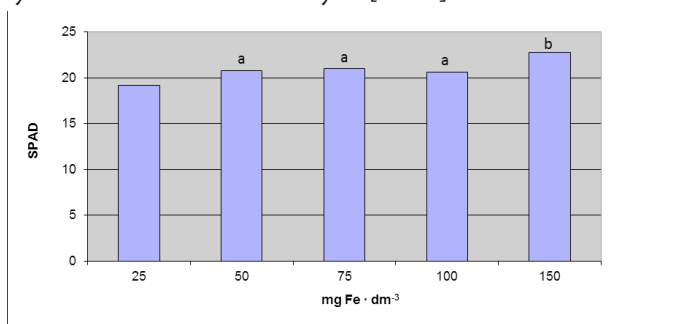
Średnie zawartości żelaza dla badanych poziomów składnika w podłożu wskazują na istotny wzrost w porównaniu do kombinacji kontrolnej (tab. 3).

Zastosowanie 150 mg Fe · dm⁻³ podłoża wpłynęło na większą 3,6 razy zawartość żelaza w roślinach niż w kombinacji kontrolnej. Największą zawartość manganu i cynku oznaczono w kombinacji kontrolnej. Wraz ze zwiększeniem dawek chelatu obniżała się zawartość manganu w sałacie, a zawartość cynku przy poziomie 150 mg Fe · dm⁻³ podłoża była istotnie większa niż przy poziomach 50, 75 i 100 mg Fe · dm⁻³ podłoża.

Tab. 3. Zawartość mikroskładników w liściach sałaty w zależności od poziomu żelaza w podłożu zastosowanego w postaci chelatu Fe-DTPA

Poziom mg·dm ⁻³ podłoża	Zawartość mikroskładników, mg · kg ⁻¹			
	Fe	Mn	Zn	Cu
25	138,40 a	358,55 c	162,39 c	8,67 a
50	168,84 b	180,88 b	75,19 a	11,39 b
75	180,81 c	176,67 b	78,47 a	11,36 b
100	235,27 d	171,36 b	81,78 a	11,82 b
150	494,18 e	132,11 a	96,50 b	14,60 c

Zawartość miedzi przy wszystkich poziomach chelatu w podłożu była większa niż w kombinacji kontrolnej. Jednak w zakresie od 50 do 100 mg Fe · dm⁻³ podłoża nie różniła się istotnie. Istotny wpływ zwiększonych dawek chelatów żelaza na zawartość żelaza w liściach pomidora wykazali Chohura i inni [2009], a w liściach sałaty Tyksiński i Komosa [2007] oraz Kozik i inni [2011]. Jednak w badaniach Tyksińskiego i Komosa [2007] zawartość żelaza w sałacie była znacznie mniejsza niż w omawianym doświadczeniu, a także we wcześniejszych badaniach Kozik i innych [2011].



Ryc. 1. Wpływ poziomu żelaza w podłożu zastosowanego w postaci chelatu Fe-DTPA na intensywność zabarwienia liści (SPAD)

Według Ylivainio i innych [2004 i 2006] stosowanie chelatów żelaza wpływa na obniżenie zawartości manganu w sałacie uprawianej w podłożach o różnej kwasowości, natomiast miedzi i cynku tylko w podłożu o odczynie kwaśnym. Obniżenie zawartości manganu, miedzi i cynku po zastosowaniu chelatu Fe-DTPA stwierdzili w uprawie *Lolium multiflorum* Lucena i inni [1987]. Tyksiński [1993]

natomiast nie stwierdził istotnego wpływu wzrastających dawek żelaza na zawartość manganu, cynku i miedzi w sałacie. Zawartość żelaza w podłożu w niewielkim stopniu modyfikowała intensywność zabarwienia blaszek liściowych (ryc. 1). Istotnie większą wartość SPAD stwierdzono tylko w sałacie uprawianej w podłożu zawierającym 150 mg Fe · dm⁻³ podłoża.

WNIOSKI

Zastosowanie chelatu Fe-DTPA (11%) na poziomie 50 i 75 mg Fe · dm⁻³ podłoża nie miało istotnego wpływu na plon sałaty.

Zwiększenie dawek żelaza w postaci chelatu Fe-DTPA do poziomu 150 i 300 mg Fe · dm⁻³ podłoża spowodowało istotne zmniejszenie plonu sałaty.

Rosnącym poziomom żelaza w podłożu w postaci chelatu Fe-DTPA odpowiadał wzrost zawartości azotu, fosforu, potasu, magnezu, siarki, żelaza i miedzi w roślinach.

Przy poziomie żelaza w podłożu od 25 do 100 mg Fe · dm⁻³ indeks zazielenienia liści (SPAD) nie zmieniał się istotnie.

LITERATURA

- Albano J. P. 2011. *Iron-[S,S']-EDDS (FeEDDS) chelate as an iron source for horticultural crop production: marigold growth and nutrition, spectral properties, and photodegradation*. HortScience 46(8), 1148–1153.
- Albano J.P. Merhaut D.J. 2012. *Influence of FeEDDS, FeEDTA, FeDTPA, FeEDDHA and FeSO₄ on marigold growth and nutrition and substrate and runoff chemistry*. HortScience 47(1), 93–97.
- Chohura P., Kołota E., Komosa A. 2009. *Effect of fertilization with Fe chelates on the state of iron nutrition of greenhouse tomato*. J. Elementol. 14(4), 657–664.
- Chohura P., Kołota E., Komosa A. 2012. *The effect of the kind of Fe chelate on yielding and quality of greenhouse tomato fruits*. Folia Hort. 24/2, 109–114.
- Gül A., Eroğul D., Öztan F., Tepecik M. 2007. *Effect of growing media on plant growth and nutrient status of crisp head lettuce*. Acta Hort. 729, 367–371.
- Kabata-Pendias A., Kabata H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kozik E., Tyksiński W., Bosiacki M. 2011. *A comparison of the efficiency of organic and mineral iron compounds in the greenhouse cultivation of lettuce*. J. Elementol. 16(1), 59–68.
- Lucena J. J., Garate A., Carpena O. 1987. *Iron-chelates evaluation in a calcareous soil*. Plant and Soil 103, 134–138.

- Nörtemann B. 2005. *Biodegradation of chelating agents: EDTA, DTPA, PDTA, NTA, and EDDS, biogeochemistry of chelating agents*. Chapter 8, pp 150–170, ACS Symposium Series, Vol. 910, American Chemical Society.
- Pirkanniemi K., Metsärinne S., Sillanpää M. 2007. *Degradation of EDTA and novel complexing agents in pulp and paper mill process and waste waters by Fenton's reagent*. Journal of Hazardous Materials 147, 556–561.
- Reed D. Wm., Lyons C. G. Jr., McEachern G. R. 1988. *Field evaluation of inorganic and chelated iron fertilizers as foliar sprays and soil application*. Journal of Plant Nutrition, vol. 11 Issue 6–11. Special Issue: Iron nutrition and interactions in plants, 1369–1378.
- Tyksiński W. 1987. *Reakcja sałaty szklarniowej uprawianej w torfie na zróżnicowane nawożenie mikroelementami. cz. V. Współdziałanie mikro- i makroskładników*. PTPN, Pr. Kom. Nauk Rol. i Leś. 43, 231–238.
- Tyksiński W. 1992. *Reakcja sałaty szklarniowej na zróżnicowane nawożenie mikro-elementami*. Roczn. AR w Poznaniu, Rozpr. Nauk. 233, 1–67.
- Tyksiński W. 1993. *Reakcja sałaty szklarniowej uprawianej w torfie na zróżnicowane nawożenie mikroelementami. VI. Interakcje między mikroelementami*. PTPN, Pr. Kom. Nauk Rol. i Leś. 57, 155–160.
- Tyksiński W., Komosa A. 2007. *Wpływ chelatów żelaza na plonowanie i zawartość żelaza w sałacie szklarniowej*. Roczn. AR w Poznaniu 383, Ogrodnictwo 41, 637–641.
- Tyksiński W., Komosa A. 2008. *After effect of iron chelates on the yielding and iron content in greenhouse lettuce*. Acta Sci. Pol., Hort. Cult. 7(2), 3–10.
- Ylivainio K., Jaakkola A., Aksela R. 2004. *Effect of Fe compounds on nutrient uptake by plants grown in sand media with different pH*. J. Plant Nutr. Soil Sci. 167, 602–608.
- Ylivainio K., Jaakkola A., Aksela R. 2006. *Impact of limiting on utilization of ⁵⁹Fe-chelates by lettuce (Lactuca sativa L.)*. J. Plant Nutr. Soil Sci. 169, 523–528.
- Vadas T. M., Zhang X., Curran A. M., Ahner B. A. 2007. *Fate of DTPA, EDTA, and EDDS in hydroponic media and effects on plant mineral nutrition*. J. Plant Nutr. 30, 1229–1246.

Adres do korespondencji:

Elżbieta Kozik
Katedra Żywnienia Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Zgorzelecka 4, 60–198 Poznań
e-mail: kozik@up.poznan.pl

Praca naukowa częściowo finansowana ze środków na naukę w latach 2010–2013 jako projekt badawczy NN 310 066039

WPŁYW ODMIANY NA AKTYWNOŚĆ ANTYOKSYDACYJNĄ OWOCÓW OBERŻYNY

THE EFFECT OF CULTIVARS ON ANTIOXIDANT ACTIVITY OF EGGPLANT FRUITS

Abstrakt. Owoce oberżyny zawierają wiele składników o działaniu antyoksydacyjnym, takich jak: witamina C, karotenoidy, polifenole oraz antocyjany. Wykazują również wysoką aktywność antyoksydacyjną. W latach 2010–2012 zostały przeprowadzone doświadczenia polowe z 13 odmianami oberżyny: 'Violetta lunga 2', 'Violetta lunga 3', 'Black Beauty', 'Epic F₁', 'Linda F₁', 'WA6020 F₁', 'Vernal F₁', 'Avan F₁', 'Classic F₁', 'Golden Egg', 'Adria F₁', 'Prosperosa', 'Belen F₁', w których porównano zawartość tych cennych składników i aktywność antyoksydacyjną owoców zbieranych w różnej fazie dojrzałości. Najwyższą aktywność antyoksydacyjną według metody DPPH (743,17 μM TE·100 g⁻¹ ś.m.) i ABTS (630,24 μM GA·100 g⁻¹ ś.m.) wykazały owoce odmiany 'Black Beauty' zbierane co 7 dni, a według metody FRAP (17,49 μM Fe⁺²·100 g⁻¹ ś.m.) owoce odmiany 'WA6020 F₁' zbierane co 10 dni. Najwięcej polifenoli (132,86 mg·100 g⁻¹ ś.m.) uzyskały owoce odmiany 'Adria F₁' zbierane przed osiągnięciem przez nie fazy optymalnej zbioru, natomiast antocyjanów (8,72 mg·100 g⁻¹ ś.m.) owoce odmiany 'Avan F₁' zbierane po jej osiągnięciu. Rodzaj ściółki i faza zbioru nie wpłynęły na zawartość witaminy C i karotenoidów.

Słowa kluczowe: *Solanum melongena* L., witamina C, karotenoidy, polifenole, antocyjany

Summary. Eggplant fruits contain many antioxidant components such as vitamin C, carotenoids, polyphenols and anthocyanins. Also they have high antioxidant activity. In 2010–2012 in field experiments were carried out 13 varieties of eggplant: 'Violetta lunga 2', 'Violetta lunga 3', 'Black Beauty', 'Epic F₁', 'Linda F₁', 'WA6020 F₁', 'Vernal F₁', 'Avan F₁', 'Classic F₁', 'Golden Egg', 'Adria F₁', 'Prosperosa', 'Belen F₁' comparing the content and the activity of these valuable substances harvested at different stages. The highest antioxidant activity by DPPH method (743.17 μM TE·100 g⁻¹ f.w.) and ABTS method (630.24 μM GA·100 g⁻¹ f.w.) have shown fruits of 'Black Beauty' which were collected every 7 days, and by the method of FRAP (17.49 μM Fe⁺²·100 g⁻¹ f.w.) fruit varieties 'WA6020 F₁' which were collected every 10 days. The largest quantity of polyphenols (132.86 mg·100 g⁻¹ f.w.) received from fruits of 'Adria F₁' harvested before the optimal harvesting phase, while the largest quantity of anthocyanin obtained fruits of 'Avan F₁' (8.72 mg·100 g⁻¹ f.w.) harvested after reaching the optimal phase. Mulch type and stage of harvesting did not affect the content of vitamin C and carotenoids.

Key words: *Solanum melongena* L., vitamin C, karotenoids, polyphenols, anthocyanins

WSTĘP

Oberżyna (*Solanum melongena* L.) jest ciepłolubnym gatunkiem mającym bogate w substancje antyoksydacyjne owoce [Lawande i Chavan 1998]. Uprawiana w polu na terenie Polski zawiązuje owoce w terminie od końca czerwca do połowy września. Prawidłową fazę zbioru owoców rozpoznaje się na podstawie ich barwy, połysku, twardości. Owoce zebrane zbyt wcześnie są podatne na odkształcanie, a skórkę mają matową. Owoce przejrzyste są twarde, tracą połysk, ich nasiona są ciemne, a smak gorzki, ponieważ wzrasta zawartość garbników i alkaloidów. Bakłażany najlepiej zbierać w fazie dojrzałości użytkowej, ale przed fazą dojrzałości fizjologicznej. Im częstsze zbioru tym większa stymulacja roślin do zawiązywania kolejnych owoców [Leonardi i Giuffrida 2009; Buczkowska 2004]. Owoce oberżyny wykazują wysoką wartość antyoksydacyjną i zdrowotną [Pellegrini i in. 2003; Yang i in. 2005; Akanitapichat i in. 2010]. Ich aktywność antyoksydacyjna utrzymuje się na poziomie 3,9–9,8 $\mu\text{M TE}\cdot\text{g}^{-1}$ f.m. [Cao i in. 1996]. Skórka oberżyny jest bogata w antocyjany (45,01 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ f.m.) [Sadilova i in. 2006]. Noda i inni [2000] wykazali hamujący wpływ antocyjanu delfinidyny (nasunin) pochodzącej ze skórki oberżyny na niektóre reakcje utleniania. Prohens i inni [2007] podkreślają wysoką zawartość polifenoli w owocach oberżyny, natomiast ilość karotenoidów i witaminy C nie jest wysoka [Ziemiański 1968; Cebula i Ambroszczyk 1999].

Witamina C, czyli kwas L-askorbinowy lub L-dehydroaskorbinowy jest związkiem biologicznie czynnym i ma właściwości redukujące. Kwas L-dehydroaskorbinowy jest znacznie bardziej odporny na zniszczenie pod wpływem wysokiej temperatury od kwasu L-askorbinowego, ale tylko w warunkach beztlenowych. Obie formy tracą zaś swoje właściwości biologiczne pod wpływem tlenu, flawonoidów, enzymów: oksydazy askorbinianowej i peroksydazy oraz takich kationów jak Cu^{+2} lub Fe^{+3} . Witamina C bierze udział w regulowaniu potencjału oksydoredukcyjnego, transporcie elektronów i syntezie hormonów sterydowych [Bartoszek i in. 1996]. Do karotenoidów o wysokim potencjale antyoksydacyjnym występujących w różnych gatunkach warzyw należą: α -karoten, β -karoten, luteina, zeaksantyna, likopen i kantaksantyna. Wychwytyją one przede wszystkim rodniki peroksyłowe i tlen singletowy. Do

najważniejszych funkcji prozdrowotnych karotenoidów należą: wzmocnienie systemu immunologicznego przez ochronę limfocytów przed rodnikiem NO₂, hamowanie proliferacji komórek, przywracanie łączności międzykomórkowej, regresja zmian prekancerogennych i miażdżycowych [Ziemiański i in. 2001]. Polifenole należą do grupy składników, które mają nie tylko działanie antyrakowe, ale również chronią przed chorobami serca, efektami i powikłaniami stresu oksydacyjnego, wylewem krwi do mózgu oraz osteoporozą. Jednoczesne występowanie polifenoli, karotenoidów i witaminy C wzmacnia ich działanie [Scalbert i Williamson 2000]. Antocyjany to czerwone, niebieskie lub fioletowe barwniki należące do grupy flawonoidów, które mogą występować we wszystkich częściach rośliny. Antocyjany mogą być trwałe lub nietrwałe. Na ich występowanie i rozkład mają wpływ m. in. warunki środowiskowe, ekspresja genów, intensywność fotosyntezy i rodzaj szlaku metabolicznego. Pewne jest działanie antyoksydacyjne antocyjanów. Pod znakiem zapytania pozostaje ich inna funkcja np. antygrzybicza i antybakteryjna [Chalker-Scott 1999]. Do oznaczania aktywności antyoksydacyjnej wykorzystywane są różne metody np. ABTS, DPPH, FRAP. Metoda ABTS oparta jest na fakcie, że różne substancje zawarte w owocach i warzywach, wykazują inną siłę antyoksydacyjną [Re i in. 1999] i z różną intensywnością wychwytyją kationy ABTS. Badania wykazały, że likopen znacznie silniej wychwytyje kationy ABTS w porównaniu z α - czy β -karotenem, co jest związane ze zdolnością do oddawania elektronów oraz atomów wodoru [Miller i in. 1996]. Metoda DPPH polega na sorbowaniu przez składniki antyoksydacyjne wolnych rodników DPPH i tym samym obniżaniu absorpcji [Gil i in. 2000]. FRAP jest metodą oznaczania aktywności antyoksydacyjnej za pomocą pomiaru redukcji jonów żelaza [Benzie i Strain 1996]. Celem przeprowadzonych badań było określenie zawartości witaminy C, karotenoidów, polifenoli i antocyjanów w owocach różnych odmian oberżyny uprawianej w warunkach polowych, a także ocena ich aktywności antyoksydacyjnej.

MATERIAŁY I METODY

W latach 2010–2012 w Stacji Badawczo-Dydaktycznej Roślin Warzywnych i Ozdobnych Katedry Ogrodnictwa Uniwersytetu Przyrod-

niczego we Wrocławiu przeprowadzono dwuczynnikowe doświadczenie polowe metodą losowanych podbloków w trzech powtórzeniach. Pierwszym badanym czynnikiem była odmiana, a drugim termin zbioru owoców, wpływający na stopień ich dojrzałości. Owoce oberżyny zbierano co 7 lub, co 10 dni, odpowiednio w fazie dojrzałości optymalnej (dobrze wybarwione o barwie właściwej dla odmiany, lśniące, mięszs i nasiona miękkie) oraz po jej przekroczeniu (owoce mniej jędrne i mniej błyszczące, lekko zmieniające barwę, nasiona twardniejące). Eksperyment obejmował 13 odmian bakłażana: 'Violetta lunga 2', 'Black Beauty', 'Linda F₁', 'Golden Egg' 'Prosperosa' (Franchi Sementi), 'Violetta lunga 3' (Lobelia), 'Epic F₁' (Petroseed), 'WA6020 F₁', 'Belen F₁' (Western Seed), 'Vernal F₁', 'Avan F₁' (Vilmorin), 'Classic F₁', 'Adria F₁' (Clause). Odmiany: 'Violetta lunga 2', 'Black Beauty', 'Epic F₁', 'Linda F₁', 'Vernal F₁', 'Avan F₁', 'Classic F₁', 'Adria F₁', 'Belen F₁' mają owoce ciemno fioletowe, odmiana 'Prosperosa' owoce fioletowe, 'Violetta lunga 3' fioletowo-zielone, odmiana 'WA6020 F₁' owoce koloru wrzosowego a odmiana 'Golden Egg' ma owoce białe, żółte lub złote.

Wysiew nasion do skrzynek z substratem torfowym nastąpił w trzeciej dekadzie marca, w warunkach szklarniowych. W momencie wykształcenia się liścieni i pierwszego liścia właściwego siewki przepikowano do doniczek o średnicy 12 cm, wypełnionych substratem torfowym. Rozsadę zasilano Florovitem o stężeniu 0,2%. W celu zahartowania rośliny zostały przeniesione do nieogrzewanego tunelu foliowego pod koniec kwietnia. Na początku czerwca rozsadę posadzono w polu, w rozstawie 50 x 60 cm, na poletka o powierzchni 4 m², na czarnej ziemi zdegradowanej, wytworzonej na glinie średniej, klasy IIIa, o pH 7,5–8,8 i zasoleniu 105,5–213 μS·cm⁻¹. Analizy chemiczne wykazały niedobory fosforu i potasu w glebie. Uzupełniono je do poziomu 130 mg K·dm⁻³ i 200 mg P·dm⁻³, stosując siarczan potasu i superfosfat potrójny. Gleba została spulchniona glebogryzarką i nawieziona saletrą amonową w ilości 100 kg N·ha⁻¹ przed sadzeniem roślin. Po czterech tygodniach wykonano nawożenie uzupełniające w ilości 50 kg N·ha⁻¹. Wielokrotne zbiory owoców przeprowadzono w roku 2010 od 14.07 do 14.09, w roku 2011 od 6.07 do 13.09, a w roku 2012 od 29.06 do 14.09. Całe owoce pobrano do analiz chemicznych w pełni owocowania oberżyny tzn. w pierwszym tygodniu

sierpnia. Z owoców pobrano wycinki o grubości 2cm zawierające zarówno miąższ, jak i skórkę. Analizy przeprowadzono następującymi metodami: zawartość witaminy C metodą miareczkową Tillmansa (PN-90/A-75101/11), zawartość antocyjanów metodą Fuleki i Francis [1968], karotenoidów metodą kolorymetryczną [Rumińska i in. 1985], polifenoli metodą Folina – Ciocalteu [Slinghart i Singleton 1977], aktywność antyoksydacyjną metodami: DPPH [Yen i Chen 1995], ABTS [Re i in. 1999] i FRAP [Benzie i Strain 1996]. Wyniki badań poddano analizie statystycznej za pomocą testu Tukey'a na poziomie istotności $\alpha=0,05$.

WYNIKI I DISKUSJA

Wyniki badań przedstawiono w tabelach 1 i 2. Na ich podstawie stwierdzono, że bardziej dojrzałe owoce oberżyny zawierały w porównaniu z owocami w optymalnej dojrzałości średnio o 31% więcej antocyjanów, a także więcej witaminy C (o 15,9%) i polifenoli (o 7,7%). Wykazywały one też nieco większą aktywność antyoksydacyjną oznaczoną metodą ABTS i FRAP, nie zostało to jednak potwierdzone statystycznie. Nie potwierdzono statystycznie różnic w zawartości antocyjanów, witaminy C i karotenoidów między odmianami, a także zachodzących pod wpływem współdziałania badanych czynników.

Sadilova i inni [2006] podają, że zawartość antocyjanów w skórce oberżyny wynosi 45,01 mg·100 g⁻¹ ś.m. W niniejszym doświadczeniu uzyskano najwyższą zawartość antocyjanów w bardziej dojrzałych owocach odmiany 'Black Beauty F₁', na poziomie 10,21 mg·100 g⁻¹ ś.m biorąc pod uwagę cały owoc. Można przypuszczać, że nie tylko odmiana, barwa owoców, ale również wybrany do badania fragment owocu i faza zbioru ma duży wpływ na wyniki dotyczące zawartości tych składników.

Według Ziemiańskiego [1968] średnia zawartość karotenoidów w owocach oberżyny wynosiła 0,02 mg·100 g⁻¹ ś.m. W badaniach własnych ilość ta była znacznie większa. Pod względem zawartości karotenoidów wyróżniały się owoce odmiany 'Violetta lunga 2' zbierane co 7 dni (1,58 mg·100 g⁻¹ s.m. co stanowiło 0,17 mg·100 g⁻¹ ś.m) i co 10 dni (0,95 mg·100 g⁻¹ s.m.) oraz owoce odmian 'Epic' F₁

(1,45 mg·100 g⁻¹ s.m.) i Belen F₁ (1,16 mg 100 g⁻¹ s.m.) w optymalnej dojrzałości zbiorczej. Pod względem zawartości witaminy C (około 13,40 mg·100 g⁻¹ s.m.) wyróżniały się owoce odmiany 'Violetta lunga 2' zbierane co 10 dni oraz 'Violetta lunga 3' zbierane co 7 dni. Różnice dotyczące zawartości karotenoidów i witaminy C w badanych odmianach były nieistotne statystycznie. Największa ilość witaminy C w owocach oberżyny zanotowana w doświadczeniu przeprowadzonym przez Cebulę i Ambroszczyk [1999] wynosiła 6,15 mg·100 g⁻¹ s.m.

Tab. 1. Zawartość antocyjanów, karotenoidów, witaminy C i polifenoli w owocach oberżyny, średnia z lat 2010–2012

Odmiana	Antocyjany [mg·100g ⁻¹ ś.m.]			Karotenoidy [mg·100g ⁻¹ s.m.]			Witamina C [mg·100g ⁻¹ ś.m.]			Polifenole [mg·100g ⁻¹ ś.m.]		
	zbiór co 7 dni	zbiór co 10 dni	średnia	zbiór co 7 dni	zbiór co 10 dni	średnia	zbiór co 7 dni	zbiór co 10 dni	średnia	zbiór co 7 dni	zbiór co 10 dni	średnia
'Violetta lunga 2'	2,67	3,56	3,12	1,58	0,95	1,26	11,41	13,45	12,43	95,6	93,2	94,4
'Violetta lunga 3'	2,07	4,02	3,04	0,93	0,73	0,82	13,42	11,54	12,48	99,3	109,4	104,4
'Black Beauty'	5,29	10,21	7,75	0,90	0,89	0,89	11,32	9,77	10,54	106,9	118,2	112,6
'Epic F ₁ '	3,57	8,68	6,13	1,45	0,65	1,04	10,50	11,60	11,04	67,4	116,6	92,0
'Linda F ₁ '	2,12	5,97	4,05	0,59	0,84	0,71	10,73	12,12	11,42	74,2	83,7	78,9
'WA6020 F ₁ '	3,19	2,66	2,92	0,50	0,49	0,49	8,80	11,80	10,30	87,0	112,5	99,8
'Vernal F ₁ '	9,04	8,81	9,93	0,50	0,74	0,62	8,25	12,48	10,36	115,2	107,2	111,2

'Avan F ₁ '	3,32	7,47	5,39	0,90	0,51	0,68	9,47	12,90	11,18	108,9	132,8	120,8
'Classic F ₁ '	5,70	6,92	6,31	0,81	0,61	0,71	11,75	12,04	11,89	122,1	119,7	120,9
'Golden Egg'	2,71	2,13	2,42	0,39	0,43	0,41	10,14	13,10	11,61	71,7	86,3	79,0
'Adria F ₁ '	8,19	7,33	7,76	0,87	0,58	0,72	11,05	13,00	12,02	102,9	131,1	117,0
'Prosperosa'	5,42	5,03	5,23	0,57	0,49	0,52	10,33	11,03	10,68	142,8	117,5	130,1
'Belen F ₁ '	5,49	4,24	4,87	1,16	0,61	0,88	11,71	16,15	13,92	120,0	86,9	103,4
średnia	4,52	5,93	5,22	0,85	0,66	0,75	10,68	12,38	11,53	101,1	108,9	105,0
NIR _{α=0,05} dla odmiany	n.i.			n.i.			n.i.			22,6		
dla terminu zbioru	1,38			n.i.			1,44			4,1		
dla interakcji	n.i.			n.i.			n.i.			24,8		

n.i. – nieistotne statystycznie

Zawartość polifenoli w owocach oberżyny była istotnie zróżnicowana pod wpływem badanych czynników i mieściła się w granicach od 67,4–74,2 mg·100 g⁻¹ ś.m. ('Epic F₁', 'Golden Egg', 'Linda F₁') do 142,8 mg·100 g⁻¹ ś.m. ('Prosperosa'). Prohens i inni [2007] podaje natomiast zakres zawartości polifenoli w oberżynie od 13,4 do 112,2 mg·100 g⁻¹ ś.m.

Najwyższą aktywność antyoksydacyjną oznaczoną metodą ABTS wykazały owoce odmiany 'Linda F₁' (630,24 μM·100 g⁻¹ ś.m.) zbierane co 7 dni oraz owoce odmiany 'Avan F₁' (534,34 μM·100 g⁻¹ ś.m.) zbierane co 10 dni. Według Akanitapichat i inni [2010] największa aktywność antyoksydacyjna mierzona metodą ABTS wynosiła natomiast 105,63 μM GA·100 g⁻¹ ś.m. Wyniki uzyskane za pomocą metody DPPH również wskazują, że mniej dojrzałe owoce odmiany 'Linda F₁'

(743,17 $\mu\text{M TE}\cdot\text{g}^{-1}$ ś.m.) oraz owoce odmiany 'Vernal F₁' (617,76 $\mu\text{M TE}\cdot\text{g}^{-1}$ ś.m.) zbierane po przekroczeniu fazy optymalnej dojrzałości charakteryzowały się największą aktywnością antyoksydacyjną. Yang i inni [2005] wykazali, że aktywność antyoksydacyjna dla oberżyny oznaczona metodą DPPH wynosi 452 $\mu\text{M TE}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ ś.m. Pellegrini i inni [2003] ocenił aktywność antyoksydacyjną owoców oberżyny metodą FRAP na 3,77 $\mu\text{M Fe}^{2+}\cdot\text{kg}^{-1}$ ś.m., natomiast w opisywanych badaniach najbardziej aktywną antyoksydacyjnie odmianą według tej metody okazała się 'Prosperosa' (15,33 $\mu\text{M}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ ś.m.), zwłaszcza jej mniej dojrzałe owoce. Odmianą, która wykazała najmniejszą aktywność antyoksydacyjną ocenianą przedstawionymi metodami była 'Golden Egg'.

Tab. 2. Aktywność antyoksydacyjna oznaczona metodami: ABTS, DPPH i FRAP w owocach oberżyny, średnia z lat 2010–2012

Odmiana	ABTS [$\mu\text{M GA}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ś.m.]			DPPH [$\mu\text{M TE}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ś.m.]			FRAP [$\mu\text{M Fe}^{2+}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ś.m.]		
	zbiór co 7 dni	zbiór co 10 dni	średnia	zbiór co 7 dni	zbiór co 10 dni	średnia	zbiór co 7 dni	zbiór co 10 dni	średnia
'Violetta lunga 2'	410,26	430,51	420,38	538,34	565,34	551,84	9,77	10,84	10,30
'Violetta lunga 3'	378,69	455,37	417,03	561,05	543,23	552,13	14,45	15,38	14,91
'Black Beauty'	496,07	478,23	487,15	574,86	543,69	559,27	12,65	15,75	14,19
'Epic F ₁ '	335,01	464,50	399,75	513,77	542,78	528,27	11,57	11,79	11,68
'Linda F ₁ '	630,24	357,69	493,96	743,17	418,43	580,79	15,64	10,27	12,95

'WA6020 F ₁ '	389,11	492,34	440,72	539,16	587,43	563,29	9,90	14,16	12,03
'Vernal F ₁ '	435,39	479,05	457,21	518,64	617,76	568,20	12,63	13,65	13,13
'Avan F ₁ '	374,32	534,34	454,33	509,29	583,59	546,43	12,08	17,49	14,78
'Classic F ₁ '	462,64	465,09	463,86	527,18	556,93	542,05	14,74	15,39	15,06
'Golden Egg'	347,11	337,16	342,13	535,60	460,24	497,91	10,24	9,33	9,78
'Adria F ₁ '	444,38	528,20	486,28	495,11	584,11	539,60	15,24	14,95	15,09
'Prosperosa'	471,31	415,62	443,46	546,13	528,33	537,23	17,96	12,70	15,33
'Belen F ₁ '	360,49	331,89	346,19	439,78	519,05	479,41	10,38	13,68	12,03
średnia	425,77	443,85	434,80	541,70	542,38	542,03	12,87	13,49	13,18
NIR _{a=0,05} dla odmiany	86,42			n.i.			3,45		
dla terminu zbioru	n.i.			n.i.			n.i.		
dla interakcji	124,88			109,05			n.i.		

GA – kwas galusowy, TE – Troloxu

WNIOSKI

Wartość odżywcza owoców oberżyny w niewielkim stopniu zależała od badanych czynników. Zawartość w nich polifenoli była zróżnicowana pod wpływem odmiany i stopnia dojrzałości, natomiast na ilość antocyjanów i witaminy C wpływał tylko termin zbioru owoców.

Największą wartością odżywczą w fazie dojrzałości optymalnej charakteryzowały się owoce odmian: Belen F₁ i Classic F₁, natomiast po jej przekroczeniu – owoce odmian Black Beauty, Vernal F₁, Avan F₁ i Adria F₁.

Owoce odmian Linda F₁, Black Beauty i Prosperosa wykazały największą aktywność antyoksydacyjną w fazie dojrzałości optymalnej, natomiast odmiany 'WA6020 F₁', 'Avan F₁' i 'Adria F₁' po przekroczeniu tej fazy.

LITERATURA

- Akanitapichat P., Phraibung K., Nuchklang K., Prompitakkul S. 2010. *Antioxidant and hepatoprotective activities of five eggplant varieties*. Food Chem. Toxicol. Elsevier. USA, 48, 3017–3021.
- Cao G., Sofic E., Prior R. L. 1996. *Antioxidant capacity of tea and common vegetables*. J. Agric. Food Chem. 44(11), 3426–3431.
- Cebula S., Ambroszczyk A. M. 1999. *Ocena wzrostu roślin, plonowania i jakości owoców ośmiu odmian oberżyny (Solanum melongena L.) w uprawie szklarniowej*. Acta Agraria et Silvestria 37, 49–58.
- Bartoszek A., Drozdowski B., Grabowska J., Palka K., Sawicki J., Sikorski Z., Świtka J., Wilska-Jeszka J., Wojnowski W. 1996. *Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 373–482.
- Benzie I. F. F., Strain J. J. 1996. *The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay*. Anal. Biochem. 239, 70–76.
- Buczowska H. 2004. *Uprawa oberżyny. Wymagania uprawowe, produkcja i sadzenie rozsady*. Cz. I. Hasło Ogrodnicze 6, 92–94.
- Chalker-Scott L. 1999. *Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses*. Photochem. Photobiol. 70, 1751–1097.
- Fuleki T., Francis F. J. 1968. *Quantitative methods for anthocyanins. Determination of total anthocyanins and degradation index for cranberry juice*. J. Food. Sci. 33, 78–83.

- Gil M. I., Tomàs-Barberà F. A., Hess-Pierce B., Holcroft D. M., Kader A. A. 2000. *Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing*. J. Agric. Food Chem. 48, 4581–4589.
- Lawande K. E., Chavan J. K. 1998. *Handbook of Vegetable Science and Technology. Production, composition, storage and processing*. New York, 225–244.
- Leonardi C., Giuffrida F. 2009. *Growth rate and carpometric characteristic during eggplant fruit growth*. Acta Hort. 807(1), 175–180.
- Miller N. J., Sampson J., Candeias L. P., Bramley P. M., Rice-Evans C. 1996. *Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls*. Febs Letters. 384(3), 240–242.
- Noda Y., Kneyuki T., Igarashi K., Mori A., Packer L. 2000. *Antioxidant activity of nasunin, an anthocyanin in eggplant peels*. Toxicology. USA, 148 (2–3), 119–123.
- Pellegrini N., Serafini M., Colombi B., Del Rio D., Salvatore S., Bianchi M., Brighenti F. 2003. *Total antioxidant capacity of plant foods beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays*. J. Nutrition. 133(9), 2812–2819.
- Prohens J., Rodriguez-Burruezo A., Dolores Raigon M. 2007. *Total phenolic concentration and browning susceptibility in a collection of different varietal types and hybrids of eggplant: implications for breeding for higher nutritional quality and reduced browning*. JASHS. 132(5), 638–646.
- Re R., Pellegrini N., Prottegente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. 1999. *Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay*. Free Radical Bio. Med. (26), 1231–1237.
- Rumińska A., Suchorska K., Węglarz Z. 1985. *Rośliny lecznicze i specjalne. Podstawy agrotechniki*. SGGW – AR, Warszawa, 5–219.
- Sadilova E., Stintzing F. C., Carle R. 2006. *Anthocyanins, colour and antioxidant properties of eggplant (Solanum melongena L.) and violet pepper (Capsicum annum L.) peel extracts*. Verlag der Zeitschrift für Naturforschung. Tübingen (61), 527–535.
- Scalbert A. i Williamson G. 2000. *Dietary intake and bioavailability of polyphenols*. The American Society for Nutritional Science. 130(8), 2073–2085.
- Slinghart K., Singleton V. L. 1977. *Total phenol analysis: automation and comparison with manual method*. Am. J. Enol. Vitic (28), 49–55.
- Yang R-Y., Samson C. S. T., Tung-Ching L., Hanson P. M., Lai P-Y, 2005. *Antioxidant capacities and daily antioxidant intake from vegetables consumed in Taiwan*. Symposium on Taiwan-America Agricultural Cooperative Projects. Taiwan, 69–77.
- Yen G. C., Chen H. Y. 1995. *Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity*. J. Agric. Food Chem. 43 (1), 27–32.

- Ziemiański M. 1968. *Słownik towaroznawczy artykułów żywnościowych*. Wydawnictwo Przemysłu Lekkiego i Spożywczego. Warszawa, 7–564.
- Ziemiański Ś., Bułhak-Jachymczyk B., Niedźwiecka-Kącik D., Panczenko-Kresowska B., Wartanowicz M. 2001. *Normy żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 292–309.

Adres do korespondencji:

mgr inż. Magdalena Krygier

prof. dr hab. Katarzyna Adamczewska-Sowińska

Katedra Ogrodnictwa

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

e-mail: magdalenakrygier@wp.pl, katarzyna.a-sowinska@up.wroc.pl

Badania dotowane ze środków publicznych

**ODDZIAŁYWANIE CHEMICZNEJ I BIOLOGICZNEJ
OCHRONY ROŚLIN FASOLI SZPARAGOWEJ
UPRAWIANEJ W NIEOGRZEWANYM TUNELU
FOLIOWYM NA PLON I JAKOŚĆ STRĄKÓW**

**INFLUENCE OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL PLANT PRO-
TECTION OF FRENCH BEAN CULTIVATED IN THE UNHEA-
TED FOIL TUNNEL ON THE YIELD AND PODS QUALITY**

Abstrakt. Fasola zwykła szparagowa (*Phaseolus vulgaris* L.) uprawiana była w sezonie wiosennym w warunkach nieogrzewanego tunelu foliowego z zastosowaniem dwu metod ochrony roślin: biologicznej (Biosept 33 SL), zawierający 33% ekstraktu z grejpfruta i chemicznej (Topsin M 500 SC (0,2%), Amistar 250 SC (0,2%), Rovral FLO 255 SC (0,2%) i Sumilex 500 SC (0,1%)). Zastosowanie biopreparatu Biosept 33 SL (0,3%) do ochrony roślin fasoli szparagowej w uprawie w nieogrzewanym tunelu foliowym okazało się podobnie skuteczne jak ochrona chemiczna. Plon ogólny i handlowy strąków fasoli szparagowej żółtostrąkowej nie był zróżnicowany w zależności od metod ochrony, jednakże plon strąków z objawami chorobowymi był istotnie mniejszy z roślin chronionych chemicznie. Strąki fasoli szparagowej z roślin chronionych biologicznie odznaczały się istotnie większą zawartością suchej masy, kwasu L-askorbinowego, natomiast mniejszą karotenoidów w porównaniu do strąków z uprawy z ochroną chemiczną. Zawartość flawonoidów (w przeliczeniu na kwercetynę) i włókna surowego w strąkach z różnych metod ochrony była na zbliżonym poziomie.

Słowa kluczowe: *Biosept 33 SL, ochrona roślin, fasola szparagowa żółtostrąkowa, plon, składniki odżywcze*

Summary. The French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) were cultivated in spring season in the condition of unheated foil tunnel with applied of two methods of plant protection: biological (Biosept 33 SL), containing 33% of grapefruit extract and chemical (Topsin M 500 SC (0,2%), Amistar 250 SC (0,2%), Rovral FLO 255 SC (0,2%), Sumilex 500 SC (0,1%)). The application of biopreparation the Biosept 33 SL (at a conc. of 0,3%) to plant protection of yellow of French bean cultivated in the unheated foil tunnel was the same good as the chemical protection. The total yield and marketable yield was not significantly differentiated as affected of protection methods, however the pods yield with disease symptoms was significantly lower after chemical protection. The pods with application by biological protection had significantly higher content of dry matter and L-ascorbic acid, but lower content of carotenoids in comparison with chemical plant protection. The content of flavonoids (calculated as quercetin) and raw fibre in pods were on the similar level.

Key words: *Biosept 33 SL, plant protection, yellow French bean, some nutrients compounds*

WSTĘP

Fasola szparagowa jest warzywem coraz powszechniej uprawianym na zbiór przyspieszony strąków, wykorzystywane są różne sposoby osłaniania roślin. Wzrastającą tendencją ma uprawa fasoli szparagowej w nieogrzewanych tunelach foliowych, przede wszystkim w okresie wiosennym jak również na zbiór jesienią. Termin i metoda uprawy wiosną uzależnione są od warunków glebowo-klimatycznych, istotny jest również dobór odpowiednich odmian, preferowane są żółtostrąkowe [Andreas 1992; Siwek 2004; Łabuda i Baran 2005; Łabuda i Brodaczevska 2007; Bralewski i Hołubowicz 2006]. Zwiększenie dostępności strąków fasoli szparagowej z upraw przyspieszonych przyczynia się do rozszerzenia asortymentu świeżych warzyw na rynku. Warzywa, w tym strąki fasoli szparagowej są źródłem nie tylko podstawowych składników odżywczych, lecz wielu substancji biologicznie czynnych w tym także o właściwościach przeciwutleniających, co ma korzystne oddziaływanie na zdrowie człowieka [Hertog i in. 1992; Małolepsza i Urbanek 2000; Troszyńska i in. 2000; Wolski i Dyduch 2000; Jiratanan i Liu 2004; Sembratowicz i Czech 2005; Mursu i in. 2007; Khoo i in. 2011].

Możliwość ograniczania stosowania w produkcji ogrodniczej chemicznych metod ochrony roślin przed chorobami dzięki wykorzystaniu niechemicznych środków – biopreparatów również w uprawie pod osłonami stwarza szansę na uzyskanie plonów lepszej jakości i mniejsze skażenie środowiska [Janas i in. 2002; Saniewska 2002; Pięta i in. 2004; Pięta 2006].

Celem pracy było określenie wpływu chemicznej i biologicznej ochrony roślin z wykorzystaniem biopreparatu Biosept 33 SL na plon i jakość 12 odmian żółtostrąkowej fasoli szparagowej uprawianej w nieogrzewanym tunelu foliowym. Istotnym było prześledzenie zawartości niektórych substancji biologicznie aktywnych w strąkach pochodzących z kolejnych trzech zbiorów w zależności od stosowanych metod ochrony.

MATERIAŁ I METODY

Fasolę zwykłą szparagową (*Phaseolus vulgaris* L.) uprawiano z rozsady w cyklu wiosennym w 2007 roku w nieogrzewanym tunelu

foliowym. Rozsadę fasoli produkowano w szklarni ogrzewanej w tacach 54-komorowych w substracie torfowym. Nasiona przed siewem 2.04.2007 zostały zaprawione w różny sposób. Ochrona chemiczna: Zaprawa Oxafun T + Marshal 250 DS, zaprawiane na sucho tuż przed siewem. Ochrona biologiczna: Biosept 33 SL zawierający 33% ekstraktu z grejpfruta, stęż. 0,3%, zaprawianie na mokro, nasiona zanurzone na 5 min. w zlewkach w roztworze i następnie wysiewane. W okresie wegetacji fasoli szparagowej zabiegi ochrony roślin prowadzono czterokrotnie: 20.04.2007 (2 dni po wysadzeniu rozsady), 16.05.2007 (faza małych lub nabrzmiałych pąków kwiatowych), 22.05.2007 (zawiązywanie strąków) i 29.05.2007. W ochronie chemicznej zastosowano kolejno: Topsin M 500 SC (0,2%), Amistar 250 SC (0,2%), Rovral FLO 255 SC (0,2%) i Sumilex 500 SC (0,1%). Natomiast do ochrony biologicznej zastosowano Biosept 33 SL (0,3%) – dwa pierwsze zabiegi, następnie Miedzian 50 WP (0,2%) – środek dopuszczony w uprawach ekologicznych i ostatni zabieg Biosept 33 SL (0,3%).

Nawożenie fasoli oparto o wyniki analizy gleby. Konieczne było uzupełnienie zawartości o 40 mg azotu mineralnego oraz potasu o 70 mg na 1 dm³ gleby. Zasobność gleby w pozostałe makroskładniki była optymalna dla fasoli i wynosiła w mg na 1 dm³ gleby: 200–270 P, 110–140 Mg i 1200–1400 Ca. Odczyn gleby był obojętny, pH w H₂O 7,4.

Zahartowaną rozsadę fasoli szparagowej, 12 odmian żółtosząrkowych, pochodzących z czterech firm handlowo nasiennych: „SPÓJNIA” Nochowo: NOE-1 (Wzorzec), Dominika, Poster, POLAN Kraków: POL-349/05, POL-B105, Lucyna, PLANTICo Gołębiów: LM-86, LB-16, LPE-4 i PLANTICo Zielonki: Z1/07, Z2/07, Liwia, wysadzono 18.04.2007 w rozstawie 45 cm x 15 cm, 15 roślin na poletku o dł. 2 m i szer. 0,45 m i pow. 0,9 m², doświadczenie założono jako dwuczynnikowe w 2 powtórzeniach.

Pielęgnacja roślin w tunelu polegała na nawadnianiu (taśmy kroplujące rozłożone w międzyrzędziach), ręcznym usuwaniu chwastów i spulchnianiu międzyrzędzi. W połowie maja zastosowano sznurki po obu stronach rzędów fasoli, które umocowane były na palikach (co 2–2,5 m) w celu podtrzymywania roślin. Ponadto rośliny fasoli dodatkowo osłaniano włókniną PP 40 wspartą na skrzynkach rozstawionych w międzyrzędziach w celu ochrony przed silnymi przymrozkami

w okresie 19.04-25.04 i 30.04 do 8.05.2007 r. Rośliny fasoli z uwagi na długotrwałe chłody i przymrozki po posadzeniu wykazywały objawy braku składników pokarmowych, które w warunkach niskiej temperatury gleby były słabo dostępne, stąd do zabiegów ochrony roślin (od trzeciego) dołączono nawóz dolistny Floropest (0,1%).

Zbiór fasoli szparagowej rozpoczęto 5 czerwca 2007 roku, czyli po 48 dniach od wysadzenia rozsady, przeprowadzono 4 zbiory w odstępach tygodniowych, ostatni 9 lipca 2007 roku. Określono plon strąków fasoli szparagowej z 1m² oraz jego strukturę w zależności od metody ochrony roślin i 12 badanych odmian.

Próby strąków ze zbiorów 1, 2 i 3 po 200 g (plonu handlowego) każdej odmiany i dwóch metod ochrony bezpośrednio po zbiorze przeznaczono do analiz chemicznych. Analizę zawartości wybranych substancji biologicznie czynnych przeprowadzono w Laboratorium Jakości Warzyw i Surowców Zielarskich Katedry Warzywnictwa i Roślin Lecznicznych UP w Lublinie. W świeżych strąkach fasoli szparagowej oznaczono zawartość suchej masy, metodą suszarkową w 105°C, kwasu L-askorbinowego metodą spektrofotometryczną wg Roe z modyfikacją Ewelina, zawartość karotenoidów metodą spektrofotometryczną, koncentrację barwników obliczono wg wzoru Lichtenthaler i Wellburn [1983 za Torres i in. 2006], flawonoidów metodą spektrofotometryczną wg Christa i Müllera w przeliczeniu na kwercetynę [Farmakopea Polska 2005] oraz włókna surowego metodą Henneberga i Stohmanna zmodyfikowaną przez Henneberga.

Wyniki badań laboratoryjnych przedstawiono średnio z 3 powtórzeń oznaczeń.

Wyniki badań zostały opracowane statystycznie metodą analizy wariancji i przedziałów ufności T-Tukey'a przy poziomie istotności $\alpha=0.05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki przeprowadzonych badań nad oceną chemicznej i biologicznej ochrony roślin fasoli szparagowej w wiosennej uprawie w nieogrzewanym tunelu foliowym wykazały dobrą skuteczność zastosowanych metod ochrony. Otrzymane rezultaty badań potwierdziły skuteczność biopreparatu Biosept 33 SL w ochronie roślin w tym, fasoli zwykłej, co podano we wcześniejszych pracach [Janas i in.

2002; Pięta i in. 2004; Smolińska i Kowalska 2006]. Rośliny fasoli szparagowej odznaczały się dobrą zdrowotnością do końca wegetacji, obficie kwitły i zawiązywały strąki, co znalazło odzwierciedlenie w wielkości i jakości uzyskanego plonu badanych odmian (tab. 1 i 2).

Plon strąków ogółem i handlowy wynosił odpowiednio 2,365 i 2,331 kg·m⁻² przy ochronie chemicznej oraz 2,259 i 2,182 kg·m⁻² w ochronie biologicznej, różnice w wielkości tych plonów w zależności od metod ochrony były nieistotne. Uzyskany plon strąków jedenastu odmian spośród dwunastu badanych mieścił się w zakresie dobrego plonowania fasoli szparagowej, czyli 2–3 kg·m⁻² w uprawie wiosennej w nieogrzewanym tunelu foliowym [Bralewski i Hołubowicz 2006].

Łabuda i Brodaczevska [2007] wykazały, że plon handlowy strąków fasoli szparagowej uprawianej z siewu nasion 16–18 kwietnia (w zależności od lat) w nieogrzewanym tunelu foliowym był średnio na poziomie 1,1–1,6 kg·m⁻², istotny wpływ miały warunki termiczne w okresie uprawy, co spowodowało skrócenie okresu plonowania fasoli. Natomiast porównywalny plon strąków 2–3 kg·m⁻² w zależności od odmian uzyskano z uprawy w polu z siewu nasion 24–26 kwietnia (w zależności od lat) i osłanianiu roślin włókniną PP 17, co było zjawiskiem wyjątkowym pod względem przebiegu pogody w latach prowadzenia badań na Lubelszczyźnie.

W niniejszej pracy okres plonowania fasoli szparagowej uprawianej z rozsady był stosunkowo długi i trwał od 5 czerwca do 9 lipca 2007 roku, jednocześnie wykazano, że udział plonu handlowego z pierwszego zbioru w plonie handlowym był większy w przypadku biologicznej ochrony roślin i wynosił średnio 54,2%. Natomiast wykazano, że plon strąków fasoli szparagowej z objawami chorobowymi przy zastosowaniu biopreparatu Biosept 33 SL i jednorazowo dopuszczonego do ekologicznych upraw Miedzianu 50 WP był średnio czterokrotnie większy niż z roślin chronionych przez cały okres wegetacji chemicznie.

Technologia uprawy fasoli z rozsady, podtrzymywanie roślin na sznurkach, usuwanie opadłych i pożółkłych dolnych liści miały wpływ na to, że plon strąków fasoli szparagowej z objawami chorobowymi w całym doświadczeniu był niewielki.

Strąki fasoli szparagowej żółtostrąkowej pochodzące z trzech kolejnych zbiorów wykazywały istotne różnice pod względem zawartości

wybranych składników w zależności od badanych czynników oraz ich współdziałania (tab. 3). Średnio z trzech terminów zbioru strąki fasoli szparagowej z roślin chronionych biologicznie odznaczały się istotnie większą zawartością suchej masy (8,95%) i kwasu L-askorbinowego (11,16 mg·100 g⁻¹św.m.), natomiast mniejszą zawartością karotenoidów (0,726 mg·100 g⁻¹św.m.) w porównaniu do strąków pochodzących z uprawy z ochroną chemiczną. Zawartość flawonoidów (w przeliczeniu na kwercetynę) i włókna surowego w strąkach była na zbliżonym poziomie w zależności od stosowanych metod ochrony roślin.

Z porównania średniej zawartości wybranych składników w strąkach fasoli szparagowej żółtostrąkowej z trzech kolejnych zbiorów niezależnie od metod ochrony wykazano, że strąki pochodzące z trzeciego zbioru (w końcu czerwca) odznaczały się największą zawartością suchej masy (9,10%), karotenoidów (1,069 mg·100 g⁻¹św.m.), flawonoidów (w przeliczeniu na kwercetynę) (8,35 mg·kg⁻¹św.m.) oraz włókna surowego (1,21 mg·100 g⁻¹św.m.). Natomiast największą zawartością kwasu L-askorbinowego (11,61 mg·100 g⁻¹św.m.) odznaczały się strąki fasoli szparagowej żółtostrąkowej z drugiego zbioru, przeprowadzonego w połowie czerwca.

Otrzymane rezultaty badań dotyczących zawartości w strąkach żółtostrąkowej fasoli szparagowej wybranych składników zaliczanych do substancji biologicznie czynnych wskazują, że poziom zawartości karotenoidów, flawonoidów (w przeliczeniu na kwercetynę), kwasu L-askorbinowego oraz włókna surowego był nieco niższy od wyników badań innych autorów, które dotyczyły fasoli szparagowej z upraw w polu.

Z badań Hart i Scott [1995] wynika, że zawartość karotenoidów w strąkach fasoli szparagowej wynosiła 0,862 mg·100 g⁻¹św.m., natomiast doniesienia [Murkovic i in. 2000] wskazują, że była większa i wynosiła 1,334 mg·100 g⁻¹św.m. Koo i inni. [2011] określili w strąkach zawartość luteiny, która wynosiła 0,171–0,460 mg·100 g⁻¹św.m. oraz zeaksantyny – 0,02 mg·100 g⁻¹św.m.

Tab. 1. (s. 437) Wpływ chemicznej i biologicznej ochrony roślin fasoli szparagowej żółtostrąkowej uprawianej w nieogrzewanym tunelu foliowym na plon strąków

Tab. 2. (s. 438) Wpływ chemicznej i biologicznej ochrony roślin na zawartość wybranych składników chemicznych w strąkach 12 odmian fasoli szparagowej żółtostrąkowej uprawianej w nieogrzewanym tunelu foliowym

Odmiana	Plon ogólny strąków kg·m ⁻²			Plon handlowy strąków kg·m ⁻²			Plon strąków z objawami chorobowymi g·m ⁻²			Udział I zbioru w plonie handlowym strąków w % wag.		
	Ochrona roślin		Śred- nio	Ochrona roślin		Śred- nio	Ochrona roślin		Śred- nio	Ochrona roślin		Śred- nio
	che- miczna	biolo- giczna		che- miczna	biolo- giczna		che- miczna	biolo- giczna				
NOE 1 (wzorzec)	1,838	2,272	2,055	1,804	2,194	1,999	26,5	66,1	46,3	26,1	32,8	29,5
Domimika	2,172	1,712	1,942	2,156	1,680	1,918	4,2	25,5	14,9	53,3	52,6	52,9
Poster	3,035	2,757	2,896	2,971	2,727	2,849	22,7	26,3	24,5	39,1	45,6	42,4
POL-349/05	2,457	2,687	2,572	2,421	2,617	2,519	21,9	55,2	38,6	26,4	36,1	31,3
POL-B 105	2,294	1,885	2,089	2,258	1,745	2,002	22,6	138,0	80,3	54,3	72,1	63,2
Lucyna	2,227	2,247	2,237	2,194	2,176	2,185	5,2	64,0	34,6	53,3	67,3	60,3
LM-86	2,170	2,289	2,230	2,141	2,222	2,181	7,7	52,9	30,3	69,0	67,9	68,5
LB-16	2,859	2,666	2,763	2,831	2,516	2,674	11,9	141,1	76,5	27,7	47,7	37,7
LPE-4	1,719	1,701	1,710	1,692	1,652	1,672	12,5	47,0	29,8	73,1	78,2	75,7
Z1/07	2,045	2,041	2,043	1,985	1,951	1,968	23,9	27,8	25,9	36,9	40,8	38,9
Z2/07	2,089	2,024	2,056	2,057	1,939	1,998	17,1	75,2	46,1	52,7	68,7	60,7
Liwia	3,475	2,829	3,152	3,466	2,766	3,116	3,6	20,1	11,8	31,7	40,8	36,3
Średnio	2,365	2,259	2,312	2,331	2,182	2,257	14,9	61,6	38,3	45,3	54,2	49,8
NIR _{0,05} Ochrona (A)	n.i.				n.i.				16,7			
NIR _{0,05} Odmiana (B)	0,594				0,578				37,4			

Odmiana	Sucha masa %		Karetonoidy mg·100 g ⁻¹ św.m.		Kwas L-askorbinowy mg·100 g ⁻¹ św.m.		Flawonoidy w przel. na kwercetynę mg·kg ⁻¹ św.m.		Włókno surowe g·100 g ⁻¹ św.m.					
	Ochrona roślin	Srednio	Ochrona roślin		Ochrona roślin		Ochrona roślin		Ochrona roślin					
			chem.	biol.	chem.	biol.	chem.	biol.	chem.	biol.				
NOE 1 (wzorzec)	8,55	9,03	1,358	0,456	0,907	10,71	10,50	10,61	13,23	12,06	12,64	1,17	1,23	1,20
Dominika	9,08	8,70	2,569	0,346	1,458	7,95	9,06	8,51	4,23	9,10	6,66	1,41	0,90	1,15
Poster	7,67	7,78	1,664	0,774	1,219	13,0	14,21	13,61	4,20	4,09	4,14	1,10	0,96	1,03
POL-349/05	8,49	8,38	0,959	0,551	0,755	8,21	9,95	9,08	12,50	11,63	12,06	0,90	0,90	0,90
POL-B 105	8,21	8,74	2,711	0,955	1,833	11,21	10,60	10,91	7,03	4,06	5,54	0,87	1,07	0,97
Lucyna	8,83	9,35	1,344	0,124	0,734	10,16	11,29	10,73	5,33	6,16	5,74	1,48	1,26	1,37
LM-86	8,61	10,32	2,818	1,493	2,156	9,29	9,63	9,46	5,20	4,76	4,98	1,04	1,40	1,22
LB-16	9,05	8,93	2,318	1,021	1,669	9,50	12,04	10,77	6,70	6,23	6,46	0,88	1,37	1,12
LPE-4	9,67	10,91	1,564	1,126	1,345	13,37	11,58	12,47	7,03	4,70	5,86	0,81	1,14	0,97
Z1/07	8,51	8,25	0,401	0,566	0,483	10,13	9,00	9,56	12,90	9,17	11,03	0,90	1,02	0,96
Z2/07	8,80	9,06	1,162	0,630	0,896	10,75	11,67	11,21	4,40	6,16	5,28	1,34	1,19	1,26
Liwia	8,25	7,96	1,075	0,675	0,875	13,00	14,33	13,66	2,51	5,11	3,81	1,23	1,05	1,14
Średnio	8,64	8,95	1,661	0,726	1,194	10,61	11,16	10,88	7,11	6,93	7,02	1,09	1,12	1,10
NIR _{0,05} Ochrona (A)	0,11			0,100		0,17			0,18			n.i.		
Odmiana (B)	0,46			0,411		0,71			1,00			0,34		
Współdz. AxB	0,71			0,629		1,09			1,50			0,52		

Tab. 3. Wpływ chemicznej i biologicznej ochrony roślin fasoli szparagowej żółtostrąkowej uprawianej w tunelu foliowym nieogrzewanym na zawartość wybranych składników chemicznych w strąkach z kolejnych zbiorów (średnio z 12 odmian)

Ochrona roślin	Zbiór strąków	Sucha masa %	Karotenoidy mg·100 g ⁻¹ św. m.	Kwas L-askorbinowy mg·100 g ⁻¹ św. m.	Flawonoidy w przeliczeniu na kwercetynę mg·kg ⁻¹ św. m.	Włókno surowe g·100 g ⁻¹ św. m.
Chemiczna	1	8,57	1,799	10,39	7,93	1,05
	2	8,49	1,453	11,99	5,18	1,03
	3	8,86	1,730	9,44	8,21	1,20
	Średnio	8,64	1,661	10,61	7,11	1,09
Biologiczna	1	8,73	1,342	10,40	7,08	1,03
	2	8,79	0,429	11,22	5,24	1,11
	3	9,35	0,408	11,86	8,49	1,23
	Średnio	8,95	0,726	11,16	6,93	1,12
Średnio zbiór	1	8,65	1,571	10,39	7,51	1,04
	2	8,64	0,941	11,61	5,21	1,07
	3	9,10	1,069	10,65	8,35	1,21
NIR _{0,05} Ochrona (A) Zbiór (B) A x B		0,11	0,100	0,17	0,18	n.i.
		0,16	1,147	0,25	1,80	0,08
		0,28	0,253	0,43	0,61	n.i.

Zawartość flawonoidów (w przeliczeniu na kwercetynę) w strąkach była w zakresie 19,1–183,3 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ św.m., a u odmian żółtostrąkowych i zielonostrąkowych jak wynika z badań [Hempel i Böhm 1996] była podobna i wynosiła 6,81 i 6,79 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ św.m. W pracy Hertog i innych [1992] zawartość kwercetyny i kempferolu w strą-

kach fasoli szparagowej wynosiła łącznie $51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św.m., natomiast z badań Miean i Mohamed [2001] wynika, że ogólna zawartość flawonoidów wynosiła $172,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.

Zawartość kwasu L-askorbinowego w żółtostrąkowej fasoli jak wynika z badań niniejszej pracy w zależności od zbioru wynosiła średnio $10,39\text{--}11,61 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ św.m. i była na zbliżonym poziomie do wartości podanych w pracy Wierzbicka i Kuskowska [2002].

WNIOSKI

Zastosowanie biopreparatu Biosept 33 SL (w stęż. 0,3%) do ochrony roślin fasoli szparagowej w uprawie w nieogrzewanym tunelu foliowym okazało się podobnie skuteczne jak ochrona chemiczna.

Plon ogólny i handlowy strąków fasoli szparagowej żółtostrąkowej nie był zróżnicowany w zależności od metod ochrony, jednakże plon strąków z objawami chorobowymi był istotnie mniejszy z roślin chronionych chemicznie.

Strąki fasoli szparagowej z roślin chronionych biologicznie odznaczały się istotnie większą zawartością suchej masy, kwasu L-askorbinowego, natomiast mniejszą karotenoidów w porównaniu do strąków z uprawy z ochroną chemiczną. Zawartość flawonoidów (w przeliczeniu na kwercetynę) i włókna surowego w strąkach z różnych metod ochrony była na zbliżonym poziomie.

LITERATURA

- Andreas Ch. 1992. *Stangenbohnen im erdelosen Anbau auf Steinwolle*. Gemüse 4, 216–222.
- Farmakopea Polska VII 2005. Wyd. PTFarm, Warszawa.
- Hart D. J., Scott K.J. 1995. *Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoids content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK*. J. Agric. Food Chem. 54, 101–111.
- Hempel J., Böhm H. 1996. *Quality and quantity of prevailing flavonoid glycosides of yellow and green French beans (Phaseolus vulgaris L.)*. J. Agric. Food Chem. 44, 2114–2116.
- Hertog M. G. L., Hollman P. C. H., Katan M.B. 1992. *Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands*. J. Agric. Food Chem. 40, 2379–2383.

- Janas R., Szafirowska A., Kołosowski S. 2002. *Zastosowanie biopreparatów w biologicznej ochronie oberżyny*. Post. Ochrony Roślin 42, 2, 417–419.
- Jiratanan T., Liu R.H. 2004. *Antioxidant activity of processed table beets (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) and green beans (*Phaseolus vulgaris* L.)*. J. Agric. Food Chem. 52, 2659–2670.
- Khoo H.-E., Prasad K.N., Kong K.-W., Jiang Y., Ismail A. 2011. *Carotenoids and their isomers: color pigments in fruits and vegetables*. Molecules 16, 1710–1738.
- Łabuda H., Baran A. 2005. *Wpływ sposobu osłaniania na plonowanie fasoli szparagowej w uprawie przyspieszonej*. Zesz. Nauk. Akad. Rol. Wroc., RoI. LXXXVI, 515, 333–338.
- Łabuda H., Brodaczevska A. 2007. *Yield and quality characteristics of seven snap bean cultivars for early cropping*. [w:] Red. P. Nowaczyk. Spontaneous and induced variation for the genetic improvement of horticultural crops. Dniversity Press. Dniversity of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz. 245–250.
- Małolepsza U., Urbanek H. 2000. *Flawonoidy roślinne jako związki biochemiczne czynne*. Wiadomości Botaniczne 44 (3/4), 27–37.
- Miean K. H., Mohamed S. 2001. *Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants*. J. Agric. Food Chem. 49, 3106–3112.
- Murkovic M., Gams K., Draxl S., Pfannhauser W. 2000. *Development of an Austrian carotenoid database*. J. Food Comp. Analysis 13, 435–440.
- Mursu J., Nurmi T., Tuomainen T.-P., Ruusunen A., Salonen J.T., Voutilainen S. 2007. *The intake of flavonoids and carotid atherosclerosis: the Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study*. Brit. J. Nutrition 98, 814–818.
- Pięta D., Patkowska E., Pastucha A. 2004. *Oddziaływanie biopreparatów na wzrost i rozwój niektórych grzybów chorobotwórczych dla roślin motylkowych*. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 3, 2, 171–177.
- Pięta D. 2006. *Wpływ wybranych biopreparatów na zbiorowiska mikroorganizmów w glebie ryzosferowej grochu, fasoli zwykłej i fasoli wielokwiatowej*. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. EEE Hortic. XVI, 73–84.
- Saniewska A. 2002. *Oddziaływanie biopreparatu Biosept 33 SL na Phoma narcissi Aderh*. Post. Ochrony Roślin 42, 2, 801–803.
- Sembratowicz I., Czech A. 2005. *Naturalne przeciwutleniacze występujące w żywności*. Post. Nauk Rol. 1, 75–88.
- Siwek P. 2004. *Warzywa pod folią i włókniną*. Wyd. Hortpress Sp. z o.o. Warszawa.
- Sharamon S., Bagiński B.J. 1998. *Lecznicza siła ekstraktu z grejfruta*. Oficyna Wydawnicza „MH”, Wyd. I., Warszawa, ss. 128.

- Smolińska U., Kowalska B. 2006. *The effectivity of plant extracts and antagonistic microorganisms on the growth inhibition of French bean pathogenic fungi*. Veg. Crops Res. Bull. 64, 67–76.
- Sobolewski J. 2003. *Choroby infekcyjne na fasoli szparagowej*. Mat. Konf. Nauk. „Uprawa warzyw do przetwórstwa”, Instytut Warzywnictwa Skierniewice, 2 października 2003. 55–61.
- Torres C. A., Andrews P. K., Davies N.M. 2006. *Physiological and biochemical responses of fruit exocarp of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) mutants to natural photo-oxidative conditions*. J. Exp. Bot. 57, 9, 1933–1947.
- Troszyńska A., Honke J., Kozłowska H. 2000. *Naturalne substancje nieożywicze (NSN) pochodzenia roślinnego jako składniki żywności funkcjonalnej*. Postępy Fitot. 2, 17–22.
- Wierzbicka B., Kuskowska M. 2002. *Wpływ wybranych czynników na zawartość witaminy C w warzywach*. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 1(2), 49–57.
- Wolski T., Dyduch J. 2000. *Znaczenie warzyw i owoców w profilaktyce i terapii chorób cywilizacyjnych*. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. EEE Hort. 8, Suppl 19–35.

Adres do korespondencji:

Helena Łabuda

Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ul. Leszczyńskiego 58, 20–068 Lublin

e-mail: helena.labuda@up.lublin.pl

ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY CECHAMI ODMIANOWYMI MARCHWI A LICZEBNOŚCIĄ POPULACJI MSZYC (HEMIPTERA, APHIDOIDEA)

THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE FEATURES OF CARROT CULTIVARS AND THE NUMBER OF APHID POPULATIONS (HEMIPTERA, APHIDOIDEA)

Abstrakt. W latach 2007 – 2009 w doświadczeniu polowym na 8 odmianach marchwi jadalnej oceniano liczebność populacji 2 gatunków mszyc: *Cavariella aegopodii* i *Semiaphis dauci*. Dla zbadania zależności między cechami morfologicznymi marchwi a stopniem akceptacji roślin przy zasiedlaniu i żerowaniu mszyc zostały wykonane pomiary zagęszczenia włosków na liściach; mierzono także długość i grubość włosków. W badaniach wykazano, że marchew odmiany Berlikumer 2 (o liściach gładkich bez włosków) stwarzała najbardziej korzystne warunki do zasiedlania roślin i żerowania mszyc (*C. aegopodii* i *S. dauci*). Ważnym czynnikiem niepreferencji marchwi przez badane gatunki mszyc były wysokie zagęszczenia włosków na powierzchni liści. Wpływ pokrycia liści marchwi włoskami długimi na zasiedlanie roślin i żerowanie mszycy *S. dauci* potwierdziły statystycznie istotne i ujemne współczynniki korelacji („r”).

Słowa kluczowe: marchew, cechy morfologiczne, *Cavariella aegopodii*, *Semiaphis dauci*, zasiedlanie

Summary. The number of *Cavariella aegopodii* and *Semiaphis dauci* populations on eight cultivars of carrot was estimated in 2007 – 2009 in a field experiment. To study the relationships between carrot morphological features and the degree of plant acceptance in seedling and feeding of aphids, the measurement of hair length, thickness and density on leaves was also done. The obtained results showed that the carrot cultivar Berlikumer 2 (with hairless of leaves) proved to be the most favourable terms to plant seedling and feeding of aphids (*Cavariella aegopodii*, *S. dauci*). Carrot leaves with a dense hair were regarded as an important factor limiting seedling and feeding preferences of these aphids (*C. aegopodii*, *S. dauci*). The influential role of carrot leaves with long hair in seedling and feeding of *S. dauci* was confirmed by the statistically significant and negative correlation coefficients (“r”).

Key words: carrot, morphological features, *Cavariella aegopodii*, *Semiaphis dauci*, invasion

WSTĘP

Mszyce (*Aphidoidea*) są groźnymi szkodnikami wielu roślin uprawnych; stanowią ważną grupę fitofagów zasiedlających uprawy marchwi w Polsce. Na częściach nadziemnych marchwi żeruje kilka gatunków mszyc z *Aphididae*. Spośród nich, jako szkodniki o ekonomicznym znaczeniu, występujące corocznie i licznie są wymieniane: mszyca wierzbowo-marchwiowa (*Cavariella aegopodii* Scop.) i mszyca marchwiowa ondulująca (*Semiaphis dauci* Fabr.) [Szwejdka i Wrzodak 2007]. Do gatunków zasiedlających plantacje masowo i licznie w powtarzających się cyklicznie kilkuletnich odstępach czasu jest zaliczana mszyca burakowa (*Aphis fabae* Scop.).

Bionomia *C. aegopodii* i jej bezpośrednia szkodliwość była badana w odniesieniu do kopru ogrodowego [Cichocka 1992; Cichocka i in. 1992] oraz niektórych odmian marchwi [Gaborska i in. 2012]. Występowanie i szkodliwość mszycy *A. fabae* w uprawie marchwi zostały omówione przez Łuczak i innych [2012]. Ilościowe i jakościowe straty w plonie (danej rośliny uprawnej) są dodatkowo skorelowane z liczebnością żerujących mszyc. Zależą one jednak od uprawianej odmiany, liczby mszyc nalatujących i osiadających na roślinach, czasu rozpoczęcia żerowania i długości trwania tego procesu.

W powiązaniach między roślinami a fitofagami (także przy kolonizowaniu roślin i żerowaniu mszyc) istotną rolę odgrywają cechy odmianowe roślin: biochemiczne, anatomiczne i morfologiczne [Boczek 1977; Dąbrowski 1988]. Wyniki wstępnych obserwacji uzyskane w 2005 roku przez Łuczak [2007] wykazały różnice w liczebności mszyc zasiedlających niektóre odmiany marchwi, pietruszki i pasternaku.

W pracy przedstawiono wyniki dalszych, 3-letnich obserwacji polowych nad liczebnością populacji 2 gatunków mszyc (*C. aegopodii* i *S. dauci*) w uprawie 8 odmian marchwi. Podjęto także próbę ustalenia zależności pomiędzy strukturami fizycznymi liści, tj. zagęszczeniem włosków, ich długością i grubością a akceptacją odmian przy zasiedlaniu roślin i żerowaniu mszyc.

MATERIAŁY I METODY

Obserwacje nad występowaniem i liczebnością mszyc prowadzono w latach 2007–2009 na poletkach Stacji Doświadczalnej w Mydl-

nikach koło Krakowa. W 2007 roku testowano 7 odmian marchwi (tab. 1); w latach 2008–2009 włączono do badań odmianę Perfekcja (tab. 2–4). Marchew była siana w drugiej dekadzie kwietnia na poletkach o powierzchni 17,5 m² (5 x 3,5 m) każde. Od początku czerwca do połowy września (średnio co 10 dni) z poletek odmianowych były pobierane próby roślin do analiz mikroskopowych. Każdorazowo z pojedynczego poletka pobierano losowo po 10 roślin (x 3 powtórzenia). Próby roślin analizowano w laboratorium pod mikroskopem stereoskopowym; liczono i identyfikowano (do gatunku) obecne na roślinach mszyce oraz inne fitofagi. Do identyfikacji gatunków mszyc wykorzystano specjalistyczne klucze [Müller 1976; Cichocka 1999]. Liczebność populacji mszyc (*C. aegopodii* i *S. dauci*) na odmianach marchwi w danym roku charakteryzowano na podstawie obliczonych wskaźników i istotności różnic (tab. 1–3). Istotność różnic określano według testu t-Studenta ($p=0,05$). Otrzymane wartości posłużyły także do określenia stopnia akceptacji danej odmiany marchwi wobec 2 badanych gatunków mszyc (przy zasiedlaniu roślin i żerowaniu) (tab. 4).

Dla ustalenia zależności pomiędzy cechami odmianowymi marchwi (dotyczącymi struktur fizycznych na powierzchni liści) a liczebnością populacji mszyc (*C. aegopodii* i *S. dauci*) na przełomie lipca-sierpnia były wykonywane pomiary zagęszczenia włosków na liściach oraz pomiary długości i grubości włosków. Analizie mikroskopowej zostały poddane wyrównane fragmenty liści, złożone z 3 odgałęzień x 5 powtórzeń (dla danej odmiany marchwi). Na każdym odgałęzieniu liczono włoski oraz mierzono długość i grubość pojedynczego włoska. Określono powierzchnię (w mm²) analizowanych fragmentów liści, a liczbę włosków przeliczano na 1mm² powierzchni. Wpływ różnego zagęszczenia włosków (szt./mm²) oraz wpływ długości i grubości włosków na liczebność populacji dwóch badanych gatunków mszyc (*C. aegopodii* i *S. dauci*) określano na podstawie współczynników korelacji prostej, „r” Pearsona i istotności różnic.

WYNIKI I DYSKUSJA

Łączne liczby wszystkich zebranych okazów z *Aphididae* oraz udział (w %) poszczególnych gatunków mszyc różniły się w kolejnych latach badań.

W 2007 r. zebrano ogółem 716 okazów mszyc i stwierdzono żerowanie na nadziemnych częściach marchwi 5 gatunków: *A. fabae* (udział 82,5%), *C. aegopodii* (13,2%), *S. dauci* (3,1%), oraz pojedyncze okazy *Hyadaphis foeniculi* Pass. (0,8%) i *Cavariella theobaldii* Gill. et B. (0,4%). Masowe i liczne zasiedlanie (przez *A. fabae*) krajowych plantacji marchwi, a także innych roślin baldaszkowatych (przyprawowych i zielarskich) jest dyskutowane w literaturze [Goszczyński 1998; Łuczak 2007; Szwejda i Wrzodak 2007; Łuczak i in. 2012].

Tab. 1. Liczebność populacji mszyc (*Cavariella aegopodii*, *Semiaphis dauci*) na odmianach marchwi w 2007 roku. Wyniki analiz binokularowych roślin

Odmiana	Zasiedlenie roślin i liczebność mszycy									
	<i>C. aegopodii</i>					<i>S. dauci</i>				
	% zasiedlonych roślin		Liczba mszyc (szt.)			% zasiedlonych roślin		Liczba mszyc (szt.)		
	średni	maks.	ogółem	na 1 roślinie		średni	maks.	ogółem	na 1 roślinę	
				średnia	maks.				średnia	maks.
Kalina F ₁	3,3	20	8	1,0	1	0*	0	0	0	0
Nantejska	5,0	30	28	2,3	5	0	0	0	0	0
Karo F ₁	5,0	20	19	1,5	2	0	0	0	0	0
Koral	2,5	10	10	1,6	2	10,0	10	15	1,3	2
Berlikumer 2	5,0	30	17	1,4	3	2,5	10	3	1,3	1
Amsterdamska	3,3	10	8	1,0	1	2,5	10	3	1,0	1
Flakkese 2	1,3	10	3	1,0	1	0	0	0	0	0
NIR <small>p = 0,05</small>	1,32	8,3	7,8	0,53	1,3	8,28	4,9	5,1	0,21	0,7

* brak mszycy na analizowanych roślinach

W analizowanym roku populacja mszycy wierzbowo-marchwiowej (*C. aegopodii*) była niska; mszyca zasiedlała wszystkie testowane odmiany marchwi, ale w niejednakowym stopniu (tab. 1). Wskaźniki, charakteryzujące liczebność populacji *C. aegopodii* posiadały wartości najwyższe na odmianie Nantejska. Różniły się one statystycznie istotnie od wskaźników uzyskanych dla innych odmian (np. Kalina F₁, Amsterdamska, Flakkese 2). W omawianym roku, w rejonie badań, populacja mszycy marchwiowej ondulującej (*S. dauci*) była bardzo niska; obecności mszycy nie stwierdzono na 4 spośród 7 testowanych odmian marchwi (tab. 1). W 2007 r. warunki termiczne i wilgotnościowe nie sprzyjały rozwojowi mszyc i zasiedlaniu roślin marchwi przez *C. aegopodii* i *S. dauci*. W maju i czerwcu notowano brak opadów atmosferycznych, choć kilka dni było z ulewnymi deszczami; zmywały one (z roślin) nieliczne okazy mszyc.

W 2008 r. na nadziemnych częściach marchwi żerowały 2 gatunki mszyc (*C. aegopodii* i *S. dauci*); stwierdzono bardzo wysokie łączne ich liczebności (4416 i 2538 sztuk – odpowiednio). Pojedyncze okazy *A. fabae* notowano (w sierpniu) na marchwi Nantejska (ogółem 12 sztuk). Populacja *C. aegopodii* była bardzo wysoka na marchwi Nantejska i Berlikumer 2 (tab. 2). Tutaj, w terminie maksymalnego występowania mszycy (w dniu 6 czerwca) jej liczebności przekraczały 20 osobników/roślinę i notowano 100% zasiedlonych roślin. Mszyce żerujące masowo mogą zmieniać metabolizm rośliny; efektem są ilościowe i jakościowe straty w plonie. Cichocka i inni [1992] wyjaśnili, że przyczyną skracania łądyg i redukcji (o 80%) liczby formowanych baldachów u roślin kopru zasiedlonych przez mszycę wierzbowo-marchwiową było znaczne obniżenie asymilacji z jednoczesnym wzrostem oddychania. Żerowanie tej mszycy na marchwi jadalnej powodowało zmniejszenie plonu handlowego korzeni oraz spadek zawartości w korzeniach – cukrów rozpuszczalnych, sacharozę i sumy karotenoidów [Gaborska i in. 2012]. Odmienną reakcję, tj. wzrost zawartości cukrów i karotenoidów autorzy obserwowali m.in. u marchwi Amsterdamska. Tutaj, populacja *C. aegopodii* była 2- lub 4-krotnie mniejsza, aniżeli na innych odmianach (tab. 2).

Tab. 2. Liczebność populacji mszyc (*Cavariella aegopodii*, *Semiaphis dauci*) na odmianach marchwi w 2008 roku. Wyniki analiz binokularowych roślin

Odmiana	Zasiedlenie roślin i liczebność mszycy									
	<i>C. aegopodii</i>					<i>S. dauci</i>				
	% zasied- lonych roślin		Liczba mszyc (szt.)			% zasied- lonych roślin		Liczba mszyc (szt.)		
	średni	maks.	ogółem	na 1 roślinie		średni	maks.	ogółem	na 1 roślinę	
średnia				maks.	średnia				maks.	
Nantejska	32,7	100	774	7,9	20	19,3	80	627	10,8	24
Berliku- mer 2	45,3	100	795	5,8	27	24,3	80	471	6,5	20
Koral	44,7	90	723	5,4	12	27,3	70	396	4,8	11
Kalina F ₁	40,7	80	570	4,7	18	22,3	60	303	4,5	13
Perfekcja	26,7	70	498	6,2	13	14,3	50	213	4,9	13
Karo F ₁	35,3	80	438	4,1	9	19,7	70	267	4,5	11
Flakkese 2	34,7	80	414	4,0	15	15,3	70	204	4,4	12
Amster- damska	24,3	60	201	2,7	8	10,3	30	57	1,8	3
NIR p = 0,05	6,47	11,6	171,8	1,24	5,3	4,68	14,1	148,3	2,15	5,3

W analizowanym roku (2008), w rejonie Krakowa populacja mszycy *S. dauci* była także bardzo wysoka i zróżnicowana między odmianami marchwi (tab. 2). Preferencja tej mszycy (w odniesieniu do badanych odmian) była podobna do obserwowanej u mszycy *C. aegopodii*.

W 2009 r. na marchwi żerowały 4 gatunki mszyc: *C. aegopodii*, *S. dauci*, *A. fabae* i *H. foeniculi*. Udział dominującego gatunku *C. aegopodii* (w łącznej liczbie 855 zebranych mszyc) wynosił 58,9%. Największe liczebności mszycy odnotowano na odmianie Kalina F₁, a następnie na marchwi Nantejska (tab. 3).

Tab. 3. Liczebność populacji mszyc (*Cavariella aegopodii*, *Semiaphis dauci*) na odmianach marchwi w 2009 roku. Wyniki analiz binokularowych roślin

Odmiana	Zasiedlenie roślin i liczebność mszycy									
	<i>C. aegopodii</i>					<i>S. dauci</i>				
	% zasiedlonych roślin		Liczba mszyc (szt.)			% zasiedlonych roślin		Liczba mszyc (szt.)		
	średni	maks.	ogółem	na 1 roślinie		średni	maks.	ogółem	na 1 roślinę	
				średnia	maks.				średnia	maks.
Kalina F ₁	28,8	70	123	1,8	8	8,0	20	15	1,3	2
Berlikumer 2	15,0	30	39	1,1	2	10,6	20	99	6,6	12
Nantejska	25,0	70	78	1,3	3	8,6	10	18	1,5	2
Koral	21,3	40	60	1,2	2	6,7	30	15	1,7	2
Flakkese 2	20,0	60	69	1,4	3	4,0	10	6	1,0	1
Karo F ₁	13,8	40	45	1,4	5	2,0	10	3	1,0	1
Perfekcja	15,0	50	45	1,3	2	7,3	20	15	1,3	2
Amsterdamska	16,3	30	45	1,2	2	2,0	10	3	1,0	1
NIR <small>p = 0,05</small>	4,51	16,4	23,3	0,18	1,8	2,64	6,2	26,6	1,59	3,1

Prawie 3-krotnie mniejsze liczebności mszycy oraz niższe procenty zasiedlanych roślin zaobserwowano u 4 innych odmian (Berlikumer 2, Karo F₁, Perfekcja i Amsterdamska). W analizowanym roku zebrano łącznie 174 okazy mszycy marchwiowej ondulującej, a jej udział w populacjach wszystkich mszyc wynosił 20,4%. *S. dauci* była gatunkiem bardzo liczny na odmianie Berlikumer 2; sporadycznie i tylko pojedyncze osobniki mszycy były notowane na marchwi: Flakkese 2, Karo F₁ i Amsterdamska. W 2009 r. panowały nieco gorsze warunki termiczne i wilgotnościowe, aniżeli w roku poprzednim (2008). W maju i czerwcu notowano dość częste i obfite opady atmosferyczne a średnia dobowa temperatura przekraczała 19°C.

Końcowa klasyfikacja odmian uwzględniająca stopień akceptacji roślin przy zasiedlaniu i żerowaniu mszyc (*C. aegopodii* i *S. dauci*) oraz charakterystyka analizowanych cech morfologicznych marchwi została przedstawiona w tabeli 4.

Tab. 4. Cechy odmianowe marchwi i stopień akceptacji roślin przy zasiedlaniu oraz żerowaniu mszyc (*Cavariella aegopodii*, *Semiaphis dauci*) (wartości średnie za lata 2007–2009)

Odmiana	Liczba włosków na 1mm ² powierzchni liścia	Średnia długość włoska (mm)	Średnia grubość włoska (mm)	Stopień akceptacji ** wobec mszycy			
				<i>C. aegopodii</i>		<i>S. dauci</i>	
				A	B	A	B
Berlikumer 2	0*	0	0	2	2	2	2
Nantejska	0,20 d	0,458 a	0,036 bcd	1,5	1,5	3	2,5
Koral	0,41 bc	0,293 cd	0,133 a	2,5	2,5	2,5	2
Kalina F1	0,45 b	0,395 ab	0,145 a	1,5	2,5	3	3,5
Perfekcja ^{2/}	0,32 c	0,298 cd	0,061 b	2,5	3	2,5	2,5
Karo F1	0,31 c	0,243 d	0,022 d	2,5	2,5	3,5	3,5
Flakkese 2	0,17 d	0,364 bc	0,029 cd	2,5	3	3,5	3,5
Amsterdamska	0,56 a	0,287 cd	0,058 bc	3	3,5	3,5	4

Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Studenta ($p = 0,05$); ^{2/} wartości średnie za 2 lata (2008–2009); * brak włosków; ** 1,5–2 – wysoki, 2,5–3 – średni, 3,5–4 – niski; A – zasiedlanie roślin, B – liczebność żerujących mszyc

Na uwagę zasługują 2 odmiany marchwi: Berlikumer 2 (o liściach gładkich, bez włosków) o wysokim stopniu akceptacji wobec 2 badanych mszyc, oraz Amsterdamska (o bardzo gęstym pokryciu liści włoskami) – najslabiej akceptowana przez obydwie mszyce (przy zasiedlaniu i żerowaniu). W literaturze znane są liczne przykłady świadczące o tym, że gęste pokrycie liści lub innych organów włoskami udaremnia lub ogranicza żerowanie różnych gatunków mszyc i skoczków – posiadających kłująco-ssące narządy gębowe [Boczek 1977; Dąbrowski 1988]. Zasiedlaniu roślin przez *S. dauci* i żerowaniu mszycy wyraźnie nie sprzyjały obecne na marchwi Flakkese 2 włoski długie, choć rzadko rozmieszczone na liściach. Dąbrowski (1988) podaje, że nawet krótkie włoski mogą utrudniać wbijanie kłujki i pobieranie soku z floemu lub ksylenu. Na przykładzie *Aphis gossypii* autor wykazał, że z powodu drażniącego działania włosków mszyce żerowały krótko i zdradzały typowe objawy zaniepokojenia.

Wobec dużych różnic w liczebności populacji badanych mszyc w trzech kolejnych latach (2007–2009) nie udało się wykazać istotnych zależności pomiędzy analizowanymi cechami odmianowymi marchwi a wielkością populacji *C. aegopodii* (tab. 5).

Tab. 5. Współczynniki korelacji „r” między badanymi cechami odmianowymi marchwi a liczebnością populacji mszyc (*C. aegopodii*, *S. dauci*) (wartości średnie dla odmian i lat)

Badane parametry liczebności populacji	Analizowane cechy marchwi		
	liczba włosków na powierzchni 1 mm ²	średnia długość włoska (mm)	średnia grubość włoska (mm)
<i>Cavariella aegopodii</i>			
Liczba mszyc ogółem	- 0,176	- 0,029	0,028
Średnia liczba mszyc/roślinie	- 0,156	0,067	- 0,014
Maksymalna liczba mszyc/roślinie	- 0,255	- 0,086	- 0,056
Średni % zasiedlonych roślin	- 0,071	0,008	0,111
Maksymalny % zasiedlonych roślin	- 0,173	0,099	- 0,011
<i>Semiaphis dauci</i>			
Liczba mszyc ogółem	- 0,292	- 0,059	- 0,073
Średnia liczba mszyc/roślinie	- 0,455*	- 0,639**	- 0,226
Maksymalna liczba mszyc/roślinie	- 0,318	0,036	- 0,124
Średni % zasiedlonych roślin	- 0,173	- 0,115	0,117
Maksymalny % zasiedlonych roślin	- 0,196	- 0,082	0,006

$$r_{\text{teor. (p = 0,05)}} = 0,414, r_{\text{teor. (p = 0,01)}} = 0,527;$$

* zależność istotna przy p = 0,05; ** zależność istotna przy p = 0,01

Stwierdzono ujemne korelacje („r”) między wszystkimi analizowanymi parametrami liczebności populacji mszyc (*C. aegopodii* i *S. dauci*) a zagęszczeniem włosków na liściach. Ujemne wartości „r” były wyższe dla zależności zasiedlania roślin i żerowania mszycy *S. dauci* (aniżeli *C. aegopodii*) od fizycznych struktur liści (włosków). Najwyższe wartości „r” i statystycznie istotne korelacje uzyskano (dla populacji *S. dauci*) między średnią liczbą mszyc/roślinie a długością włosków i ich zagęszczeniem na liściach (tab. 5).

WNIOSKI

W populacjach mszyc (z *Aphididae*) rozwijających się na nadziemnych częściach marchwi w największej liczebności jest notowana *Cavariella aegopodii*, a następnie *Semiaphis dauci*. W niektórych latach może dominować mszyca burakowa (*Aphis fabae*).

Odmiany marchwi wykazują różny stopień akceptacji wobec dwóch groźnych gatunków mszyc (*C. aegopodii* i *S. dauci*); preferują one marchew o liściach gładkich, bez włosków (np. Berlikumer 2).

Odmiany marchwi o wysokim zagęszczeniu włosków na powierzchni liści (np. Amsterdamska) nie sprzyjają zasiedlaniu roślin i żerowaniu mszyc (wysokie i ujemne wartości „r”).

W hodowli odpornościowej marchwi wobec mszyc (*C. aegopodii* i *S. dauci*) należałoby wykorzystać cechy roślin związane z ich ulistnieniem, m. in. gęste pokrycie liści włoskami oraz obecność włosków długich (korelacje ujemne i wysokie oraz statystycznie istotne dla populacji *S. dauci*).

LITERATURA

- Boczek J. 1977. Wpływ roślin na owady. Post. Nauk Roln. 5(165), 7–84.
- Cichocka E. 1992. Effect of *Macrosiphoniella sanborni* (Gill.), *Cavariella aegopodii* (Scop.) and *Rhopalosiphoninus latysiphon* (Davids.) on host plant. Aphids and Other Homopteroous Insects 3, 43–50.
- Cichocka E. 1999. Jak rozpoznawać mszyce na warzywach gruntowych. Diagnostyka szkodników roślin i ich wrogów naturalnych. T. III, 106–36.
- Cichocka E., Goszczyński W., Chacińska M. 1992. The effect of aphids on host plants. I. Effect on photosynthesis, respiration and transpiration. Aphids and Other Homopteroous Insects 3, 59–64.
- Dąbrowski Z.T. 1999. Podstawy odporności roślin na szkodniki. PWRiL, Warszawa, 280 ss.
- Gaborska M., Łuczak I., Świdorski A., Mech-Nowak A., Kruczek M. 2012. Influence of feeding of willow carrot aphid (*Cavariella aegopodii* Scop.) on a quality and yield of carrot. 2nd International Conference and Workshop “Plant – the source of research material”. Book of Abstracts, 152.
- Goszczyński W. 1998. Hemiptera infesting umbelliferous and spice medicinal plants. Aphids and Other Homopteroous Insects 6, 31–34.

Łuczak I. 2007. *Występowanie mszyc (Aphidoidea) na różnych odmianach marchwi i pietruszki*. Materiały z Konferencji „Postęp w Technologii Uprawy Warzyw Korzeniowych”, Instytut Warzywnictwa, Skierniewice, 52–53.

Łuczak I., Świdorski A., Gaborska M., Mech-Nowak A. 2012. *Występowanie i szkodliwość mszycy burakowej (Aphis fabae Scop.) w uprawie marchwi*. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 52(2), 235–239.

Müller E. P. 1976. *Mszyce – szkodniki roślin*. PAN, Warszawa, 119 ss.

Szwejlada J., Wrzodak R. 2007. *Phytophagous entomofauna occurring on carrot and plant protection methods*. Veg. Crops. Res. Bull. 76, 95–102.

Adres do korespondencji:

Irena Łuczak, Małgorzata Gaborska

Katedra Ochrony Roślin

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków

e-mail: i.luczak@ogr.ur.krakow.pl, m.gaborska@ogr.ur.krakow.pl

**WPŁYW POLIMAG S NA CECHY MORFOLOGICZNE LIŚCI
ORAZ PLONOWANIE SZCZYPIORKU OGRODOWEGO
(*ALLIUM SCHOENOPRASUM*) I CZOSNKOWEGO
(*ALLIUM TUBEROSUM* ROTTLENER EX SPRENG.)**

THE EFFECT OF POLIMAG S ON THE YIELD AND LEAF
MORPHOLOGY OF CHIVES (*ALLIUM SCHOENOPRASUM*) AND
GARLIC CHIVES (*ALLIUM TUBEROSUM* ROTTLENER EX SPRENG.)

Abstrakt. Celem badań była ocena wpływu doglebowego nawożenia Polimagiem S na cechy morfologiczne liści oraz plonowanie szczypiorku ogrodowego (*Allium schoenoprasum*) i czosnkowego (*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng). W wyniku przeprowadzonego eksperymentu wykazano, że średnio z dwóch sezonów wegetacji, zastosowanie Polimag S w uprawie szczypiorku ogrodowego miało wpływ na zmniejszenie wysokości roślin, a zwiększenie średnicy liścia oraz liczby roślin w kępie. Rośliny szczypiorku czosnkowego uprawianego w obiekcie z dodatkowym nawożeniem charakteryzowały się zmniejszoną wysokością roślin i szerokością liścia oraz liczbą roślin w kępie. Nie stwierdzono jednoznacznie korzystnego wpływu dodatku Polimag S na wielkość plonu ogółem szczypiorku ogrodowego i czosnkowego. Analiza statystyczna tylko w pierwszym roku uprawy wykazała korzystny wpływ Polimag S na plon ogółem szczypiorku czosnkowego.

Słowa kluczowe: *szczypiorek ogrodowy, szczypiorek czosnkowy, Polimag S, biometria, plon*

Summary. The aim of this study was to determine the effect of soil fertilization with Polimag S on the yield and leaf morphology of chives (*Allium schoenoprasum*) and garlic chives (*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng). The average results obtained for two growing seasons show that Polimag S applied to chives contributed to a decrease in plant height, and to an increase in leaf width and in the number of plants per cluster. Garlic chives grown in the treatment with supplemental fertilization were characterized by reduced plant height and leaf width, and a lower number of plants per cluster. Polimag S had varied effects on the total yields of chives and garlic chives. A statistical analysis revealed a beneficial influence of Polimag S on the total yield of garlic chives only in the first year of the study.

Key words: *chives, garlic chives, Polimag S, biometry, yield.*

WSTĘP

Szczypiorek ogrodowy (*Allium schoenoprasum*) oraz szczypiorek czosnkowy (*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng) należą do rodziny *Allium*. W Polsce szczypiorek czosnkowy jest mało popularny w uprawie i konsumpcji, pomimo że nie ustępuje pod względem smaku, zawartości witamin i składników mineralnych innym gatunkom z tej rodziny [Arcichowska i in. 2009]. Oba gatunki mogą stanowić popularną przyprawę kuchenną, są łatwe w uprawie, jednak nie nadają się do dłuższego przechowywania [Świetlikowska 2006].

Liście szczypiorku ogrodowego są wewnątrz puste, cienkie o delikatnym smaku i łagodnym cebulowym aromacie, zawierają znaczne ilości witaminy B₁ oraz β -karoten, a ze składników mineralnych Ca, Mg i S. Szczypiorek czosnkowy o wąskich i płaskich liściach łączy w sobie walory zdrowotne oraz smakowe szczypiorku i czosnku, zawiera więcej witaminy C aniżeli szczypiorek ogrodowy, a także jest bogatym źródłem makro- i mikroelementów [Żurawik i Jadczak 2009; Arcichowska i in. 2009].

Poza bezpośrednim spożyciem rośliny te znajdują zastosowanie także w przemyśle spożywczym, jako dodatek do przetworów mięsnych i mlecznych. Gatunki te można uprawiać z bezpośredniego siewu nasion jak i z rozsady. Istotne znaczenie w ich uprawie ma racjonalne nawożenie organiczne i mineralne [Żurawik i Jadczak 2008], ze względu na duże wymagania pokarmowe, a jednocześnie wrażliwość na zasolenie. W ich uprawie zaleca się nawozy wieloskładnikowe wzbogacone w siarkę [Filipek-Mazur i Gondek 2005], która jest niezwykle ważnym składnikiem zaliczanym do makroelementów, niezbędnym dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. Niedostateczne odżywianie warzyw siarką prowadzi do zmniejszenia produkcji białka, zahamowania wzrostu, a w ostatecznym rezultacie do zmniejszenia plonu. Niedobór pierwiastka ogranicza także zawartość cukrów, tłuszczu oraz ze względu na zmniejszenie efektywności nawożenia azotem powoduje nadmierne nagromadzenie azotanów (V) w roślinach. Do tego typu nawozów zalicza się Polimag S zawierający N-10%, P-8%, K-15%, (MgS) -(5-35%) z mikroskładnikami pokarmowymi B - 0,1%, Cu - 0,1%, Mn - 0,2%, Zn - 0,5%.

Celem badań była ocena wpływu nawożenia Polimagiem S na cechy morfologiczne liści oraz plonowanie szczypiorku ogrodowego i czosnkowego.

MATERIAŁ I METODY

Dwa doświadczenia z uprawą szczypiorku ogrodowego (*Allium schoenoprasum*) i czosnkowego (*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng) przeprowadzono w latach 2009–2010 oraz 2010–2011 w Ogrodzie Dydaktyczno-Doświadczalnym Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Czynnikiem badań był sposób nawożenia roślin. Szczypiorek ogrodowy i czosnkowy uprawiano na glebie zgodnie z jego potrzebami pokarmowymi stosując przed sadzeniem rozsady jednorazowo dawkę przedwegetacyjną $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w formie saletry amonowej oraz wzbogaconej nawozem Polimagiem S w dawce $0,144 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, którą zaleca producent. Stosując tę dawkę nawozu do gleby dostarczano $\text{N}-16 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, $\text{P}-12,7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, $\text{K}-24 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, $\text{Mg}-6,48 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, $\text{S}-56 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$.

W celu przygotowania rozsady nasiona obu gatunków roślin wysiewano 12 marca w szklarni-mnożarce do skrzynek wysiewnych. Rozsadę przygotowywano zgodnie z zaleceniami dotyczącymi warzyw cebulowych. Podłożem do produkcji rozsady był torf wysoki kompleksowo wysycony składnikami: $\text{N}-\text{NO}_3 - 100$, $\text{P} - 80$, $\text{K} - 215$, $\text{Ca} - 1240$, $\text{Mg} - 121 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$, pH w $\text{H}_2\text{O} - 5,9$ oraz stężeniu soli $1,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Doświadczenie polowe założono metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Rośliny uprawiano na glebie brunatnej klasy IVb zawierającej 2,8% próchnicy, o pH w $\text{H}_2\text{O} - 7,1$, stężeniu soli $-0,36 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ i zasobności w $\text{N}-\text{NO}_3 - 34$, $\text{P} - 90$, $\text{K} - 154$, $\text{Ca} - 2880$, $\text{Mg} - 146$, $\text{Cl} - 16 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Niedobór składników mineralnych w glebie uzupełniano zgodnie z potrzebami cebuli (Starck 1997). Rozsadę na miejsce stałe sadzono, gdy rośliny wykształciły 2–3 liście (14 kwietnia 2009 i 2010 roku) w rozstawie $30 \times 20 \text{ cm}$ po 1 roślinie w punkcie. Wielkość poletka wynosiła $3,0 \text{ m}^2$. W trakcie trwania eksperymentu przeprowadzano czterokrotnie biometrię 12 roślin z każdego obiektu badawczego. Mierzono wysokość roślin, średnicę liścia oraz liczbę roślin w kępie. Corocznie, gdy większość liści osiągnęło wysokość 25–30 cm, przeprowadzano czterokrotny zbiór szczypiorku ogrodowego i czosnkowego. Polegał on na ścinaniu całych kęp roślin sekatorem 5 cm nad powierzchnią gleby. Obliczono plon ogółem i handlowy. Plon handlowy stanowiły rośliny nieporażone chorobami i szkodnikami, o długości liści powyżej 20 cm.

Po ruszeniu wegetacji wiosną, na przełomie marca i kwietnia, glebę pod uprawę szczypiorku ogrodowego i czosnkowego nawożo-

no 30 kg N·ha⁻¹ w formie saletry amonowej, a w obiekcie z uzupełniającym nawożeniem zastosowano – 0,144 kg·m⁻² Polimag S.

Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Istotność różnic oceniono za pomocą wielokrotnych przedziałów ufności Tukey'a, przy 5% poziomie istotności.

WYNIKI I Dyskusja

Szcypiorek ogrodowy (*Allium schoenoprasum*) i czosnkowy (*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng) są to byliny zimotrwałe o silnie skróconym kłacu, z którego wyrastają pączki, jako zaczątki nowych roślin, stopniowo tworzące kępy od 15 do 60 cm wysokości. Cecha ta warunkowana jest takimi czynnikami jak: metoda uprawy, nawożenie, zastosowanie osłon lub inne [Dyduch i Najda 2001; Dyduch i Najda 2003; Rekowska 2007; Rekowska i Skupień 2008; Tendaj i Mysiak 2011].

W przeprowadzonym eksperymencie wysokość liści szczypiorku ogrodowego w pierwszym roku badań w żadnym z terminów pomiaru nie zależała istotnie od uzupełniającego nawożenia Polimagiem S (tab.1). Analizując wysokość szczypiorku czosnkowego w tym okresie istotnie wyższe rośliny stwierdzono w trzecim terminie pomiaru z obiektu, gdzie zastosowano Polimag S, a w czwartym terminie z obiektu kontrolnego. W drugim roku badań istotne różnice stwierdzono w szczypiorku ogrodowym z trzeciego i czwartego pomiaru. W obu przypadkach większy szczypiork uzyskano z roślin uprawianych w obiekcie kontrolnym w porównaniu z nawożonymi Polimagiem S – różnica wynosiła odpowiednio 7,9 cm i 3,8 cm. U szczypiorku czosnkowego w drugim sezonie wegetacji zanotowano podobną zależność i stwierdzono, że rośliny uprawione w obiektach z uzupełniającym nawożeniem Polimagiem S były niższe. Wyniki te zostały potwierdzone statystycznie w drugim i czwartym terminie pomiaru.

Analizując szerokość liści obu gatunków szczypiorku (tab.2) wykazano, że szczypiorek ogrodowy w pierwszym roku wegetacji tylko w jednym terminie pomiarów istotnie korzystnie reagował na dodatkowe nawożenie Polimagiem S. W pozostałych terminach wykazano jedynie tendencję zwiększenia średnicy poziomej liści. W drugim roku wegetacji wyniki były zbliżone jednak nie zostały potwierdzone statystycznie. Liście szczypiorku czosnkowego dodatkowo nawożone-

go Polimagiem S, w pierwszym roku uprawy, w pierwszym i drugim terminie pomiaru, istotnie osiągały mniejszą szerokość.

Jedną z ważniejszych cech morfologicznych szczypiorku ogrodowego i czosnkowego jest liczba roślin w kępie (tab. 3). Średnio z dwóch sezonów wegetacyjnych stwierdzono większą liczbę roślin w kępie w uprawie szczypiorku ogrodowego w porównaniu do szczypiorku czosnkowego. W pierwszym roku wegetacji szczypiorku ogrodowego liczba roślin w kępie nie była istotnie zależna od dodatkowego nawożenia Polimagiem S. Istotnie korzystny wpływ Polimagu S na liczbę roślin w kępie wykazano w uprawie szczypiorku czosnkowego. W drugim roku wegetacji roślin wykazano korzystny wpływ dodatkowego nawożenia na badaną cechę szczypiorku ogrodowego. W uprawie szczypiorku czosnkowego wykazano ograniczenie liczby roślin w kępie pod wpływem dodatkowego nawożenia. Wyniki te potwierdzono statystycznie w drugim i czwartym terminie pomiaru. Wykazano tylko tendencję zwiększenia ich liczby w obiekcie dodatkowo nawożonym.

W literaturze krajowej i zagranicznej brakuje informacji dotyczących wymagań oraz zasad uprawy szczypiorku ogrodowego i czosnkowego [Żurawik i Jadczak 2008]. Według badań przeprowadzonych przez wielu autorów wielkość i jakość plonu warzyw z rodziny *Allium* zależy od odpowiedniego nawożenia. Żurawik i Jadczak [2008] podają, że plon ogółem liści szczypiorku czosnkowego uprawianego z siewu nasion wprost na pole był istotnie większy w porównaniu z uprawą z rozsady, natomiast Arcichowska i inni [2009] podaje, że uprawa tej rośliny z rozsady korzystniej wpływa na plon liści szczypiorku czosnkowego.

Plon handlowy nie różnił się wielkością od plonu ogółem. W przeprowadzonych badaniach zarówno w pierwszym jak i drugim roku uprawy większym plonem ogółem charakteryzował się szczypiorek ogrodowy w porównaniu ze szczypiorkiem czosnkowym (tab. 4). W pierwszym roku badań plon ogółem szczypiorku ogrodowego wynosił odpowiednio dla roślin z obiektu kontrolnego – 11,9 t·ha⁻¹ i z obiektu nawożonego Polimagiem S – 12,4 t·ha⁻¹, jednak różnice te nie zostały potwierdzone statystycznie. W drugim roku wegetacji roślin stwierdzono zmniejszenie plonu ogółem szczypiorku ogrodowego z obiektu dodatkowo nawożonego. Plon ogółem szczypiorku czosnkowego był istotnie większy u roślin nawożonych Polimagiem S tylko w pierwszym roku uprawy.

Tab. 1. Wpływ nawożenia Polimagiem S na wysokość liści szczypiorku ogrodowego i czosnkowego w kolejnych terminach zbioru

Gatunek	Termin pomiaru Nawożenie	I rok badań				II rok badań				Średnio z dwóch lat badań
		cm								
		17.06	17.07	16.08	16.09	14.06	14.07	13.08	13.09	
Szczypiorek ogrodowy	Kontrola	32,5	32,5	30,8	32,4	38,2	34,0	30,1	34,3	33,1
	Polimag S	32,1	32,0	34,9	32,0	36,3	33,7	22,2	30,5	31,7
	Średnio	32,3	32,3	32,9	32,2	37,3	33,9	26,2	32,4	32,4
NIR _{0,05}		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,6	1,6	n.s.
Szczypiorek czosnkowy	Kontrola	26,1	26,1	20,8	33,6	31,0	31,7	32,5	32,5	30,0
	Polimag S	25,6	25,6	24,7	25,7	29,8	28,7	32,4	28,8	27,7
	Średnio	25,9	25,9	22,8	29,7	30,4	30,2	32,5	30,7	28,5
NIR _{0,05}		n.s.	n.s.	1,6	0,2	n.s.	0,2	n.s.	2,3	0,1

Tab. 2. Wpływ nawożenia Polimagiem S na szerokość liści szczypiorku ogrodowego i czosnkowego w kolejnych terminach zbioru

Gatunek	Termin pomiaru Nawożenie	I rok badań				II rok badań				Średnio z dwóch lat badań
		cm								
		17.06	17.07	16.08	16.09	14.06	14.07	13.08	13.09	
Szczypiorek ogrodowy	Kontrola	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,6	0,3	0,3	0,4
	Polimag S	0,5	0,7	0,6	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5
	Średnio	0,5	0,6	0,6	0,3	0,4	0,6	0,4	0,3	0,5

NIR _{0,05}		n.s.	0,22	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,1
Szczypiorek czosnkowy	Kontrola	0,6	0,6	0,5	0,6	0,8	0,4	0,7	0,7	0,6
	Polimag S	0,4	0,4	0,5	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	0,5
	Średnio	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,4	0,7	0,7	0,6
NIR _{0,05}		0,1	0,1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,1

Tab. 3. Wpływ nawożenia Polimagiem S na liczbę roślin w kępie szczypiorku ogrodowego i czosnkowego w kolejnych terminach zbioru

Gatunek	Termin pomiaru Nawożenie	I rok badań				II rok badań				Średnio z dwóch lat badań
		sztuk								
		17.06	17.07	16.08	16.09	14.06	14.07	13.08	13.09	
Szczypiorek ogrodowy	Kontrola	32,5	32,5	30,8	32,4	52,0	62,0	77,0	77,0	49,5
	Polimag S	32,1	32,0	34,9	32,0	60,0	65,0	87,0	87,0	53,8
	Średnio	32,3	32,3	32,9	32,2	56,0	63,5	82,0	82,0	51,7
NIR _{0,05}		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	2,2	2,0	2,2	0,2
Szczypiorek czosnkowy	Kontrola	10,0	10,0	10,0	11,0	31,0	31,7	32,5	32,5	21,1
	Polimag S	13,0	13,0	13,0	19,0	29,8	28,7	32,4	28,8	22,2
	Średnio	11,5	11,5	11,5	15,0	30,4	30,2	32,5	30,7	21,7
NIR _{0,05}		2,2	2,3	2,3	2,2	n.s.	0,2	n.s.	2,3	n.s.

Tab. 4. Wpływ nawożenia Polimagiem S na plon ogółem liści szczypiorku ogrodowego i czosnkowego w kolejnych terminach zbioru

Gatunek	Termin zbioru Nawożenie	I rok badań					II rok badań				
		t · ha ⁻¹									
		17.06	17.07	16.08	16.09	Plon ogółem (handlowy)	14.06	14.07	13.08	13.09	Plon ogółem (handlowy)
Szczypiorek ogro- dowy	Kontrola – bez nawożenia	1,4	3,4	3,5	3,5	11,9	8,3	5,9	6,1	8,8	29,1
	Polimag S	2,1	3,2	3,4	3,7	12,4	4,8	6,1	6,0	8,3	25,2
	Średnio	1,8	3,3	3,5	3,6	12,1	6,6	6,0	6,0	8,5	27,1
NIR _{0,05}		0,2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,2	n.s.	n.s.	0,2	0,2
Szczypiorek czosnkowy	Kontrola – bez nawożenia	0,4	0,5	0,7	1,1	2,8	0,9	2,6	2,4	3,6	9,4
	Polimag S	0,5	0,8	0,9	1,8	3,9	1,2	2,5	2,2	3,4	9,4
	Średnio	0,5	0,6	0,8	1,5	3,4	1,1	2,6	2,3	3,5	9,4
NIR _{0,05}		n.s.	0,2	n.s.	0,2	0,2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

WNIOSKI

Zastosowanie w uprawie szczypiorku ogrodowego Polimagu S powodowało, średnio w dwóch latach uprawy, zmniejszenie wysokości roślin, a zwiększenie szerokości liścia oraz liczby roślin w kępie.

Szczypiorek czosnkowy z uprawy w obiekcie z dodatkowym nawożeniem charakteryzował się (średnio z dwóch lat badań) zmniejszoną wysokością i szerokością liścia oraz liczbą roślin w kępie.

Plon handlowy nie różnił się wielkością od plonu ogółem. Nie stwierdzono jednoznacznie korzystnego wpływu Polimagu S na wielkość plonu ogółem szczypiorku ogrodowego i czosnkowego. Tylko w pierwszym roku uprawy analiza statystyczna wykazała korzystny wpływ nawozu na plon ogółem szczypiorku czosnkowego.

LITERATURA

- Arcichowska K., Majkowska-Gadomska J., Wierzbicka B. 2009. *Wpływ metody uprawy na plonowanie i zawartość składników organicznych w liściach szczypiorku czosnkowego*. Biul. Nauk. UWM 30, 5–12.
- Dyduch J., Najda A. 2001. *Wpływ dorodności cebulek powietrznych czosnku strzałkującego (Allium sativum L.) na cechy morfologiczne i jakość wyrostłych z nich roślin*. Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska, Sect. EEE 9, 295–299.
- Dyduch J., Najda A. 2003. *Zależność między liczbą cebulek powietrznych w baldachu macierzystym czosnku strzałkującego (Allium sativum L.) a cechami morfologicznymi i jakością wyrostłych z nich roślin*. Acta Sci. Hort. Cultus 2(1), 13–19.
- Filipek-Mazur B., Gondek K. 2005. *Plonowanie i zawartość siarki w gorczycy białej, jako efekt stosowania wieloskładnikowych nawozów zawierających siarkę*. Acta Agroph. 6(2), 343–351.
- Rekowska E. 2007. *Wpływ osłon oraz sposób sadzenia ząbków na plonowanie czosnku w uprawie na zbiór pęczkowy*. Roczn. AR Poznań – CCCLXXXIII, 589–593.
- Rekowska E., Skupień K. 2008. *Estimation of field and chemical composition of winter garlic grown for Bunch-Harvest*. Journal of Cent. Europ. Agric. 9(4), 711–714.
- Starck J.R. 1997. *Uprawa roli i nawożenie roślin ogrodniczych*. Wyd. PWRiL, Warszawa.
- Świetlikowska K. 2006. *Surowce spożywcze pochodzenia roślinnego*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Tendaj M., Mysiak B. 2011. *Growth characteristic of welsh onion (Allium tuberosum L.) grown from seeds and transplants*. Folia Hort. 23(1), 3–8.
- Żurawik A., Jadczyk D. 2008. *Wielkość i jakość szczypiorku czosnkowego (Allium tuberosum Rottler ex Spreng) w zależności od metody uprawy oraz liczby wysiewanych nasion lub liczby sadzonej rozsady w gnieździe*. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 527, 343–349.
- Żurawik A., Jadczyk D. 2009. *Jakość szczypiorku czosnkowego (Allium tuberosum Rottler ex Spreng) w zależności od wieku roślin*. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 539, 839–844.

Adres do korespondencji:

Joanna Majkowska-Gadomska
Katedra Ogrodnictwa
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Prawocheńskiego 21, 10–795 Olsztyn
e-mail: majkowska-gadomska@uwm.edu.pl

Źródło finansowania: temat statutowy 1014.0804

**BIOLOGICZNA OCENA POLYVERSUM WP STOSOWANE-
GO DO OCHRONY CEBULI PRZED RÓŻOWĄ ZGNILIZNĄ
KORZENI (PYRENOCHAETA TERRESTRIS (HANSEN)
GORENZ, WALKER ET LARSON)**

BIOLOGICAL ACTIVITY OF POLYVERSUM WP USED TO PRO-
TECT AGAINST A PINK ONION ROOT ROT (PYRENOCHAETA
TERRESTRIS (HANSEN) GORENZ, WALKER ET LARSON)

Abstrakt. W dwuletnich badaniach polowych oceniano wpływ zaprawiania cebuli na porażenie przez różową zgniliznę (*Pyrenochaeta terrestris* (Hans.) Gorenz, Walker, and Larson). Cebulę dymkę odmiany Stuttgarter bezpośrednio przed wysadzeniem zaprawiano preparatem biologicznym Polyversum WP (s.cz. 10^6 oospor *Pythium oligandrum* w 1 g preparatu) w stężeniu 0,05% przez 15 minut, po 30 dniach również opryskiwano rośliny tym samym preparatem. W kombinacji porównawczej zastosowano do zaprawiania dymki Zaprawę Nasienną T 75 DS/WS (s.cz. 75% tiuram) w dawce 5 g/kg cebul. Kontrolę stanowiła dymka nie zaprawiana. W pierwszym roku badań nie udowodniono statystycznie istotnych różnic pomiędzy kombinacjami chronionymi a kontrolą, to jednak rośliny kontrolne były silniej porażone, na co wskazują wyższe wartości indeksów porażenia. Podczas analiz przeprowadzonych w drugim roku stwierdzono niewielkie porażenie roślin na poletkach chronionych. Silniejsze porażenie, istotnie wyższe, wystąpiło na poletkach kontrolnych. Zaobserwowano również, że brak zaprawiania wpłynął na większy procent korzeni z objawami choroby. Oceniano również wpływ stosowanych zabiegów ochrony na wielkość plonu w poszczególnych kombinacjach. W pierwszym roku nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między poszczególnymi kombinacjami doświadczenia, jednak zaobserwowano tendencję wzrostu plonu w kombinacji, gdzie cebule zaprawiano Polyversum WP. W drugim roku zastosowany do zaprawiania cebuli Polyversum WP wpłynął na zwiększenie plonu w stopniu statystycznie istotnym w odniesieniu do pozostałych kombinacji doświadczenia.

Słowa kluczowe: różowa zgnilizna cebuli, zaprawianie, *Pythium oligandrum*

Summary. A two-year field study evaluated the effect of onion dressing to infection by pink rot (*Pyrenochaeta terrestris* (Hans.) Gorenz, Walker, and Larson). Onions variety Stuttgarter dressed with a biological agent Polyver-

sum WP at a dose 0,05% during 15 minutes and after 30 days the plants were sprayed with the same product. Comparative combination were bulbs dressed ZNT 75 DS / WS at a dose 5 g/kg. Control bulbs were not protection. During the first year of the study demonstrated no statistically significant differences between protected and control combinations, they control plants were more strongly unaffected, what was indicated by the value of infestation index. Results from second year, suggest a slight infestation of plants in the protected plots. Stronger infestation was significantly higher in the control plots. There was also observed that no dressing received a higher percentage of onion roots with symptoms of the disease. During this study assessed the impact of used protection treatments on the yield in various combinations. In first year, there was no statistically significant difference between various combinations of experience, but there was a trend yield increases in combination, where onions dressed with Polyversum WP. During the second year Polyversum WP used to onion bulbs dressing, contributed to yield increase in statistically significantly in relation to other combinations of experience

Key words: pink onion root rot, dressing, *Pythium oligandrum*

WSTĘP

Różowa zgnilizna korzeni powodowana przez *Pyrenochaeta terrestris* najczęściej obniża i pogarsza plon cebul. Porażone korzenie przybierając barwę różową do purpurowej w końcowej fazie rozwoju choroby zamierają, co utrudnia pobieranie wody i składników pokarmowych [Hansen 1929]. Oprócz cebuli i innych gatunków z tej rodziny porażane przez *Pyrenochaeta terrestris* mogą być między innymi pomidor, papryka oraz kukurydza [Coleman i in. 1997]. Podobne objawy i szkodliwość niektórzy z autorów przypisują występującym wspólnie z *P. terrestris* gatunkom rodzaju *Fusarium*, a zwłaszcza *F. oxysporum* f.sp. *cepae* [Hansen 1929; Kehr i in. 1962; Coleman i in. 1997]. Wymienione gatunki zaliczane są do typowych patogenów glebowych, dlatego w przypadku trwałego zakażenia gleby zaleca się bezwzględnie stosować zmianowanie, wykluczając z uprawy na kilka lat rośliny będące żywicielami dla obu patogenów, oraz wprowadzać do uprawy odmiany odporne. Można również stosować fumigację gleby. W krajach o wysokich temperaturach panujących latem dobre efekty daje solaryzacja [Coleman i in. 1997; Hartz i in. 1989; Levy i Gornik 1981; Porter i in. 1989). W warunkach Polski choroba pojawia się często w uprawie cebuli, pora i czosnku przy niewłaściwym zmianowaniu.

Obecnie brak jest fungicydów, które można by zalecić w ochronie przed różową zgnilizną, stąd podjęto badania nad możliwością zastosowania biopreparatu Polyversum WP zawierającego oospory *Pythium oligandrum*. Preparat ten znajduje szerokie zastosowanie w ochronie biologicznej przed wieloma patogenami co potwierdzają liczne badania, w tym własne (Benhamou i in. 2012; Brozova 2002; Kurzawińska i Mazur 2007a, 2007b, 2008, 2009; Vallace i in. 2009).

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe założono na terenie stacji doświadczalnej Katedry Warzywnictwa w Mydlnikach k/Krakowa. W latach 2011–2012 cebulę dymkę odmiany Stuttgarter wysadzano w pierwszej dekadzie kwietnia w rozstawie 35 x 8 cm. Poletka wielkości 3 x 4 m (9 rzędów na poletku). Chwasty w okresie wegetacji zwalczano mechanicznie (pielenie ręczne). W doświadczeniu zastosowano 3 kombinacje:

1/ Cebula zaprawiana przed wysadzeniem w preparacie Polyversum WP, w stężeniu 0,05% przez 15 minut. Po 30 dniach od wysadzenia ten sam preparat zastosowano w formie oprysku.

2/ Cebula zaprawiana Zaprawą Nasienna T 75 DS/WS w dawce 5 g/kg,

3/ Kontrola (cebula wysadzona bez zaprawiania).

Analizę zdrowotności roślin prowadzono poprzez ocenę stopnia porażenia korzeni przez różową zgniliznę w momencie zbioru cebuli. Każdorazowo oceniano losowo po 100 cebul z poletka. Przy ocenie porażenia posługiwano się następującą skalą:

0 – brak objawów,

1 – porażenie słabe (objawy chorobowe obejmują do 5 % korzeni),

2 – porażenie średnie (objawy chorobowe obejmują 6–25 % korzeni),

3 – porażenie silne (objawy chorobowe obejmują 26–50 % korzeni)

4 – porażenie bardzo silne (objawy chorobowe obejmują ponad 51 % korzeni).

Indeks porażenia wyrażony w procentach wyliczono wg wzoru:

$$I_p = \frac{\sum (n \times a)}{x} \times 100 \%$$

N x b

I_p – indeks porażenia wyrażony w procentach,

- n – ilość roślin porażonych w danym stopniu skali
- a – stopień skali
- N – ogólna ilość analizowanych roślin
- b – najwyższy stopień skali.

Uzyskane dane poddano obliczeniom statystycznym dla wykazania istotności różnic między poszczególnymi kombinacjami. Po zakończeniu doświadczenia zebrany plon zważono. Istotność różnic między średnimi oceniono na podstawie testu Duncana.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza porażenia korzeni wykonana podczas zbioru cebuli w 2011 i 2012 roku wykazała słabe porażenie przez różową zgniliznę, tak na roślinach w kombinacji potraktowanych preparatami jak i w kombinacji kontrolnej. W pierwszym roku badań wartości indeksu porażenia roślin w tych kombinacjach kształtowały się na poziomie 3,53 w przypadku kombinacji, gdzie cebule zaprawiano ZNT 75 DS/WS oraz 4,51 w kombinacji z Polyversum WP. Większe porażenie obserwowano natomiast na roślinach kontrolnych, gdzie wartość indeksu porażenia wynosiła 6,16 ale było to nieistotne statystycznie (tab. 1). Zaobserwowano również, że podobna tendencja utrzymywała się w odniesieniu do procentu porażonych roślin. Chociaż i w tym przypadku nie wykazano istotnych statystycznie różnic pomiędzy kombinacjami to zarysowała się tendencja mniejszego udziału roślin z objawami chorobowymi w kombinacjach chronionych (tab. 1).

W drugim roku badań wartości indeksu porażenia roślin traktowanych przed wysadzeniem preparatami były niższe i wynosiły 0,12 w przypadku kombinacji, gdzie cebule zaprawiano Polyversum WP i później stosowano opryskiwanie tym samym preparatem do 0,50 w przypadku kombinacji z Zaprawą Nasienną T 75 DS/WS. Różnice w porażeniu nie były w tym przypadku istotne statystycznie. Silniejsze porażenie, istotnie wyższe wystąpiło na poletkach kontrolnych, gdzie nie stosowano zaprawiania, gdyż wartość indeksu porażenia wyniosła 13,12 (tab. 1). Zarówno w pierwszym jak i w drugim roku badań zaobserwowano, że brak zaprawiania wpłynął na wyższy procent korzeni z objawami choroby, który wynosił odpowiednio

17,86 i 46,00 (tab. 1). Tak słabe porażenie korzeni było prawdopodobnie wynikiem panujących w okresie wegetacji warunków pogodowych, zwłaszcza temperatury. Chorobie tej, powodowanej przez kompleks grzybów z rodzaju *Fusarium* i *Pyrenochaeta terrestris* sprzyja długo utrzymująca się temperatura 24–28°C, zwłaszcza w drugim okresie wegetacji (Kehr i in. 1962; Levy i Gornik 1981). W latach prowadzonych badań w żadnym miesiącu średnie temperatury nie przekraczały najniższej z optymalnych wartości (tab. 2).

Tab. 1. Wpływ zastosowanych preparatów na porażenie korzeni przez różową zgniliznę oraz plon cebuli

Kombi- nacja	Indeks porażenia		Procent po- rażonych roślin		Plon (kg)/12m ²	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
1	4,51 a	0,12 a	13,37 a	1,50 a	20,63 a	15,93 b
2	3,53 a	0,50 a	10,48 a	2,00 a	18,22 a	14,96 a
Kontrola	6,16 a	13,12 b	17,86 a	46,00 b	17,83 a	14,11 a

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $P=0,05$. Istotność różnic oddzielna dla kolumn

Oceniano również wpływ stosowanych zabiegów ochrony na wielkość plonu w poszczególnych kombinacjach. O ile w pierwszym roku nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między kombinacjami doświadczenia, to jednak zaobserwowano tendencję zwiększenia plonu w kombinacji, gdzie cebule zaprawiano Polyversum WP, a najniższy plon cebuli uzyskano w kontroli (tab. 1). W drugim roku zaobserwowano wpływ stosowanych zabiegów ochrony na wielkość plonu w poszczególnych kombinacjach. Stwierdzono statystycznie istotne różnice między kombinacjami doświadczenia, a najwyższy plon uzyskano w kombinacji, gdzie cebule zaprawiano Polyversum WP. Wpływ na ten wzrost może mieć obecność *Pythium oligandrum*, który jest substancją czynną tego preparatu i który działa nie tylko ochronnie przeciwko gatunkom chorobotwórczym ale również stymuluje wzrost roślin (Benhamou i in. 2012; Brozova 2002). Potwierdzeniem tej tezy może być również fakt, że w każdym roku badań plon w tej kombinacji był wyższy zarówno w porównaniu do kombinacji gdzie sto-

sowano Zaprawę Nasienną T 75 DS/WS jak i do kontroli (tab. 1). Podsumowując uzyskane wyniki dwuletnich badań można stwierdzić, że zaprawianie cebul przed wysadzeniem Polyversum WP ma wpływ na późniejszą ich zdrowotność, ogranicza porażenie korzeni przez różową zgniliznę oraz zwiększa plon cebul.

Tab. 2. Średnie temperatury i sumy opadów w okresie wegetacji w latach 2011–2012

Rok	Miesiąc	Średnia temperatura powietrza (°C)				Suma opadów (mm)			
		Dekadowa			Miesięczna	Dekadowa			Miesięczna
		I	II	III		I	II	III	
2011	V	9,6	15,4	17,2	14,1	16,0	12,2	26,4	54,6
	VI	9,4	18,4	17,9	18,6	26,0	29,6	11,4	67,0
	VII	17,3	20,1	16,4	17,9	45,0	62,2	55,8	163,0
	VIII	18,7	19,2	20,3	19,4	23,0	5,8	8,4	37,2
2012	V	14,9	11,9	16,6	14,5	24,6	7,4	2,0	34,0
	VI	14,9	18,4	18,6	17,3	72,2	62,4	10,4	145,0
	VII	23,3	16,5	19,2	19,7	12,8	14,8	14,0	41,6
	VIII	19,9	15,9	18,7	18,2	8,2	39,4	6,0	53,6

LITERATURA

- Brozova J. 2002. *Exploitation of the mycoparasitic fungus Pythium oligandrum in Plant Protection*. Plant Protection Science 38(1), 29–35.
- Benhamou N., Le Floch G., Vallance J., Gerbore J., Grizard D., Rey P. 2012. *Pythium oligandrum: an example of opportunistic success*. Microbiology 158, 2679–2694.
- Coleman P.M., Ellerbrock L.A., Lorbeer J.W. 1997. *Reaction of selected onion cultivars to pink root under field conditions in New York*. Plant Disease 81(2), 138–142.
- Hansen, H.N. 1929. *Etiology of the pink-root disease of onions*. Phytopath. 19, 691–704.
- Hartz, T.K., Bogle, C.R., Bender, D.A., Avila, F.A. 1989. *Control of pink root*

- disease in onion using solarization and fumigation. J. of the Amer. Soc. for Hort. Scien. 114(4), 587–590.
- Kehr E.A., O'Brien J.N., Davis W.E. 1962. Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* and its interaction with *Pyrenochaeta terrestris* on onion. Euphytica 11, 197–208.
- Kurzawińska H., Mazur S. 2007a. The effect of *Pythium oligandrum* and chitosan in control of potato against late blight and the occurrence of fungal diseases on tuber peel. Comm. Appl. Biol. Sci., Gent University 72(4), 967–971.
- Kurzawińska H., Mazur S. 2007b. Przydatność *Pythium oligandrum* w ochronie ziemniaka przed niektórymi chorobami. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 47(4), 185–188.
- Kurzawińska H., Mazur S. 2008. Chitosan and *Pythium oligandrum* usefulness in potatoes tubers protection against *Helminthosporium solani*. Folia Horticulturae 20(2), 67–74.
- Kurzawińska H., Mazur S. 2009. The evaluation of *Pythium oligandrum* and chitosan in control of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary on potato plants. Folia Horticulturae 21(2), 13–23
- Levy D., Gornik A. 1981. Tolerance of onions (*Allium cepa* L.) to the pink root disease caused by *Pyrenochaeta terrestris*. Phytoparasitica 9(1), 51–57.
- Porter I.J., Merriman P.R., Keane P.J. 1989. Integrated control of pink root (*Pyrenochaeta terrestris*) of onions by dazomet and soil solarization. Australian Journal of Agricultural Research 40(4), 861–869.
- Vallance J., Le Floch G., Déniel F., Barbier G., Lévesque A. C., Rey P. 2009. Influence of *Pythium oligandrum* Biocontrol on Fungal and Oomycete Population Dynamics in the Rhizosphere. Appl Environ Microbiol. 75(14), 4790–4800.

Adres do korespondencji:

Stanisław Mazur
Katedra Ochrony Roślin
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: smazur@ogr.ur.krakow.pl

Badania sfinansowano z DS-3500/WO

WŁAŚCIWOŚCI PROZDROWOTNE WARZYW MAŁO ZNANYCH – KIWANO, PEPINO, RZODKIEW JAPOŃSKA

HEALTHY PROPERTIES OF LESS KNOWN VEGETABLES – KIWANO, PEPINO, JAPANESE RADISH

Abstrakt. W pracy przedstawiono charakterystykę warzyw mało znanych w Polsce, ale o dużych walorach odżywczych i leczniczych Są to: kiwano, pepino, rzodkiew japońska. Właściwości prozdrowotne tych warzyw mogą zostać wykorzystane w zapobieganiu i leczeniu między innymi takich chorób jak: nadciśnienie tętnicze, cukrzyca, anemia. Ponadto wykazują one działanie przeciwzapalne i antykancerogenne.

Słowa kluczowe: *kiwano, pepino, rzodkiew japońska, skład chemiczny, właściwości prozdrowotne*

Abstract. In this paper, the characteristic of kiwano, pepino, and Japanese radish little known vegetables in Poland, but with high nutritive and medicinal value was presented. Healthy properties of these vegetables could be used in prevention and treatment of such diseases as hypertension, diabetes, anemia. Moreover, they exhibit anti-inflammatory and anticancer effect.

Key words: *kiwano, pepino, Japanese radish, chemical composition, healthy properties*

POCHODZENIE I CHARAKTERYSTYKA BOTANICZNA KIWANO, PEPINO ORAZ RZODKWI JAPOŃSKIEJ

Kiwano (*Cucumis metuliferus*) jest rośliną z rodziny dyniowatych (*Cucurbitaceae*), pochodzącą z Afryki, choć obecnie można ją znaleźć na rynkach Europy i Ameryki Północnej. Nazwę nadali jej Nowozelandczycy, a stanowi ona zlepek słów kiwi i banan z uwagi na to, że kiwano pod względem aromatu i smaku przypomina te owoce [Bilton 2010; Grudzień 1999]. W krajach anglojęzycznych warzywo to jest znane jako „horned cucumber” (ogórek rogaty) lub „african horned melon” (afrykański melon rogaty) czy „melano” [Amagon i in. 2012].

Nasiona można pozyskiwać z dojrzałych, pomarańczowych owoców – w każdym znajduje się ich około 500, są nieco mniejsze niż u ogórka i wolniej kiełkują. Rośliny rosną silnie, wytwarzają olbrzymią masę liści. Pędy osiągają długość kilku metrów i można je prowadzić przy sznurkach [Grudzień 1999]. Owoce osiągają zwykle 8–10 cm długości i 4–5 cm średnicy, a na całej powierzchni posiadają wyraźne, duże brodawki, zakończone ostrymi kolcami [Amagon i in. 2012]. Przez wiele lat kiwano było znane bardziej jako roślina dekoracyjna aniżeli jako owoc dobry do spożycia, ale te poglądy zmieniły się w ostatnich latach. Obecnie jest ono uprawiane komercyjnie w Nowej Zelandii, Ameryce Północnej i Portugalii. Kiwano jest dostępne tam od października do marca [Bilton 2010].

Pepino (*Solanum muricatum* Ait.) – warzywo to należy do rodziny *Solanaceae*. Pochodzi najprawdopodobniej z tropikalnych i subtropikalnych rejonów Ameryki Południowej, natomiast do Europy trafiło dopiero w XVIII wieku. Popularne określenia dla tej rośliny to: gruszka melonowa, krzew melonowy, słodki ogórek [Kobryń i Kowalczyk 1998; Ruiz-Bevia i in. 2002].

Gruszka melonowa jest wieloletnim krzewem, jednakże ze względu na niską odporność na przymrozki, uprawiana jest jako roślina jednoroczna. Charakteryzuje się pokrojem krzaczastym osiągającym wysokość około 0,5–1 m. Liście pepino są lancetowate lub złożone, częściowo wyprostowane, układają się w kierunku poziomym lub opadają w dół, koloru jasnozielonego, zielonego, ciemnozielonego, zielono-fioletowego lub fioletowego. Kwiaty pepino najczęściej mają białe płatki z niebieskimi żyłkami, zebrane są w gronach [Robles i Hashimoto 2006]. Częścią jadalną tej rośliny jest so-

czysta jagoda właściwa charakteryzująca się różnorodnym kształtem i wybarwieniem. Może osiągać wagę od 100 do 500 g i długość 10–15 cm. Owoc najczęściej jest prosty, delikatnie zakrzywiony bądź sierpowaty o powierzchni gładkiej, szorstkiej lub brodawkowatej, barwy żółto-kremowej z fioletowym pasiastym „rumieńcem”. Nasiona są nerkowate i małe, czasem posiadają skrzydełka [Cavusoglu i in. 2009; Francke 2010].

Znanych jest wiele odmian tego warzywa, jednakże wśród tych najbardziej popularnych wymienia się: ‘Colossal’, ‘Ecuadorian Gold’, ‘El Camino’, ‘Miski Prolific’, ‘New Yorker’, ‘Rio Bamba’, ‘Temptation’, ‘Toma’, ‘Vista’, ‘Sweet Long’ i ‘Sweet Round’.

Rzodkiew japońska (*Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus*) zwana również daikonem to gatunek, którego początki uprawy sięgają 3–4 tysięcy lat temu [Pistrick 1987]. Roślina ta jest bardzo popularna w krajach wschodniej Azji, a w szczególności w: Chinach, Japonii czy też Korei [Magnes 2009]. Na polskich stołach warzywo to pojawiło się stosunkowo niedawno [Miazgowska 1998].

Daikon to roślina jednoroczna należąca do rodziny kapustowatych (*Brassicaceae*), charakteryzująca się krótkim okresem wegetacji. Siewki rzodkwi japońskiej mają liścienie kształtu sercowatego, blaszki są omszone. Z kolei liście właściwej rośliny są nieparzystodzielne, nie posiadają przylistków, natomiast występuje u nich kilka par odcinków bocznych. System korzeniowy daikonu jest silnie rozwinięty typu palowego, może osiągać długość nawet do 1 m. Rzodkiew japońska jest rośliną wytwarzającą mięsiste, wydłużone lub kuliste zgrubienie (powstające przede wszystkim z korzenia palowego oraz z rozrośniętych części nadliścieniowej i podliścieniowej), które jest częścią jadalną tego warzywa. Jego masa waha się od 50 g do 16 kg [Magnes 2009; Skąpski i Dąbrowska 1994]. Kwiatostan daikonu jest typu groniastego o długości 70 do 130 cm i jest silnie rozłożysty. Kwiaty mają barwę białą, jasnoróżową, fioletową [Orłowski i Kołota 1996]. Na rynku polskim dostępne były następujące odmiany rzodkwi japońskiej: ‘Tokinashi’, ‘Minowase Spring Cross’, ‘Milder September’, ‘Sommerjuwel’, ‘Minowase Summer Cross’ [Capecka i Gawęda 1992].

ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH ORAZ WŁAŚCIWOŚCI PROZDROWOTNE KIWANO, PEPINO I RZODKWI JAPOŃSKIEJ

Kiwano ma dwie odmiany, identyfikowane ich smakiem – słodką i gorzką [Omale i in. 2011]. Forma gorzka zawiera kukurbitacyny (triterpenoidy), które są związkami wysoce toksycznymi [Balkema-Boomstra i in. 2003] i jest rzadko spożywana przez ludzi [Sadou i in. 2007]. Z kolei odmiana, która nie jest gorzka jest uprawiana ze względu na jej wartość – zarówno leczniczą, jak i odżywczą [Omale i in. 2011].

Wyniki badań dowodzą, że *C. metuliferus* wykazuje szereg korzystnych działań w takich schorzeniach, jak choroba wrzodowa żołądka, inwazje pasożytnicze, nadciśnienie tętnicze [Omale i in. 2011].

Uważa się, że suszone owoce kiwano leczą ból gardła [Sadou i in. 2007]. Źródło cennych składników mogą również stanowić nasiona kiwano, co przedstawiono w tabeli 1.

Nasiona i owoce tej rośliny są spożywane na surowo (jako suplement) i są wysoce cenione za ich właściwości przeciwrakowe [Omale i in. 2011].

Inne związki będące składnikami tej rośliny to m.in. luteina, 3-epiluteina czy mirystol [Amagon i in. 2012]. Valente i inni [2011] oznaczyli zawartość witaminy C w kiwano – wynosiła ona średnio około 1 mg w 100 g części jadalnych. Ta wartość była jednak niższa od podawanej przez Romero-Rodriguez i innych [1992] – 5,2 mg w 100 g św.m.

Warzywo to zawiera także flawonoidy. Ich obecność w pulpie owoców kiwano była przedmiotem badania przeprowadzonego przez Amagon i innych [2012] w związku z ich potencjalnym działaniem antywirusowym.

Przeciwrzodowe działanie alkaloidów izolowanych z owoców *Cucumis metuliferous* badano w doświadczeniu z udziałem myszy przez Omale i innych [2011]. Wannang i innych [2009] stwierdzili, że ekstrakty z pulpy kiwano zwiększają integralność śluzówki i zmniejszają objętość kwasu żołądkowego w organizmach tych zwierząt doświadczalnych.

Tab. 1. Zawartość wybranych składników w nasionach kiwano [Sadou i in. 2007]

Składnik	Zawartość (w 100 g)
Białko (g)	23,19 ± 2,32
Tłuszcz (g)	23,79 ± 2,46
Popiół (g)	3,26 ± 1,36
Wapń (mg)	247 ± 80
Miedź (mg)	5,4 ± 3,1
Żelazo (mg)	10,9 ± 1,1
Magnez (mg)	289 ± 50
Fosfor (mg)	44,7 ± 11,1
Potas (mg)	1174 ± 370
Sód (mg)	16,7 ± 7,1
Cynk (mg)	1,7 ± 0,3

Ponadto wykazano, że pulpa z owoców kiwano charakteryzuje się właściwościami hipoglikemicznymi [Jimam i in. 2010; Sharma and Arya 2011; Wannang i in. 2009]. Gotep [2011], w badaniu z udziałem szczurów z indukowaną cukrzycą stwierdził, iż glikozydy ekstrahowane z miąższu owoców posiadają (zależne od dawki) działanie hipoglikemiczne. Podobne rezultaty uzyskali również Jimam i inni [2010].

Aktywność przeciwświdrowcową ekstraktów (w różnej dawce) z pulpy owoców kiwano stwierdzono w doświadczeniu z udziałem królików [Abubakar i in. 2011]. Wykazano w nim, że chociaż ekstrakt nie zabijał świdrowców, to jednak działał trypanostatycznie. Ponadto może on być przydatny w leczeniu anemii, która stanowi główną cechę patologiczną afrykańskiej trypanosomozy.

Według Światowej Organizacja Zdrowia (WHO) jest nadzieja, że kiwano stanie się podstawową rośliną uprawianą na terenach Afryki Subsaharyjskiej i pomoże ograniczyć niedożywienie w rozwijających się krajach tego regionu świata [Bilton 2010]. Może ono bowiem rosnąć na suchych, jałowych terenach, a jest bogate w szereg cennych bioaktywnych składników [Gotep 2011].

Pepino i rzodkiew japońska są warzywami o dużej różnorodności składników odżywczych, dlatego też mogą być wykorzystywane w profilaktyce i leczeniu wielu chorób. W ich składzie, oprócz pod-

stawowych składników odżywczych, takich jak np. białka i węglowodany, wymienia się również witaminy (między innymi witamina C), a także składniki mineralne, w szczególności: potas, wapń, fosfor, magnez i żelazo (tab. 2 i 3).

Tab. 2. Zawartość składników pokarmowych oraz wartość energetyczna pepino [Kowalczyk i in. 2004; Robles i Hashimoto 2006; Yalçın 2010; www.tstforchrist.org...; www.focus.pl...]

Składnik	Zawartość (w 100 g)
Wartość energetyczna (kcal)	25–26
Woda (g)	91,45–93,8
Białko (g)	0,1–0,93
Tłuszcz (g)	0,04–0,09
Węglowodany ogółem (g)	5,1–7
Błonnik pokarmowy (g)	1–1,5
Popiół (g)	0,1–0,47
Prowitamina A (mg)	27
Witamina B ₁ (mg)	0,04–0,09
Witamina C (mg)	26–70
Wapń (mg)	2,3–30
Fosfor (mg)	10–13
Potas (mg)	119–248,1
Żelazo (mg)	0,2–0,31
Sód (mg)	0,76–2,3
Siarka (mg)	3,4–4

Rośliny te cechują się dużą zawartością wody, a co za tym idzie stosunkowo niską wartością energetyczną, dzięki czemu mogą być zalecane w profilaktyce otyłości. Również ze względu na obecność znacznej ilości wody wykazują one działanie moczopędne. Ponadto, zawarty w nich potas wpływa na ograniczenie występowania u ludzi udarów mózgu oraz zalecany jest dla osób zażywających leki diuretyczne [Cavusoglu i in. 2009]. Pepino oprócz wyżej wspomnianego pierwiastka, charakteryzuje się małą zawartością sodu (0,76–2,3 mg·100g⁻¹), dlatego też powinno być ono wprowadzone do diety

pacjentów z nadciśnieniem tętniczym. Obecny w tych warzywach wapń sprawia, że mogą być one zastosowane w profilaktyce chorób kostnych, w tym osteoporozy.

Tab. 3. Zawartość składników pokarmowych oraz wartość energetyczna rzodkwi japońskiej [Capecka 2001; Elmadfa i Muskat 2004; Müller-Nothmann 2008]

Składnik	Zawartość (w 100 g)
Wartość energetyczna (kcal)	15–18
Woda (g)	93,5–95,4
Białko (g)	0,5–1,2
Tłuszcz (g)	0–0,1
Węglowodany ogółem (g)	1,8–3,2
Błonnik pokarmowy (g)	0–1,6
Prowitamina A (mg)	0,007
Witamina B ₁ (mg)	0,03
Witamina B ₂ (mg)	0,03
Witamina B ₃ (mg)	0,4
Witamina B ₆ (mg)	0,06
Kwas foliowy (μg)	17
Witamina B ₅ (mg)	0,18
Biotyna (μg)	0,5
Witamina C (mg)	18–26,5
Witamina E (mg)	0,01
Witamina K (μg)	50
Wapń (mg)	24–40
Fosfor (mg)	29–41
Potas (mg)	148–400
Magnez (mg)	8–18
Żelazo (mg)	0,33–0,8
Cynk (mg)	0,21–0,43
Mangan (mg)	0,04–0,08
Miedź (mg)	0,02–0,04

Również występujący w nich fosfor jest składnikiem budulcowym kości. Dodatkowo, w owocach pepino stwierdzono obecność magnezu i jodu. Ten pierwszy jest bardzo ważnym czynnikiem regulującym termogenezę, usprawniającym funkcjonowanie układu nerwowego, wspomagającym uwalnianie energii, a przede wszystkim odpowiedzialnym za prawidłową pracę mięśnia sercowego. Natomiast zawartość jodu sprawia, że spożycie tego warzywa zapobiega powiększeniu gruczołu tarczowego, w następstwie którego dochodzi do jego niedoczynności oraz wytworzenia wola endemicznego, a także opóźnienia rozwoju psychofizycznego dzieci i młodzieży, kretynizmu i zaburzeń rozrodczości kobiet [Gertig i Przysławski 2006; www.focus.pl...].

Pepino i rzodkiew japońska mogą być stosowane w leczeniu niedokrwistości ze względu na zawartość żelaza, tym samym przyczyniając się do wzrostu hemoglobiny i erytrocytów we krwi.

Zawartość witaminy C w tych warzywach pozytywnie wpływa na nasz system immunologiczny, a także ogranicza możliwość powstawania mikrowylewów, prowadzi do wzmocnienia naczyń włosowatych, a ponadto przeciwdziała zaburzeniom w tworzeniu kolagenu, występowaniu objawów zmęczenia, apatii, braku apetytu, bladej skóry, stanom zapalnym błon śluzowych, a przede wszystkim szkorbutu [Gawęcki i Hryniewiecki 2006].

Dzięki zawartości prowitaminy A mogą zostać wykorzystane jako rośliny o walorach prozdrowotnych wspomagające narząd wzroku, w leczeniu kurzej ślepoty, a obecność witamin z grupy B wpływa pozytywnie na nasz system nerwowy, zapobiegając objawom apatii i zmęczenia (B_1 i B_6). Witamina B_2 przyczynia się do poprawy stanu skóry i włosów.

Wysoka zawartość niacyny w zgrubieniach daikonu sprawia, że będzie on dobrym ziołolekiem w ograniczeniu występowania zmian skórnych, takich jak: łuszczenie skóry, trądzik, a kwas pantotenowy usprawni nasz system immunologiczny oraz będzie przyspieszać proces gojenia się ran. Osobom mającym skłonność do występowania problemów skórnych między innymi łupieżu zaleca się spożywanie rzodkwi japońskiej, z uwagi na obecność witaminy H (biotyna). Szczególnie cenne właściwości tego warzywa jako rośliny o cechach prozdrowotnych wynikają z obecności w jego korzeniach kwasu foliowego. Witamina ta jest wykorzystywana w leczeniu bardzo poważnych chorób, takich jak anemia.

Ze względu na zawartość witaminy K, daikon powinien być wprowadzony do diety osób mających zaburzony proces krzepnięcia krwi, gdyż odpowiada ona za syntezę protrombiny. Korzystne dla zdrowia właściwości lecznicze rzodkiew japońska zawdzięcza również obecnej w jej składzie witaminie E, która spożywana w dużych ilościach chroni organizm przed chorobami serca oraz odpowiada za prawidłowy przebieg ciąży.

Zarówno pepino, jak i daikon mogą być stosowane w leczeniu zaburzeń układu pokarmowego. Błonnik pokarmowy obecny w tych warzywach jest związkiem wykorzystywanym w zwalczaniu objawów nadkwaśności żołądka, wspomagającym przy zaparciach i niestrawnościach, a ponadto stymulującym perystaltykę jelit. Dodatkowo wykazuje zdolność do usuwania cholesterolu z organizmu.

Żywność, a zwłaszcza warzywa i owoce stanowią dla człowieka bogate źródło związków o właściwościach przeciwutleniających. Według Cieślík i Gajdy [2010] wprowadzenie do codziennego jadłospisu produktów o dużym zasobie tych właśnie substancji znacznie obniża ryzyko wystąpienia chorób nowotworowych i układu krążenia. Związki te są reprezentowane przede wszystkim przez: polifenole, witaminy C i E, tokoferole, karotenoidy, a także biopierwiastki.

Zgodnie z doniesieniami Hsu i innych [2011] wśród związków o charakterze przeciwutleniającym obecnych w pepino oprócz kwasu askorbinowego należy wymienić: kwasy fenolowe i flawonoidy. Autorzy ci wykonali doświadczenia w kierunku wykorzystania wodnych ekstraktów z pepino w leczeniu cukrzycy. Badania przeprowadzono z udziałem myszy charakteryzujących się wysokim poziomem glukozy we krwi. Na ich podstawie stwierdzono, że wodne ekstrakty z pepino wpływały na obniżenie poziomu glukozy we krwi zwierząt oraz wykazywały działanie przeciwzapalne.

Pepino to warzywo, które może być stosowane w profilaktyce chorób nowotworowych oraz jako czynnik zapobiegający zmianom cytotoksycznym. O jego właściwościach antykancerogennych pisali Ren i Tang [1999]. Badając wodne ekstrakty z liofilizatów z pepino zauważyli, iż roślina ta poprzez wywoływanie apoptozy wykazuje cytotoksyczne oddziaływanie na komórki nowotworowe (w prostatce, żołądka, wątrobie, piersiach).

Również rzodkiew japońska należy do roślin charakteryzujących się wysoką zawartością substancji biologicznie czynnych (indole, rafanina i rafanozyna, cytokinina i pochodne puryny oraz glukozynolany i tiocyjaniany).

Sok otrzymywany z daikonu stosowany jest nie tylko w łagodzeniu wzdęć, ale również w leczeniu gościca oraz korzonków nerwowych, kokluszu, pęcherza moczowego, zapalenia oskrzeli. W medycynie domowej był stosowany jako środek działający mlekopędnie na gruczoły mlekowe kobiet karmiących piersią [Doruchowski 2006; Friis i Kjaer 1966].

Należy jednak pamiętać, iż oprócz pozytywnego działania, obecne w korzeniach daikonu tiocyjaniany wykazują również niekorzystne oddziaływanie (z uwagi na ich zdolność do przekształcania się w organizmie człowieka w tioglikozydy) [Dżugan 2007]. Nie zaleca się spożywania rzodkwi japońskiej osobom cierpiącym na nieżyty przewodu pokarmowego, wątroby, nerek, dwunastnicy, chorobę wrzodową czy poważne schorzenia serca [Kolmünzer 1993; Ożarowski 1983]. Ponadto tiocyjaniany wraz z tiookszalidynami dezaktywują peroksydazę tarczycową prowadząc do zahamowania produkcji hormonów tarczycy. Dlatego też spożycie dużej ilości rzodkwi japońskiej z jednej strony przyczynia się do zapobiegania występowania chorób o podłożu nowotworowym, z drugiej jednak narzuca konieczność wprowadzenia do diety produktów o wysokiej zawartości jodu. Dlatego też wydaje się słusznym jednocześnie wykorzystanie w codziennej kuchni zarówno daikonu, jak i pepino, które należy do warzyw o dużej zawartości tego pierwiastka.

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA KIWANO, PEPINO I RZODKWI JAPOŃSKIEJ W ŻYWIENIU

Dojrzałe owoce kiwano w Nigrze spożywane są na surowo albo gotowane. Z kolei zbierane młode i zielone, używane są jako przyprawa w Senegalu [Sadou i in. 2007]. Spożywa się żółtozielonkawy miąższ o orzeźwiającym i aromatycznym, kwaskowatym i cierpkim smaku. Po zmiksowaniu można z niego przyrządzić różnego rodzaju koktajle, a celem zwiększenia walorów smakowych warto dodać kilka kropli soku z cytryny, nieco cukru bądź miodu. Z uwagi na ładną zie-

lonkawą barwę miąższ może być także używany do garniowania potraw [Bilton, 2010; Grudzień 1999]. Nasiona i pulpa kiwano mogą być wykorzystane także do przyrządzenia dressingu sałatkowego, zamiast bądź łącznie z octem. Miąższ kiwano dobrze komponuje się również ze słonymi serami (typu feta), ogórkiem i pomidorem w sałatkach [Bilton 2010].

Smak i zapach owoców pepino jest ściśle związany z fazą dojrzałości rośliny. We wczesnym okresie charakteryzuje się ogórkowym zapachem (wtedy też jest spożywany na surowo), a po okresie dojrzałości aromatem przypomina melona (może być wykorzystywany jako dodatek do sałatek, dań mięsnych i rybnych, a także soków, lodów oraz dżemów) [Kobryń i Kowalczyk 1998; Nowiński 1983]. Smak owoców pepino może być począwszy od bardzo kwaśnego, poprzez kwaśny, umiarkowanie słodki, aż do słodkiego.

Rzodkiew japońska jest rośliną, która była uprawiana już w starożytnym Egipcie i Chinach, gdzie pozyskiwano z niej olej [Kuskowska 2001]. Warzywo to najchętniej jest spożywane w krajach Azji, najczęściej na surowo, duszone, gotowane, marynowane, kiszzone, smażone czy też suszone [Miazgowska 1998]. Na przełomie XIV i XV wieku, daikon konsumowano w postaci nieprzetworzonej wraz z dodatkiem soli. Obecnie najczęściej jest on komponentem surówek, bądź też sałatek w zestawieniu z rybami, takimi jak, np. śledź. Rzodkiew japońska może być podawana jako przekąska. Ponadto, daikon w połączeniu z owocami (np. jabłkiem) lub warzywami (np. pomidorem) jest dobrym surowcem do produkcji napojów [Gapiński 1993]. Należy pamiętać, aby podczas przygotowywania potraw z rzodkwi japońskiej przeprowadzić proces blanszowania. Nie tylko ułatwi on nam usunięcie skórki ze zgrubienia, ale też ogranicza rozwój mikroflory glebowej obecnej na korzeniach. Dodatkowo, w trakcie tego zabiegu daikon traci swoją charakterystyczną goryczkę [Gapiński 1993].

LITERATURA

- Abubakar A., Iiyasu B., Ojiegbu F. N., Igweh A. C., Shamaki B. U., Dung E. C., Domtur L. L., Okogun J. I., Gbodi T. A., Ogbadoyi E. O. 2011. *Evaluation of the antitrypanosomal activity of Cucumis metuliferus pulp extract in rabbits*. J. Med. Plants Res. 5(11), 2136–2142.

- Amagon K.I., Wannang H.A., Iliya H.A., Ior L.D., Chris-Otubor G.O. 2012. *Flavonoids extracted from fruit pulp of Cucumis metuliferus have antiviral properties*. B JPR 2(4), 249–258.
- Balkema-Boomstra A.G., Zijlstra S., Verstappen F.W.A., Inggamer H., Merckx P.E., Jongasma M.A., Bouwmeester H.J. 2003. *Role of cucurbitacin C in resistance to spider mite (Tetranychus urticae) in cucumber (Cucumis sativus L.)*. J Chem Ecol. 29(1), 225–35.
- Bilton P. 2010. *The horned melon or kiwano – its nutrition and gastronomical uses*. www. food-nutrition.knoji.com.
- Capecka E. 2001. *Effect of cultivar on the yield and quality of Japanese radish storage roots from spring growing*. VCRB 54, 201–206.
- Capecka E., Gawęda M. 1992. *Rzodkiew – warzywo stare, zdrowe i mało znane*. Hasło Ogrodnicze 7–8, 23–24.
- Cavusoglu A., Erkel E.I., Sulusoglu M. 2009. *The effect of climatic factors at different growth periods on pepino (Solanum muricatum Ait.) fruit quality and yield*. JFAE 7(2), 551–554.
- Cieřlik E., Gajda I. 2010. *Charakterystyka wartości odżywczej i właściwości prozdrowotnych endywii (Cichorium endivia L.)*. Postępy Fitoterapii 4, 224–228.
- Doruchowski W.R. 2006. *Rzepowate dla zdrowia*. Działkowiec 11, 56–57.
- Dżugan M. 2007. *Znaczenie warzyw kapustnych w profilaktyce nowotworów*. Zdrowie Publiczne 117(3), 397–401.
- Elmadfa I., Muskat E. 2004. *Wielkie tabele kalorii i wartości odżywczych*. Wyd. Brasika, Szczecin.
- Francke A. 2010. *The effect of potassium fertilization on the macronutrient content of pepino dulce (Solanum muricatum Ait.) fruit*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 9(3), 51–57.
- Friis P., Kjaer A. 1966. *4-Methyltio-3-butenyl isothiocyanate, the pungent principle of radish root*. Acta Chem. Scand. 20(3), 698–705.
- Gapiński M. 1993. *Warzywa mało znane i zapomniane*. PWRiL, Poznań.
- Gawęcki J., Hryniewiecki L. 2006. *Żywnienie człowieka*. Wyd. Naukowe PWN. Warszawa.
- Gertig H., Przysławski J. 2006. *Bromatologia. Zarys nauki o żywności i żywieniu*. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa.
- Grudzień K. 1999. *Kiwano*. Hasło Ogrodnicze 2.
- Gotep J. 2011. *Glycosides fraction extracted from fruit pulp of Cucumis metuliferus E. Meyer has antihyperglycemic effect in rats with alloxan-induced diabetes*. J Nat Pharm. 2, 48–51.
- Hsu Ch., Guo Y., Wang Z., Yin M. 2011. *Protective effects of aqueous extract from pepino (Solanum muricatum Ait.) in diabetic mice*. J. Sci. Food Agric. 91(8), 1517–1522.

- Jimam N. S., Wannang N.N., Omale S., Gotom B. 2010. *Evaluation of the hypoglycemic activity of Cucumis metuliferus (Cucurbitaceae) fruit pulp extract in normoglycemic and alloxan-induced hyperglycemic rats.* J Young Pharmacists. 2, 384–387.
- Kobryń J., Kowalczyk K. 1998. *Pepino – roślina mało znana.* Hasło Ogrodnicze 9, 46.
- Kowalczyk K., Kobryń J., Zielony T. 2004. *The effect of hormone treatment on the fruitsetting, fielding and the quality of pepino (Solanum muricatum Aiton) fruit.* VCRB Skierniewice 60, 55–62.
- Kohlmünzer S. 1993. *Farmakognozja.* PZWL, Warszawa.
- Kuskowska M. 2001. *Rzodkiew – warzywo dietetyczne i lecznicze.* Biul. Nauk. 13, 271–275.
- Magnes M. 2009. *Uprawa rzodkwi japońskiej.* Aktualności rolnicze 9, 29–30.
- Miazgowska T. 1998. *Rzodkiew japońska (daikon).* Kuchnia, Magazyn dla Smakoszy 4, 48–52.
- Müller-Nothmann S.D. 2008. *Tabele witamin.* Wyd. RM, Warszawa.
- Nowiński M. 1983. *Dzieje roślin i upraw ogrodniczych.* PWRiL, Warszawa.
- Omale S., Wuyep N.N., Auta A., Wannang N.N. 2011. *Anti-ulcer properties of alkaloids isolated from the fruit pulp of Cucumis metuliferous (Curcubitaceae).* IJPSR 2(10), 2586–2588.
- Orłowski M., Kołota E. (red.). 1996. *Uprawa warzyw.* Wyd. Brasika, Szczecin.
- Ożarowski A. 1983. *Ziołolecznictwo. Poradnik dla lekarzy.* PZWL, Warszawa.
- Pistrick K. 1987. *Untersuchungen zur Systematik der Gattung Raphanus L.* Kulturpflanze 35, 225–321.
- Ren W., Tang D.G. 1999. *Extract of Solanum muricatum (Pepino/CSG) inhibits tumor growth by inducing apoptosis.* Anticancer Res. 19, 403–408.
- Robles J.E.A., Hashimoto J.L.J. 2006. *Pepino dulce (Solanum muricatum Aiton).* Gerencia Regional de Recursos Naturales Y Gestión Del Medio Ambiente. Trujillo, Peru.
- Romero-Rodriguez M.A., Vazquez-Oderiz M.L., Lopez-Hernandez J., Simal-Lozano J. 1992. *Physical and analytical characteristics of the kiwano.* J. Food Composit. and Analysis 5, 319–322.
- Ruiz-Bevia F., Font A., Garcia A.N., Blanco P., Ruiz J.J. 2002. *Quantitative analysis of the volatile aroma components of pepino fruit by purge-and-trap and gas chromatography.* J. Sci. Food Agric. 82, 1182–1188.
- Sadou H., Sabo H., Malam Alma M., Saadou M., Leger C.L. 2007. *Chemical content of the seeds and physico-chemical characteristic of the seed oils from Citrullus colocynthis, Coccinia grandis, Cucumis metuliferus and Cucumis prophetarum of Niger.* Bull. Chem. Soc. Ethiop. 21(3), 323–330.

- Sharma R., Arya V. *A review on fruits having anti-diabetic potential*. 2011. J. Chem. Pharm. Res. 3(2), 204–212.
- Skąpski H., Dąbrowska B. (red.). 1994. *Uprawa warzyw w polu*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Valente A., Gonçalves Albuquerque T., Sanches-Silva A., Costa H.S. 2011. *Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition database*. Food Res. Inter. 44, 2237–2242.
- Wannang N.N., Gyang S.S., Omale S., Dapar L.M.P., Jimam N.S., Anakwe C. 2009. *The effect of Cucumis metuliferus E meye (Cucurbitaceae) on rat gastric functions and mucosal integrity*. Nigerian J. Nat. Product and Med. 12, 37–39.
- Yalçın H. 2010. *Effect of ripening period on composition of pepino (Solanum muricatum) fruit grown in Turkey*. Afric. J. Biotechnol. 9(25), 3901–3903.
<http://www.tstforchrist.org/?p=4502>: *Benefit of Fruit Pepino (Mellow Fruit)*.
<http://www.focus.pl/przyroda/zobacz/publikacje/rewolucja-w-polskim-warzywniaku/strona-publicacji/1/nc/1>.

Adres do korespondencji:

Iwona Mentel, Kinga Topolska, Ewa Cieślak
Katedra Technologii Gastronomicznej i Konsumpcji
Wydział Technologii Żywności
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 122, 30–149 Kraków,
e-mail: i.mentel@ur.krakow.pl

**WPŁYW DOKARMIANIA POZAKORZENIOWGO
WAPNIEM NA STAN ODŻYWIANIA PAPRYKI
SŁODKIEJ (*CAPSICUM ANNUUM L.*)**

THE EFFECT OF FOLIAR FEEDING WITH CALCIUM
ON THE NUTRITIONAL STATUS OF SWEET PEPPER
(*CAPSICUM ANNUUM L.*)

Abstrakt. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dokarmiania pozakorzeniowego wapniem w postaci $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, Librelu Ca, Wapnowitu oraz dwóch dawek Ca na stan odżywiania papryki słodkiej azotem, fosforem, potasem i magnezem, w początkowym okresie pełni owocowania oraz przed likwidacją doświadczenia. Stwierdzono istotny wpływ zastosowanych preparatów Ca na zawartość azotu, potasu i wapnia oraz brak wpływu na zawartość fosforu i magnezu w liściach papryki. Wykazano, iż zastosowany pozakorzeniowo wapń w postaci saletry wapniowej w większym stopniu modyfikował zawartość składników pokarmowych w liściach papryki, niż pozostałe preparaty Ca. Pomimo zmian w składzie chemicznym liści stan odżywiania papryki azotem, fosforem, potasem i wapniem należy ocenić jako optymalny, a magnezem jako zbliżony do optymalnego.

Słowa kluczowe: *wapń, zawartość N, P, K, Ca, Mg, papryka słodka*

Summary. The aim of the present study was to determine the effect of foliar feeding with calcium $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, Librelu Ca, Wapnowitu and two Ca rate on the nitrogen, phosphorus, potassium, and magnesium nutritional status of sweet pepper during the initial period of full fruiting and before the termination of the experiment. The Ca supplements used were found to have a significant effect on the content of nitrogen, potassium, and calcium, but no effect on phosphorus and magnesium content in pepper leaves. It was shown that calcium applied as calcium nitrate by foliar feeding modified to greater extent the nutrient content in pepper leaves as type of nutrient Ca remains. In spite of the changes in the chemical composition of leaves, the nitrogen, phosphorus, potassium, and magnesium nutritional status of pepper can be considered to be optimal, while the magnesium nutritional status close to optimal.

Key words: *calcium, content N, P, K, Ca, Mg, sweet pepper*

WSTĘP

W uprawach warzyw pod osłonami według najnowszych technologii obserwuje się tendencję, zmniejszania objętości podłoża, w którym rozwija się system korzeniowy roślin. Takie postępowanie wymaga od producenta dodatkowych umiejętności oraz szybkiego rozwiązywania zaistniałych problemów. W okresie intensywnego wzrostu owoców papryki, pomidora obserwuje się objawy suchej zgnilizny wierzchołkowej [Marcelis i Ho 1999; Saure 2001; Suzuki i in. 2003; Michałojć i Horodko 2006]. Główną przyczyną występowania tej choroby jest zmniejszenie ilości pobranej wody przez rośliny, co bardzo ściśle powiązane jest z transportem wapnia [White i Broadley 2003; Aktas i in. 2005]. Wapń jako składnik mało mobilny w roślinie przemieszcza się do owoców w małych ilościach, zatem istnieje potrzeba szybkiego uzupełnienia tego składnika drogą pozakorzeniową [Morard i in. 2000; Cabanero i in. 2004; Florens i in. 2004; Rab i Haq 2012].

Wapń w roślinie jest niezbędny do realizacji wielu procesów, jego funkcja polega na udziale w strukturze komórek i tkanek w procesach biochemicznych i fizjologicznych zachodzących w roślinie [Michałojć i Szewczuk 2003; Starck 2003; White i Broadley 2003]. Zatem istnieje potrzeba dostarczania wapnia drogą pozakorzeniową w odpowiednich ilościach oraz w formie łatwo przenikającej przez nadziemne części roślin.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dokarmiania pozakorzeniowego wapniem (rodzaj preparatu, dawki Ca) na stan odżywiania papryki słodkiej azotem, fosforem, potasem, wapniem i magnezem. Stan odżywiania roślin określono w początkowym okresie pełni owocowania oraz przed likwidacją doświadczenia.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania z papryką słodką (*Capsicum annum* L.) odmiany 'Red Knight' F₁ przeprowadzono w latach 2008–2010 w szklarni na stołach. Nasiona we wszystkich latach badań wysiewano w I dekadzie marca, a rozsadę wysadzono na miejsce stałe w III dekadzie kwietnia, doświadczenia zakończono w I dekadzie października.

Rośliny uprawiano w cylindrach o pojemności 10 dm³ w zagęszczeniu 4 rośliny na m² w torfie ogrodniczym o pH początkowym 4,6, który zwapnowano CaCO₃ do pH 6,5. Doświadczenia założono

w układzie kompletnej randomizacji w 8 replikacjach. Jednostkę eksperymentalną stanowiła jedna roślina.

Nawożenie w czasie całego okresu wegetacji wynosiło wg roślinę⁻¹: N – 10 w postaci KNO₃, NH₄NO₃ (34% N); P – 6,0 jako Ca(H₂PO₄)₂ · H₂O (20,2% P); K – 15 w postaci KNO₃ (37,3% K, 15,5% N); Mg – 7,0 jako MgSO₄ · H₂O (17,4% Mg). Mikroelementy użyto w postaci EDTA – Fe, CuSO₄ · 5 H₂O, ZnSO₄ · 7 H₂O, MnSO₄ · H₂O, H₃BO₃, (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4 H₂O w ilościach jak do podłoża torfowych. W okresie wysadzenia roślin zawartość składników pokarmowych wynosiła mg · dm⁻³: N-NO₃ – 250; P – 300; K – 400; Mg – 150; Ca 2000; pH 6,5. Mikroelementy dostarczono do podłoża jednorazowo przed wysadzeniem roślin na miejsce stałe. Fosfor zastosowano w połowie przed wysadzeniem roślin oraz w szóstym tygodniu wegetacji. Natomiast przeznaczoną ilość azotu, potasu i magnezu aby zapobiec nadmiernej koncentracji soli oraz utrzymać w ciągu całego okresu wegetacji składniki na stałym poziomie, zastosowano w 1/7 przed wegetacją, a pozostałe ilości pogłównie w odstępach, co 10 dni.

Badania obejmowały wpływ dwóch czynników:

Rodzaj preparatu wapniowego: Ca(NO₃)₂ 19% Ca, 15,5% N; Librel Ca 9,5% Ca scheltowany EDTA; Wapnowit – o zawartości 11,9% Ca, 10% N, 0,48% Mg, 0,05% B, 0,02% Cu, 0,02% Zn oraz kontrola.

Dawki wapnia: 0,4; 0,2 g Ca · roślinę⁻¹.

Dokarmianie wapniem rozpoczęto od momentu, gdy owoce na pierwszym piętrze osiągnęły wielkość orzecha włoskiego (II dekada czerwca). Kontrolę stanowiły rośliny, które w odpowiednich terminach opryskiwano wodą destylowaną. Stężenie robocze poszczególnych preparatów wynosiło (% wagowy): Ca(NO₃)₂, – 0,5%; Librel Ca – 1,05%; Wapnowit – 0,8%, co odpowiadało zawartości 1000 mg Ca · dm⁻³. Po każdym zabiegu odnotowano ilość zużytej cieczy, co pozwoliło na obliczenie ilości wapnia zastosowanego pozakorzeniowo. Dokarmianie pozakorzeniowe Ca wykonano w ciągu wegetacji roślin co 10 dni, (10 zabiegów – 0,4 g Ca) oraz co 20 dni (5 zabiegów – 0,2 g Ca).

Próby liści do analiz chemicznych pobrano ze środkowej części rośliny nad aktualnie dojrzewającym owocem w drugiej dekadzie sierpnia (początek pełni owocowania) oraz w trzeciej dekadzie września (przed likwidacją doświadczenia). Próby liści wysuszono w temperaturze 60–70°C i zmielono. Następnie oznaczono:

azot ogółem metodą Kjeldahla na aparacie Foss Tecator.

Po mineralizacji materiału w temperaturze 550°C oznaczono: fosfor kolorymetrycznie z wanadomolibdenianem amonu (Thermo, Evolution 300),

potas, wapń i magnez metodą ASA.

Oznaczenia powyższych składników dokonano w 3 powtórzeniach.

Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Istotność różnic oceniono za pomocą wielokrotnych przedziałów ufności Tukey'a oraz dokonano obliczeń NIR na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I Dyskusja

Stan odżywiania oceniono w oparciu o zawartość azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu w liściach papryki na początku pełni owocowania (I termin) oraz przed likwidacją doświadczenia (II termin). Wyniki zamieszczono jako średnie z trzech lat badań w tabeli 1.

Zawartość N-og. w liściach papryki średnio wynosiła 4,21% N. Stwierdzono wpływ zastosowanych preparatów Ca na zmiany w zawartości azotu w liściach roślin w I terminie. Wykazano najwięcej azotu w roślinach dokarmianych saletrą wapniową (4,61% N), istotnie mniej Librelem Ca (4,50% N), w kontroli (4,46% N) oraz dokarmianych Wapnowitem (4,38% N). Uzyskane wyniki pokazują, że azot obecny w saletrze wapniowej został pobrany i wykorzystany przez rośliny. Natomiast różnicowane dawki wapnia nie miały istotnego wpływu na zawartość azotu w liściach papryki (tab.1). Wykazano również istotnie więcej azotu na początku w pełni owocowania (4,49% N) niż pod koniec (3,94% N). Jako optymalną zawartość azotu w liściach Kaufmana i Ververka [1971] podaje się $3,63 \pm 0,07\%$ N, nieco większą zawartość (4,4–6,0% N) podaje Golcz [1999]. W niniejszych badaniach w pełni owocowania zawartość azotu w liściach papryki wynosiła od 4,04% do 4,94% N-og., a pod koniec okresu wegetacji od 3,86% do 4,01% N, co wskazuje na optymalny poziom odżywiania roślin tym składnikiem pomimo wykazanych różnic w zawartości N.

Zawartość fosforu w liściach średnio w I terminie wynosiła 0,20% P, w II – 0,22% P. Zastosowane dokarmianie pozakorzeniowe Ca, – zróżnicowane preparaty jak i dawki Ca nie miało istotnego wpływu na jego zawartość w liściach. W okresie intensywnego owocowania

jako optymalny stopień odżywienia papryki słodkiej fosforem jest przyjmowana zawartość w liściach 0,20–0,40% P [Golcz 1999], natomiast według Kaufmana i Ververka [1971] $0,25 \pm 0,02\%$ P. W mniejszych badaniach w pełni owocowania zawartość fosforu w liściach papryki wynosiła od 0,19% do 0,20% P, a w drugim terminie od 0,21% do 0,22% P. Zarówno w I jak i w II terminie badań zawartość fosforu należy uznać za zbliżoną do optymalnej i optymalną.

Potas jest składnikiem pokarmowym, który łatwo i w dużych ilościach pobierany jest przez rośliny, a jego optymalna zawartość korzystnie wpływa na jakość i wielkość plonu [Flores i in. 2004; Sonnenveld i Voogt 2009]. W liściach papryki odnotowano średnio 5,91% K. Wykazano brak istotnego wpływu zróżnicowanych dawek wapnia na jego zawartość, natomiast odnotowano istotny wpływ zastosowanych preparatów Ca. Stwierdzono istotnie mniej potasu w liściach po zastosowaniu saletry wapniowej w porównaniu do pozostałych preparatów wapniowych i kontroli w obu terminach badań. Ponadto uzyskane wyniki wskazują, że w miarę upływu wegetacji następował wzrost zawartości potasu w liściach papryki (I – 5,57% K, II – 6,24% K). W okresie intensywnego owocowania jako optymalny stopień odżywienia potasem papryki słodkiej podawana jest zawartość 5,7% – 7,2% K, [Golcz 1999] , $3,54 \pm 0,25\%$ [Kauffman i Ververka 1971]. W liściach papryki odmiany Red Knight F₁ w pełni owocowania odnotowano od 5,31% do 5,77% K, a przed likwidacją od 6,07% do 6,50% K. Pomimo istotnego wpływu saletry wapniowej na obniżenie zawartości potasu w liściach stan odżywiania roślin potasem należy określić jako optymalny.

Wapń jest składnikiem pokarmowym, którego zawartość w poszczególnych organach roślin jest znacznie zróżnicowana. Najwięcej tego składnika występuje w liściach, a najmniej w owocach [Starck 2003; White i Broadley 2003]. Mając na względzie powyższą zależność w niniejszych badaniach zastosowano wapń w postaci zróżnicowanych pod względem chemicznym preparatów i dawek Ca. Odnotowano istotne różnice w zawartości wapnia w liściach papryki spowodowane badanymi czynnikami. Średnio zawartość wapnia w liściach papryki wynosiła 3,89% Ca. Stwierdzono istotnie większą jego zawartość w liściach roślin dokarmianych badanymi preparatami w porównaniu do kontroli, aczkolwiek mając na względzie, iż stężenie wapnia

we wszystkich roztworach wynosiło $1000 \text{ mg Ca} \cdot \text{dm}^{-3}$, najwięcej tego składnika wykazano w roślinach dokarmianych saletrą wapniową, nieco mniej Wapnowitem, a najmniej dokarmianych wapniem schelatowanym EDTA (Librel Ca), niemniej zawartości te we wszystkich kombinacjach były większe w porównaniu do kontroli (tab. 1). Ponadto wykazano niezależnie od zastosowanej formy wapnia istotnie więcej tego składnika po zastosowaniu większej dawki Ca, co świadczyłoby o tym, że dokarmianie pozakorzeniowe tym składnikiem skutecznie zwiększa jego zawartość w liściach, ale w największym stopniu po zastosowaniu go w postaci saletry wapniowej. Zawartość wapnia w I terminie wynosiła od 3,55% Ca do 4,25% Ca, w II od 3,34% Ca do 4,20% Ca. Stwierdzono istotnie więcej wapnia w liściach roślin w początkowym okresie pełni owocowania niż pod koniec. W badaniach Kaufmana i Ververka [1971] w liściach papryki w okresie owocowania wykazano znacznie większą zawartość wapnia ($5,59 \pm 0,14\% \text{ Ca}$).

Zawartość magnezu w liściach papryki średnio wynosiła 0,59% Mg. Nie stwierdzono istotnego wpływu badanych czynników na zawartość magnezu w liściach papryki (tab. 1). W badaniach Kaufmana i Ververka [1971] wykazano w liściach papryki znacznie większą zawartość $0,84 \pm 0,08\% \text{ Mg}$, a w badaniach Nurzyński i innych [2001], Michałojć i Horodko [2006] zawartości te były zbliżone do uzyskanych w niniejszych badaniach.

W badaniach z dokarmianiem pozakorzeniowym wapniem wykazano, brak wpływu na wielkość plonu, ale istotnie ograniczenie suchej zgnilizny wierzchołkowej owoców oraz wzrost zawartości witaminy C i cukrów w owocach papryki słodkiej, [Michałojć i Horodko 2006; Michałojć i Dzida 2012] w owocach pomidora [Ho i in. 1999], melona [Kosterna i in. 2009], co świadczy o pozytywnym wpływie dokarmiania wapniem na jakość plonu.

WNIOSKI

Stwierdzono istotny wpływ dokarmiania pozakorzeniowego wapniem na zawartość azotu, potasu i wapnia oraz brak wpływu na zawartość fosforu i magnezu w liściach papryki.

Odnotowano brak istotnego wpływu zastosowanych dawek wapnia na zawartość analizowanych składników pokarmowych w liściach papryki oprócz wapnia.

Zastosowany pozakorzeniowo wapń w postaci saletry wapniowej w największym stopniu modyfikował zawartość składników pokarmowych w liściach papryki.

Stan odżywiania papryki azotem, fosforem, potasem i wapniem należy ocenić jako optymalny, a magnezem jako zbliżony do optymalnego.

Tab. 1. Zawartość azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu (% s.m.) w liściach papryki słodkiej w zależności od dokarmiania pozakorzeniowego wapniem. Średnio z lat 2008–2010

Dawka Ca g ⁻¹ roślinę (A)	Rodzaj preparatu Ca (B)		N-og.		P		K		Ca		Mg	
			I*	II*	I*	II*	I*	II*	I*	II*	I*	II*
			Średnio	Średnio	Średnio	Średnio	Średnio	Średnio	Średnio	Średnio	Średnio	Średnio
0,4	Wapnowit	Kontrola	4,43	4,46	0,20	0,22	5,39	5,76	4,24	3,55	0,56	0,59
	Librel Ca	Ca(NO ₃) ₂	4,61	4,62	0,20	0,21	6,32	6,17	4,09	4,25	0,57	0,57
	Wapnowit	Kontrola	3,93	3,91	0,21	0,21	5,95	5,97	4,13	3,34	0,61	0,59
	Librel Ca	Ca(NO ₃) ₂	4,01	3,95	0,22	0,21	6,32	6,17	4,12	4,20	0,59	0,59
Średnia dla dawki Ca 1			4,53	4,46	0,20	0,22	5,62	5,76	4,03	3,99	0,56	0,59
0,2	Wapnowit	Kontrola	4,38	4,46	0,20	0,22	5,61	5,76	3,91	3,55	0,59	0,59
	Librel Ca	Ca(NO ₃) ₂	4,12	4,26	0,19	0,21	6,20	6,17	3,63	3,34	0,59	0,59
	Wapnowit	Kontrola	3,98	3,91	0,21	0,21	5,40	5,76	3,92	3,34	0,61	0,59
Librel Ca	Ca(NO ₃) ₂	4,16	4,19	0,20	0,20	6,27	6,17	3,94	3,96	0,57	0,59	
Średnia dla dawki Ca 1			4,24	4,19	0,20	0,21	5,62	5,76	4,01	3,99	0,56	0,59
Średnia dla dawki Ca 1			4,53	4,46	0,20	0,22	5,62	5,76	4,03	3,99	0,56	0,59

Dawka Ca g ⁻¹ roślinę (A)	Rodzaj preparatu Ca (B)	N-og.			P			K			Ca			Mg			
		I*	II*	Średnio	I*	II*	Średnio	I*	II*	Średnio	I*	II*	Średnio	I*	II*	Średnio	
Średnia dla dawki Ca 2		4,42	3,95	4,19	0,20	0,22	0,21	5,52	6,18	5,85	3,86	3,70	3,78	0,58	0,61	0,60	
Średnia dla preparatu Ca		Wapnowit	4,38	3,96	4,17	0,20	0,22	0,21	5,40	6,39	5,90	4,10	4,06	0,58	0,62	0,60	
		Librel Ca	4,50	3,94	4,22	0,20	0,22	0,21	5,59	6,26	5,93	4,00	3,99	0,58	0,59	0,59	
		Ca(NO ₃) ₂	4,61	3,94	4,28	0,20	0,21	0,21	5,54	6,14	5,84	4,14	4,04	4,09	0,54	0,59	0,57
		Kontrola	4,46	3,91	4,19	0,20	0,22	0,21	5,76	6,17	5,97	3,55	3,34	3,45	0,59	0,59	0,59
Średnia dla terminu		4,49	3,94	4,21	0,20	0,22	0,21	5,57	6,24	5,91	3,95	3,86	3,89	0,57	0,60	0,59	
NIR _{0,05} dla dawki Ca (A)		n.i.	n.i.		n.i.	n.i.		n.i.	n.i.		0,15	0,15		n.i.	n.i.		
preparatu Ca (B)		0,06	n.i.		n.i.	n.i.		0,09	0,09		0,09	0,09		n.i.	n.i.		
terminu (C)		0,11			n.i.			0,59			0,06			n.i.			

I* – analizy II dekada sierpnia; II* – analizy III dekada września

LITERATURA

- Aktas H., Karni L., Chang D-C., Turhan E., Bar-Tal A., Aloni B. 2005. *The suppression of salinity-associated oxygen radicals production, in pepper (Capsicum annum L.) fruit, by manganese, zinc and calcium in relation to its sensitivity to blossom-end rot*. *Physiol. Plant.* 123, 67–74.
- Cabanero F., J., Martinez V., Carvajal M. 2004. *Does calcium determine water under saline conditions in pepper plants, or is it water flux which determines calcium uptake?* *Plant Sci.* 166, 443–540.

- Flores P., Navarro J.M., Garrido C. Rubido J.S., Martinez V. 2004. *Influence Ca²⁺, K⁺, and NO₃⁻ fertilization on nutritional quality of pepper*. J. Sci. Food Agric. 84, 569–574.
- Golcz A. 1999. *Uprawa i nawożenie papryki słodkiej (Capsicum annuum L.) pod osłonami w ograniczonej ilości podłoża*. Rozp. Nauk AR w Poznaniu 298, 1–178.
- Ho L. C., Hand D. J., Fussel M. 1999. *Improvement of tomato fruit quality by calcium nutrition*. Acta Hort. 481, 463–468.
- Kaufmann H. G., Vorwerk R. 1971. *Zur Nährstoffaufnahme von Gemüsepaprika (Capsicum annuum L.) und Abergine (Solanum melongena L.) beim Anbau unter Glas und Plastwerkstoffen*. Arch. Gartenbau 19 (1), 7–27.
- Kosterna E., Zaniewicz-Bajkowska A., Franczuk J., Rosa R. 2009. *Effect of foliar feeding on the field level and quality of six large-fruit melon (Cucumis melo L.)*. Acta Sci. Pol. Hort. Cult. 8(3), 13–24.
- Marcelis L. F. M., Ho L. C. 1999. *Blossom-end rot in relation to growth rate and calcium content in fruits of sweet pepper (Capsicum annuum L.)*. J. of Exp.. Bot. 50, 332, 357–363.
- Michałojć Z., Dzida K. 2012. *Yielding and biological value of sweet pepper fruits depending on foliar feeding using calcium*. Acta Sci. Pol., Hort. Cult. 11(3), 257–266.
- Michałojć Z., Horodko K. 2006. *Wpływ dokarmiania pozakorzeniowego wapniem na plonowanie i skład chemiczny papryki słodkiej*. Acta Agroph. 134, 7 (3), 671–681.
- Michałojć Z., Szewczuk C. 2003. *Teoretyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin*. Acta Agroph. 85, 9–17.
- Morard P., Lacoste L., Silvestre J. 2000. *Effect of Calcium Deficiency on Nutrient Concentration of Xylem Sap of Excised Tomato Plants*. J. of Plant Nutrit. 23(8), 1051–1062.
- Nurzyński J., Michałojć Z., Kalbarczyk M. 2001. *Plonowanie i skład chemiczny papryki w zależności od nawożenia azotowego i rodzaju podłoża*. Zesz. Nauk. ART w Bydgoszczy 234, 93–99.
- Rab A., Haq I. 2012. *Foliar application of calcium chloride and borax influences plant growth, yield and quality of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) fruit*. Turk. J. Agric. For. 36, 695–701.
- Saure M. C. 2001. *Blossom-end rot of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) – a calcium or stress-related disorder?* Sci. Hort. 90, 193–208.
- Sonnenveld C., Voogt W. 2009. *Plant nutrition of greenhouse crops*. Wyd. Springer.
- Starck Z. 2003. *Transport i dystrybucja substancji pokarmowych w roślinach*. Wyd. SGGW, Warszawa.

Suzuki K., Shono M., Egawa Y. 2003. *Localization of calcium in the pericarp cells of tomato fruits during the development of blossom-end rot*. *Protoplasma* 222, 149–156.

White P. J., Broadley M. R. 2003. *Calcium in plant*. *Ann. Bot.* 92, 487–511.

Adres do korespondencji:

Zenia Michałojć, Katarzyna Dzida

Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu

Katedra Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

e-mail: zenia.michalojc@up.lublin.pl

Badania wykonano w ramach projektu Nr N N310 0379 33

WPŁYW BIOSTYMULATORÓW Z ALG MORSKICH NA WZROST ROZSADY POMIDORA

THE INFLUENCE OF SEAWEED BIOSTIMULATORS ON THE GROWTH OF TOMATO TRANSPLANTS

Abstrakt. Badania przeprowadzono w szklarni Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (53°27'N, 14°25'E) w latach 2010–2011. Celem badań była analiza cech biometrycznych rozsady pomidora po zastosowaniu biostymulatorów na bazie alg morskich: Acadian (0,1%), Bio-algeen S90 (0,3%), GoëmarGoteo (0,2%) i Kelpak (0,3%). Mierzono również indeks zazielenienia liści. Rozsadę pomidora opryskiwano preparatami 3-krotnie, od fazy 2–3 liści co 2 tygodnie. Wyniki badań wykazały, że stosowane biostymulatory modyfikowały wzrost rozsady oraz wartość indeksu zazielenienia liści. Rośliny były niższe, ale miały grubszą łodygę, więcej liści i dłuższe korzenie. Opryskiwanie preparatem GoëmarGoteo wpłynęło istotnie na obniżenie wartości indeksu zazielenienia liści.

Słowa kluczowe: *ekstrakty z alg, rozsada, pomidor, indeks zazielenienia*

Summary. The experiments were conducted in the years 2010–2011 in greenhouse of West Pomeranian University of Technology in Szczecin (53°27'N, 14°25'E). The aim of the study was analysis of biometrics features of tomato transplants after using seaweed biostimulators: Acadian (0.1%), Bio-algeen S90 (0.3%), GoëmarGoteo (0.2%) and Kelpak (0.3%). Leaf greenness index was also measured. Tomato transplants were sprayed with preparations three times, starting from 2–3 leaves stage, every two weeks. Results of the study showed differences in plants growth and value of greenness index caused by use of biostimulators. The plants had shorter stem but number of leaves, stem diameter and roots length were increased. Spraying with GoëmarGoteo decreased leaf greenness index.

Key words: *seaweed extracts, transplants, tomato, greenness index*

WSTĘP

Wzrastająca liczba gospodarstw ekologicznych w Polsce stwarza potrzebę poszukiwania i wdrażania do praktyki nowych, bezpiecznych dla środowiska preparatów, które zostałyby dopuszczone do stosowania w tym systemie gospodarowania. Taką funkcję mogłyby spełniać preparaty na bazie alg morskich z gatunku *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis lub *Ecklonia maxima* (ang. *kelp*). Algi morskie są źródłem naturalnych hormonów roślinnych: auksyn, cytokinin czy giberelin, które nie tylko stymulują wzrost i rozwój roślin, ale także przeciwdziałają skutkom stresów, jakie pojawiają się w trakcie wegetacji roślin: chłody, przymrozki, susza, zbyt wysokie temperatury, problemy z przyswajalnością składników pokarmowych, obecność chorób czy szkodników. Ponadto, zawierają one jeszcze inne substancje biologicznie aktywne, są źródłem aminokwasów, węglowodanów, witamin oraz niewielkich ilości makro- i mikroelementów [Craigie 2010]. Biopreparaty produkowane na bazie alg morskich, stosowane w różnych fazach, oddziałują pozytywnie na zdolność kiełkowania nasion i dalszy wzrost i rozwój roślin [Demir 2006; Jayaraj i in. 2010; Dobromilska i in. 2011], zwiększają przy tym poziom barwników asymilacyjnych w liściach [Blunden i in. 1997]. Szczególnie cenne są te algi i wodorosty, które są pozyskiwane w okresie sztormów, kiedy w warunkach chłódów i słonej wody morskiej, mogą wytworzyć najwięcej związków antystresowych, stanowiących mechanizm obronny rośliny. Preparaty z alg morskich mają duże znaczenie w uprawie roślin ogrodniczych (w tym pomidora polowego i szklarniowego), a także roślin rolniczych i w szkółkarstwie [Szabo i Hratko 2009; Gajc-Wolska i in. 2010; Matysiak i in. 2011; Soare i in. 2011; Zodape i in. 2011].

Głównym celem podjętych badań było określenie wpływu zastosowanych biopreparatów na cechy biometryczne oraz natężenie zielonej barwy liści pomidora w początkowej fazie rozwojowej. Dobrze wykształcona rozsada determinuje przyszły prawidłowy wzrost i rozwój pomidora, w tym jego plonowanie.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2010–2011 w Warzywniczej Stacji Doświadczalnej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie

cinie przeprowadzono jednoczynnikowe doświadczenie, mające na celu określenie wpływu kilku biostymulatorów z alg morskich i wodorostów (Acadian™, Bio-algeen S-90, GoëmarGoteo oraz Kelpak SL) na wzrost i rozwój rozsady pomidora odmiany 'Gaheris' F₁.

Rośliny traktowane były biostymulatorami w formie 3-krotnego oprysku, począwszy od stadium 2–3 liści, w odstępach dwutygodniowych. Wyniki dotyczące wzrostu roślin oraz pomiary natężenia zielonej barwy liści porównywano z roślinami kontrolnymi, opryskiwanymi wodą. Preparaty na bazie alg morskich stosowane były w następujących stężeniach: Acadian – 0,1%, Bio-algeen – 0,3%, GoëmarGoteo – 0,2%, Kelpak – 0,3% (5 cm³ roztworu aplikowano na każdą roślinę).

Rozsadę pomidora produkowano w szklarni mnożarce. Nasiona wysiano punktowo w trzeciej dekadzie marca do skrzynek wysiewnych, a po około trzech tygodniach siewki pikowano do plastikowych doniczek o średnicy 8 cm, wypełnionych substratem torfowym. Pielęgnacja rozsady była prowadzona standardowo i polegała na regularnym nawadnianiu, dokarmianiu dolistnym roślin oraz rozstawianiu doniczek. Po tygodniu od ostatniego zabiegu opryskiwania roślin biostymulatorami, wykonano pomiary biometryczne rozsady: wysokość roślin, liczba liści, średnica łodygi u podstawy, długość systemu korzeniowego. Oznaczono również wartość indeksu zazielenienia liści (SPAD) aparatem optycznym Chlorophyll Meter SPAD-502 (Minolta).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji, wyznaczając półprzedziały ufności testem Tukey'a dla poziomu istotności $\alpha_{0,05}$. Obliczenia statystyczne wykonano przy użyciu programu FR-ANALWAR-4,3.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki pomiarów biometrycznych rozsady oraz natężenia zielonej barwy liści pomidora 'Gaheris' F₁ prowadzonych w latach 2010–2011, wykazały, że w pierwszym roku badań niektóre parametry określające wzrost roślin (liczba liści, średnica łodygi) oraz zazielenienie liści były większe, jednak różnice te nie zostały udowodnione statystycznie. Rozpatrując średnie wyniki z lat, dotyczące wysokości

rozsady pomidora stwierdzono, że wszystkie stosowane w doświadczeniu biostymulatory istotnie obniżyły wysokość roślin w stosunku do kontroli, średnio o 4,7 cm (tab.1).

Tab. 1. Wysokość rozsady pomidora odmiany 'Gaheris' F₁ w zależności od rodzaju stosowanego biostymulatora [cm]

Preparat	Lata badań		Średnia
	2010	2011	
Acadian	31,5	31,2	31,4
Bio-algeen	29,3	27,6	28,5
GoëmarGoteo	31,2	26,4	28,8
Kelpak	31,8	27,9	29,9
Kontrola	33,9	34,8	34,4
Średnia	31,5	29,6	30,6
NIR _{a=0,05}	3,909	4,131	2,715

Rozsada pomidora, którą od fazy 2–3 liści produkowano w szklarni nieogrzewanej, była hartowana przez 10 dni przed sadzeniem na miejsce stałe. Intensywne wietrzenie i ograniczenie podlewania roślin mają na celu przygotowanie roślin do gorszych warunków, jakie wystąpią podczas dalszego etapu wzrostu i rozwoju pomidora. Warunki stresowe wywołują u młodych roślin zmiany o charakterze morfologicznym i biochemicznym. Rośliny, u których stosowane są biostymulatory z alg morskich, również uruchamiają bardziej aktywne mechanizmy obronne przeciw stresom biotycznym i abiotycznym, zgodnie z wynikami Jayaraj i innych [2010] oraz Dobromilskiej i innych [2011]. Szczególną reakcją zahamowania wzrostu rozsady obserwowano w przypadku traktowania roślin preparatami Bio-algeen S90, GoëmarGoteo i Kelpak. Wykazano przy tym, że wszystkie stosowane biostymulatory istotnie zwiększyły średnicę łodygi rozsady pomidora, średnio o 13,2% w stosunku do roślin kontrolnych (tab. 2). Rozsada pomidora była niższa, ale bardziej krępa.

Tab. 2. Wpływ biopreparatów z alg morskich na średnicę łodygi rozsady pomidora [mm]

Preparat	Lata badań		Średnia
	2010	2011	
Acadian	5,32	5,72	5,52
Bio-algeen	5,60	5,73	5,67
GoëmarGoteo	5,88	5,83	5,86
Kelpak	5,92	5,33	5,63
Kontrola	4,98	5,03	5,01
Średnia	5,54	5,53	5,54
NIR _{a=0,05}	0,599	0,673	0,430

W obu latach badań zanotowano istotnie mniejszą liczbę liści u roślin, które nie były traktowane biostymulatorami z alg morskich (tab. 3), różnica ta wynosiła średnio 1,06 szt. Rośliny opryskiwane preparatami wytworzyły 6,50 (w przypadku Bio-algeen S90) – 7,00 liści (przy stosowaniu GoëmarGoteo).

Tab. 3. Wpływ preparatów z alg morskich na liczbę liści rozsady pomidora [szt.] oraz indeks zazielenienia liści [SPAD]

Preparat	Liczba liści			Indeks zazielenienia liści		
	lata badań		śred- nia	lata badań		średnia
	2010	2011		2010	2011	
Acadian	7,0	6,8	6,9	42,82	43,68	43,25
Bio-algeen	7,0	6,0	6,5	46,65	43,47	45,06
GoëmarGoteo	7,3	6,7	7,0	39,70	37,23	38,47
Kelpak	7,0	6,7	6,9	41,60	42,52	42,06
Kontrola	6,2	5,3	5,8	45,73	44,50	45,12
Średnia	6,9	6,3	6,6	43,30	42,28	42,79
NIR _{a=0,05}	1,056	1,046	0,709	5,353	2,813	2,886

Blunden i inni [1996] oznaczyli za pomocą chlorometryru wyższą zawartość chlorofilu w liściach pomidora, fasoli, pszenicy, jęczmienia i kukurydzy, po opryskaniu lub podlewaniu roślin ekstraktem z alg

morskich *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis. Zależność ta wynikała bezpośrednio z poziomu betainy, która jest składnikiem ekstraktu z alg. Podobne wyniki uzyskała Matysiak i inni [2011] u roślin kukurydzy, gdzie dwukrotna aplikacja nalistna preparatem Kelpak spowodowała istotny wzrost poziomu chlorofilu (SPAD). Jednak wyniki badań prowadzonych w latach 2010–2011 na rozsadzie pomidora nie potwierdziły tezy o reakcji fizjologicznej roślin, wyrażonej wzrostem poziomu barwników asymilacyjnych po zastosowaniu preparatów na bazie alg morskich. Pomiary indeksu zazielenienia wykazały, że u roślin, u których aplikowano biostymulatory Bio-algeen S90, Acadian lub Kelpak oraz u roślin kontrolnych oznaczono istotnie wyższą wartość indeksu zazielenienia liści w porównaniu z roślinami, gdzie stosowano preparat GoëmarGoteo. Różnica między indeksem zazielenienia roślin kontrolnych i roślin traktowanych GoëmarGoteo wynosiła 6,65 SPAD.

Badania nad stosowaniem biostymulatorów z alg morskich w uprawie roślin rolniczych, ogrodniczych oraz w szkółkarstwie, wskazują na korzystny efekt działania zawartych w nich hormonów (auksyn, cytokinin) na rozwój systemu korzeniowego [Szabo i Hratko 2009; Matysiak i in. 2011; Zodape i in. 2011]. Podobne rezultaty uzyskano w doświadczeniu z rozsądą pomidora odmiany 'Gaheris' F₁ (tab. 4).

Tab. 4. Wpływ rodzaju biostymulatorów na bazie alg morskich na długość systemu korzeniowego rozsady pomidora [cm]

Preparat	Lata badań		Średnia
	2010	2011	
Acadian	21,9	26,7	24,3
Bio-algeen	22,3	21,5	21,9
GoëmarGoteo	28,6	24,7	26,7
Kelpak	24,2	24,5	24,4
Kontrola	19,4	20,0	19,7
Średnia	23,3	23,5	23,4
NIR _{a=0,05}	8,093	5,957	4,456

Rozsada traktowana preparatami: GoëmarGoteo, Kelpak oraz Acadian miała istotnie dłuższe korzenie, w porównaniu do roślin kontrolnych. Opryskiwanie roślin Bio-algeen S90 spowodowało również wydłużenie systemu korzeniowego roślin pomidora w stosunku do kontroli, ale nie były to różnice istotne statystycznie. Różnica w długości systemu korzeniowego między roślinami kontrolnymi a traktowanymi biopreparatami wynosiła średnio 4,62 cm, przy czym w przypadku roślin opryskiwanych GoëmaremGoteo sięgała do 6,97 cm. Wyniki badań, prowadzonych przez Zodape i innych [2011] na rozsadzie pomidora, potwierdzają tezę o rozbudowie systemu korzeniowego pod wpływem biostymulatorów z alg morskich, jednak autorzy zwracają uwagę na stężenie preparatu, w jakim jest on aplikowany.

WNIOSKI

Wszystkie biostymulatory z alg morskich stosowane w produkcji rozsady pomidora odmiany 'Gaheris' F₁ istotnie zwiększyły liczbę liści oraz średnicę łodygi roślin. Korzystnie oddziaływały również na długość systemu korzeniowego rozsady (oprócz Bio-algeen S90).

Rozsada pomidora opryskiwana preparatami z alg morskich była niższa i bardziej krępa.

Traktowanie rozsady preparatem GoëmarGoteo w stężeniu 0,2% wpłynęło na obniżenie wartości indeksu zazielenienia liści pomidora.

LITERATURA

- Blunden G., Jenkins T., Liu Y.W. 1997. *Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract*. J. Appl. Phycol. 8, 535–543.
- Craigie J. S. 2010. *Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture*. J. Appl. Phycol., DOI 10, 1007/s 10811-010-9560-4.
- Demir N., Dural B., Yildirim K. 2006. *Effect of seaweed suspensions on seed germination of tomato, pepper and aubergine*. J. Biol. Sci. 6 (6), 1130–1133.
- Dobromilska R., Szczepaniak M., Mila A. 2011. *Wpływ biostymulatorów z alg morskich i chitozanu na regenerację roślin pomidora Solanum sitiens I. M. Johnst. w kulturach in vitro*. Mat. Konf. Nauk. „Nauka i praktyka ogrodnicza dla zdrowia i środowiska”, Lublin 14–16 wrzesień 2011, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, 424–425.

- Gajc-Wolska J., Łyszkowska M., Zielony T. 2010. *The influence of grafting and biostimulators on the yield and fruit quality of greenhouse tomato cv. (Lycopersicon esculentum Mill.) grown in the field.* Veg. Crops Res. Bull. 72, 63–70.
- Jayaraj J., Norrie J., Punja Z. K. 2010. *Commercial extract from the brown seaweed Ascophyllum nodosum reduces fungal diseases in greenhouse cucumber.* J. Appl. Phycol. DOI 10.1007/s 10811-010-9547-1.
- Matysiak K., Kaczmarek S., Krawczyk R. 2011. *Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of Zea mays L.* Acta Sci. Pol., Agricultura 10(1), 33–45.
- Soare R., Rosculete E., Soare M. 2011. *Researches regarding the organic technology improvement of tomatoes by treatments with bioactive products.* Annals of the University of Craiova – Agriculture, Montanology, Cadastre Series 41, 1, 120–124.
- Szabo V., Hratko K. 2009. *Preliminary results of biostimulator treatments on Crataegus and Prunus stockplants.* Bulletin UASVM Horticulture 66 (1), 223–228.
- Zodape S. T., Gupta A., Bhandari S. C., Rawat U. S., Chaudhary D. R., Eswaran K., Chikara J. 2011. *Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.).* J. Sci. Ind. Res. 70, March, 215–219.

Adres do korespondencji:

Renata Dobromilska

Katedra Ogrodnictwa

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

ul. Papieża Pawła VI 1, 71–459 Szczecin

e-mail: Renata.Dobromilska@zut.edu.pl

WPŁYW RÓŻNYCH SPOSOBÓW UPRAWY BOBU (*VICIA FABA* L.) NA PORAZENIE ROŚLIN PRZEZ GRZYBY PATOGENICZNE

THE INFLUENCE OF DIFFERENT METHODS OF BROAD BEANS (*VICIA FABA* L.) CULTIVATION ON PLANT INFESTATION BY PATHOGENIC FUNGI

Abstrakt. Celem badań była ocena wpływu różnych sposobów uprawy bobu na porażenie roślin przez najważniejsze patogeny grzybowe. Bób uprawiano trzema metodami uprawy: z rozsady doniczkowej, z rozsady rwanej i z siewu bezpośrednio do gruntu. Analizowano porażenie liści przez *Ascochyta fabae*, *Botrytis fabae* i *Uromyces viciae-fabae* oraz porażenie pędów i strąków przez *A. fabae*. Niezależnie od sposobu uprawy najczęściej objawów chorobowych zaobserwowano na odmianie Bachus. W 2012 roku indeksy porażenia na roślinach obu odmian były wyższe niż w 2011. Bób uprawiany z rozsady doniczkowej miał najwyższe wartości indeksów porażenia, niezależnie od testowanej odmiany. Najzdrowsze były rośliny uprawiane z siewu bezpośrednio do gruntu, niezależnie od badanego czynnika chorobotwórczego.

Słowa kluczowe: *bób, sposób uprawy, objawy chorobowe, Ascochyta fabae, Botrytis fabae, Uromyces viciae-fabae*

Summary. The aim of this study was to evaluate the impact of different ways of broad bean growing to infection by the most important fungal pathogens. Broad bean crop grown in three ways: pot seedlings, teared seedlings and sowing directly into the ground. The analysis of leaves infestation by *Ascochyta fabae*, *Botrytis fabae* and *Uromyces fabae* and infestation of shoots and pods by *A. fabae* were done. Regardless of the manner cultivation much disease symptoms were observed on plants cv. Bachus. In 2012, the indices of infestation on plants of both cultivars were higher than in 2011. Broad beans grown from pot seedlings had the highest indices of infestation, regardless of the tested cultivars. The healthiest plants were grown from seed directly into the ground, independent of the tested pathogen.

Key words: *broad bean, manner cultivation, disease symptoms, Ascochyta fabae, Botrytis fabae, Uromyces viciae-fabae.*

WSTĘP

Bób (*Vicia faba* L.) jest warzywem, które wytrzymuje krótkotrwałe spadki temperatur, co pozwala uprawiać go w Polsce stosunkowo wcześniej w polu. Aby przyspieszyć dojrzewanie nasion, a zarazem wyprzedzić duże nasilenie chorób w trakcie wegetacji, uprawia się bób z rozsady lub siewu nasiona pod osłony [Grudzień 2001]. Do przyspieszonej uprawy bobu istotny jest dobór odpowiedniej odmiany, która ma krótki okres wegetacji a zarazem jest plenna. Do takich odmian należą: holenderski ‘Topbob’ i polska odmiana ‘Bachus’.

W uprawie bobu napotyka się na szereg problemów związanych z patogenami grzybowymi. Do najgroźniejszych sprawców chorób należy grzyb *Ascochyta fabae* Speg. (teleomorfa *Didymella fabae* G.J. Jellis and Punith.), porażający wszystkie nadziemne części roślin, powodujący zgorzelową plamistość – askochytozę bobu. Duże znaczenie ma wczesne porażenie bobu przez *Botrytis fabae* Sard. – sprawcę czekoladowej plamistości bobu. Stosunkowo późno podczas uprawy bobu pojawia się rdza bobu powodowana przez *Uromyces viciae-fabae* (Pers.) J.Schröt., jednak ten patogen także poraża nie tylko liście, ale pędy i strąki bobu [Mazur 2002; Schwarz 2005; Koike i in. 2007]. Ze względu na to, że co roku mamy coraz mniej fungicydów zarejestrowanych do ochrony bobu przed mikozami, dlatego poszukuje się różnych metod uprawy ograniczających zagrożenie ze strony najgroźniejszych agrofagów.

Celem badań była ocena wpływu różnych sposobów uprawy bobu: z rozsady doniczkowej, z rozsady rwanej i z siewu bezpośrednio do gruntu, na porażenie roślin przez najważniejsze patogeny grzybowe.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w 2011 i 2012 r., w Mydlnikach, na terenie Stacji Doświadczalnej Katedry Roślin Warzywnych i Zielarskich UR w Krakowie. Badaniami objęto dwie bardzo wczesne odmiany bobu, wykorzystywane do uprawy przyspieszonej: ‘Topbob’ (Pieterpikzonen BV) i ‘Bachus’ (Spójnia Nochowo). Bób wysiewano do gruntu w trzeciej dekadzie marca, również wtedy wysadzano 4 tygodniową rozsadę przygotowaną wcześniej w szklarni. Rozsada doniczkowana rosła w doniczkach o średnicy 7 cm, rozsada rwana w skrzynkach wypełnionych perlitem. Na poletkach doświadczalnych

bób uprawiano w rozstawie 45 x 15 cm. Poletka miały wymiary 2,25 x 2,5 m (5 rzędów na poletku). Chwasty w okresie wegetacji zwalczano mechanicznie (pielenie ręczne). W doświadczeniu zastosowano dla każdej odmiany 3 kombinacje w 3 powtórzeniach.

Analizę zdrowotności roślin prowadzono w okresie rozpoczęcia zbiorów nasion. Każdorazowo oceniano losowo po 30 liści, pędów i strąków z każdego poletka. Przy ocenie porażenia posługiwano się następującą skalą: 0 – brak objawów, 1 – porażenie słabe (objawy chorobowe obejmują do 5% powierzchni), 2 – porażenie średnie (objawy chorobowe obejmują 6–25%), 3 – porażenie silne (objawy chorobowe obejmują 26 – 50%), 4 – porażenie bardzo silne (objawy chorobowe obejmują ponad 51% powierzchni). Ocenę zdrowotności pędów wykonywano na odcinku 30 cm w części przyziemnej.

Indeks porażenia wyrażony w procentach wyliczono wg wzoru:

$$I_p = \frac{S(n \times a)}{N \times b} \times 100 \%$$

I_p – indeks porażenia wyrażony w procentach, n – ilość roślin porażonych w danym stopniu skali, a – stopień skali, N – ogólna ilość analizowanych roślin, b – najwyższy stopień skali (4). Do oceny różnic między średnimi użyto wielokrotnego testu t-Duncana, dla doświadczeń dwuczynnikowych, przyjmując poziom istotności 5%. Czynnikiem pierwszym była odmiana, czynnikiem drugim sposób uprawy bobu.

WYNIKI I DISKUSJA

Uzyskane wyniki badań wskazują, że w 2011 roku stwierdzono mniejsze nasilenie objawów chorobowych (tab. 1–4). Związane było to z dużą ilością opadów i utrzymującą się dużą wilgotnością powietrza podczas wegetacji w 2012 r. – warunkami sprzyjającymi rozwojowi wielu mikoz [Schwarz 2005]. Niezależnie od analizowanego czynnika chorobotwórczego stwierdzono, że większe nasilenie objawów chorobowych w obu latach doświadczeń wystąpiło na odmianie 'Bachus'. W 2011 na odmianie 'Topbob' i w 2012 r. na obu odmianach nie zaobserwowano istotnego wpływu sposobu uprawy na porażenie liści przez *A. fabae* (tab. 1). Tylko na liściach odmiany 'Bachus' z uprawy rozsady doniczkowej w 2011 r. zaobserwowano istotnie największą objawów askochytozy w porównaniu z drugą odmianą.

Rozpatrując porażenie pędów przez *A. fabae* można zauważyć, że istotnie najmniej objawów chorobowych było na roślinach z uprawy z siewu wprost do gruntu dla obu odmian w 2012 r. i dla odmiany ‘Topbob’ w 2011 r. Najwięcej objawów zgorzelowej plamistości na strąkach zaobserwowano w obu latach doświadczeń na obu odmianach bobu uprawianego z rozsady doniczkowej (tab. 2). Duże wartości indeksów porażenia strąków również zanotowano na roślinach z uprawy rozsady rwanej. Większe nasilenie zgorzelowej plamistości na różnych częściach bobu uprawianego z rozsady wskazuje na wcześniejsze infekcje, które mogły zajść podczas produkcji rozsady w szklarni. Wyższa temperatura i wysoka wilgotność w uprawie pod osłonami stymulowały kiełkowanie zarodników i rozwój patogena we wczesnych fazach rozwojowych roślin – co skutkowało wcześniejszym wystąpieniem i większym nasileniem objawów chorobowych [Mazur 2002]. Bardzo ważna jest hodowla nowych odmian, które będą posiadały geny odporności na porażenie przez *A. fabae* [Ondrej i Hunady 2007].

Tab. 1. Wpływ zastosowanych metod uprawy na porażenie liści i pędów bobu przez *Ascochyta fabae*

Sposób uprawy	Indeks porażenia liści [%]				Indeks porażenia pędów [%]			
	2011		2012		2011		2012	
	T	B	T	B	T	B	T	B
Siew do gruntu	24,48 a	36,82 ab	48,86 a	61,32 a	7,03 a	26,33 b	23,88 a	23,82 a
Rozsada doniczkowa	34,61 a	51,27 b	53,02 a	58,38 a	29,77 b	31,79 b	32,32 b	33,40 b
Rozsada rwana	29,57 a	35,31 ab	50,83 a	54,18 a	12,38 a	28,17 b	31,20 b	30,45 b

Wartości oznaczone tą samą literą w obrębie kolumn dla danego roku i dla danej części rośliny nie różnią się istotnie (5%) wg testu Duncana.

T – odmiana ‘Topbob’, B – odmiana ‘Bachus’.

Tab. 2. Wpływ zastosowanych metod uprawy na porażenie strąków bobu przez *Ascochyta fabae*

Sposób uprawy	Indeks porażenia strąków [%]			
	2011		2012	
	T	B	T	B
Siew do gruntu	13,54 a	15,73 ab	17,68 a	18,11 a
Rozsada doniczkowana	23,76 ab	28,11 b	29,98 b	32,84 b
Rozsada rwana	16,83 ab	25,96 ab	20,74 a	34,98 b

Objaśnienie jak w tab. 1.

Analizując wartości indeksów porażenia liści bobu obu odmian przez *Botrytis fabae*, można zaobserwować, że sposób uprawy nie wpłynął istotnie na zróżnicowanie nasilenia objawów chorobowych na obu odmianach w 2012 i dla odmiany ‘Topbob’ w 2011 r. (tab. 3). Tylko w 2011 r. na liściach odmiany ‘Bachus’ zaobserwowano istotnie większą powierzchnię liścia opanowanego przez czekoladową plamistość na roślinach uprawianych z rozsady doniczkowej. Dość dużą wartość indeksu porażenia zanotowano na roślinach tej odmiany z uprawy z rozsady rwanej. Podobnie jak przy askochytozie, także *B. fabae* mógł zainfekować rośliny jeszcze podczas produkcji rozsady w szklarni.

Biorąc pod uwagę porażenie liści bobu przez *U. viciae-fabae*, można zauważyć, że najmniej objawów chorobowych było na bobie obu odmian uprawianym z siewu wprost do gruntu w obu latach doświadczeń (tab. 4). Istotnie najniższe wartości indeksów porażenia zaobserwowano na odmianie ‘Topbob’ w obu latach badań i na odmianie ‘Bachus’ w 2012 r. Istotnie mało objawów rdzy zanotowano na odmianie ‘Topbob’ uprawianej z rozsady rwanej w 2011 r. Duże znaczenie na stopień porażenia bobu przez sprawcę rdzy mają warunki otoczenia podczas procesu infekcji, ale także dużą rolę odgrywa metabolizm gospodarza, uzależniony od odmiany [Voegelé 2006].

Tab. 3. Wpływ zastosowanych metod uprawy na porażenie liści bobu przez *Botrytis fabae*

Sposób uprawy	Indeks porażenia liści przez <i>Botrytis fabae</i> [%]			
	2011		2012	
	T	B	T	B
Siew do gruntu	24,48 a	36,82 ab	48,86 a	61,32 a
Rozsada doniczkowana	34,61 a	51,27 b	53,02 a	58,38 a
Rozsada rwana	29,57 a	35,31 ab	50,83 a	54,18 a

Wartości oznaczone tą samą literą w obrębie kolumn dla danego gatunku grzyba i dla danego roku nie różnią się istotnie (5%) wg testu Duncana.

T – odmiana ‘Topbob’, B – odmiana ‘Bachus’.

Tab. 4. Wpływ zastosowanych metod uprawy na porażenie liści bobu przez *Uromyces viciae-fabae*.

Sposób uprawy	Indeks porażenia liści przez <i>Uromyces fabae</i> [%]			
	2011		2012	
	T	B	T	B
Siew do gruntu	7,03 a	26,33 b	23,88 a	23,82 a
Rozsada doniczkowana	29,77 b	31,79 b	32,32 b	33,40 b
Rozsada rwana	12,38 a	28,17 b	31,20 b	30,45 b

Objaśnienie jak w tab. 3.

WNIOSKI

Większe nasilenie objawów chorobowych w obu latach doświadczeń wystąpiło na odmianie ‘Bachus’, niezależnie od analizowanego czynnika chorobotwórczego.

Zaobserwowano większe nasilenie porażenia bobu obu odmian w 2012 roku, przez wszystkie obserwowane agrofagi.

Najwyższe wartości indeksów porażenia zaobserwowano na roślinach uprawianych z rozsady doniczkowanej. Również bób uprawiany z rozsady rwanej miał więcej objawów chorobowych od roślin z siewu bezpośredniego do gruntu.

LITERATURA

- Grudzień K. 2001. *Uprawa bobu na zbiór wczesny*. Hasło Ogrodnicze 12, 39–41.
- Koike S.T., Gladders P., Paulus A.O. 2007. *Vegetable Diseases: A color Handbook*. Academic Press, Elsevier, Manson Publ. Ltd London 287–295.
- Mazur S. 2002. *Najczęstsze choroby bobu*. Hasło Ogrodnicze 3, 10–11.
- Ondrej M., Hunady I. 2007. *Faba bean (Vicia faba L.) breeding for resistance to antracnose (Ascochyta fabae Speg.) in the Czech Republic*. Czech J. Genet. Plant Breed. 43(2), 61–68.
- Schwartz H.F. 2005. *Compendium of Bean Diseases, 2nd Edition*. American Phytopath. Soc. 109 p.
- Voegele R. T. 2006. *Uromyces fabae: development, metabolism and interactions with its host Vicia faba*. FEMS Microbiol. Letters 259, 165–173.

Adres do korespondencji:

Jacek Nawrocki
Katedra Ochrony Roślin
Uniwersytet Rolniczy
Al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: j.nawrocki@ogr.ur.krakow.pl

**WPLYW WYBRANYCH PREPARATÓW
NA PORĄŻENIE BOBU (*VICIA FABA L.*)
PRZEZ PATOGENY GRZYBOWE**

**THE INFLUENCE OF SOME PREPARATIONS
ON INFECTION OF BROAD BEANS (*VICIA FABA L.*)
BY FUNGAL PATHOGENS**

Abstrakt. Celem badań była ocena wpływu różnych preparatów na zdrowotność bobu podczas zbioru nasion. Bób odmiany Topbob opryskiwano jednym z trzech środków: Asahi SL, Goëmar BM 86 i Nano-Gro. Kontrolę stanowiły rośliny nieopryskiwane. Analizowano porażenie liści przez *Ascochyta fabae*, *Botrytis fabae* i *Uromyces viciae-fabae* oraz porażenie pędów i strąków przez *A. fabae*. Wszystkie testowane preparaty skutecznie ograniczały wystąpienie objawów zgorzelowej plamistości na liściach i strąkach oraz rdzy na liściach bobu zwłaszcza w 2011 r. Natomiast najskuteczniejszym preparatem, w obu latach doświadczeń, ograniczającym porażenie bobu przez badane patogeny był Asahi SL. Najmniej skutecznym w ograniczaniu porażenia liści przez *B. fabae* w 2011 r. i *U. viciae-fabae* w 2012 r. był Goëmar BM 86.

Słowa kluczowe: *bób, Asahi SL, Goëmar BM 86, Nano-Gro, objawy chorobowe, Ascochyta fabae, Botrytis fabae, Uromyces viciae-fabae.*

Summary. The aim of this study was to evaluate the impact of different preparations on the health of broad bean at seeds harvest. Beans cv. Topbob were sprayed one of three agents: Nano-Gro, Asahi SL and Goëmar BM 86. As a control were unsprayed plants. The analysis leaves infestation by *Ascochyta fabae*, *Botrytis fabae* and *Uromyces viciae-fabae* and infestation of shoots and pods by *A. fabae* were done. All tested preparations effectively limited ascochyta blight symptoms on the leaves and pods and bean rust on leaves especially in 2011. However, the most effective agent, in both years of experience, limiting the infestation bean pathogens was Asahi SL. The least effective in reducing leaf infection by *B. fabae* in 2011 and *U. viciae-fabae* in 2012 was Goëmar BM 86.

Key words: *broad bean, Asahi SL, Goëmar BM 86, Nano-Gro, disease symptoms, Ascochyta fabae, Botrytis fabae, Uromyces viciae-fabae*

WSTĘP

Bób (*Vicia faba* L.) jest bardzo cennym warzywem, bogatym w liczne ważne dla człowieka składniki pokarmowe. Coraz częściej bób uprawia się z rozsady w celu skrócenia okresu wegetacji w polu. Przyspieszenie plonowania bobu uzyskuje się stosując uprawy pod osłonami lub okrywami. Niestety nadal bardzo duże znaczenie podczas produkcji bobu stanowią mikozy, których sprawcy często bytują na nasionach.

Bardzo groźnym patogenem jest *Ascochyta fabae* Speg. (teleomorfa *Didymella fabae* G. J. Jellis and Punith.) – sprawca zgorzelowej plamistości bobu – askochytozy, porażający nie tylko liście, ale także pędy i strąki. Agrofag ten może zniszczyć całe rośliny, powodując zgorzele pędu, a zamieranie strąków doprowadza do straty plonu nasion. Uprawa bobu pod osłonami często przyspiesza pojawienie się objawów askochytozy, a także czekoladowej plamistości liści powodowanej przez *Botrytis fabae* Sard. *B. fabae* może także porażać pędy bobu, powodując skrócenie okresu wegetacji. Rdza bobu, której sprawcą jest *Uromyces viciae-fabae* (Pers.) J. Schröt., może doprowadzić do znacznych strat plonu nasion, jeżeli podczas wegetacji objawy choroby pojawiają się wcześniej na liściach i strąkach bobu (Mazur 2002; Schwarz 2005; Koike i in. 2007). Plantatorzy ze względu na to, że obecnie mają coraz mniej preparatów zarejestrowanych do ochrony bobu przed mikozy, są zmuszeni do stosowania różnych metod hamujących rozwój i szkodliwość najważniejszych agrofagów. Jednym ze sposobów ograniczania szkodliwości groźnych mikozy jest zapewnienie jak najlepszych warunków do rozwoju roślin, poprawiających ich kondycję i zaopatrzenie w niezbędne składniki pokarmowe, stymulujące regenerację uszkodzonych części roślin. Do takich preparatów należy Asahi SL – regulator wzrostu – biostymulator poprawiający efektywność fotosyntezy, a także gospodarkę wodną w roślinie oraz wzrost zawartości składników organicznych. Coraz częstsze stosowanie Asahi SL nie tylko w uprawach rolniczych, ale również sadowniczych i warzywnych wiąże się z potwierdzonym doświadczalnie zwiększeniem tolerancji roślin opryskiwanych tym preparatem na niesprzyjające warunki wzrostu i rozwoju – różne czynniki stresowe [www.asahi.pl]. Goëmar BM 86 jest aktywatorem kwitnienia i wiązania owoców. Zaleca się go w uprawie warzyw, których częścią użytkową są owoce. Środek ten poprawia odżywianie mineralne oraz zapewnia optymalne kwitnienie i właściwe zawiązanie owoców [www.arysta.pl]. Natomiast stymulator wzrostu Nano-

Gro uruchamia mechanizm obronny roślin, zanim będą narażone na prawdziwy czynnik zagrożenia, powoduje równocześnie reakcje przejawiające się między innymi naturalnym przyrostem masy, zwiększoną ilością kwiatów i nasion [www.nanoagro.pl].

Celem badań była ocena wpływu różnych preparatów, które nie są środkami ochrony roślin, na porażenie bobu przez wybrane patogeny grzybowe.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w 2011 i 2012 r. w Mydlnikach, na terenie Stacji Doświadczalnej Katedry Roślin Warzywnych i Zielarskich UR w Krakowie. Badaniami objęto bardzo wczesną odmianę bobu 'Topbob' (Pieterpikzonen BV), którą stosuje się w uprawach przyspieszonych. Nasiona wysiewano do gruntu w trzeciej dekadzie marca, na poletka doświadczalne o wymiarach 2,25 x 2,5 m, w rozstawie 45 x 15 cm (5 rzędów na poletku). Odchwaszczanie plantacji przeprowadzano mechanicznie (pielenie ręczne). W doświadczeniu zastosowano następujące preparaty – Asahi SL (para-nitrofenolan sodu 0,3%, orto-nitrofenolan 0,2% i 5-nitrogwajakolan sodu 0,1%) w dawce 0,1%; Goëmar BM 86 (2,03 % boru (B), 0,024 % molibdenu (Mo), 4,8 % magnezu (MgO), biologicznie aktywny filtrat GA 142 z alg morskich *Ascophyllum nodosum*) w dawce 0,1% oraz Nano-Gro (nanostężenia pierwiastków, tj. Fe, Co, Al., Mg, Mn, Ni i Ag występujących w formie siarczanów, które są zamknięte w granulce z oligosacharydów) w dawce 1 granulka na 1 l wody. Preparaty stosowano trzykrotnie, zaraz po wschodach, na początku kwitnienia i podczas zawiązywania pierwszych strąków. Kontrolę stanowiły rośliny niechronione, a każda kombinacja miała 3 powtórzenia.

Analizę zdrowotności roślin prowadzono w okresie rozpoczęcia zbiorów nasion. Każdorazowo oceniano losowo po 30 liści, pędów i strąków z każdego poletka. Przy ocenie porażenia posługiwano się następującą skalą: 0 – brak objawów, 1 – porażenie słabe (objawy chorobowe obejmują do 5% powierzchni), 2 – porażenie średnie (objawy chorobowe obejmują 6–25%), 3 – porażenie silne (objawy chorobowe obejmują 26–50%), 4 – porażenie bardzo silne (objawy chorobowe obejmują ponad 51% powierzchni). Ocenę zdrowotności pędów wykonywano na odcinku 30 cm w części przyziemnej. Z uzys-

kanych danych obliczano indeksy porażenia. Do oceny różnic między średnimi użyto wielokrotnego testu t-Duncana, dla doświadczenia jednoczynnikowego, przyjmując poziom istotności 5%.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wartości indeksów porażenia poszczególnych części roślin przez badane patogeny wskazują, że w 2011 roku wartości te były niższe niż w 2012 roku (tab. 1, tab. 2). Przyczyną tego faktu były długo utrzymujące się w 2012 r. warunki sprzyjające rozwojowi grzybów patogenicznych. Istotne znaczenia dla rozwoju sprawców chorób ma szczególnie duża wilgotność powietrza podczas wegetacji, co również jest przyczyną szybkiego porażenia upraw okrywanych włókninami [Schwarz 2005; Koike i in. 2007]. Dotychczasowe badania prowadzone nad biostymulatorami w uprawie warzyw w niewielkim stopniu są poświęcone zagadnieniu zdrowotności plantacji, bardziej skupiały się nad plonem i jego jakością [www.arysta.pl, www.asahi.pl, www.nanoagro.pl].

W 2011 r. wszystkie zastosowane preparaty ograniczyły porażenie liści bobu przez *A. fabae* w porównaniu do kontroli (tab. 1). Nie zanotowano istotnego zróżnicowania pomiędzy testowanymi środkami. Natomiast w 2012 r. nie zauważono istotnego wpływu zastosowanych preparatów na ograniczenie objawów askochytozy na liściach. Po użyciu środka Nano-Gro porażenie liści nawet było wyższe niż w kontroli.

Rozpatrując porażenie pędów bobu przez *A. fabae*, można stwierdzić, że w obu latach doświadczeń zastosowane preparaty skutecznie ograniczały wystąpienie objawów chorobowych w części przyziemnej łodygi. Tylko w 2012 r. stymulator wzrostu Nano-Gro nie wpłynął istotnie na zmniejszenie nasilenia objawów zgorzelowej plamistości na pędach w porównaniu do kontroli (tab. 1).

Biorąc pod uwagę wpływ testowanych środków na występowanie objawów zgorzelowej plamistości na strąkach, można stwierdzić, że w 2011 r. tylko biostymulator Asahi SL istotnie wpłynął na lepszy stan zdrowotny liści w porównaniu do kontroli. W 2012 r. żaden z testowanych preparatów nie ograniczył skutecznie porażenia strąków przez *A. fabae* w porównaniu do kontroli (tab. 1). Oczywiście, aby sku-

teczność działania bio-stymulatorów była większa, należy do uprawy bobu wprowadzać odmiany odporne, które będą lepiej reagowały na ograniczenie porażenia roślin przez *A. fabae* [Ondrej i Hunady 2007].

Tab. 1. Wpływ zastosowanych preparatów na porażenie liści, pędów i strąków bobu przez *Ascochyta fabae*

Zastosowany środek	Indeks porażenia liści [%]		Indeks porażenia pędów [%]		Indeks porażenia strąków [%]	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Nano-Gro	18,28 a	52,84 a	13,17 a	30,32 ab	18,14 ab	23,16 a
Asahi SL	19,49 a	43,47 a	9,45 a	23,87 a	10,38 a	27,91 a
Goëmar BM 86	15,56 a	40,11 a	14,46 a	29,31 a	16,61 ab	27,12 a
Kontrola	29,44 b	49,87 a	21,44 b	32,82 b	27,90 b	33,11 a

Wartości oznaczone tą samą literą w obrębie kolumn dla danej części rośliny i dla danego roku nie różnią się istotnie (5%) wg testu Duncana.

W 2011 r. stymulatory wzrostu – Asahi SL i Nano-Gro istotnie wpłynęły na ograniczenie wystąpienia objawów czekoladowej plamistości na liściach bobu w porównaniu do kontroli. Indeks porażenia liści przez *B. fabae* dla kombinacji z Goëmar BM 86 był taki sam jak w kontroli. W kolejnym 2012 r. testowane preparaty nie wpłynęły istotnie na zmniejszenie nasilenia objawów czekoladowej plamistości liści w porównaniu do kontroli (tab. 2).

Istotnie na ograniczenie porażenia liści bobu przez *U. viciae-fabae* w 2011 r. wpłynęły wszystkie testowane środki w porównaniu do kontroli. W następnym roku badań tylko preparat Asahi SL skutecznie ograniczał wystąpienie objawów rdzy na liściach bobu w porównaniu z roślinami nieopryskiwanymi. W 2012 r. Goëmar BM 86 był całkowicie nieskuteczny w limitowaniu porażenia liści przez *U. viciae-fabae*, wartość indeksu porażenia liści była podobna jak w kontroli (tab. 2). Hamowanie porażenia bobu przez sprawcę rdzy i rozwoju objawów chorobowych na roślinach związane jest z dobrą kondycją roślin, dzięki zaopatrzeniu ich w odpowiednie składniki pokarmowe [Voegelé 2006]. Zastosowane środki, dzięki zawartym w nich mikroelementami oraz substancjami będącymi aktywatorami procesów biochemicznych w roślinach, pozwalają uzyskać taki stan roślin, które opóźnią rozwój groźnych dla nich agrofagów.

Należy kontynuować badania nad preparatami wspomagającymi ochronę warzyw przed ważniejszymi patogenami, aby potwierdzić lub nie potwierdzić korzystne oddziaływanie na stan zdrowotny roślin.. Dotychczasowe badania w tym kierunku potwierdzają skuteczność niektórych środków opartych na substancjach naturalnych jak wyciąg z grapefruita, chitozan czy miazga czosnkowa w ochronie roślin bobowatych przed ważniejszymi patogenami grzybowymi [Patkowska 2006, Pastucha 2007, Boligłowa i in. 2012].

Tab. 2. Wpływ zastosowanych preparatów na porażenie liści bobu przez *Botrytis fabae* i *Uromyces viciae-fabae*

Zastosowany środek	Indeks porażenia liści przez <i>Botrytis fabae</i> [%]		Indeks porażenia liści przez <i>Uromyces viciae-fabae</i> [%]	
	2011	2012	2011	2012
Nano-Gro	21,03 a	32,77 a	26,70 a	33,82 ab
Asahi SL	20,00 a	27,91 a	21,03 a	29,10 a
Goëmar BM 86	29,11 b	28,91 a	24,54 a	42,19 bc
Kontrola	29,29 b	36,15 a	36,10 b	45,57 c

Wartości oznaczone tą samą literą w obrębie kolumn dla danego grzyba i dla danego roku nie różnią się istotnie (5%) wg testu Duncana.

WNIOSKI

Wszystkie testowane preparaty skutecznie ograniczały wystąpienie objawów zgorzelowej plamistości na liściach i strąkach oraz rdzy na liściach bobu, zwłaszcza w 2011 r.

Najsukuteczniejszym preparatem, w obu latach badań, ograniczającym porażenie bobu przez sprawców askochytozy, czekoladowej plamistości liści i rdzy był Asahi SL.

Najmniej skutecznym w ograniczaniu porażenia liści przez *B. fabae* w 2011 r. i *U. viciae-fabae* w 2012 r. był Goëmar BM 86 .

LITERATURA

Boligłowa E., Głeń K., Gospodarek J. 2012. Wpływ biologicznej ochrony na zdrowotność bobu odmiany Hangdown Biały. J. Res. Appl. in Agric. Engine., 57, 3, 15–18.

- <http://www.arysta.pl/aktywatory-goemar.html> (20.05.2013 r.).
- http://www.asahi.pl/pdf/asahi_broszura_edycja_2013.pdf (20.05.2013 r.).
- <http://www.nanoagro.pl/index.php?strona=dzialanienanogro-314> (20.05.2013 r.).
- Koike S.T., Gladders P., Paulus A.O. 2007. *Vegetable Diseases: A color Handbook*. Academic Press, Elsevier, Manson Publ. Ltd London, 287–295.
- Mazur S. 2002. *Najczęstsze choroby bobu*. Hasło Ogrodn., 3, 10–11.
- Ondrej M., Hunady I. 2007. *Faba bean (Vicia faba L.) breeding for resistance to antracnose (Ascochyta fabae Speg.) in the Czech Republic*. Czech J. Genet. Plant Breed., 43(2), 61–68.
- Pastucha A. 2007. *Przydatność metody biologicznej w ograniczeniu chorób grochu (Pisum sativum L.)*. Ann. UMCS Lublin, XVII(1), s. EEE, 61–70.
- Patkowska E. 2006. *Effectiveness of grapefruit extract and Pythium oligandrum in the control of bean and peas pathogens*. J. Plant Protect. Res., 46, 1, 15–28.
- Schwartz H. F. 2005. *Compendium of Bean Diseases, 2nd Edition*. American Phytopath. Soc., 109 p.
- Voegelé R. T. 2006. *Uromyces fabae: development, metabolism and interactions with its host Vicia faba*. FEMS Microbiol. Letters, 259, 165–173.

Adres do korespondencji:

Jacek Nawrocki
Katedra Ochrony Roślin
Uniwersytet Rolniczy
al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: j.nawrocki@ogr.ur.krakow.pl

**MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA STABILNOŚCI
PLONOWANIA BOBU (*VICIA FABA VAR. MAJOR*)**
THE POSSIBILITY OF INCREASING YIELD STABILITY
OF BRAOD BEAN (*VICIA FABA VAR. MAJOR*).
REVIEW ARTICLE

Abstrakt. W niniejszym przeglądzie zebrano i uporządkowano ważniejsze dane literaturowe omawiające niektóre przyczyny małej produktywności bobu, jak i możliwości zwiększenia stabilności jego plonowania. Jedną z głównych, z produkcyjnego punktu widzenia, wad użytkowanych rolniczo roślin bobowatych jest niestabilność plonowania. Wysokość i jakość plonu bobu uzależniona jest od szeregu czynników środowiskowych i biologicznych. Z czynników środowiskowych należy wymienić przede wszystkim wielkość opadów wpływająca na wilgotność gleby. Wśród czynników biologicznych dominującym jest sposób zapylania kwiatów. Kwiaty bobu mają mocny zapach i są licznie odwiedzane przez pszczoły i trzmiele, jednak powszechnym zjawiskiem jest opadanie kwiatów oraz zawiązków strąków, mającym duży wpływ na wielkość i jakość plonu. Poznanie reakcji roślin bobu w zróżnicowanych warunkach środowiskowych oraz właściwych mechanizmów zapylania kwiatów, może być pomocne zarówno w poszukiwaniu źródeł niestabilności plonowania, jak i zwiększenia produktywności tej rośliny.

Słowa kluczowe: *bób, kwitnienie, zapylanie, wilgotność gleby, plon*

Summary. This article reviews current knowledge regarding the influence of environmental conditions on the growth, flowering, podding and yield of the broad bean crop. Its production and productivity are affected by different biotic and abiotic stresses. The development of flowers, pods and seeds are key processes in the formation of seed yield of broad bean. The flowering and early podding stages of plant development are the most sensitive to water deficit in plants, causing a reduction in seed yield. It is also suggested that insect pollinators are one of the main factors responsible for the yield increasing. A better understanding of blooming and podding processes is essential for obtaining yield stability in changing environment's conditions. It is said that deficiency of water in the soil is one of the most influential factors of blossoms and pods decay, although further researches are required.

Key words: *broad bean, flowering, pollination, soil moisture, yield*

WSTĘP

Bób (*Vicia faba* L.) należący do rodziny bobowatych (*Fabaceae*), zaliczany jest do najstarszych roślin uprawnych. Był już znany w neolicie, początkowo w Azji Mniejszej, później w Europie. W czasach starożytnych jego nasiona były powszechnie spożywane przez biedniejsze warstwy społeczeństwa. W średniowieczu był bardzo ważną rośliną jadalną w Europie Środkowej i Zachodniej, później został wyparty przez fasolę, ziemniaka i kukurydzę. Do Chin dotarł 100 lat p.n.e., a do Japonii i Indii jeszcze później [Podbielkowski 1992].

Bób jest rośliną roczną, występującą w licznych odmianach i formach. Zależnie od wielkości tworzonych nasion rozróżnia się 3 podstawowe odmiany botaniczne, z których dwie, o drobnych i średnich nasionach uprawiane są na paszę, a odmiana *Vicia faba* var. *major* wytwarzająca duże nasiona, zbierane w fazie niepełnej dojrzałości (zielone nasiona) zaliczana jest do roślin warzywnych [Kępkowa 1977].

Współcześnie bób w wielu rejonach świata należy do roślin o dużym znaczeniu gospodarczym dostarczających cennego białka. Ponad 50% światowej powierzchni uprawy tej rośliny znajduje się w Chinach [Lang Li-juan i in. 1989]. Z kolei w basenie M. Śródziemnego, uważanego za ośrodek jego pochodzenia [Szweykowska i Szweykowski 2003], powierzchnia uprawy bobu wynosi prawie 25% powierzchni światowej. Rejonem o największej produkcji bobu na tym obszarze jest Afryka Północna. Średnia powierzchnia upraw waha się tam od 23000 do 73000 ha [Aouar-Sadli i in. 2008]. W Europie największymi producentami bobu na zielone nasiona są Hiszpania i Włochy, w których produkcja w 1994 roku wynosiła odpowiednio 128 i 110 tys. ton, a także Wielka Brytania, Francja i Niemcy. W Polsce warzywo to uprawiane jest na niewielką skalę. Większe plantacje zlokalizowane są na żyznych glebach nad Zalewem Wiślanym, na Lubelszczyźnie oraz na południu Polski. Najczęściej wykorzystuje się jego niedojrzałe, zielone nasiona – do bezpośredniej konsumpcji oraz jako surowiec do mrożenia i konserwowania. Dodatkową korzyścią wynikającą z uprawy bobu jest jego pozytywny wpływ na glebę [Łabuda 2000 i 2012].

CZNNIKI NIESTABILNOŚCI PLONOWANIA

Obok wszechstronnych i ważnych gospodarczo zalet, a także korzystnego wpływu na środowisko, użytkowane rolniczo rośliny bobowate mają też wady, wśród których najważniejszą z produkcyjnego punktu widzenia, jest niestabilność plonowania. Możliwości produkcyjne tej grupy roślin są bardzo duże, jednak wykorzystują one zaledwie 20–30% swojego biologicznego potencjału. Prognozy wskazują, że w dobie promowania zrównoważonego rolnictwa rola tych roślin, jako potencjalnego źródła białka o wysokiej wartości odżywczej, będzie wzrastała. W tym kontekście dążenie do jak największego wykorzystania potencjału biologicznego gospodarczo ważnych gatunków, należy zaliczyć do podstawowych zadań hodowli i praktyki produkcyjnej [Prusiński i Borowska 2002].

Wysokość plonu uprawianych roślin zależy od wielu czynników. Badania nad uwarunkowaniami plonowania bobiku, rośliny spokrewnionej z bobem, jakie wykonano w licznych ośrodkach badawczych Europy wykazały, że są one wielorakie i mają podłoże biologiczne i środowiskowe. Spośród tych ostatnich, zasadniczym czynnikiem powodującym dużą zmienność produktywności w poszczególnych sezonach wegetacyjnych są warunki klimatyczne, w tym przede wszystkim wielkość opadów wpływająca na wilgotność gleby [Kulig i Zając 2007; Stępnik i Lepiarczyk 2009; De Costa i in. 1997; Saxena 1991; Sprent i in. 1977]. Jest to o tyle istotne, że bób może pobierać wodę z głębokości nie przekraczającej 80–90 cm [Karamanosa i Giménez 1991]. Natomiast o biologicznym potencjale produkcyjnym roślin bobowatych decydują takie czynniki jak: liczba pędów z kwiatami, liczba piętér w kwiatostanie i liczba kwiatów na poszczególnych piętérach lub w gronie.

ZAPYLANIE KWIATÓW

Na pojedynczych roślinach należący do rodziny bobowatych wytwarzanych jest z reguły co najmniej kilkadziesiąt kwiatów, jednakże udział zebranych strąków w stosunku do liczby wykształconych kwiatów wynosi np. u bobiku i soi 25%, u fasoli 30–70%, a u łubinu żółtego 20% [Prusiński i Borowska 2002]. Kwiaty bobu zebrane są w kątach liści w krótkie grono, w którym znajduje się od 2 do 9 kwiatów o budowie typowej

dla rodziny bobowatych. Kielich kwiatu jest rurkowaty, zakończony 5 ząbkami. Biała korona ma długość 2–3 cm, żągielek jest czysto biały, u którego w części środkowej widoczne są brunatne linie. Skrzydełka są białe i posiadają czarnobrunatny znaczek. Wewnątrz kwiatu znajduje się 10 pręcików (9+1) i słupek wygięty ku górze pod kątem prostym.

U roślin strączkowych powszechnym zjawiskiem jest zrzucanie kwiatów i zawiązków strąków. Badania zmierzające do ustalenia istoty tego zjawiska wskazują na jego kompleksowy charakter. Jedną z przyczyn zamierania części generatywnych rośliny jest niedostateczne w sensie jakościowym i ilościowym zapylenie kwiatów [Pruściński i Borowska 2002]. U roślin bobu mimo przystosowania do samozapylenia występuje często obco zapylenie. Kwiaty bobu mają mocny zapach i są licznie odwiedzane przez pszczoły i trzmiele. Do należytego samozapylenia potrzebne jest poruszanie kwiatów. Wielu autorów podaje, że zawiązywanie się strąków u bobu jest bardzo słabe i zależy w bardzo dużym stopniu od pogody. W całym gronie składającym się z 2–9 kwiatów zawiązuje się najczęściej 1–2, rzadziej 3–4 strąki powstające z niższych kwiatów w gronie [Kępkowa 1977]. W skali światowej wykonano szereg doświadczeń mających na celu wyjaśnienie tego zjawiska. Według wielu badaczy, główna przyczyna masowego zrzucania kwiatów przez rośliny, tkwi w ich niedostatecznym zapyleniu będącym wynikiem zbyt małej aktywności owadów w czasie kwitnienia, a także złym wysypywaniem się pyłku lub też jego samosterylnością. Rośliny kwitną na ogół co prawda bardzo obficie, ale tylko 10–20% kwiatów tworzy strąki [Kambal 1969; Adcock i Lawes 1976; Somerville 2002; Musallam i in. 2004]. Kambal [1969] stwierdził, że liczba zrzucanych pąków kwiatowych i strąków bobu przed osiągnięciem dojrzałości zbiorczej może wahać się od 87 do 94%. Free [1966] wykazał, że rośliny bobu na poletkach okrywanych tkaniną z pszczołami wewnątrz, tworzyły więcej nasion w strąku, więcej nasion na roślinie, których średnia masa była większa niż u roślin izolowanych od pszczół. Rośliny te wydały również większy plon wczesny. Podobnie Kambal [1969] oraz Free i Williams [1976] stwierdzili, że rośliny nie okrywane, z pełnym dostępem owadów zapylających wydały plon prawie dwukrotnie większy niż rośliny bez dostępu owadów. Samozapylenie oraz zapylenie krzyżowe kwiatów bobu wykonywane ręcznie zazwyczaj przyczyniało się do

zwiększenia liczby zawiązywanych nasion w porównaniu z kwiatami zapyłanymi w sposób naturalny. Wskazuje to na to, że zapylenie dokonywane przez owady jest często niewystarczające. Na polach o powierzchni większej niż 12 ha plon nasion roślin rosnących na skraju pola był większy niż u tych rosnących w części centralnej. Mniej strąków zawiązywało się na węzłach górnych niż dolnych. Zawierały one mniej nasion, a dodatkowo miały one mniejszą masę. Również Varis i Brax [1990] donoszą, że rośliny bobu z pełnym dostępem owadów i rośliny osłaniane z pszczołami wydały prawie 2-razy więcej nasion niż rośliny okrywane bez dostępu pszczoł.

W celu określenia roli owadów *Apoides* w zapyłaniu kwiatów bobu Aouar-sadli i in. [2008] poletka z bobem izolowali tkaniną (tulle). Okazało się, że w odróżnieniu od roślin izolowanych, rośliny zapyłane przez owady posiadały więcej kwiatów i strąków oraz więcej nasion w strąkach. Zawiązane na nich strąki były dłuższe, a nasiona miały większą masę (tab. 1 i 2).

Tab. 1. Średnia długość strąków bobu z dolnej części pędu i liczba zrzuconych strąków

Poletko	Długość strąka w cm	Liczba zrzuconych strąków (w %)
Nieizolowane	24,80	19
Izolowane	21,16	37

Wśród owadów zapyłających największą efektywnością w zapyłaniu wykazały się dzikie pszczoły *Eucera pulveracea* (wszystkie odwiedziny kwiatów kończyły się zapyleniem). Dodatkowo zaobserwowano, że kilka odwiedzin przez pszczołę miodną *Apis mellifera* i wszystkie wizyty przez *Xylocopa violacea* służyło wyłącznie „rabunkowi nektaru” przez otwory wykonane przez trzmiele u podstawy korony kwiatów.

Tab. 2. Średni plon nasion bobu (w g) z poletek kontrolnych i izolowanych

Poletko o powierzchni 1 m ²	Poletka kontrolne	Poletka izolowane
Średni plon z poletka	664,47	575,5
Średnia masa nasion z rośliny	36,24	30,29
Średnia masa nasienia	3,93	3,53

Według Somerville [2002] rośliny bobu zapylane są głównie przez pszczoły zbierające pyłek. W przeprowadzonym przez niego doświadczeniu uwzględniono 4 kombinacje: 1) poletka kontrolne, wybrane losowo na polu, 2) poletka izolowane, rośliny zapylane przez pszczoły, 3) poletka izolowane, bez dostępu pszczół. Uzyskane wyniki wykazały duże znaczenie pszczół w zapylaniu kwiatów bobu. Największy plon uzyskano na poletkach z wolnym dostępem owadów zapylających (poletka kontrolne), natomiast na poletkach izolowanych na których obecne były pszczoły stwierdzono 25% przyrost plonu w stosunku do poletek bez dostępu owadów (tab. 3).

Tab. 3. Średni plon nasion bobu z poletka o powierzchni 1 m²

Poletko	Plon w g
kontrolne	900
z pszczołami	750
bez pszczół	600

Podobne doświadczenie przeprowadzono w Arabii Saudyjskiej w latach 2000/01 i 2001/02 Czynniki badawczymi były: odmiana ('Riena' i 'Blanka Giza') oraz sposób zapylania: T0 (zapylanie otwarte – wszystkie owady, kontrola), T1 (zapylanie bez udziału owadów, poletka izolowane). Wysiewano po dwa nasiona w gnieździe w rozstawie 50×20 cm, na poletka o powierzchni 12 m².

Tab. 4. Wpływ sposobu zapylania roślin na parametry plonu bobu

Sposób zapylania	Plon nasion (t·ha ⁻¹)	Liczba strąków na roślinie	Liczba nasion z 1 rośliny	Masa nasion (g)
T0	3,43	31,31	86,28	59,79
T2	2,26	22,88	62,51	46,87

Termin siewu przypadął na 18 i 20 października (odpowiednio w 2000 i 2001 r.) Wyniki odnośnie do wielkości plonu w zależności do sposobu zapylania roślin (niezależnie od odmiany) przedstawia tabela 4. W konkluzji stwierdzono, że zapewnienie na plantacji bobu obecności odpowiedniej liczby pszczół zwiększa stopień zapylenia kwiatów i tym samym plon nasion [Ghamdi i Ghamdi 2003]. Wyniki tych doświadczeń jednoznacznie wskazują na to, że rośliny zapylane przez pszczoły wytwarzają więcej

strąków w porównaniu z roślinami izolowanymi od owadów. Ogólnie, ule z pszczołami powinny być umieszczone na plantacji w momencie, gdy na roślinach jest już widocznych około 5% ogólnej liczby kwiatów. Wprowadzenie pszczół na pole w tym momencie jest dużą gwarancją, że będą one aktywne na plantacji przez długi okres [Somerville 2002; Stoddard 1986].

Inną przyczyną słabego zawiązywania strąków może być niedostateczna ilość pyłku i jego mała żywotność. Stwierdzono bowiem, że strąki i nasiona, które powstały w wyniku zapylenia małą ilością pyłku, często charakteryzują się wolnym wzrostem i łatwiej zamierają. Na zamieranie i zróżnicowane wykształcenie nasion ma wpływ również jakość pyłku. Niektórzy badacze podają, że łągiówki o największym wigorze, rosnące najszybciej, pierwsze wnikają do załązni, dokonując zapłodnienia komórek jajowych. Dzięki temu najwcześniej powstałe zarodki uzyskują przewagę czasową nad rozwiniętymi później, co prowadzi do zróżnicowania rozwoju poszczególnych nasion i zamierania tych najsłabiej rozwiniętych. W badaniach nad kwitnieniem i zapyleniem łubinów stwierdzono, że żywotność pyłku i znamion łubinu żółtego jest mniejsza niż łubinu białego oraz że zdolność kiełkowania i żywotność znamion są uzależnione od warunków ekologicznych. U łubinu żółtego odsetek kwiatów zapłodnionych w piątym i szóstym dniu ulegał silnemu zmniejszeniu, a strąki z nich powstałe zwykle już nie rozwijały się normalnie [Prusiński i Borowska 2002].

Kolejną przyczyną opadania kwiatów bobu może być stan ich odżywienia. Okazuje się bowiem, że kwiaty usytuowane w górnych węzłach łodygi oraz kwiaty w kwiatostanie najbardziej oddalone od pędu są najsłabiej zasilane asymilatami i dlatego często opadają [Karamanosa i Giménez 1991].

WILGOTNOŚĆ GLEBY

Duży wpływ na zjawisko opadania kwiatów roślin strączkowych ma wilgotność gleby. Niedobór wody wpływa szczególnie ujemnie w początkowych fazach rozwoju i podczas kształtowania organów generatywnych. Niedobory wody podczas kwitnienia mają co prawda korzystny wpływ na zawartość białka w nasionach, jednak obniżają silnie plony. Łubiny żółty i wąskolistny, wskutek intensywnych opa-

dów po okresie suszy, zwiększają wzrost wegetatywny kosztem organów generatywnych. Deszczowanie trzech gatunków łubinów dawkami wody od 50–60 mm do 115 mm w okresie wegetacyjnym było nieskuteczne; nie uzyskano przyrostu plonu nasion, ale obserwowano wzrost długości roślin, liczby rozgałęzień, masy pojedynczej rośliny oraz liczby niedojrzałych strąków na roślinie. Intensywniejszy wzrost organów wegetatywnych w warunkach nawadniania jest następstwem wiązania większej ilości azotu. Wysoka temperatura w połączeniu z niedoborem opadów wyraźnie ograniczają możliwości wiązania strąków i wykształcania nasion przez rośliny strączkowe. W warunkach obniżonego poziomu wilgotności gleby do 30% oraz zwiększonego do 80% na roślinach bobiku dojrzało tylko 9,5–10% strąków w stosunku do liczby wytworzonych w takich warunkach wilgotnościowych kwiatów; jednak średnia liczba strąków na jednej roślinie wynosiła odpowiednio 2,77 i 5,20 [Prusiński i Borowska 2002].

W przypadku bobu wyniki doświadczeń polowych wykazały, że dobre zaopatrzenie roślin bobu wodę jest czynnikiem wpływającym na wielkość plonu w dużo większym stopniu niż nasłonecznienie, czy zagęszczenie roślin [Sprent i in. 1977]. Największy niekorzystny wpływ deficytu wody zaobserwowano wówczas, gdy wystąpił on w początkowej fazie wiązania strąków. Niedobór wody w tym momencie skutkował 50% obniżeniem plonu nasion u wszystkich badanych odmian bobu [Mwanamwenge i in. 1999]. Według De Costa i in. [1997] plon nasion bobu roślin nawadnianych wahał się od 4,6 do 7,6 t·ha⁻¹, podczas gdy nienawadnianych od 1,4 do 5,4 t·ha⁻¹. Z kolei rośliny bobu odmiany „Aquadulce” uprawiane bez nawadniania plonowały na poziomie 1,62 i 0,89 t·ha⁻¹ (odpowiednio w pierwszym i drugim roku badań), gdy tymczasem nawadniane na poziomie 4,01 i 3,04 t·ha⁻¹, co zaowocowało średnio 3-krotną zwyżką plonu nasion [Saxena 1991]. Podobnie Husain i in. [1988] wykazali, że plon nasion roślin bobu nawadnianych (średnio z dwóch sezonów) wyniósł odpowiednio 5,2 i 3,3 t·ha⁻¹, i był o 45% większy niż u roślin nienawadnianych. Zwyżka plonu na każde 1 mm dostarczonej wody wahała się od 0 do 9 kg·ha⁻¹.

PODSUMOWANIE

Mimo, że rośliny bobu kwitną na ogół bardzo obficie, to na ogół tylko 10–20% kwiatów zawiązuje strąki. Z doświadczeń przeprowadzonych w wielu rejonach świata wynika, że przyczyną tego stanu rzeczy może być zarówno niewystarczający stopień zapylenia kwiatów, jak i deficyt wody w glebie w fazie kwitnienia i zawiązywania strąków. Jednoznacznie wykazano, że stopień zapylenia kwiatów można istotnie zwiększyć poprzez zapewnienie roślinom pełnego dostępu owadów zapylających, głównie pszczoł. Wyniki wielu doświadczeń wskazują, że rośliny zapylane przez te owady wydawały plon około 2-krotnie większy w porównaniu z roślinami bez dostępu owadów. Na wielkoobszarowych plantacjach bobu standardową praktyką powinno być umieszczanie uli z pszczołami w momencie, gdy na roślinach widocznych jest około 5% ogólnej liczby kwiatów. Ponadto zwyczaję plonu nasion bobu można uzyskać poprzez dobre zaopatrzenie roślin w wodę, szczególnie w momencie krytycznym, czyli w początkowej fazie zawiązywania strąków. Racjonalne nawadnianie roślin przyczynia się do zwiększenia plonu nasion średnio o około 50%.

LITERATURA

- Adcock M. E., Lawes D. A. 1976. *Self-fertility and the distribution of seed yield in Vicia faba L.* Euphytica 25, 89–96.
- Aouar-Sadli M., Louadi K., Doumandji S, E. 2008. *Pollination of the broad bean (Vicia faba L. var. major) (Fabaceae) by wild bees and honey bees (Hymenoptera: Apoidea) and its impact on the seed production in the Tizi-Ouzou area (Algeria).* Afr. J. of Agric. Res. Vol. 3 (4), 266–272.
- Free J. B. 1966. *The pollination requirements of broad beans and field beans (Vicia faba).* J. of Agri. Sci. 66, 395–397.
- Free J. B., Williams I. H. 1976. *Pollination as a factor limiting the yield of field beans (Vicia faba L.).* J. of Agri. Sci. 87, 395–399.
- De Costa W. A. J. M., M. D. Dennett, Ratnaweera U., Nyalemegbe K. 1997. *Effects of different water regimes on field-grown determinate and indeterminate faba bean (Vicia faba L.). II. Yield, yield components and harvest index.* Field Crops Res. 52 (1–2), 169–178.
- Ghamdi Al A., Ghamdi Al S. 2003. *The impact of insect pollinators on yield and yield components of faba bean (Vicia faba L.).* Saudi J. Biol. Sci. 10 (1), 56–62.

- Husain M. M., Hill G. D., Gallagher J. N. 1988. *The response of field beans (Vicia faba L.) to irrigation and sowing date. I. Yield and yield components.* J. of Agri. Sci. 111, 221–232.
- Kambal A. E. 1969. *Flower drop and fruit set in field beans, Vicia faba L.* J. of Agri. Sci. 72, 131–138.
- Karamanosa J., Giménez C. 1991. *Physiological factors limiting growth and yield.* Options Méditerranéennes – Série Séminaires (10), 79–90.
- Kępkowa A. 1977. *Rozdział „Bób”* [W: Odmianoznawstwo roślin warzywnych, red. Chroboczek E.]. PWRiL, Warszawa, 387–389.
- Kulig B., Zajac T. 2007. *Biologiczne i agrotechniczne uwarunkowania produktywności bobiku.* Postępy Nauk Rolniczych (1), 63–80.
- Lang Li-juan, Zheng Zhuo-Jie, Hu Jia-peng. 1989. *Faba Bean Production in China. Proceedings of an International Symposium: Faba Bean Production and Research in China.* 24–26 May 1989, Hangzhou, China.
- Łabuda H. 2000. *Uprawa bobu.* Hasło Ogrodnicze, 3. Plantpress, Kraków.
- Łabuda H. 2012. *Flowering and characteristics of useful traits of some faba bean (Vicia faba L. var. major Harz) cultivars and breeding lines.* Acta Agrobot. 65 (4), 139–148.
- Musallam I. W., Nizar J., Haddad, Abdel-Rahman M., Tawaha and Osama S. Migdadi. 2004. *The importance of bee-pollination in four genotypes of faba bean (Vicia faba L.).* Int. J. Agri. Biol. 6 (1), 9–12.
- Mwanamwenge J., Loss S.P., Siddique K. H. M. Cooks P. S. 1999. *Effect of water stress during floral initiation, flowering and podding on the growth and yield of faba bean (Vicia faba L.).* Euro. J. of Agr. 11(1), 1–11.
- Podbielkowski Z. 1992. *Rośliny użytkowe.* WSiP, Warszawa, 113.
- Prusiński J., Borowska M. 2002. *Potencjał biologiczny roślin strączkowych i jego wykorzystanie. Cz. I. Zastosowanie regulatorów wzrostu w uprawie roślin strączkowych.* Hodowla Roślin Nasiennych 2, 33–38.
- Saxena M. C. 1991. *Status and scope for production of faba bean in the Mediterranean countries.* Options Méditerranéennes – Série Séminaires (10), 15–20.
- Somerville D. 2002. *Honeybees in faba bean pollination.* NSW Agriculture, Agnote, 1–4.
- Stępnik K., Lepiarczyk A. 2009. *Wpływ warunków pogodowych i systemów uprawy roli na produktywność bobiku (Vicia faba ssp. minor L.).* Fragm. Agron. 26(1), 127–135.
- Sprent I. J., Bradford M. A., Norton C. 1977. *Seasonal growth patterns in field beans (Vicia faba) as affected by population density, shading and its relationship with soil moisture.* J. of Agri. Sci. 88, 293–301.
- Stoddard F. L. 1986. *Pollination and fertilization in commercial crops of field beans (Vicia faba L.).* J. of Agri. Sci. 106, 89–97.

- Szweykowska A., Szweykowski J. [red.] 2003. *Słownik botaniczny*. Wiedza Powszechna, 1013.
- Varis, A. L.; Brax, R. 1990. *Effect of bee pollination on yield and yield components of field bean (Vicia faba L.)*. J. of Agri. Sci. (62), 45–49.

Adres do korespondencji:

Adriana Nowicka-Połeć, Edward Kunicki
Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
e-mail: e.kunicki@ogr.ur.krakow.pl

**SKŁAD MINERALNY SAŁATY SIEWNEJ
W ZALEŻNOŚCI OD DOLISTNEJ APLIKACJI
ZWIĄZKÓW JODU I SELENU – BADANIA PILOTAŻOWE**
MINERAL COMPOSITION OF LETTUCE
IN DEPENDING ON THE FOLIAR APPLICATION
OF COMPOUNDS OF IODINE AND SELENIUM

Abstrakt. Jod i selen są niezbędne do prawidłowej syntezy i funkcjonowania hormonów tarczycy dlatego ważne jest wzbogacanie jadalnych części roślin jednocześnie w oba te pierwiastki. Celem pracy było określenie wpływu dolistnej aplikacji jodu i selenu na zawartość P, K, Mg, Ca, S, Na, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn w sałacie (*Lactuca sativa* L., cv 'Melodion'). Doświadczenie wegetacyjne z hydroponiczną uprawą sałaty obejmowało obiekty z dolistną aplikacją I i Se w formie chemicznej: 1). kontrola – opryskiwanie roślin wodą destylowaną, 2). I, 3). I+SeO₄²⁻, 4). I+SeO₃²⁻, 5). IO₃⁻, 6). IO₃⁻+SeO₄²⁻, 7). IO₃⁻+SeO₃²⁻. Jod i selen aplikowano trzykrotnie w postaci KI, KIO₃, Na₂SeO₄, Na₂SeO₃ stosując stężenia odpowiednio 0,01% I i 0,001% Se. Dolistna biofortyfikacja sałaty w jod i selen w statystycznie istotny sposób wpłynęła na zawartość P, S, Ca, Mg, K, Na, Fe, Zn, Cu, Mn w liściach roślin.

Słowa kluczowe: *gospodarka mineralna, sałata, jod, selen*

Summary. Both Se and I are essential trace elements for metabolism of thyroid hormone. Supplementation of the diet with I and Se has been practised widely. The aim of the study was to evaluate the effect of foliar biofortification of iodine and selenium on the content of P, K, Mg, Ca, S, Na, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn in lettuce (*Lactuca sativa* L., cv 'Melodion') Vegetation experiments with lettuce cultivation included following combinations with foliar application with iodine and selenium applied in diverse chemical forms: 1). Control (without iodine and selenium application), 2) I, 3). I+SeO₄²⁻, 4). I+SeO₃²⁻, 5). IO₃⁻, 6). IO₃⁻+SeO₄²⁻, 7). IO₃⁻+SeO₃²⁻. Both elements were applied three times in the form KI, KIO₃, Na₂SeO₄, Na₂SeO₃. Foliar biofortification of I and Se had significant influence on the content of P, S, Ca, Mg, K, Na, Fe, Zn, Cu, Mn in lettuce.

Key words: *mineral composition, lettuce, iodine, selenium*

WSTĘP

Hormony tarczycy tyroksyna i trijodotyronina odpowiadają za szeroką gamę szlaków przemiany materii w organizmie człowieka oraz wywierają decydujący wpływ na rozwój mózgu w okresie prenatalnym i niemowlęcym [Szybiński 2009]. Do prawidłowej syntezy i metabolizmu hormonów tarczycy niezbędna jest odpowiednia podaż jodu i selenu w diecie. Jod jest niezbędnym strukturalnym składnikiem tyroksyny i trijodotyroniny, natomiast selen kontroluje ich metabolizm jako składnik dejodynaz – enzymów, które przeprowadzają konwersję tyroksyny do trijodotyroniny [Hotz i in. 1997]. Niedobór jodu jest szczególnie niebezpieczny dla kobiet w ciąży i dzieci w okresie wczesnodziecięcym doprowadzając do nieodwracalnego uszkodzenia mózgu [Szybiński 2009]. Niedobór selenu zwiększa ryzyko chorób układu krążenia, nowotworów, a także wraz z niedoborem jodu może prowadzić do powstania choroby Kashana i Kaschin-Becka [Zhu i in. 2004].

Niedobór obu pierwiastków w diecie człowieka i zwierząt jest wynikiem małej zawartości ich mobilnych form w glebach. Jednakże tylko dla jodu, w wielu krajach europejskich w tym i w Polsce, powszechnie prowadzi się profilaktykę jodową polegającą na jodowaniu soli kuchennej. Pomimo skuteczności tej profilaktyki w ostatnich latach co raz większym problemem jest nadmierne spożycie soli kuchennej prowadzące do zwiększonego ryzyka zachorowalności na choroby układu krążenia. Przeciwdziałając tej tendencji Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) opracowała program „Global Strategy on Diet Physical Activity and Health” mający na celu obniżenie spożycia soli i jednocześnie poszukiwanie nowych nośników jodu do diety człowieka. Jednym z takich nowych nośników mogą być warzywa.

Biofortyfikacja to proces polegający na zwiększeniu zawartości składników mineralnych w jadalnych częściach plonu roślin w celu zwiększenia zawartości pierwiastków niezbędnych takich jak np. Fe, Ca, Mg, I i Se w diecie człowieka i zwierząt [White i Broadley 2005]. Z dotychczasowych badań wiadomo, że efektywność biofortyfikacji zależy od stężenia i formy jodu zastosowanej do wzbogacania roślin. W badaniach nad dolistną biofortyfikacją, aplikacja jodu w formie jodanowej (IO_3^-) była skutecznym sposobem wzbogacenia sałaty w jod, a przy tym mniej efektywna lecz równocześnie mniej toksyczna dla roślin od formy jodkowej (I) [Ledwożyw-Smoleń i in. 2011; Rakoczy i Smoleń 2012].

W niniejszej pracy celem badań było określenie wpływu aplikacji jodu i selenu na skład mineralny sałaty – stopień odżywienia roślin makro- i mikroskładnikami.

MATERIAŁ I METODY

Hydroponiczna uprawa sałaty siewnej (*Lactuca sativa* L.) odmiany 'Melodion' prowadzona była w sezonie jesiennym 2011 roku, w tunelu foliowym należącym do Wydziału Ogrodniczego UR w Krakowie. Uprawę prowadzono w kostkach wełny mineralnej o wymiarach 15×15×14,2 cm przy zastosowaniu pożywki o składzie: N 150, P 50, K 200, Mg 40, Ca 120, S 90, Cl 30 (w mg·dm⁻³ pożywki). Do pożywki wprowadzono mikroelementy w postaci nawozu Pionier Mikro, w dawce 0,08 cm³·dm⁻³. Za pomocą 65% HNO₃ odczyn pożywki został doprowadzony do pH 6,0.

W badaniach wyróżniono kombinacje z dolistną aplikacją jodu i selenu w formie: 1). kontrola bez dokarmiania I i Se – opryskiwanie wodą destylowaną; 2). I⁻, 3). I⁻+SeO₄²⁻, 4). I⁻+SeO₃²⁻, 5). IO₃⁻, 6). IO₃⁻+SeO₄²⁻, 7). IO₃⁻+SeO₃²⁻. Jod w stężeniu 0,01% i selen w stężeniu 0,001% aplikowano trzykrotnie stosując roztwory chemicznie czystych soli (cz.d.a.) KI, KIO₃, Na₂SeO₄, Na₂SeO₃, wykorzystując 0,4 dm³·m⁻² cieczy roboczej. Dolistną aplikację wykonywano w tygodniowych odstępach. Pierwszy zabieg wykonano po osiągnięciu przez rośliny stadium rozety (10–12 liści właściwych). Związki jodu i selenu aplikowane były w postaci drobnokroplistego oprysku roztworami ich soli bezpośrednio na roślinę z zachowaniem odpowiednich stężeń pierwiastków. Badania prowadzono metodą rozlosowaną w czterech powtórzeniach, na każde powtórzenie przypadło 14 roślin. Rośliny sałaty zebrano w fazie wiązania główek po ośmiu tygodniach uprawy.

Zawartość P, K, Mg, Ca, S, Na, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn w główkach sałaty oznaczono po mikrofalowej mineralizacji prób sałaty w 65% HNO₃ [Paślawski i Migaszewski 2006] przy użyciu wysokiej rozdzielczości spektrometru Prodigy Teledyne Leeman Labs USA.

Obliczenia statystyczne uzyskanych wyników wykonywano przy użyciu modułu ANOVA programu STATISTICA 10.0 PL dla P < 0,05. Istotność różnic między obiektami oceniono za pomocą testu Duncana.

WYNIKI

Stwierdzono zróżnicowane oddziaływanie dolistnej aplikacji związków jodu i selenu na zawartość P, K, Mg, Ca, S, Na, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn w główkach sałaty (tab. 1 i 2). Istotne zwiększenie zawartości P w porównaniu do kontroli i pozostałych obiektów odnotowano po łącznej dolistnej aplikacji jodu w formie I⁻ i selenu SeO₄²⁻. W przypadku siarki dokarmianie jodanem potasu spowodowało istotny spadek zawartości tego pierwiastka w porównaniu do kontroli. W główkach roślin sałaty z obiektów opryskiwanych tylko jodem w obu formach stwierdzono istotne zmniejszenie zawartość Ca, K, Na, B, Cu i Mn w porównaniu do kontroli. Zawartość Mg zmniejszyła się w wyniku aplikacji jodu w formie IO₃⁻. Zawartość wapnia istotnie zwiększyła się w sałacie w obiektach, w których zastosowany został jodek wraz z selenem (w obu formach chemicznych) oraz jodan z seleninem sodu. Formy jodu I⁻ i IO₃⁻ w połączeniu z obiema formami selenu spowodowały istotne zwiększenie zawartości Mg i Na w sałacie. Zawartość manganu w porównaniu do kontroli istotnie zwiększyła się w wyniku aplikacji jodku i jodanu z selenianem sodu. Warto zwrócić uwagę na zawartość żelaza, w sałacie z obiektu w którym zastosowano dolistną aplikację I⁻ i SeO₃²⁻ – w porównaniu z kontrolą poziom Fe zwiększył się w tych roślinach ponad trzykrotnie.

Tab. 1. Zawartość P, K, Mg, Ca, Mg i S w główkach sałaty

OBIEKT	P	K	Mg	Ca	S
	% s.m.				
Kontrola	0,89 a	6,96 c	0,49 b	1,39 c	0,33 bc
KI	0,88 a	6,68 b	0,46 b	1,27 b	0,32 ab
KI+Na ₂ SeO ₄	0,96 b	8,07 d	0,56 d	1,57 e	0,34 c
KI+Na ₂ SeO ₃	0,88 a	7,94 d	0,53 cd	1,52 d	0,32 abc
KIO ₃	0,85 a	6,45 a	0,44 a	1,21 a	0,31 a
KIO ₃ +Na ₂ SeO ₄	0,89 a	7,99 d	0,53 cd	1,54 de	0,32 abc
KIO ₃ +Na ₂ SeO ₃	0,91 ab	7,92 d	0,52 c	1,39 c	0,32 abc

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $P \leq 0,05$.

Zawartość cynku istotnie zwiększyła się w wyniku aplikacji jodu w formie I⁻, a zmniejszył się po zastosowaniu aplikacji samego jodanu

oraz w połączeniu KIO_3 z obiema formami selenu. Istotnym jest również fakt, że rośliny traktowane dolistnie $KI+Na_2SeO_4$ na tle innych obiektów wyróżniały się największą zawartością P, Ca, Mg, S, i B (tab. 1, 2)

Tab. 2. Zawartość Na, B, Cu, Fe, Mn, Mo i Zn w główkach sałaty

OBIEKT	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	mg kg ⁻¹ s.m.						
Kontrola	858,86 c	32,69 cd	4,17 c	195,86 ab	72,11 de	0,97 a	55,60 c
KI	830,43 b	30,79 b	3,60 ab	152,03 a	62,67 b	0,67 a	63,68 d
$KI+Na_2SeO_4$	975,29 d	33,87 e	4,64 c	216,22 ab	76,29 f	0,97 a	55,94 c
$KI+Na_2SeO_3$	1025,61e	33,48 de	4,16 c	642,61 c	71,60 d	0,83 a	56,73 c
KIO_3	786,18 a	29,55 a	3,15 a	196,41 ab	58,95 a	0,82 a	49,28 b
$KIO_3+Na_2SeO_4$	956,83 d	32,48 c	4,18 c	256,98 b	73,85 e	0,69 a	42,98 a
$KIO_3+Na_2SeO_3$	975,90 d	30,92 b	3,67 b	227,85 b	66,94 c	0,83 a	49,84 b

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $P \leq 0,05$.

DYSKUSJA

W dotychczas przeprowadzonych badaniach nad biofortyfikacją w jod mało jest informacji dotyczących jej wpływu na skład mineralny roślin. Efektywność biofortyfikacji i jej wpływ na rośliny zależy od gatunku, sposobu uprawy oraz aplikacji jodu [Gonda i in. 2007]. W badaniach z zastosowaniem doglebowej aplikacji jodu w postaci KI i KIO_3 zaobserwowano zwiększenie zawartości P, K i Ca, a zmniejszenie Fe w korzeniach spichrzowych marchwi [Smoleń i in. 2011a]. W innym doświadczeniu z zastosowaniem doglebowej fertygacji jodem odnotowano zwiększenie zawartości P, Na i Zn w szpinaku [Smoleń i Sady 2011]. Przytoczonych wyników nie można bezpośrednio odnieść do rezultatów badań własnych, ponieważ po aplikacji jodu do gleby pierwiastek ten podlega złożonym procesom sorpcji – może także wchodzić w interakcje z innymi pierwiastkami oraz z materią organiczną [Muramatsu i in. 1996]. Możliwym jest, że w efekcie doglebowego zastosowania jodu jak i selenu uzyska się odmienny wpływ obydwu pierwiastków na skład mineralny roślin niż w przypadku ich dolistnej aplikacji.

W badaniach Smolenia i innych [2011b] porównano wpływ dolistnej i doglebowej aplikacji jodu (odpowiednio w formie KIO_3 i KI) w połowej uprawie sałaty. Stwierdzono, że obie metody biofortyfikacji wpłynęły na zwiększenie zawartości K, Mg, Ca, Mn w sałacie. W obiektach z podwójną dolistną aplikacją jodu i selenu zaobserwowano zwiększenie zawartości Mg i Ca w główkach roślin. W cytowanych badaniach Smolenia i innych [2011b] spostrzeżono także zmniejszenie zawartości P, Cu i Zn po aplikacji jodu. W niniejszym doświadczeniu zaobserwowano spadek zawartości Cu po zastosowaniu KI, KIO_3 oraz KIO_3 i Na_2SeO_3 . W tych obiektach poziom fosforu w sałacie nie zmienił się, a cynku uległ zwiększeniu tylko w wyniku aplikacji formy I⁻. Występujące rozbieżności w składzie mineralnym sałaty między cytowanymi i prezentowanymi badaniami mogą być wynikiem m.in. odmiennych warunków uprawy. Smoleń i inni [2011b] prowadzili uprawę połową, a w niniejszej pracy sałatę uprawiono w systemie hydroponicznym, w tunelu w warunkach kontrolowanych.

Podwójna dolistna biofortyfikacji w jod i selen to stosunkowo nowa problematyka badawcza. Wydaje się, że zastosowanie podwójnej biofortyfikacji jodem i selenem może wywierać odmienny wpływ niż sam jod na gospodarkę mineralną sałaty.

WNIOSKI

Podwójna biofortyfikacja w jod i selen w istotny sposób wpłynęła na zawartość P, S, Ca, Mg, K, Na, B, Fe, Zn, Cu i Mn w główkach sałaty.

Dolistna aplikacja jodu w postaci I⁻ i IO_3^- spowodowała zmniejszenie zawartości Ca, K, Na, B, Cu i Mn w główkach sałaty.

Równoczesne dolistne zastosowanie jodu i seleny powodowało zwiększenie zawartości Ca, Mg i Na w sałacie.

LITERATURA

- Gonda K., Yamaguchi H., Maruo T., Shinohara Y. 2007. *Effects of Iodine on Growth and Iodine Absorption of Hydroponically Grown Tomato and Spinach*. Hort. Res. Japan 6(2), 223–227.
- Hotz Ch. S., Fitzpatrick D. W., Trick K. D., L'Abbe M. R. 1997. *Dietary iodine and selenium interact to affect thyroid hormone metabolism of rats*. Nutrient Requirements and Interaction.

- Ledwożyw-Smoleń I., Smoleń S., Rożek S. 2011. *Wpływ zróżnicowanych sposobów aplikacji KIO₃ na akumulację tego pierwiastka oraz jakość odżywczą sałaty uprawianej w systemie hydroponicznym*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 48, 22–30.
- Muramatsu Y., Yoshida S., Uchida S., 1996. *Iodine desorption from rice paddy soil*. Water, Air and Soil Pollution 86, 359–371.
- Pasławski P., Migaszewski Z. M. 2006. *The quality of element determinations in plant materials by instrumental methods*. Part I. Pol. J. Environ. Stud. 15(2a), 154–164.
- Rakoczy R., Smoleń S. 2012. *Wstępna ocena wpływu dokarmiania dolistnego jodem i selenem na wielkość, jakość biologiczną plonu oraz efektywność biofortyfikacji roślin sałaty w jod i selen*. EPISTEME 15, 453–460.
- Smoleń S., Rożek S., Ledwożyw-Smoleń I., Strzetelski P. 2011b. *Wstępna ocena wpływu nawożenia i odżywiania dolistnego jodem na efektywność biofortyfikacji sałaty w jod oraz jej skład chemiczny*. J. Elem. 613–622
- Smoleń S., Sady W., Rożek S., Ledwożyw-Smoleń I., Strzetelski P. 2011a. *Preliminary evaluation of the influence of iodine and nitrogen fertilization on the effectiveness of iodine biofortification and mineral composition of carrot storage roots*. J. Elem. 275–285.
- Smoleń S., Sady, 2011. *Influence of soil application of iodine and sucrose on mineral composition of spinach plants*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 10(3), 3–13.
- Szybiński Z., 2009. *Sytuacja profilaktyki jodowej w Polsce w świetle ostatnich rekomendacji WHO dotyczących ograniczenia spożycia soli*. Pediatric Endocrinology, Diabetology and Metabolism 15(2), 103–107.
- White P., Broadley M. R. 2005. *Biofortifying crops with essential mineral elements*. Trends in Plant Science 10(12).
- Zhu Y-G., Huang Y., Hu Y., Liu Y., Christie P. 2004. *Interactions between selenium and iodine uptake by spinach (Spinacia oleracea L.) in solution culture*. Plant and Soil 261, 99–105.

Adres do korespondencji:

Roksana Rakoczy, Sylwester Smoleń
Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych
Wydział Ogrodniczy
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
e-mail: roksana.rakoczy@interia.eu, sylwester.smolen@interia.pl

**WPŁYW TERMINU UPRAWY
NA PLONOWANIE SAŁATY ŁODYGOWEJ
(*LACTUCA SATIVA* VAR. *AUGUSTANA IRISH.*)
INFLUENCE OF GROWING DATE
ON THE YIELD OF STEM LETTUCE
(*LACTUCA SATIVA* VAR. *AUGUSTANA IRISH.*)**

Abstrakt. W latach 2007–2008 przeprowadzono 2-czynnikowe doświadczenie polowe, w którym oceniano wielkość oraz jakość plonu dwóch odmian sałaty łodygowej (Karola i Senyohacu) w zależności od stosowanych terminów siewu nasion na pole: 10, 20 i 30 kwietnia oraz 10 maja. Na podstawie uzyskanych wyników badań wykazano istotny wpływ zarówno terminów uprawy, jak i czynnika odmianowego na plonowanie sałaty łodygowej. Istotnie największy plon handlowy uzyskano z jadalnych łodyg, mających największą masę jednostkową i średnicę, gdy nasiona wysiewano 20 kwietnia. Z obu badanych odmian sałaty łodygowej – najbardziej plenną okazała się odmiana Senyohacu.

Słowa kluczowe: *sałata łodygowa, terminy siewu nasion, odmiany, plon*

Abstract. In 2007–2008, a two factorial field experiment was to assess the quantity and quality of the yield of two stem lettuce cultivars (Karola and Senyohacu) depending on sowing dates (10, 20 and 30 April and 10 May). Based on the obtained results it was showed a significant effect of terms of sowing and the cultivar factors on the yield of stem lettuce. The highest yield was obtained with the commercial edible stems, with the largest diameter and weigh, when seeds were sown on 20 April. Between studied stem lettuce cultivars – the most productive was Senyohacu.

Key words: *stem lettuce, sowing dates, cultivars, yield*

WSTĘP

Warzywa liściowe charakteryzują się wysoką wartością odżywczą i dietetyczną. Jednakże w Polsce, w porównaniu z innymi krajami Unii Europejskiej spożycie tych warzyw jest ciągle jeszcze niewystarczające. Jedną z roślin, należącą do grupy liściowych, a jednocześnie bardzo mało rozpowszechnioną w uprawie i spożyciu jest sałata łądogowa zwana też sałatą szparagową. Jej częścią jadalną są grube, mięsiste i soczyste pędy, które można spożywać na surowo, gotowane lub kwaszone jak ogórki. Wartościowe są również liście, zwłaszcza te najmłodsze.

Roślina ta ma małe wymagania termiczne, jest jednak wrażliwa na suszę, która powoduje szybkie drewnienie łądog [Gapiński 1993]. Sałatę łądogową można uprawiać zarówno z siewu bezpośredniego, jak i z rozsady. Pierwszy z tych sposobów jest prostszy w wykonaniu. Ze względu na jej cenne walory dietetyczne i odżywcze oraz łatwość uprawy jest warzywem wartym szerszego rozpowszechnienia, a tym samym poszerzenia asortymentu spożywanych przez nas gatunków warzyw [Wierzbicka 2002].

Celem niniejszej pracy było określenie najbardziej korzystnego terminu uprawy dla tej rośliny w warunkach klimatycznych Pomorza Zachodniego.

MATERIAŁY I METODY

W latach 2007–2008, w Warzywniczej Stacji Badawczej w Dołujach koło Szczecina przeprowadzono dwuczynnikowe doświadczenie polowe. Założono je w układzie podbloków losowych, w czterech powtórzeniach.

Czynnikami doświadczenia były: (a) terminy siewu nasion: 10.04, 20.04, 30.04 i 10.05 oraz (b) odmiany sałaty łądogowej: Karola i Senyohacu. Powierzchnia pojedynczego poletka do zbioru wynosiła 3,20 m² (2,0 × 1,6 m). Pole przed rozpoczęciem doświadczenia zostało przygotowane zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami agrotechniki. Nasiona po uprzednim ich zaprawieniu Zaprawą Nasienną T (4 g na 1 kg nasion) oraz dodatkowo preparatem Apron XL 350 ES (1 cm³ na 1 kg nasion), wysiano w ilości 2 kg na 1 ha, w terminach ustalonych zgodnie z założeniami metodyki, w rzędy odległe co 40 cm. Wielkość dawek nawozów mineralnych

ustalono na podstawie aktualnej zasobności w składniki mineralne, doprowadzając je do poziomu zalecanego dla sałaty [Sady 2006].

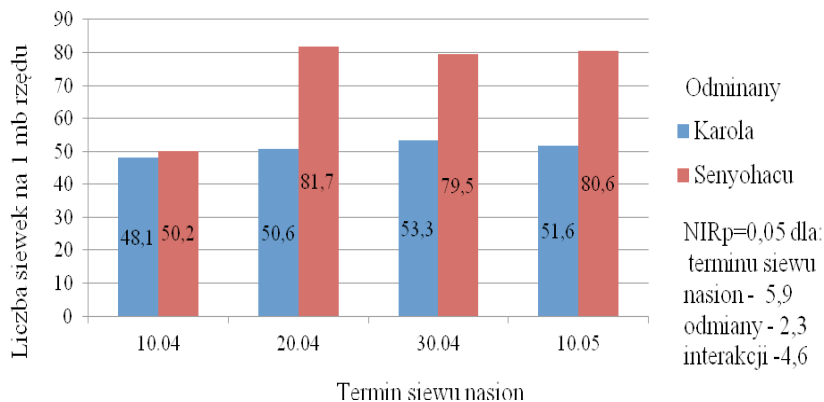
Przed wysiewem nasion sałaty zastosowano 50 kg N w postaci saletry amonowej (w przeliczeniu na 1 ha) oraz nawozy fosforowo-potasowe w postaci 46% superfosfatu potrójnego i 50% siarczanu potasu. W fazie 2–3 liści właściwych wykonano przerywkę roślin tak, by odległość w rzędzie wynosiła 25 cm. Zbiory sałaty rozpoczęto, gdy rośliny osiągnęły wysokość około 30 cm, przed wytworzeniem pąków kwiatowych. Plon zbierano wielokrotnie, w zależności od wykonywanych terminów siewu nasion. Pierwszy zbiór z najwcześniejszego terminu siewu, czyli 10.04 – rozpoczęto 18.06 (w 2007 r.) i 21.06 (w 2008 r.). Natomiast z ostatniego terminu siewu czyli 10.05 – sałatę zbierano 13.07 w 2007 r. i 11.07 w roku 2008. Plon handlowy stanowiły lodygi z rozetą liści wierzchołkowych. Po zbiorze oceniano średnią masę lodygi, a także jej długość i średnicę oraz liczbę liści wierzchołkowych.

Uzyskane w doświadczeniu wyniki poddano analizie statystycznej, testem Tukey'a, dla poziomu istotności $\alpha=0,05$.

WYNIKI

Na podstawie danych przedstawionych na rycinie 1 wykazano istotny wpływ badanych czynników doświadczalnych na wschody roślin sałaty lodygowej. Istotnie najmniej siewek wzeszło w przypadku stosowania najwcześniejszego terminu siewu nasion (średnio 49,2 na 1 mb rzędu). Większe wschody stwierdzono natomiast, gdy nasiona sałaty wysiewano 20 i 30 kwietnia oraz 10 maja. Z obu odmian uprawianych w tych terminach istotnie lepsze wschody zanotowano w odniesieniu do odmiany Senyohacu.

W tabeli 1 zestawiono wyniki dotyczące wielkości plonu handlowego dwóch odmian sałaty lodygowej w zależności od stosowanych terminów uprawy. W każdym roku prowadzenia doświadczenia wykazano istotny wpływ badanych czynników na cechę. W obu latach uprawy sałaty lodygowej istotnie największy plon handlowy lodyg uzyskano stosując siew nasion 20 kwietnia (odpowiednio: 30,05 i 30,00 t ha⁻¹). Natomiast najmniejszy plon zebrano wówczas gdy nasiona sałaty były wysiane 10 maja (12,62 i 11,82 t·ha⁻¹ w kolejnych latach).



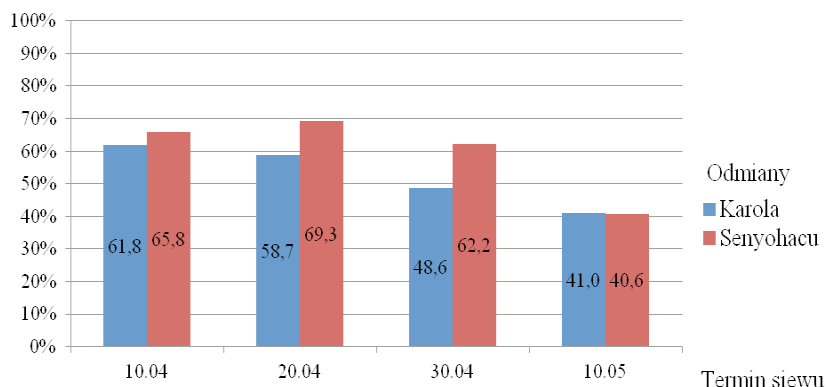
Ryc. 1. Ocena wschodów roślin dwóch odmian sałaty łądogywej w zależności od terminu siewu nasion (średnia z lat 2007–2008)

Tab. 1. Wpływ terminu siewu na plonowanie dwóch odmian sałaty łądogywej

Termin siewu nasion	Odmiana	Plon handlowy (t·ha ⁻¹)		
		2007	2008	2007 - 2008
10.04	Karola	15,66	14,75	15,21
	Senyohacu	21,81	20,33	21,07
	Średnia	18,74	17,54	18,14
20.04	Karola	30,40	26,94	28,67
	Senyohacu	29,70	33,06	31,38
	Średnia	30,05	30,00	30,03
30.04	Karola	17,41	18,96	18,19
	Senyohacu	21,30	25,97	23,64
	Średnia	19,36	22,47	20,92
10.05	Karola	10,23	9,65	9,94
	Senyohacu	15,01	13,98	14,50
	Średnia	12,62	11,82	12,22
Średnia dla odmian:	Karola	18,43	17,58	18,00
	Senyohacu	21,96	23,34	22,65
NIR α =0,05 dla:				
terminu siewu (I)		2,81	2,30	2,54
odmiany (II)		1,61	1,52	1,56
interakcji I×II		2,13	2,57	2,68

Stwierdzono jednocześnie, iż w każdym ze stosowanych terminów siewu nasion zwykle lepiej plonującą odmianą okazała się Senyohacu. Powyższe zależności potwierdziły również średnie wyniki za lata badań 2007–2008. Na ich podstawie wykazano, iż różnica w wielkości uzyskanego plonu handlowego pomiędzy wysiewem nasion 20 kwietnia, a terminem 10 maja wyniosła aż 17,81 t·ha⁻¹. Natomiast plon jadalnych łodyg, który otrzymano z roślin odmiany Senyohacu był o 4,65 t·ha⁻¹ większy od plonu sałaty odmiany Karola.

Biorąc pod uwagę udział plonu handlowego w plonie ogółem (ryc. 2) wykazano, iż spośród stosowanych terminów siewu – większy udział tej frakcji plon zanotowano przy wysiewie nasion 20 i 10 kwietnia (odpowiednio: 64,0% i 63,8%). Najmniej plonu handlowego w stosunku do plonu ogółem stwierdzono wówczas, gdy nasiona były wysiewane w najpóźniejszym z badanych terminów (40,8%).



Ryc. 2. Udział plonu handlowego w plonie ogółem w zależności od stosowanych terminów siewu nasion i odmiany sałaty lodygowej

Analiza statystyczna uzyskanych wyników za lata 2007–2008 dowiodła istotnego wpływu badanych czynników doświadczalnych na takie cechy jakościowe plonu, jak średnia masa oraz średnica łodyg (tab. 2). W przypadku obu tych cech – istotnie największą masę oraz średnicę łodyg otrzymano wówczas, gdy sałatę uprawiano w drugim terminie (z wysiewu nasion 20 kwietnia). Nie dowiedziono natomiast istotnego wpływu terminów uprawy sałaty na długość łodyg. Stwierdzono jednocześnie korzystniejsze wyżej oceniane parametry u roślin od-

miany Senyohacu (za wyjątkiem długości łodygi, które były dłuższe u sałaty odmiany Karola). Oceniają liczbę liści w rozecie szczytowej części łodygi, wykazano, iż istotnie więcej ich było wówczas, gdy sałatę uprawiano z wysiewu nasion w terminach późniejszych – czyli 20 i 30 kwietnia oraz 10 maja, niż stosując siew 10 kwietnia.

Tab. 2. Wpływ terminu siewu nasion na wybrane cechy jakościowe plonu badanych odmian sałaty łodygowej

Termin siewu nasion	Odmiana	Średnia masa łodygi z rozetą liści (g·szt ⁻¹)	Długość łodygi (cm)	Średnica łodygi (mm)	Liczba liści w rozecie
10.04	Karola	216,4	26,9	29,5	7,0
	Senyohacu	305,9	25,1	37,1	6,8
	Średnia	261,2	26,0	33,3	6,9
20.04	Karola	270,8	27,9	39,4	15,5
	Senyohacu	389,6	22,7	44,6	15,0
	Średnia	330,2	25,3	42,0	15,3
30.04	Karola	246,4	26,2	33,2	17,1
	Senyohacu	299,7	22,5	39,4	15,2
	Średnia	273,1	24,6	36,3	16,2
10.05	Karola	228,8	25,4	30,3	16,1
	Senyohacu	273,5	26,2	38,1	15,3
	Średnia	251,2	25,8	34,2	15,7
Średnia dla odmian:	Karola	240,6	26,6	33,1	13,9
	Senyohacu	317,2	23,7	39,8	13,1
NIR α =0,05 dla:					
Terminu siewu (I)		12,8	n.i.	4,1	0,9
odmiany (II)		11,7	2,7	2,7	n.i.
interakcji II×I		23,4	1,7	5,0	0,4

n.i. – różnica nieistotna

DYSKUSJA

Wyniki przeprowadzonego doświadczenia dowiodły znaczącego wpływu terminu uprawy oraz odmian sałaty lodygowej na wielkość oraz jakość uzyskanego plonu.

Na istotny wpływ tych czynników na plonowanie endywii zwracali również uwagę Uklańska i Adamczewska-Sowińska [2010]. Autorki oceniały 14 odmian tego warzywa liściowego, który uprawiano w dwóch terminach: wiosennym i jesiennym. W tym przypadku korzystniejsza okazała się uprawa endywii z sadzenia rozsady 23 sierpnia, w porównaniu z okresem wiosennym, w którym zanotowano duże nasilenie chorób bakteryjnych oraz przedwczesne wybijanie roślin w pędy kwiatostanowe. Podobną tematykę badawczą podejmowała także Francke [2008]. Autorka badała wpływ terminu i metod uprawy na wielkość i jakość plonu cykorii liściowej, która była uprawiana w terminie wiosennym oraz letnio-jesiennym. Istotnie większy plon handlowy uzyskano w terminie wiosennym w porównaniu do okresu letnio-jesiennego (średnio o 19%).

Wyniki badań własnych wykazały, że uprawa sałaty z wysiewu nasion w najpóźniejszym ze stosowanych terminów (10 maja) przyczyniła się do uzyskania najmniejszego udziału plonu handlowego w plonie ogółem. Zebrany z tego terminu siewu nasion plon charakteryzował się dużym udziałem w plonie ogółem lodyg zdrewniałych oraz roślin, które wytworzyły już pąki kwiatowe. Okazało się zatem, iż wraz z opóźnieniem terminu siewu nasion w okresie wiosennym zanotowano tendencję do pogarszania się jakości zebranego plonu sałaty lodygowej. Na podobne zależności wynikające z niekorzystnego działania wysokich temperatur, suszy oraz długiego dnia wskazywało w swoich badaniach wielu autorów, którzy analizowali plonowanie takich gatunków, jak: koper ogrodowy [Dyduch i Kawecka 2003], sałata głowiasta masłowa [Majkowska-Gadomska i Wierzbička 2005], czy endywia [Rodkiewicz 2000; Trautwein 2004; Korff 2010; Rekowska i Jurga-Szlemo 2011] w zależności od stosowanych terminów uprawy tych warzyw.

WNIOSKI

Termin uprawy sałaty lodygowej okazał się istotnym czynnikiem wpływającym na wielkość i jakość plonu. Pod względem wielkości plonu handlowego najbardziej korzystny był wysiew nasion na pole 20 kwietnia.

Uprawa sałaty łodygowej z wysiewu 20 kwietnia przyczyniła się do uzyskania jadalnych łodyg o istotnie największej masie jednostkowej i średnicy.

Z uprawianych poddanych ocenie odmian sałaty łodygowej najbardziej plenną okazała się odmiana Senyohacu.

LITERATURA

- Dyduch J., Kawecka A. 2003. *Plonowanie kilku odmian kopru ogrodowego (Anethum graveolens L.) w zależności od terminu siewu*. Folia Hort., Supl. 2003/1, 99–101.
- Francke A. 2008. *Wielkość i jakość plonu cykorii liściowej w zależności od terminu i sposobu siewu*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 527, 109–114.
- Gapiński M. 1993. *Warzywa mało znane i zapomniane*. PWRiL Poznań: 245.
- Korff L. 2010. *Endivie (Cichorium endivia)*. Gemüse 2, 49–50.
- Majkowska-Gadomska J., Wierzbicka B. 2005. *Wpływ terminu uprawy i sortów na polu i zawartość wybranych składników pokarmowych w liściach sałaty*. Zesz. Nauk AR Wrocław Ser. Roln. 515, 339–345.
- Rekowska E., Jurga-Szlemko B. 2011. *Influence of growing date and plant density on the yield of endive (Cichorium endivia L.)*. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 10 (1), 13–21.
- Rodkiewicz T. 2000. *Wpływ terminu uprawy na plonowanie endywii (Cichorium endivia L. var. latifolium LAM.)* Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sec. EEE (Horticultura) VIII, 205–210.
- Sady W. 2006. *Nawożenie warzyw polowych*. Wyd. Plantpress Sp. z o. o, Kraków, 70–71.
- Trautwein F. 2004. *Endivien sorten für den Herbst*, Gemüse 7, 10–11.
- Ukłańska C. M., Adamczewska-Sowińska K. 2010. *Wpływ terminu uprawy wybranych odmian endywii na plonowanie i wartość odżywczą*. Ogólnopol. Konf. Nauk. „Proekologiczna uprawa warzyw problemy i perspektywy”. Siedlce, 24–25 czerwca 2010, 166.
- Wierzbicka B. 2002. *Mniej znane rośliny warzywne*. Wyd. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn, 7–13.

Adres do korespondencji:

Ewa Rekowska

Katedra Ogrodnictwa, Pracownia Warzywnictwa

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

e-mail: ewa.rekowska@zut.edu.pl

**WPLYW STOSOWANIA BEZPOŚREDNICH OSŁON
NA PLONOWANIE I WARTOŚĆ BIOLOGICZNĄ PIĘCIU
ODMIAN SZPINAKU UPRAWIANEGO
W OKRESIE WIOSENNYM**

**THE EFFECT USE OF DIRECT COVERS ON THE YIELD
AND BIOLOGICAL VALUE OF FIVE CULTIVARS
SPINACH IN SPRING GROWING**

Abstrakt. Badania dotyczące wpływu bezpośredniego osłaniania roślin szpinaku na wielkość i jakość plon przeprowadzono w latach 2009–2010. Materiał badawczy stanowiły rośliny pięciu odmian: San Felix F₁, El Passo F₁, El Forte F₁, El Grinta F₁, i Olbrzym Zimowy. Plon handlowy szpinaku w obiektach, w których stosowano bezpośrednie osłanianie roślin włókniną polipropylenową (PP), oraz folią perforowaną polietylenową (PE) był większy niż w gruncie nieosłoniętym. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania zawartości suchej masy, azotanów (V), oraz kwasu L-askorbinowego w zależności od rodzaju zastosowanej osłony roślin. Wśród badanych odmian do najlepiej plonujących należały: San Felix F₁ i El Passo F₁. Istotnie mniejszy plon uzyskano w uprawie odmiany El Grinta F₁. Najmniejszą skłonność do akumulacji azotanów (V) wykazano u odmiany San Felix F₁, a największą El Forte F₁.

Słowa kluczowe: *Spinacia oleracea L., osłony roślin, sucha masa, azotany, kwas askorbinowy*

Summary. Research was conducted in the 2009–2010 on the effects of direct covering spinach plant on the size and quality yield. The research material was the five varieties: San Felix F₁, El Passo F₁, El Forte F₁, El Grinta F₁, and Olbrzym Zimowy. Marketable yield of spinach obtained from object that direct under cover of plants woven polypropylene (PP) and perforated polyethylene film (PE) was larger compared to non-cover. The dry matter, nitrates and vitamin C was not significant different depending on the kind of cover. Considering the spinach cultivars, significantly highest yielding was found for San Felix F₁ and El Passo F₁. Significantly lowers yielding was observed for El Grinta F₁. The lowest tendency to accumulate nitrates were characterized cultivar San Felix F₁, and the highest 'El Forte F₁'.

Key words: *Spinacia oleracea L., covering plants, dry matter, nitrates, ascorbic acid*

WSTĘP

Szpinak należy do grupy warzyw charakteryzującej się krótkim okresem wegetacji i dużą skłonnością do akumulacji azotanów [Rożek 2000]. Ilość gromadzonych przez rośliny azotanów w znacznym stopniu uzależniona jest od odmiany i warunków wzrostu [Stagnari i in. 2007]. Niskie temperatury wzrostu powodują mniejszą aktywność reduktazy azotanowej i w efekcie większą akumulację azotanów w liściach szpinaku [Amr i Hadidi 2001]. Poprawa warunków wzrostu roślin w polu w okresie wczesnej wiosny wpływa korzystnie na rozwój i plonowanie szpinaku. W badaniach agrotechnicznych wykazano, że poprawę mikroklimatu gleby i otoczenia wokół roślin można uzyskać poprzez umiejętne wykorzystanie różnego rodzaju materiałów do ściółkowania gleby i bezpośredniego osłaniania roślin [Kalisz i in. 2007].

Celem badań była ocena wpływu bezpośredniego osłaniania roślin na plonowanie oraz wartość biologiczną liści u pięciu odmian szpinaku.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2009–2010 w Katedrze Warzywnictwa i Roślin Lecznicych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, w Stacji Badawczej Felin. Materiał badawczy stanowiły rośliny szpinaku (*Spinacia oleracea* L.). Nasiona wysiano w ilości 30 g na powierzchnię 10 m² w następujących terminach: 5 kwietnia w roku 2009 oraz 28 marca w roku 2010. Powierzchnia poletka doświadczalnego o wymiarach 2×2 m wynosiła 4 m², obejmowała 10 rzędów w odstępach 0,16 m. W doświadczeniu dwuczynnikowym uwzględniono: (1) różne sposoby osłaniania roślin: białą włókniną polipropylenową (PP) o masie 17 g·m⁻² i szerokości pasa 3,0 m, bezbarwną folię perforowaną polietylenową (PE) o grubości 0,05 cm, na 1 m² znajdowało się 75 otworów oraz rośliny nieosłanianie (kontrola); (2) pięć odmian szpinaku: San Felix F₁, El Passo F₁, El Forte F₁, El Grinta F₁, Olbrzym Zimowy.

Każdego roku przed rozpoczęciem badań wykonano analizę chemiczną gleby, która zawierała (mg·dm⁻³): 24 (NO₃⁺), 64 (NH₄⁻), 35 P, 140 K, 42 Mg, pH 6,8 w roku 2009; 33 (NO₃⁺), 57 (NH₄⁻), 25 P, 190

K, 55 Mg, pH 7,0 w roku 2010. Na podstawie wyników uzupełniono zawartości makroskładników do poziomu ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): 120 N, 50 P, 190 K, 55 Mg. Zbiór szpinaku przeprowadzono jednorazowo 27 maja w roku 2009, oraz 23 maja w roku 2010. Podczas zbioru pobierano próby części jadalnych, w których oznaczono zawartość suchej masy (metodą suszarkowo-wagową), azotanów reflektrometryczną, kwasu L-askorbinowego metodą Roe modyfikowaną przez Evelynę. Wyniki badań poddano analizie statystycznej za pomocą testu Tukeya, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

W 2009 średni plon handlowy szpinaku z roślin bezpośrednio osłanianych folią (PE) wynosił $19,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i był istotnie większy niż z roślin osłanianych włókniną PP ($16,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), oraz z roślin nieosłanianych ($15,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) (tab. 1). W roku 2010 wpływ stosowania osłon był podobny jak w pierwszym (2009), gdyż średni plon z roślin osłanianych folią PE wynosił $16,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, włókniną PP $12,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a z roślin nieosłanianych (kontroli) $11,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tab. 1. Wpływ osłaniania roślin na plon handlowy oraz zawartość suchej masy u pięciu odmian szpinaku

Odmiana	Rodzaj osłony	Plon handlowy [$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$]		Sucha masa [%]			
		2009	2010	średnia	2009	2010	średnia
San Felix F ₁	kontrola	16,2	13,1	14,7	8,9	8,8	8,9
	PP	16,9	14,0	15,5	8,9	8,9	8,9
	PE	22,1	22,0	22,1	9,1	8,9	9,0
	średnia	18,4	16,4	17,4	9,0	8,9	8,9
El Passo F ₁	kontrola	15,6	14,5	15,1	9,4	9,5	9,5
	PP	14,3	16,5	15,4	9,1	9,0	9,1
	PE	24,3	17,5	20,9	9,2	9,2	9,2
	średnia	18,1	16,2	17,1	9,2	9,2	9,2

El Forte F ₁	kontrola	14,9	10,7	12,8	9,7	9,9	9,8
	PP	17,1	10,6	13,9	9,8	9,3	9,6
	PE	17,4	15,8	16,6	9,9	9,4	9,7
	średnia	16,5	12,4	14,4	9,8	9,5	9,7
El Grinta F ₁	kontrola	14,5	8,2	11,4	8,7	9,2	9,0
	PP	17,3	9,9	13,6	8,4	9,0	8,7
	PE	18,0	9,0	13,5	8,3	9,1	8,7
	średnia	16,6	9,0	12,8	8,5	9,1	8,8
Olbrzym Zimowy	kontrola	16,1	10,7	13,4	9,9	8,9	9,4
	PP	18,3	10,4	14,4	9,6	9,2	9,4
	PE	17,9	18,4	18,2	9,4	9,6	9,5
	średnia	17,4	13,2	15,3	9,6	9,2	9,4
Średnia	kontrola	15,5	11,4	13,5	9,3	9,3	9,3
	PP	16,8	12,3	14,5	9,1	9,1	9,1
	PE	19,9	16,5	18,2	9,1	9,1	9,1
	średnia	17,4	13,4	15,4	9,1	9,2	9,1
NIR _{α=0,05}							
odmiana (A)		0,37	0,64		0,16	0,12	
rodzaj osłony (B)		0,78	1,02		n.i.	n.i.	
Interakcja (A×B)		1,54	2,36		0,32	0,22	

Tab. 2. Wpływ osłaniania roślin na zawartość azotanów(V) oraz kwasu askorbinowego u pięciu odmian szpinaku

		Azotany [mg NO ₃ ·kg ⁻¹ św.m.]		Kwas L-askorbinowy [mg·100 g ⁻¹ św.m.]			
		2009	2010	średnia	2009	2010	średnia
San Felix F ₁	kontrola	222	433	328	33	33	33
	PP	228	414	321	25	32	29
	PE	210	412	311	29	31	30
	średnia	220	420	320	29	32	31

El Passo F ₁	kontrola	243	534	389	41	22	32
	PP	243	528	386	30	23	27
	PE	243	528	386	34	22	28
	średnia	243	530	387	35	22	29
El Forte F ₁	kontrola	629	610	620	22	37	30
	PP	611	609	610	23	35	29
	PE	632	595	614	22	36	29
	średnia	624	605	614	22	36	29
El Grinta F ₁	kontrola	213	496	355	42	37	40
	PP	213	476	345	32	34	33
	PE	216	487	352	36	34	35
	średnia	214	486	350	37	35	36
Olbrzym Zimowy	kontrola	310	418	364	26	42	34
	PP	307	408	358	28	42	35
	PE	307	414	361	24	32	28
	średnia	308	413	361	26	39	32
Średnia	kontrola	323	498	411	33	34	34
	PP	320	487	404	28	33	30
	PE	322	487	404	29	31	30
	średnia	322	491	406	30	33	31
NIR _{α=0,05}							
odmiana (A)		72	37		n.i.	n.i.	
rodzaj osłony (B)		n.i.	n.i.		n.i.	n.i.	
Interakcja (A×B)		144	69		n.i.	n.i.	

W roku 2009 spośród odmian szpinaku największy plon uzyskano z roślin San Felix F₁ 18,4 t·ha⁻¹, oraz El Passo F₁ 18,1 t·ha⁻¹. Na istotnie mniejszym poziomie plonowały odmiany: El Forte F₁ i El Grinta F₁ (odpowiednio 16,5 i 16,6 t·ha⁻¹). W roku 2010 największy plon handlowy pozyskano z roślin odmiany San Felix F₁ 16,4 t·ha⁻¹ i El Passo F₁ 16,2 t·ha⁻¹. Istotnie mniejszy plon zebrano z roślin El Grinta F₁ 9,0 t·ha⁻¹.

W doświadczeniu nie stwierdzono istotnego wpływu stosowania osłon na zawartość suchej masy, azotanów (V) i kwasu L-askorbinowego, które były obecne pod koniec okresu osłaniania bezpośredniego roślin (tab. 1 i 2).

W roku 2009 liście szpinaku u odmiany El Forte F_1 charakteryzowały się największą ilością suchej masy (9,8%), istotnie mniejszą liście odmiany Olbrzym Zimowy (9,6%), El Passo F_1 (9,2%) oraz San Felix F_1 (9,0%). Najmniej suchej masy stwierdzono w liściach odmiany El Grinta F_1 (8,5%). Podobnie w roku 2010 w liściach odmiany El Forte F_1 oznaczono najwięcej suchej masy (średnio 9,5%) istotnie mniej było jej w liściach odmiany El Grinta F_1 , El Passo F_1 i Olbrzym Zimowy (średnio 9,1–9,2%). Zdecydowanie najmniejszą ilością suchej masy odznaczały się liście odmiany San Felix F_1 8,9%.

Ocena zawartości azotanów(V) w liściach szpinaku wykazała różnice między odmianami (tab. 2). W roku 2009 najniższą zawartością azotanów(V) odznaczała się odmiana El Grinta F_1 (214 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św.m.), San Felix F_1 (220 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. m.) oraz El Passo F_1 (243 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. m.), większą odmiana Olbrzym Zimowy (308 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. m.). Największą zawartość azotanów (V) odnotowano w liściach u odmiany El Forte F_1 (624 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. m.). W roku 2010 najmniej azotanów(V) w liściach zgromadziły rośliny odmiany Olbrzym Zimowy i San Felix F_1 (odpowiednio 413 i 420 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. m.), więcej El Grinta F_1 (486 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. m.). Najwięcej azotanów(V) zawierały liście odmiany El Passo F_1 oraz El Forte F_1 (odpowiednio 530 i 605 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. m.). Zgodnie z rozporządzeniem Komisji (WE) nr 1258/2011 dopuszczalna zawartość azotanów(V) w szpinaku świeżym może wynosić 3500 $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ św. m.

W latach 2009–2010 nie stwierdzono stwierdzono statystycznie istotnego zróżnicowania kwasu L-askorbinowego w zależności od odmiany, a zarazem od współdziałania odmiany i rodzaju osłony.

DYSKUSJA

W latach 2009–2010 plon handlowy szpinaku w obiektach, w których stosowano bezpośrednie osłanianie roślin był większy niż w gruncie nieosłoniętym. W roku 2009 z roślin osłanianych bezpośrednio folią PE był większy niż w obiekcie kontrolnym o 28%, a w roku 2010

o 44%. W porównaniu do obiektu kontrolnego większy plon handlowy otrzymano w wyniku stosowania włókniny PP, w obu latach doświadczenia był on większy o 8%. Podobne zależności korzystnego wpływ stosowania płaskich osłon z włókniny (PP), oraz folii (PE) stwierdzono w przypadku uprawy innych gatunków warzyw: rzodkiewki [Słodkowski 1998], szpinaku nowozelandzkiego [Orłowski i Jadczyk 1999], sałaty [Słodkowski i Rekowska 2003], fasoli szparagowej [Łabuda i Baran 2005], selera naciowego [Siwek i Libik 2005], kalarepy [Biesiada 2008], kapusty pekińskiej [Krężel i Kołota 2006]. Większe przyspieszenie rozwoju roślin osłanianych bezpośrednio folią PE w porównaniu do włókniny (PP) obserwowano w przypadku uprawy selera naciowego [Siwek i Libik 2005], sałaty [Słodkowski i Rekowska 2003].

Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania zawartości suchej masy, azotanów(V), oraz kwasu L-askorbinowego w zależności od rodzaju zastosowanej osłony roślin. Uzyskane wyniki stanowią potwierdzenie innych autorów, którzy stwierdzili, że rodzaj zastosowanej osłony w niewielkim stopniu modyfikuje wartość biologiczną osłanianych warzyw [Kołota i Adamczewska-Sowińska 2011; Siwek i Libik 2005].

Ocena zawartości suchej masy i azotanów(V) w liściach wykazała różnice między odmianami. Obserwowano u odmian powiązanie między zawartością suchej masy a poziomem akumulacji N-NO₃, odmiany które zawierały więcej suchej masy gromadziły więcej azotanów. Największą zawartością suchej masy oraz azotanów(V) w liściach charakteryzowała się odmiana El Forte F₁, a najmniejszą San Felix F₁. Brak jest dotychczas jednoznacznej interpretacji zależności zachodzącej pomiędzy zawartością suchej masy a ilością gromadzonych przez rośliny azotanów. W doświadczeniu przeprowadzonym przez Kunickiego i innych [2010] wystąpiła analogiczna zależność, gdyż w sezonie jesiennym przy wyższych temperaturach powietrza, w porównaniu z wiosennym rośliny szpinaku zawierały więcej suchej masy i azotanów(V). Tłumaczyć to można większym tempem wzrostu oraz większą aktywnością reduktazy azotanowej umożliwiającej szybsze przetworzenie pobranego N-NO₃ na związki białkowe [Amr i Hadidi 2001]. Rożek [2000] wyraża pogląd, że poszczególne odmiany cechuje odmienna zdolność genetyczna do akumu-

lacji azotanów, podczas gdy stwierdzone ilości pobranego azotu są do siebie podobne.

Zawartość kwasu L-askorbinowego w liściach nie była istotnie zróżnicowana u poszczególnych odmian. Ilość tego składnika w liściach szpinaku wynosiła od 29 do 36 mg·100 g⁻¹ św. m. Ogólnie zakres zawartości suchej masy oraz wybranych składników organicznych był zbliżony do podanego przez Krężela i Kołotę [2010], oraz Smolenia i innych [2010].

WNIOSKI

Plon handlowy szpinaku w obiektach, w których stosowano bezpośrednio osłanianie roślin folią perforowaną PE oraz włókniną PP był większy niż w gruncie nieosłoniętym.

Wśród badanych odmian do najlepiej plonujących należały: San Felix F₁ i El Passo F₁. Istotnie mniejszy plon uzyskano w uprawie odmiany El Grinta F₁.

Najmniejszą skłonność do akumulacji azotanów(V) wykazano u odmiany San Felix F₁, a największą El Forte F₁.

LITERATURA

- Amr A., Hadidi N. 2001. *Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO₃) and nitrite (NO₂) content and selected vegetables grown under open field and greenhouse condition in Jordan*. J. Food Compos. Analys. 14, 59–67.
- Biesiada A. 2008. *Effect of flat covers and plant density on yielding and quality of kohlrabi*. J. Elementol. 13(2), 167–173.
- Kalisz A., Libik A., Siwek P., Wojciechowska R. 2007. *Wpływ rodzaju folii i jej barwy na plon oraz jakość sałaty masłowej uprawianej w tunelach niskich*. Rocz. AR Poznań, Ogrod. 41, 609–614.
- Kołota E., Adamczewska-Sowińska K. 2011. *Application of synthetic mulches and flat covers with perforated foil and agrotexile in zucchini*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 10(4), 179–189.
- Krężel J., Kołota E. 2006. *Wpływ osłon na plonowanie i wartość biologiczną kapusty pekińskiej uprawianej w okresie wiosennym*. Folia Hort. 18, 273–277.
- Krężel J., Kołota E. 2010. *The effect on nitrogen fertilization on yielding and biological value of spinach growth for autumn harvest*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 9(3), 183–190.

- Kunicki E., Grabowska A., Sękara A., Wojciechowska R. 2010. *The effect of cultivar type, time cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (Spinacia oleracea L.)*. Folia Hort. 22, 9–13.
- Łabuda H., Baran A. 2005. *Wpływ sposobu osłaniania na plonowanie fasoli szparagowej w uprawie przyspieszonej*. Zesz. Nauk. AR Wrocław 515, 333–338.
- Orłowski M., Jadczak D. 1999. *Wpływ stosowania osłon na plonowanie szpinaku nowozelandzkiego*. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 466, 173–179.
- Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1258/2011 z dnia 2 grudnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych azotanów w środkach spożywczych*.
- Rożek S. 2000. *Czynniki wpływające na akumulację azotanów w plonie warzyw*. Zesz. Nauk. AR Kraków 364, 19–31.
- Siwek P., Libik A. 2005. *Wpływ osłon i włókniny w uprawie selera naciowego na wielkość i jakość plonu*. Zesz. Nauk. AR Wrocław 515, 483–490.
- Słodkowski P. 1998. *Wpływ stosowania osłon w uprawie rzodkiewki produkowanej na zbiór pęczkowy*. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz 42, 235–238.
- Słodkowski P., Rekowska E. 2003. *The effect of covering and cultivation methods on crisp lettuce yields*. Folia Hort. 15, 19–23.
- Stagnari F., Di Bitetto V., Pisante M. 2007. *Effect of N fertilizers and races on yield, safety and nutrients in processing spinach genotypes*. Sci. Hort. 114, 225–233.
- Smoleń S., Sady W., Wierzbńska J. 2010. *The effect of plant biostimulation with 'Pentakcep V' and nitrogen fertilization on yield, nitrogen metabolism and quality of spinach*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 9(1), 25–36.

Adres do korespondencji:

Andrzej Sałata
Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Leszczyńskiego 58, 20–068 Lublin
e-mail: andrzej.salata@up.lublin.pl

**OCENA STOPNIA TOLERANCJI WYBRANYCH ODMIAN
PIECZARKI DWUZARODNIKOWEJ NA DWA GATUNKI
CLADOBOTRYUM WYWOŁUJĄCE CHOROBY DAKTYLIUM**
EVALUATION OF THE TOLERANCE OF SELECTED WHITE
BUTTON MUSHROOM STRAINS TO TWO SPECIES OF
CLADOBOTRYUM, CAUSING COBWEB DISEASE

Abstrakt. W dwóch seriach wazonowego doświadczenia infekcyjnego, założonych w układzie dwuczynnikowym, sprawdzono podatność czterech ras (odmian) pieczarki dwuzarodnikowej *Agaricus bisporus* (Magnum, Bella, P23 i A15) na porażenie przez dwa gatunki grzyba *Cladobotryum* o różnej patogeniczności. Uwzględniono izolat CBS 123758 *C. dendroides* oraz izolat własny D-30 *C. mycophilum*. W obu seriach doświadczenia istotne różnice w podatności ras wystąpiły tylko w przypadku zakażenia uprawy izolatem CBS 123758 o umiarkowanej patogeniczności. Najmniej podatna okazała się rasa Bella, o brązowych owocnikach. Średnia redukcja plonu tej rasy wynosiła 51%, podczas gdy u pozostałych ras plon zmniejszał się w granicach 88–97%. Po zakażeniu uprawy izolatem D-30 *C. mycophilum* o wysokiej patogeniczności, porównywane rasy były jednakowo silnie porażone, a redukcja plonu wynosiła 100%.

Słowa kluczowe: *Agaricus bisporus*, *daktylium*, *Cladobotryum* spp., patogeniczność, rasy pieczarki

Summary. In two pot experiments with artificial inoculation, set up in a factorial design, the susceptibility of four *Agaricus bisporus* strains (Magnum, Bella, P23 and A15) to the infection with two species of *Cladobotryum* fungus of different pathogenicity was assessed. Two different isolates were included: CBS123758 of *C. dendroides* and isolate D-30 of *C. mycophilum* from our own collection. In both series of the experiment, significant differences in the susceptibility of mushroom strains were only found after mushroom culture inoculation with CBS123758 isolate of moderate pathogenicity. The least susceptible was the brown strain Bella. The mean yield reduction of this strain amounted to 51%, whereas for the remaining white strains yield reduction ranged from 88 to 97%. After inoculation of mushroom culture with highly pathogenic isolate D-30 of *C. mycophilum*, all the compared mushroom strains were affected equally strongly and yield reduction was as high as 100%.

Key words: *Agaricus bisporus*, *cobweb*, *Cladobotryum* spp., *pathogenicity*, *mushroom strain*

WSTĘP

Pieczarka dwuzarodnikowa (*Agaricus bisporus*) uprawiana w monokulturze jest bardzo podatna na infekcje grzybowe. Jedną z częściowych występujących chorób pieczarki jest daktylium, wywoływana przez grzyb *Cladobotryum dendroides* (syn. *Dactylium dendroides*, ze stadium doskonałym *Hypomyces rosellus*) [Gams i Hoozemans 1970; Fletcher i in. 1983] oraz przez przynajmniej dwa inne gatunki – *C. mycophilum* i *C. varium* [McKay i in. 1999].

Choroba może pojawić się na okrywie już przed pierwszym rzutem pieczarek. Początkowo grzybnia *Cladobotryum* jest biała i watawata, w miarę rozwoju gęstnieje i zmienia barwę na żółtą, żółto-brązową, a następnie różową. Objawami daktylium są również plamy na owocnikach, które może wywołać już niewielka liczba konidiów patogena. W pełni rozwinięta grzybnia oplata pieczarki, tworząc pajęczynowaty nalot, a porażone owocniki żółkną, więdną i gniją [Adie i in. 2006]. Nasilenie objawów choroby zależy od terminu porażenia okrywy, jak i od jej rodzaju. Im wcześniej nastąpi zakażenie, tym choroba ma silniejszy przebieg. Szybkość rozwoju choroby zależy również od warunków panujących w hali uprawowej, tj. temperatury i wilgotności powietrza [Dar i Seth 1992a, 1992b]. Dotychczas nie wyodrębniono rasy pieczarki odpornej na chorobę daktylium. Istnieją natomiast doniesienia o zróżnicowanej wrażliwości różnych ras pieczarek na inną chorobę grzybową, jaką jest sucha zgnilizna [Largeteau i in. 2004]. Istnieją również informacje na temat pewnej odporności dzikich ras pieczarki na suchą zgniliznę [Foulongne-Oriol i in. 2012].

Celem badań było porównanie tolerancji kilku odmian (ras) pieczarki na gatunki grzyba *Cladobotryum* o różnej patogeniczności.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach uwzględniono cztery rasy (odmiany) grzybni pieczarki dwuzarodnikowej (*Agaricus bisporus*): Bella o brązowych owocnikach (Amycel), Magnum (Amycel), A15 (Sylvan) oraz P-23 (Polmycel). W doświadczeniach użyto podłoże pieczarkowe II fazy, do którego wsiewano handlową grzybnię poszczególnych odmian. Podłoże po wymieszaniu z odpowiednimi grzybniami umieszczano w ilości 1,7

kg w donicach średnicy 220 mm. Ziemię okrywową (z kakingiem) nakładano na podłoże po 14 dniach od wsiania grzybni, warstwą grubości 40 mm. Po następnych 8 dniach, a więc w momencie rozpoczęcia szoku, przeprowadzono sztuczne zakażenie uprawy. Uwzględniono dwa izolaty: CBS123758 *C. dendroides*, sprowadzony z Centraalbureau voor Schimmelcultures w Holandii, oraz izolat własny D-30 *C. mycophilum*. Inokulacja polegała na umieszczeniu w centrum doniczki wycinka kultury grzyba *Cladobotryum* (średnicy 5 mm) w okrywie na głębokości około 1 cm. Wycinki pobierano z brzegów świeżych kultur poszczególnych izolatów grzyba, rosnących w szalkach Petriego na pożywce PDA. Obie serie tego doświadczenia założono w układzie dwuczynnikowym. Obiekty pierwszego czynnika stanowiła inokulacja uprawy pieczarek izolatami CBS 123758 *C. dendroides* i izolatami D-30 *C. mycophilum* oraz kontrola niezakażona. Obiektami zaś drugiego czynnika były cztery wyżej wymienione rasy pieczarki. Ocena porażenia uprawy polegała na pomiarach średnicy kolonii grzyba rozrastających się na powierzchni ziemi okrywowej. Pierwszy pomiar wykonano cztery dni po inokulacji, a następne pomiary przeprowadzano co dwa dni. W trakcie zbiorów owocniki ważono i liczono. Uprawę zakończono po pierwszym rzucie owocników. Obie serie doświadczenia przeprowadzono w klimatyzowanej hali uprawowej, w czterech powtórzeniach.

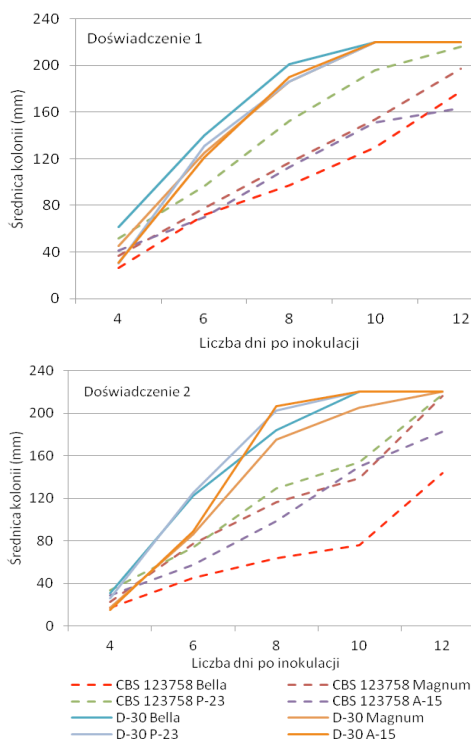
Uzyskane dane poddano analizie wariancji, wykonując obliczenia według schematu doświadczeń dwuczynnikowych założonych w układzie niezależnym. Statystyczną istotność różnic pomiędzy średnimi weryfikowano testem Newmana-Keulsa, przy poziomie istotności 5%. Powierzchnię pod krzywą postępu choroby (AUDPC, *ang. area under the disease progress curve*) w poszczególnych wariantach wyliczano metodą trapezoidalną według wzoru: $AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} [(t_{i+1} - t_i) (y_i + y_{i+1})/2]$ gdzie: t – liczba dni pomiędzy kolejnymi obserwacjami, y – poziom porażenia (średnica kolonii) w kolejnych terminach obserwacji.

WYNIKI I Dyskusja

Niezależnie od rasy pieczarki, wzrost kolonii grzyba *Cladobotryum* przebiegał szybciej w przypadku izolatu D-30 *C. mycophilum* niż izolatu CBS123758 *C. dendroides*. W przypadku tego ostatniego, dynamika

wzrostu była wyraźnie zróżnicowana w zależności od rasy pieczarki (ryc. 1). W obu doświadczeniach najpowolniejsza dynamika wzrostu izolatu CBS123758 wystąpiła u rasy Bella, najszybsza zaś u rasy P-23.

Analiza statystyczna obliczonych wartości powierzchni pod krzywą postępu choroby (AUDPC) wykazała, że różnicujący wpływ na ten parametr wywierał tylko izolat CBS123758 grzyba *C. dendroides* użyty do inokulacji uprawy pieczarki. W obu doświadczeniach średnie wartości AUDPC były istotnie niższe dla izolatu CBS123758 *C. dendroides* niż dla izolatu D-30 *C. mycophilum* (tab. 1). Nie stwierdzono również współdziałania między izolatem grzyba *Cladobotryum* a rasą pieczarki. Oznacza to, że wpływ rasy pieczarki na intensywność wzrostu poszczególnych izolatów był podobny. Niemniej jednak w obu doświadczeniach daje się zauważyć tendencja, że wartości AUDPC izolatu CBS123758 były najniższe w obecności rasy Bella (tab. 1).



Ryc. 1. Wpływ rasy pieczarki na dynamikę wzrostu kolonii dwóch izolatów grzyba *Cladobotryum* na powierzchni ziemi okrywowej

Analiza statystyczna zebranego plonu owocników wykazała wystąpienie w obu seriach doświadczenia istotnego współdziałania między rasą pieczarki a izolatem grzyba *Cladobotryum* spp. oraz istotny wpływ izolatu na plon (tab. 2 i 3). Należy zaznaczyć, że istotne różnice w plonie porównywanych ras pieczarki wystąpiły tylko po zakażeniu uprawy izolatem CBS 123758 oraz w wariancie kontrolnym w doświadczeniu 1. Inokulacja izolatem D-30 skutkowałą całkowitym brakiem plonu u wszystkich ras.

Tab. 1. Wpływ rasy pieczarki i izolatu grzyba *Cladobotryum* spp. na średnią powierzchnię pod krzywą postępu choroby (AUDPC), w dwóch doświadczeniach

Rasa pieczarki	Doświadczenie 1			Doświadczenie 2		
	Izolat <i>Cladobotryum</i>			Izolat <i>Cladobotryum</i>		
	CBS123758	D-30	Średnia	CBS123758	D-30	Średnia
Bella	803	1404	1104 a	531	1303	917 a
Magnum	931	1328	1130 a	904	1170	1037 a
P-23	1158	1325	1242 a	965	1341	1153 a
A15	873	1314	1094 a	824	1265	1045 a
Średnia	941 b	1343 a		806 b	1270 a	

Średnie oznaczone jednakowymi literami nie różnią się istotnie wg testu Newmana-Keulsa przy $P=0,05$.

Tab. 2. Wpływ rasy pieczarki i izolatu grzyba *Cladobotryum* spp. na plon owocników ($g \cdot 0,038 \text{ m}^{-2}$) w pierwszym rzucie (doświadczenie 1)

Izolat	Rasa grzybni				Średnia
	Bella	Magnum	P-23	A15	
CBS 123758	118 a	26,3 ab	0b	43 ab	46,8
D-30	0 a	0 a	0 a	0 a	0
Kontrola	308 b	281 b	229 b	444,5 a	315,6
Średnia	142,0	102,4	76,3	162,5	

Średnie w rzędach oznaczone jednakowymi literami nie różnią się istotnie wg testu Newmana-Keulsa przy $P=0,05$.

Tab. 3. Wpływ rasy pieczarki i izolatu grzyba *Cladobotryum* spp. na plon owocników ($g \cdot 0,038 m^{-2}$) w pierwszym rzucie (doświadczenie 2)

Izolot	Rasa grzybni				Średnia
	Bella	Magnum	P-23	A15	
CBS 123758	151,3 a	37 b	16,3 b	37 b	60,4
D-30	0 a	0 a	0 a	0 a	0
Kontrola	249,9 a	284,5 a	292,6 a	329,6 a	289,2
Średnia	133,7	107,2	103	122,2	

Średnie w rzędach oznaczone jednakowymi literami nie różnią się istotnie wg testu Newmana-Keulsa przy $P=0,05$.

Najmniejsza redukcja plonu po inokulacji uprawy izolatem CBS 123758 w stosunku do kontroli niezakażanej wystąpiła u rasy Bella, odpowiednio 61,7 i 39,5% w 1. i 2. doświadczeniu, największa zaś u rasy P-23, odpowiednio 100 i 94,4% (tab. 4). Izolat D-30 *C. mycophylum* spowodował 100% redukcji plonu u wszystkich porównywanych ras. Na podstawie uzyskanych wyników, rasę Bella (o brązowych owocnikach) można traktować jako wykazującą pewien stopień tolerancji na porażenie przez *Cladobotryum* spp. Jednakże wniosek ten odnosi się jedynie do sytuacji, gdy porażenie uprawy wywoła izolat *Cladobotryum* o umiarkowanej patogeniczności, jak w tym przypadku izolat CBS 123758 *C. dendroides*. Gdy natomiast uprawę zainfekuje szczep *Cladobotryum* spp. o wysokiej patogeniczności, ujawnienie się większych lub mniejszych różnic w tolerancji ras pieczarki na ten patogen jest mało prawdopodobne.

Tab. 4. Redukcja plonu owocników (%) czterech ras pieczarki zależnie od izolatu grzyba *Cladobotryum* użytego do inokulacji uprawy

Rasa pieczarki	Doświadczenie 1		Doświadczenie 2	
	Izolot <i>Cladobotryum</i>		Izolot <i>Cladobotryum</i>	
	CBS123758	D-30	CBS123758	D-30
Bella	61,7	100	39,5	100
Magnum	90,6	100	87,0	100
P-23	100	100	94,4	100
A15	90,3	100	88,8	100

Podobne wyniki wskazujące na pewną odporność rasy brązowej pieczarki na infekcje grzybowe uzyskali Anderson i inni [2001] oraz Sobieralski i inni [2009]. Na podstawie uzyskanego plonu stwierdzono, że po porażeniu uprawy przez izolaty *Trichoderma* spp. pieczarki o brązowych owocnikach reagowały znacznie mniejszym ubytkiem plonu niż rasy białe. Sobieralski i inni [2010] wykazali zróżnicowaną tolerancję ras pieczarki białej na porażenie przez zieloną pleśń, natomiast Berendsen i inni [2013] na porażenie przez suchą zgniliznę. W przeprowadzonych dwóch seriach doświadczenia z wykorzystaniem izolatu CBS 123758 *C. dendroides* wykazano, że największy ubytek plonu wystąpił w przypadku rasy P-23. Na dużą podatność tej rasy pieczarki wskazywał również największy współczynnik AUDPC oraz najszybsza dynamika wzrostu izolatu CBS123758 w uprawie z rasą P-23. Wyniki wskazujące na dużą wrażliwość tej rasy na infekcję przez *Verticillium fungicola* uzyskała również Szumigaj-Tarnowska i inni [2011].

WNIOSKI

W obu seriach doświadczenia istotne różnice w podatności ras pieczarki na chorobę daktylium wystąpiły tylko w przypadku zakażenia uprawy izolatem CBS 123758 *C. dendroides* o umiarkowanej patogeniczności.

Niezależnie od rasy pieczarki, wzrost koloni grzyba *Cladobotryum* przebiegał szybciej w przypadku izolatu D-30 *C. mycophilum* niż izolatu CBS123758 *C. dendroides*, na co wskazują istotnie wyższe średnie wartości AUDPC dla izolatu D-30 *C. mycophilum*.

Rasa Bella (o brązowych owocnikach) wykazała znaczną tolerancję na porażenie przez izolat grzyba *Cladobotryum* o umiarkowanej patogeniczności. Średnia redukcja plonu tej rasy wynosiła 51%, podczas gdy u pozostałych ras białych plon zmniejszał się w granicach 88–97%.

Zakażenie uprawy wysoce patogenicznym izolatem D-30 *C. mycophilum* spowodowało 100% redukcji plonu u wszystkich porównywanych ras pieczarki.

LITERATURA

- Adie B., Grogan H., Archer S., Mills P. 2006. *Temporal and spatial dispersal of Cladobotryum conidia in the controlled environment of a mushroom growing room*. Appl. Environ. Microbiol. 72(11), 7212–7217.
- Anderson M. G., Beyer D.M., Wuest P.J. 2001. *Yield comparison of hybrid Agaricus mushroom strains as a measure of resistance to Trichoderma green mold*. Plant Dis. 85, 731–734.
- Berendsen R.L., Schrier N., Kalkhove S.I., Lugones L.G., Baars J.J., Zijlstra C., de Weerd M., Wösten H.A., Bakker P.A. 2013. *Absence of induced resistance in Agaricus bisporus against Lecanicillium fungicola*. Antonie Van Leeuwenhoek 103(3), 539–50.
- Dar G. M., Seth P.K. 1992a. *Factors influencing cobweb disease of Agaricus bisporus caused by Cladobotryum dendroides*. Indian J. Mycol. Plant Pathol. 22, 178–181.
- Dar G. M., Seth P.K. 1992b. *Some preliminary studies on Cladobotryum dendroides causing cobweb disease of cultivated mushroom*. Plant Dis. Res. 7, 83–86.
- Fletcher J. T., Hims M.J., Hall R.J. 1983. *The control of bubble diseases and cobweb disease of mushrooms with prochloraz*. Plant Pathol. 32, 123–131.
- Foulongne-Oriol M., Rodier A., Savoie J.-M. 2011. *Relationship between yield components and partial resistance to Lecanicillium by quantitative trait locus mapping*. Appl. Environ. Microbiol. 77, 2345–2442.
- Gams W., Hoozemans A.C.M. 1970. *Cladobotryum – Konidienformen von Hypomyces-Arten*. Persoonia 6, 95–110.
- Largeteau M. L., Rodier A., Rousseau T., Juarez del Carmen S., Védie R., Savoie J.M. 2004. *Agaricus susceptibility to Verticillium fungicola*. Mushroom Sci. 16(1), 504–522.
- McKay G. J., Egan D., Morris E., Scott C., Brown A.E. 1999. *Genetic and morphological characterization of Cladobotryum species causing cobweb disease of mushrooms*. Appl. Environ. Microbiol. 65 (2), 606–610.
- Sobieralski K., Siwulski M., Frużyńska-Józwiak D., Górski R. 2009. *Impact of Trichoderma aggressivum f. europaeum TH2 on the yielding of Agaricus bisporus*. Phytopathologia 53, 5–10.
- Sobieralski K., Siwulski M., Jasińska A., Frużyńska-Józwiak D., Sas-Golak I., Szymański J. 2010. *Impact of Trichoderma aggressivum f. europaeum TH2 isolates on the yielding of some wild strains of Agaricus bitorquis from different regions of Poland*. Phytopathologia 58, 5–11.
- Szumigaj-Tarnowska J., Uliński Z., Ślusarski C., Szymański J. 2011. *Podatność wybranych ras pieczarki na grzyb chorobotwórczy Lecanicillium fungicola (Verticillium fungicola)*. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 51(3), 1203–1206.

Adres do korespondencji:

Czesław Ślusarski

Instytut Ogrodnictwa

Samodzielna Pracownia Grzybów Uprawnych

ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

e-mail: czeslaw.slusarski@inhort.pl

Praca została wykonana w ramach Programu Wieloletniego „Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodniczej w celu zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów ogrodniczych oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony jego zasobów”, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

**OCENA WPŁYWU DOLISTNEJ APLIKACJI SACHAROZY,
BENZYLOADENINY I KWASU SALICYLOWEGO
NA PŁONOWANIE I JAKOŚĆ BIOLOGICZNĄ SZPINAKU
(*SPINACIA OLERACEA L.*)**

YIELD AND NUTRITIONAL QUALITY OF SPINACH
AS AFFECTED BY FOLIAR APPLICATION OF SUCROSE,
BENZYLADENINE AND SALICYLIC ACID (*SPINACIA OLERACEA L.*)

Abstrakt. Celem badań było porównanie wpływu dolistnej aplikacji sacharozy, benzyloadeniny i kwasu salicylowego na wielkość i jakość biologiczną szpinaku. Szpinak jest warzywem wykazującym skłonność do akumulacji dużych ilości azotanów oraz szczawianów, które to związki wpływają niekorzystnie na zdrowie konsumentów. Dużą nadzieję w poprawie jakości biologicznej plonu wiąże się z zabiegiem dolistnej biostymulacji roślin. Badania z uprawą szpinaku 'Spiros F₁' przeprowadzono w doświadczeniu wazonomowym, w którym wykonano dwukrotną dolistną aplikację roztworami poszczególnych związków o następujących stężeniach: 1./ kontrola (oprysk wodą destylowaną), 2./ 2% sacharoza, 3./ 5 mg·dm⁻³ benzyloadenina (BA), 4./ 10 mg·dm⁻³ kwas salicylowy. W stosunku do kontroli oraz pozostałych badanych obiektów dolistna aplikacja sacharozy spowodowała istotne zmniejszenie zawartości kwas askorbinowego, a zastosowanie BA ograniczenie poziomu akumulacji azotanów(V). Nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu zastosowanych w dolistnej aplikacji związków na wielkość plonu, średnią masę roślin, aktywność antywołnorodnikową (DPPH) oraz na zawartość: suchej masy, cukrów rozpuszczalnych, związków fenolowych, szczawianów rozpuszczalnych, azotanów(III), jonów amonowych, wolnych aminokwasów i N – ogółem w szpinaku.

Słowa kluczowe: *szpinak, azotany, sacharoza, dokarmianie dolistne, szczawiany*

Summary. The aim of the study was to compare the effect of foliar application of sucrose, benzyladenine and salicylic acid on yield and nutritional quality of spinach leaves. Spinach is a vegetable with a capability to accumulate high levels of nitrates and oxalates – compounds of negative impact on consumer's health. Foliar biostimulation of plants can be proposed as an effective method of improving nutritional quality of crop yield. A pot expe-

riment with the cultivation of spinach 'Spiros F₁' included two-time foliar application of the following solutions: 1./ control (spraying with distilled water), 2./ 2% sucrose, 3./ 5 mg·dm⁻³ benzyladenine (BA), 4./ 10 mg·dm⁻³ salicylic acid. When compared to the control and other combinations of the study, foliar application of sucrose contributed to a significant decrease in the content of ascorbic acid, while spraying with BA reduced nitrate(V) accumulation in spinach leaves. No statistically significant influence of tested treatments was found with respect to: yield, plant biomass, antioxidant activity (measured with the use of DPPH) and the content of: dry matter, soluble sugars, phenolic compounds, oxalates, nitrates(III), ammonium ions, free amino acids and total nitrogen in spinach.

Key words: *spinach, nitrates, sucrose, foliar application, oxalates*

WSTĘP

Coraz częściej przy dolistnym dokarmianiu, poza składnikami pokarmowymi, aplikuje się roślinom związki o charakterze biostymulującym. Biostymulatory to związki organiczne i mineralne (lub ich mieszaniny) [z wyłączeniem regulatorów wzrostu np. benzyloadeniny (skrót BA) z grupy cytokinin] wpływające korzystnie na wzrost i rozwój oraz procesy życiowe roślin. Do biostymulatorów zalicza się między innymi: kwasy organiczne występujące w roślinach (np. kwas salicylowy), witaminy, aminokwasy, krótkie łańcuchy peptydowe, naturalne fitohormony pozyskiwane na zasadzie ekstrakcji, związki fenolowe czy też związki cukrowe np. cukry proste, dwucukry i oligocukry. Stosuje się również całe spektrum innych związków organicznych występujących np. w ekstraktach z nasion lub glonów morskich, które wprowadza się do nawozów [Smoleń 2012]. W przypadku biostymulatorów produkowanych na drodze ekstrakcji z roślin lub tkanek zwierząt w ich składzie może być zawarta cała gama związków organicznych jak i mineralnych występujących w tych organizmach [Cwojdzński i in. 1996; Barczak i Cwojdzński 1998; Barczak i in. 2007].

Biostymulatory mają szerokie fizjologiczne i biochemiczne spektrum oddziaływania na rośliny [Smoleń 2012]. Biostymulacja może powodować poprawienie wzrostu i rozwoju, wielkości i jakości plonu wielu gatunków roślin: jednorocznych [Babik i in. 2008, Li i in. 2011], dwuletnich oraz drzew owocowych [Basak i Mikos-Bie-

lak 2008]. Istotnym jest fakt, że przy dolistnej aplikacji pojedynczego związku biostymulującego możliwe jest uzyskanie odmiennego jego działania na rośliny niż przy podawaniu go łącznie ze składnikami pokarmowymi lub w mieszaninie z inną tego typu substancją [Kováčik 1999; Smoleń i Sady 2009, 2010, 2012; Smoleń i in. 2010; Smoleń 2012].

Warzywa liściowe w tym szpinak wykazują skłonność do akumulacji dużych ilości azotanów(V). Szczególnie interesującym było zatem określenie czy i w jakim stopniu związki z grupy regulatorów wzrostu (np. BA) oraz biostymulatorów [np. sacharoza, kwas salicylowy (KS)] – *mogące potencjalnie oddziaływać na gospodarkę mineralną roślin azotem* [Yu i in. 1998; Kováčik 1999; Miguel i in. 2002; Fariduddin i in. 2003; Smoleń i in. 2010] – wpłyną na wielkość i jakość biologiczną plonu, w tym na poziom akumulacji azotanów(V). Aspekt ten nie jest wystarczająco dobrze rozpoznany w opublikowanych pracach badawczych z tego zakresu.

Celem badań było porównanie wpływu dolistnej aplikacji sacharozy, benzyloadeniny i kwasu salicylowego na wielkość i jakość biologiczną roślin szpinaku.

MATERIAŁ I METODY

Szpinak 'Spiros F₁' uprawiano w skrzynkach ażurowych o wymiarach 60 × 40 × 25 cm. Pojemniki te były wypełnione pyłem ilastym o składzie: 16% piasku, 47% pyłu i 37% iłu. Umieszczono je na terenie otwartym pod cieniówką, która została zastosowana w celu zabezpieczenia roślin przed ewentualnym gradobiciem (stacja doświadczalna Wydziału Ogrodniczego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie jest położona w pasie gradowym). W glebie oznaczono zawartość materii organicznej – 2,43% oraz makroskładników po ekstrakcji 0,03 mol kwasem octowym: N (N-NO₃+N-NH₄) 10,3 mg, P 24,2 mg, K 67,0 mg, Mg 107,2 mg i Ca 1026,9 mg w 1 dm⁻³ gleby. Odczyn gleby pH(H₂O) wynosił 6,41, pH(KCl) 6,01, natomiast ogólne stężenie soli w glebie (EC) 0,07 EC mS·cm⁻¹. Przed uprawą zastosowano dogłębne nawożenie Ca(NO₃)₂, KH₂PO₄, K₂SO₄ w ilości pozwalającej uzupełnić zawartość makroskładników pokarmowych w glebie do poziomu: N 90 mg, P 70 mg, K 200 mg i Ca 1100 mg

w 1 dm^{-3} gleby. Nasiona wysiano 02-04-2008 roku w czterech rzędach na każdą skrzynkę – po 20 szt. nasion w rzędzie. Pierwsze wschody odnotowano 14-04-2008 roku. Rośliny po wschodach przerwano pozostawiając po 10 roślin w każdym rzędzie, to jest po 40 roślin na skrzynkę.

Badaniami objęto obiekty z dolistną aplikacją roztworów poszczególnych związków o następujących stężeniach: 1./ kontrola (oprysk wodą destylowaną), 2./ 2% m./o. sacharoza, 3./ $5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ benzyloadenina (BA), 4./ kwas salicylowy $10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Roztwory badanych związków wykonywano przy użyciu wody destylowanej, a ich stężenia dobrano na podstawie wyników wcześniejszych badań [Kováčik 1999; Smoleń i Sady 2009, 2010, 2012; Smoleń i in. 2010]. Dolistną aplikację testowanych związków przeprowadzono dwukrotnie. Pierwszy zabieg wykonano w fazie 4 liści właściwych (07-05-2008 roku), a drugi po ośmiodniowej przerwie tj. 15-05-2008 r. Badania prowadzono w trzech powtórzeniach – jedno powtórzenie stanowiło 40 sztuk roślin rosnących w jednej skrzynce. Zbór szpinaku połączony z oceną plonowania i pobraniem prób roślin do analiz wykonano 21-05-2008 roku.

Pozyskany materiał roślinny analizowano w zakresie oznaczenia zawartości: suchej masy w temperaturze 105°C , cukrów rozpuszczalnych [Yemm i Wills 1954], związków fenolowych z odczynnikami Folina i Ciocalteua [Sawin i Hillis 1959], kwasu askorbinowego metodą miareczkową [Samotus i in. 1982], szczawianów rozpuszczalnych metodą miareczkową z $0,02 \text{ mol KMnO}_4$ [Wierzbicka 2004], wolnych aminokwasów w reakcji z ninhydriną [Korenman 1973], azotu metodą Kjeldahla [Persson i Wennerholm 1999] oraz zawartość NO_3^- , NO_2^- i NH_4^+ metodą FIA [PN-EN ISO 13395:2001, PN-EN ISO 11732:2005] po ekstrakcji 2% kwasem octowym [Nowosielski 1988]. W ekstraktach roślinnych sporządzonych za pomocą 80% metanolu oznaczono zdolność do zmiatania wolnego rodnika (DPPH) [Pekkarinen i in. 1999].

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu modułu dwuczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) programu Statistica 9.0 PL przy poziomie istotności $p < 0,05$, natomiast grupy jednorodne wyznaczono stosując test Duncana.

WYNIKI I Dyskusja

Uzyskane wyniki badań zestawiono w tabeli 1 i 2. Statystycznie istotny wpływ dolistnej aplikacji roztworów badanych związków stwierdzono jedynie w odniesieniu do zawartości kwasu askorbinowego i azotanów(V) w szpinaku. Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnego wpływu stosowanych zabiegów dolistnej aplikacji na wielkość plonu, średnią masę jednej rośliny, aktywność antywołnorodnikową (DPPH) oraz na zawartość: suchej masy, cukrów rozpuszczalnych, związków fenolowych, szczawianów rozpuszczalnych (tab. 1.), azotanów(III), jonów amonowych, wolnych aminokwasów i N – ogółem w szpinaku (tab. 2).

Tab. 1. Plonowanie oraz jakość biologiczna szpinaku w zależności od dolistnej aplikacji sacharozy, benzyladeniny oraz kwasu salicylowego

Dolistna aplikacja	Plon (kg·m ⁻²)	Masa jednej rośliny (g)	s.m. (%)	DPPH (%)
Kontrola	2,5 a	14,1 a	5,61 a	4,5 a
Sacharoza	2,7 a	15,7 a	5,06 a	4,0 a
Benzyladenina	2,6 a	14,6 a	5,48 a	3,3 a
Kwas salicylowy	2,5 a	16,0 a	5,78 a	3,9 a
Dolistna aplikacja	(mg·100g ⁻¹ św. m.)			
	Cukry rozpuszczalne	Związki fenolowe	Kwas askorbinowy	Szczawiany rozpuszczalne
Kontrola	862,5 a	49,6 a	15,8 b	476,4 a
Sacharoza	836,4 a	50,9 a	12,3 a	404,1 a
Benzyladenina	805,7 a	51,4 a	15,4 b	492,0 a
Kwas salicylowy	836,4 a	52,0 a	16,6 b	510,1 a

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie dla $p < 0,05$.

Tab. 2. Zawartość azotanów, azotynów, jonów amonowych, wolnych aminokwasów oraz N – ogółem szpinaku w zależności od dolistnej aplikacji sacharozy, benzyladeniny oraz kwasu salicylowego

Dolistna aplikacja	(mg·kg ⁻¹ św. m.)			Wolne aminokwasy	N – ogółem
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	(mg N ₂ ·100 g ⁻¹ św. m.)	(% s.m.)
Kontrola	3 348,3 b	0,66 a	9,1 a	9,7 a	4,95 a
Sacharoza	3 454,4 b	0,13 a	8,0 a	10,2 a	5,34 a
Benzyladenina	2 629,6 a	0,03 a	8,0 a	9,0 a	5,36 a
Kwas salicylowy	3 269,5 b	1,94 a	7,9 a	9,8 a	5,24 a

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie dla $p < 0,05$

W stosunku do kontroli oraz pozostałych obiektów dolistna aplikacja sacharozy spowodowała istotne zmniejszenie zawartości kwas askorbinowego (tab. 1), a zastosowanie BA – ograniczenie poziomu akumulacji azotanów(V). Fakt obniżenia zawartości azotanów(V) w szpinaku po zastosowaniu BA potwierdza wcześniejsze obserwacje w tym zakresie [Smoleń i in. 2010; Smoleń i Sady 2012]. Wynika to ze stymulującego oddziaływania tego związku na wzrost aktywności enzymu reduktazy azotanowej (NR) i reduktazy azotynowej (NiR) – enzymów warunkujących redukcję NO₃⁻ do NO₂⁻, a następnie do NH₄⁺ [Yu i in. 1998].

Zmniejszenie zawartości kwasu askorbinowego (witaminy C) w szpinaku wskutek dolistnego zastosowania sacharozy potwierdza uzyskanie podobnych obserwacji przeprowadzonych na roślinach rzodkiewki uprawianych w doświadczeniu wazonowym pod cieniówką [Smoleń i Sady 2012]. Odmienne do tych spostrzeżeń, wyniki badań Kováčika [1999] wskazały, że dolistne zastosowanie sacharozy na dwanaście dni przed zbiorem spowodowało wzrost zawartości kwasu askorbinowego w korzeniach rzodkiewki uprawianej w doświadczeniu wazonowym w szklarni. Wydaje się, że w niniejszych badaniach, uprawa szpinaku (jak również rzodkiewki [Smoleń i Sady 2012]) pod cieniówką mogła osłabić potencjał asymilacyjny roślin, co w efekcie mogło obniżyć tempo procesów metabolicznych, w tym syntezę

związków wtórnych metabolizmu roślinnego – interesujące dane w tym względzie przedstawili Gajewski i inni [2011]. Należy zaznaczyć, że w takich warunkach dolistna aplikacja sacharozy mogła wywołać specyficzną reakcję roślin polegającą prawdopodobnie na okresowym ograniczeniu syntezy kwasu askorbinowego – sacharoza pełni funkcję pośredniego związku sygnałowego (wewnątrzkomórkowego i między-tkankowego) w zakresie zaopatrzenia roślin w produkty fotosyntezy [Starck 2003]. Zatem w przeprowadzonych badaniach aplikowanie egzogennej sacharozy przy zredukowanej ilości światła docierającego do roślin mogło powodować w nich powstanie błędnego sygnału dotyczącego ich potencjału asymilacyjnego. Uzyskane wyniki wskazują na potrzebę przeprowadzenia dalszych badań z zakresu dolistnej biostymulacji z uwzględnieniem czynnika zróżnicowanej ilości światła fotosyntetycznie czynnego PAR. Jest to podyktowane również zasadniczym brakiem wpływu badanych związków na wielkość plonu oraz pozostałe parametry jakościowe plonu szpinaku. Wydaje się, że zredukowana ilość światła w uprawie pod cieniówką mogła w tym względzie mieć decydujący wpływ na osłabienie fizjologicznej i biochemicznej reakcji roślin na zastosowane związki o charakterze regulatorów (BA) i biostymulatorów wzrostu roślin (sacharoza i kwas salicylowy).

WNIOSKI

W porównaniu do kontroli oraz pozostałych badanych kombinacji dolistna aplikacja egzogennej sacharozy spowodowała istotne zmniejszenie zawartości kwasu askorbinowego, a zastosowanie benzyloadeniny (BA) – ograniczenie poziomu akumulacji azotanów(V) w roślinach szpinaku.

Nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu dolistnego zastosowania badanych związków na plonowanie, poziom aktywności antywołnorodnikowej (DPPH) oraz na zawartość: suchej masy, cukrów rozpuszczalnych, związków fenolowych, szczawianów rozpuszczalnych, azotanów(III), jonów amonowych, wolnych aminokwasów i N – ogółem w szpinaku.

LITERATURA

- Babik I., Babik J., Dyśko J. 2008. *Effect of 5-aminolevulinic acid (ALA) from Pentakeep® fertilizers on yield and quality of vegetables grown in the field and under covers*. [w:] Dąbrowski Z.T. (ed.) *Biostimulators in modern agriculture – Vegetable crops*. Warsaw.
- Barczak B., Cwojdzński W. 1998. *Zawartość makropierwiastków w owocach ogórka opryskiwanych środkami ochrony roślin i ekstraktem łubinowym*. Zesz. Nauk. AR w Poz. 27, 11–18.
- Barczak B., Majcherczak E., Kozera W. 2007. *Effect of lupin extract and nitrogen fertilization on yield quality of celeriac*. Veg. Crop. Res. Bull. 66, 59–68.
- Basak A., Mikos-Bielak M. 2008. *The use of some biostimulators on apple and pear trees*. [w:] Dąbrowski Z.T. (ed) *Biostimulators in modern agriculture – Vegetable crops*. Warsaw.
- Cwojdzński W., Barczak B., Polocyn J. 1996. *Wpływ ekstraktu z nasion łubinu gorzkiego na obniżenie zawartości azotu azotanowego w wybranych warzywach*. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 440, 45–50.
- Fariduddin Q., Hayat S., Ahmad A. 2003. *Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in Brassica juncea*. Photosynthetica 41, 281–284.
- Gajewski M., Szymczak P., Bajer M., Wereda A. 2011. *Accumulation of chemical compounds in carrot storage roots under different light conditions*. Annals Warsaw Univers. Life Sci. – SGGW, Hort. Landscape Architect. 32, 15–23.
- Korenman S. 1973. *Analiza fotometryczna*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Kováčik P. 1999. *Effect of nitrogenous nutrition and sacharose foliar application on yield parameters of radish*. Zahradnictví Hort. Scien. (Prague) 26, 97–102.
- Li D. M., Zhang J., Sun W.J., Li Q., Dai A.H, Bai J.G. 2011. *5-Aminolevulinic acid pretreatment mitigates drought stress of cucumber leaves through altering antioxidant enzyme activity*. Scien. Hort. 130, 820–828.
- Miguel S., Gutiérrez R.M., Larqué S.A. 2002. *Low concentrations of salicylic acid increase nitrate accumulation in roots of Pinus patula*. J. Exp. Bot. Phytom. 51, 79–82.
- Nowosielski O. 1988. *Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie*. PWRiL, Warszawa.
- Pekkarinen S., Stockmann H., Schwarz K., Heinnonen M., Hopia A. 1999. *Antioxidant activity and partitioning of phenolic AIDs in bulk and emulsified methyl linoleate*. J. Agric. Food Chem. 47, 3036–3043.

- Persson J. Å., Wennerholm M. 1999. *Poradnik mineralizacji Kjeldahla – przegląd metody klasycznej z ulepszeniami dokonanymi przez firmę FOSS TENCATOR*. Labconsult.
- PN-EN ISO 11732: 2005. *Jakość wody - Oznaczanie azotu amonowego metodą analizy przepływowej (CFA i FIA) z detekcją spektrometryczną*. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- PN-EN ISO 13395: 2001. *Jakość wody – Oznaczanie azotu azotynowego i azotanowego oraz ich sumy metodą analizy przepływowej (CFA i FIA) z detekcją spektrofotometryczną*. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- Samotus B., Leja M., Ścigalski A. 1982. *Porównanie czterech metod oznaczania kwasu askorbinowego w owocach i warzywach*. Acta Agr. Silv. Ser. Agr. 21, 105–122.
- Smoleń S. 2012. *Foliar Nutrition: Current State of Knowledge and Opportunities*. [w:] *Advances in Citrus Nutrition* (ed. A.K. Srivastava). Springer, 41–58.
- Smoleń S., Sady W. 2009. *The effect of foliar nutrition with urea, molybdenum, sucrose and benzyladenine on yield and quality of radish*. Acta Scient. Pol., Hort. Cult. 8(2), 45-55.
- Smoleń S., Sady W. 2010. *The effect of foliar nutrition with urea, molybdenum, sucrose and benzyladenine on yield and some organic compounds of carrot storage roots*. Veg. Crops Res. Bull. 72, 93–103.
- Smoleń S., Sady W. 2012. *Effect of foliar application of urea, molybdenum, benzyladenine, sucrose and salicylic acid on yield, nitrogen metabolism of radish plants and quality of edible roots*. J. Plant Nut. 35(8), 1113–1129.
- Smoleń S., Sady W., Wojciechowska R. 2010. *The effect of foliar nutrition with nitrogen, molybdenum, sucrose and benzyladenine on the nitrogen metabolism in carrot plants*. Veg. Crops Res. Bull. 72, 83–92.
- Starck Z. 2003. *Transport i dystrybucja substancji pokarmowych w roślinach*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Swain T., Hillis W.E. 1959. *Phenolic constituents of Prunus domestica. I. Quantitative analysis of phenolic constituents*. J. Sci. Food Agr. 10, 63–71.
- Wierzbicka E. 2004. *Oznaczanie szczawianów rozpuszczalnych w wybranych użytkach*. [w:] Toksykologia Żywności. Przewodnik do ćwiczeń. Ed. Brzozowska A. Wydawnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa.
- Yemm E. W., Willis A. J. 1954. *The estimation of carbohydrates in plant extracts by antrone*. Biochem. J. 57, 508–514.
- Yu X., Sukumaran S., Marton L. 1998. *Differential expression of the Arabidopsis Nia1 and Nia2 genes*. Plant Physiol. 116, 1091–1096.

Adres do korespondencji:

dr inż. Sylwester Smoleń, prof. dr hab. Włodzimierz Sady
Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych.
Wydział Ogrodniczy, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków
e-mail: s.smolen@ogr.ur.krakow.pl, w.sady@ogr.ur.krakow.pl

Praca sfinansowana z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW

WSTĘPNA OCENA WPŁYWU DOGLEBOWEJ APLIKACJI ZWIĄZKÓW JODU I SELENU NA PLONOWANIE I SKŁAD MINERALNY SAŁATY

PRELIMINARY EVALUATION OF THE INFLUENCE OF IODINE AND SELENIUM COMPOUNDS APPLICATION ON YIELD AND MINERAL COMPOSITION OF LETTUCE PLANTS

Abstrakt. Kilka miliardów ludzi na całym świecie stosuje dietę o niewystarczającej zawartości Se i I. Deficyt tych pierwiastków jest przyczyną wielu schorzeń oraz zaburzeń zdrowotnych dotyczących nie tylko ludzi ale i zwierzęta. Obydwa mikroelementy są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania hormonów tarczycy. Biofortyfikacja (wzbogacenie) roślin w te pierwiastki może być doskonałym sposobem introdukcji dodatkowej puli Se i I do organizmu konsumentów. Celem badań było określenie wpływu doglebowego nawożenia KIO_3 , Na_2SeO_4 i Na_2SO_3 na plonowanie, efektywność biofortyfikacji w Se i I oraz skład mineralny sałaty. Obiektami badań było doglebowe nawożenie Se i I: 1./ Kontrola, 2./ KIO_3 , 3./ Na_2SeO_4 , 4./ Na_2SeO_3 , 5./ $KIO_3+Na_2SeO_4$, 6./ $KIO_3+Na_2SeO_3$. Zastosowano $5\text{ kg I}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $1\text{ kg Se}\cdot\text{ha}^{-1}$ (aplikując przedsięwzięcie i pogłównie po $2,5\text{ kg I}\cdot\text{ha}^{-1}+0,5\text{ kg Se}\cdot\text{ha}^{-1}$). Po zastosowaniu Na_2SeO_4 oraz $KIO_3+Na_2SeO_4$ stwierdzono stosunkowo dużą zawartość selenu w sałacie przekraczającą próg tolerancji gdyż w tych obiektach odnotowano 50% obniżenie wielkości plonu. Zaobserwowano przy tym symptomy toksycznego działania selenu (SeO_4^{2-}) na rośliny. Nie miało to związku ze stanem odżywienia tych roślin w składniki mineralne. Nie stwierdzono efektu biofortyfikacji sałaty w selen w wyniku nawożenia Na_2SeO_3 (w tym łącznie z KIO_3). Zastosowanie KIO_3 łącznie z Na_2SeO_4 oraz Na_2SeO_3 nie obniżyło efektywności wzbogacenia sałaty w jod w porównaniu do nawożenia samym jodanem potasu. Stwierdzono odmienne relacje ilościowe w oddziaływaniu stosowanych związków Se i I na każdy z oznaczanych makro- i mikrośladników. Na tle innych kombinacji wyróżniały się rośliny nawożone Na_2SeO_3 , w których odnotowano najwyższą zawartość P i Cu oraz najniższą zawartość K, Ca, Mg, S, B i Mn.

Słowa kluczowe: *biofortyfikacji, sałata, jod, selen, żywienie mineralne roślin*

Summary: Few billion people in the world consume food containing insufficient level of Se and I. Deficiency of these elements is a cause of numerous diseases affecting human but also animal organisms. Both iodine and selenium are crucial for a proper functioning of thyroid hormones. Biofortification (enrichment) of plants with these elements can become an effective method of introducing additional levels of Se and I into consumer's organism. The aim of the study was to evaluate the influence of soil fertilization with KIO_3 , Na_2SeO_4 and Na_2SO_3 on yield, efficiency of I and Se biofortification as well as mineral composition of lettuce plants. The study included the following combinations of I and Se application: 1./ control, 2./ KIO_3 , 3./ Na_2SeO_4 , 4./ Na_2SeO_3 , 5./ $\text{KIO}_3+\text{Na}_2\text{SeO}_4$, 6./ $\text{KIO}_3+\text{Na}_2\text{SeO}_3$. Iodine and selenium were applied pre-sowing and as a top dressing in a total dose of: $5 \text{ kg I}\cdot\text{ha}^{-1}$ and $1 \text{ kg Se}\cdot\text{ha}^{-1}$ (presowing and topdressing as $2.5 \text{ kg I}\cdot\text{ha}^{-1}+0.5 \text{ kg Se}\cdot\text{ha}^{-1}$) respectively. In combinations with soil fertilization with Na_2SeO_4 and $\text{KIO}_3+\text{Na}_2\text{SeO}_4$ a relatively high selenium content above the tolerance level was noted in lettuce plants what was mainly characterized by a 50% yield decrease – additionally, symptoms of toxic influence of selenium (SeO_4^{2-}) were observed but with no relation to mineral nutrition of cultivated plants. No effect of selenium biofortification of lettuce plants was obtained after soil fertilization with Na_2SeO_3 (also in the combination with simultaneous introduction of KIO_3). Application of KIO_3 together with Na_2SeO_4 or Na_2SeO_3 did not decrease the level of iodine biofortification of lettuce when compared to treatment with potassium iodate alone. Various quantitative relations were noted regarding the influence of tested I and Se compounds on the content of macro- and micronutrients in lettuce plants. Particularly, plants treated with Na_2SeO_3 were characterized by the highest accumulation of P and Cu together with the lowest content of K, Ca, Mg, S, B and Mn of all tested combinations.

Key words: *biofortification, lettuce, iodine, selenium, mineral nutrition of plants*

WSTĘP

Jod i selen nie są uznawane za składniki pokarmowe roślin [Kopsell i Kopsell 2007, Kabata-Pendias 2011], choć selen (wraz z Al, Co, Si, Na i V) klasyfikowany jest do grupy pierwiastków korzystnie oddziałujących na rośliny [Kopsell i Kopsell 2007]. Oba omawiane pierwiastki są natomiast niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu ludzi i zwierząt. Kilka miliardów ludzi (blisko dwie trzecie populacji) na świecie cierpi na choroby i zaburzenia zdrowotne wynikające z niedostatecznej podaży I i Se w pożywieniu. Zjawisko to jest

spotykane nie tylko na obszarach z endemicznym ich niedoborem. Jego geneza leży w niskiej zawartości mobilnych form tych pierwiastków w glebach. Przekłada się to na niedostateczny transfer I i Se do łańcucha troficznego, w którym rośliny odgrywają pierwszoplanową rolę. Jedną z najbardziej obiecujących metod do walki z tym problemem może być biofortyfikacja (wzbogacanie) plonu roślin uprawnych w te składniki mineralne – realizowana za pomocą metod agrotechnicznych lub biotechnologicznych [Lyons i in. 2004; White i Broadley 2005, 2009; Hirschi 2009; Bouis i in. 2011]. O ile dostępnych jest wiele wyników badań dokumentujących wpływ różnych form chemicznych czy sposobów aplikacji selenu na rośliny wyższe, to aspekty oddziaływania jodu oraz interakcji I z Se na tę grupę organizmów wciąż nie są dostatecznie dobrze zdiagnozowane.

Celem pracy było określenie wpływu dogłębowego nawożenia jodem (w formie jodanowej) i selenem (w formie selenianowej i seleninowej) na plonowanie, efektywność biofortyfikacji oraz skład mineralny sałaty.

MATERIAŁ I METODY

Sałatę siewną odmiany 'Melodion' uprawiano w 2012 roku w doświadczeniu polowym w Stacji Doświadczalnej w Mydlnikach (w obszarze administracyjnym miasta Krakowa – 50°07'910 N, 19°84'764 E) należącej do Wydziału Ogrodniczego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Sałatę uprawiano na glebie ciężkiej – glinie ciężkiej (24% piasku, 23% pyłu i 53% iłu). Przed uprawą w warstwie 0–30 cm gleby oznaczono zawartość materii organicznej: 2,33% oraz poziom makroskładników po ekstrakcji 0,03 mol CH_3COOH : N ($\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$) 13,4 mg, P 32,7 mg, K 168,6 mg, Mg 194,2 mg, Ca 2089,3 mg i S 41,4 mg w 1 dm^{-3} gleby. Po trzygodzinnej inkubacji prób gleby w temperaturze 90°C oznaczono zawartość jodu i selenu na poziomie odpowiednio: 0,54 $\text{mg I}\cdot\text{kg}^{-1}$ i 0,17 $\text{mg Se}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby. Odczyn gleby $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ wyniósł 6,02 oraz $\text{pH}(\text{KCl})$ 4,97, a ogólne stężenie soli w glebie (EC) 0,10 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Przed uprawą zastosowano dogłębowe nawożenie saletrą amonową, chlorkiem potasu oraz fosforanem monopotasowym w celu uzupełnienia zawartości makroskładników pokarmowych w glebie do poziomu optymalnego w uprawie sałaty.

Sadzenie sałaty na miejsce stałe w rozstawie 30 cm × 30 cm przeprowadzono w dniu 18-04-2012 r.

Badania obejmowały dogłębne nawożenie jodem oraz selenem w następujących kombinacjach: 1./ Kontrola (bez nawożenia Se i I), 2./ KIO_3 , 3./ Na_2SeO_4 , 4./ Na_2SeO_3 , 5./ $\text{KIO}_3 + \text{Na}_2\text{SeO}_4$, 6./ $\text{KIO}_3 + \text{Na}_2\text{SeO}_3$. Jod i selen zastosowano w sumarycznej dawce 5 kg $\text{I} \cdot \text{ha}^{-1}$ i 1 kg $\text{Se} \cdot \text{ha}^{-1}$. Pierwiastki zastosowano dwukrotnie: bezpośrednio przed sadzeniem oraz pogłównie, 21 dni po wysadzeniu rozsady, w dawkach po 2,5 kg $\text{I} \cdot \text{ha}^{-1} + 0,5$ kg $\text{Se} \cdot \text{ha}^{-1}$. Aplikację związków jodu i selenu przeprowadzono w formie roztworów wodnych (2 dm³ na poletko – z zachowaniem przyjętych dawek I i Se) za pomocą grubokroplistego opryskiwania powierzchni gleby. Doświadczenie prowadzono metodą split-plot w czterech powtórzeniach – poletkach o wymiarach 5 m × 1,5 m (7,5 m²).

Podczas zbioru (30-05-2012r.) wykonano pomiar wielkości plonu główek oraz pobrano próby sałaty do analiz. Sałatę zbierano w fazie dojrzałości zbiorczej. W liściach sałaty oznaczono całkowitą zawartość: jodu i selenu po inkubacji prób z TMAH (wodorotlenkiem tetrametyloamonu) [PN-EN 15111 2008], azotu metodą Kjeldahla [Persson i Wennerholm 1999] oraz P, K, Mg, Ca, S, Na, B, Cu, Fe, Mo, Mn i Zn po mikrofalowej mineralizacji prób w 65% HNO_3 [Paślawski i Migaszewski 2006]. Zawartość I, Se oraz makro- i mikrośladników w sałacie (z wyjątkiem azotu) oznaczono przy użyciu wysokiej rozdzielczości spektrometru ICP-OES Teledyne Leeman Labs USA.

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu modułu jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) programu Statistica 10.0 PL przy poziomie istotności $p < 0,05$, natomiast grupy jednorodne wyznaczono stosując test Duncana.

WYNIKI I DYSKUSJA

Stwierdzono statystycznie istotny wpływ badanych czynników na plonowanie oraz zawartość I, Se, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, M i Zn w sałacie (tab. 1 i 2).

Tab. 1. Plonowanie oraz zawartość jodu i selenu w sałacie w zależności od dogłębowej aplikacji KIO_3 , Na_2SeO_4 i Na_2SeO_3

Nawożenie	Plon ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	Selen ($\text{mg Se}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)	Jod ($\text{mg I}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)
Kontrola	38,1 b	4,6 b	1,4 b
KIO_3	41,9 b	0,0 a	3,1 c
Na_2SeO_4	19,4 a	31,0 c	0,1 a
Na_2SeO_3	40,5 b	1,6 b	0,9 ab
$\text{KIO}_3+\text{Na}_2\text{SeO}_4$	20,5 a	31,0 c	3,2 c
$\text{KIO}_3+\text{Na}_2\text{SeO}_3$	42,1 b	1,8 b	2,6 c

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie dla $p < 0,05$.

Spośród aplikowanych związków jodu i selenu jedynie zastosowanie Na_2SeO_4 (w tym również łącznie z KIO_3) powodowało około 50% obniżenie poziomu plonowania w stosunku do pozostałych obiektów doświadczenia (tab. 1). Równocześnie w tych dwóch kombinacjach stwierdzono blisko 6,8 krotnie wyższą zawartość selenu niż w roślinach kontrolnych oraz 19 i 17-krotnie większą jego zawartość niż w roślinach nawożonych odpowiednio Na_2SeO_3 oraz $\text{KIO}_3+\text{Na}_2\text{SeO}_3$. Najprawdopodobniej bezpośrednią przyczyną znacznego obniżenia wielkości plonu w roślinach traktowanych Na_2SeO_4 i $\text{KIO}_3+\text{Na}_2\text{SeO}_4$ była wysoka zawartość selenu w tkankach, która okazała się być toksyczna – obserwowano na nich symptomy negatywnego działania Se tj. chlorotyczne plamy przechodzące w nekrozy. Znany jest fakt, że forma SeO_4^{2-} jest przez rośliny lepiej pobierana, ale jest równocześnie bardziej toksyczna niż forma SeO_3^{2-} [Kopsell i Kopsell 2007]. W tym zakresie uzyskane wyniki potwierdzają omawiane zależności. Zastanawiającym jest jednak, że w sałacie nawożonej Na_2SeO_3 oraz $\text{KIO}_3+\text{Na}_2\text{SeO}_3$ zawartość selenu była na poziomie podobnym, a w przypadku dogłębowego zastosowania samego KIO_3 znacznie niższa niż w kontroli (poniżej limitu detekcji spektrometru ICP-OES). Wyniki te wskazują, że pomimo wprowadzenia do gleby selenu w dawce $1 \text{ kg Se}\cdot\text{ha}^{-1}$, forma SeO_3^{2-} praktycznie nie została pobierana/akumulowana w liściach sałaty. Wiadomym jest, że akumulacja jonów SeO_3^{2-}

następuje głównie w korzeniach (gdzie następuje ich wbudowanie do aminokwasów selenowych: selenocysteiny i selenometioniny), co skutkuje niskim poziomem akumulacji selenu w liściach w przypadku nawożenia formą SeO_3^{2-} [Brown i Shift 1982]. Przy dużej koncentracji selenu (w formie SeO_4^{2-}) w glebie, jony SeO_4^{2-} są stosunkowo łatwo transportowane z korzeni do liści, gdzie następuje ich akumulacja, redukcja oraz dalsza transformacja do wspomnianych aminokwasów selenowych [Kopsell i Kopsell 2007]. Innym powodem braku efektu biofortyfikacji sałaty w selen po zastosowaniu w nawożeniu Na_2SeO_3 może być fakt, że w środowisku glebowym półtoratlenki żelaza [$\text{Fe}(\text{OH})_3$] mogą powodować silną sorpcję jonów SeO_3^{2-} . W tym aspekcie warto również wspomnieć, że wzajemne przemiany selenianów (SeO_4^{2-}) w seleniny (SeO_3^{2-}) zachodzą w środowisku glebowym w bardzo wolnym tempie [Elrashidi i in. 1989; Kopsell i Kopsell 2007], co przy uprawie sałaty (rośliny o krótkim okresie wegetacji) powinno mieć małe znaczenie. To przypuszczenie zdaje się być uzasadnione zwłaszcza, że połowę dawki selenu wprowadzono do gleby w nawożeniu pogłównym.

Należy podkreślić, że w przeprowadzonych badaniach zastosowanie selenu (w obu formach) łącznie z nawożeniem KIO_3 nie miało negatywnego wpływu na proces wzbogacenia roślin w jod. Zawartość tego pierwiastka w sałacie nawożonej KIO_3 (we wszystkich trzech kombinacjach) była w porównywalnym stopniu wyższa niż w kontroli (tab. 1). Co interesujące introdukcja do gleby związków selenu (Na_2SeO_4 i Na_2SeO_3) bez nawożenia KIO_3 powodowała obniżenie zawartości jodu w sałacie. Zatem znaczne ograniczenie pobierania selenu przy nawożeniu jedynie KIO_3 oraz pobierania jodu po nawożeniu samym Na_2SeO_4 bądź Na_2SeO_3 , wskazuje, że: a) forma jodanowa jodu (IO_3^-) wywarła antagonistyczny wpływ na pobieranie selenu, b) formy SeO_4^{2-} i SeO_3^{2-} antagonistycznie oddziaływały na pobieranie jodu z gleby przez rośliny sałaty. W naszej opinii przyczyn tego zjawiska nie da się obiektywnie wytłumaczyć bez oznaczenia chemicznych form występujących w środowisku glebowym oraz opisanie przemian form specyjalnych, jakim podlegały związki selenu i jodu po ich wprowadzeniu do gleby – istotnym w tym kontekście wydaje się również potrzeba określenia przebiegu tych zjawisk występujących w obrębie ryzosfery. Problematyka ta (zwłaszcza w zakresie interakcji

pomiędzy jodem i selenem) nie została dotychczas udokumentowana w opublikowanych wynikach prac badawczych. Interesującym jest, że zupełnie inaczej kształtują się relacje w zakresie pobierania Se i I przez rośliny w uprawach hydroponicznych, w których na proces ten nie oddziałują czynniki środowiska glebowego. W badaniach Zhu i innych [2004] przy równoczesnym nawożeniu IO_3^- i SeO_4^{2-} nie stwierdzono istotnego wpływu aplikacji jodu (w stężeniach 0, 10 i 50 $\mu\text{mol l}^{-1}$) oraz selenu (w stężeniu 0, 10 i 20 $\mu\text{mol Se}$) odpowiednio na zawartość selenu i jodu w szpinaku. Być może stwierdzony w naszych badaniach ograniczający wpływ nawożenia KIO_3 na zawartość selenu w główkach sałaty można tłumaczyć w oparciu o hipotezę zakładającą, że po pobraniu jonów IO_3^- następuje ich redukcja w korzeniach do I^- przed dalszym transportowaniem do nadziemnych części roślin) [Böszörményi i Cseh 1960], czy też wbudowaniem do związków organicznych w obrębie systemu korzeniowego [Cseh i Böszörményi 1964]. W naszych badaniach przy nawożeniu samym KIO_3 wydatkowanie dodatkowej puli energetycznej potrzebnej na redukcję jonów jodanowych w korzeniach mogło wpłynąć w pewnym stopniu na zaburzenie procesu pobierania selenu z gleby czy też jego dalszego transportowania (w formach mineralnych bądź organicznych) z korzeni do liści. Określa się, że transport jodu w obrębie komórek systemu korzeniowego jest analogiczny do przemieszczania się jonów chlorkowych (Cl^-): na zasadzie symportu (H^+/anion), antyportu (Na^+/Cl^-), poprzez kanały jonowe zdolne do przepuszczania Cl^-/I^- [White i Broadley 2001; Roberts 2006; Colmenero-Flores i in. 2007] czy też przy zaangażowaniu nośników – najprawdopodobniej są one specyficzne dla pierwiastków z grupy fluorowców (halogenów) [White i Broadley 2009]. Zatem jest mało prawdopodobne, by po pobraniu IO_3^- (oraz po jego dalszej redukcji do I^-) dochodziło w roślinach do upośledzenia systemu transportu selenu.

Nawożenie związkami jodu i selenu miało istotny wpływ na zawartość N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, M i Zn w sałacie (tab. 2). Stwierdzono jednak różne oddziaływanie związków Se i I (jak i w przypadku łącznego nawożenia KIO_3 z Na_2SeO_3 lub Na_2SeO_4) w odniesieniu do każdego z oznaczanych makro- i mikroskładników. Największą zawartość P i Cu oraz najmniejszą zawartość K, Ca, Mg, S, B i Mn stwierdzono w sałacie nawożonej Na_2SeO_3 . Warto podkreślić, że zmniejszenie wielkości plonu główek po nawożeniu Na_2SeO_4

oraz $\text{KIO}_3 + \text{Na}_2\text{SeO}_4$ zasadniczo nie miało swojego odzwierciedlenia w ograniczeniu pobierania składników pokarmowych. Wzmacnia to nasze przypuszczenia dotyczące przyczyn obniżenia wielkości plonu w toksycznym oddziaływaniu SeO_4^{2-} na rośliny sałaty.

Znane jest wzajemne antagonistyczne oddziaływanie SeO_4^{2-} z SO_4^{2-} podczas ich pobierania przez rośliny [Kopsell i Kopsell 2007]. W naszych badaniach niezwykle interesującym jest zatem uzyskanie większego (niż w kontroli i pozostałych obiektach) poziomu odżywienia w siarkę roślin nawożonych Na_2SeO_4 oraz $\text{KIO}_3 + \text{Na}_2\text{SeO}_4$. Być może należy to wiązać z toksycznym oddziaływaniem SeO_4^{2-} na rośliny. Jednym z mechanizmów ochrony roślin przed nadmierną koncentracją metali ciężkich i metaloidów, w tym selenu, jest synteza fitochelatyn – specyficznych białek wiążących te pierwiastki powodując ich detoksyfikację. Białka te zawierają duże ilości aminokwasów siarkowych: cysteiny, homocysteiny i metioniny [Spain i Rabenstein 2004]. Hawrylak i Szymańska [2004] odnotowały, że po aplikacji SeO_3^{2-} następowała akumulacja niebiałkowych grup -SH (występujących w cysteinie) w korzeniach, a po zastosowaniu SeO_4^{2-} w pędach. Można zatem przypuszczać, że również i w naszych badaniach jony SeO_3^- podlegały wydajnemu procesowi wiązania w korzeniach z fitochelatynami. Skutkowało to ograniczeniem transportu selenu do liści, a w konsekwencji brakiem efektu biofortyfikacji główek sałaty w Se przy nawożeniu Na_2SeO_3 oraz $\text{KIO}_3 + \text{Na}_2\text{SeO}_3$.

WNIOSKI

Nawożenie roślin Na_2SeO_4 oraz łączne zastosowanie KIO_3 z Na_2SeO_4 powodowało około 50% obniżenie wielkości plonu, w wyniku większej akumulacji selenu (większej od progu tolerancji przechodzącego w zakres toksyczności), a nie pogorszenia stanu odżywienia sałaty makro- i mikroskładnikami.

Po nawożeniu oddzielnie KIO_3 , Na_2SeO_4 oraz Na_2SeO_3 odnotowano a) antagonistyczny wpływ formy jodanowej jodu (IO_3^-) na pobieranie selenu oraz b) antagonistyczny wpływ selenu (w obu badanych formach) na pobieranie jodu z gleby przez rośliny.

Łączne nawożenie KIO_3 z Na_2SeO_4 oraz z Na_2SeO_3 miało podobny wpływ na poziom wzbogacenia sałaty w jod jak stosowanie samego KIO_3 .

Tab. 2. Zawartość makro- i mikrośkładników w sałacie w zależności od dogłębowej aplikacji KIO_3 , Na_2SeO_4 i Na_2SeO_3

Nawożenie	(% s.m.)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Kontrola	3,4 a	0,46 b	6,7 d	1,58 c	0,39 d	0,26 a
KIO_3	3,4 a	0,49 c	6,3 c	1,53 b	0,38 cd	0,28 b
Na_2SeO_4	3,9 b	0,46 b	6,8 d	1,57 c	0,36 b	0,33 d
Na_2SeO_3	3,6 b	0,51 d	6,0 a	1,31 a	0,34 a	0,27 a
$\text{KIO}_3+\text{Na}_2\text{SeO}_4$	4,0 d	0,44 a	6,2 b	1,57 c	0,37 c	0,31 c
$\text{KIO}_3+\text{Na}_2\text{SeO}_3$	3,6 c	0,48 c	6,0 a	1,62 d	0,38 cd	0,28 b
	$(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.})$					
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Kontrola	31,8 c	7,95 e	877,2 d	74,4 d	0,28 a	87,7 c
KIO_3	32,7 d	7,44 c	718,3 a	67,2 bc	0,26 a	94,4 d
Na_2SeO_4	29,0 b	7,63 d	965,6 f	67,7 c	0,34 b	77,3 a
Na_2SeO_3	28,6 a	8,52 f	749,5 b	60,6 a	0,31 ab	84,3 b
$\text{KIO}_3+\text{Na}_2\text{SeO}_4$	29,3 b	6,90 a	929,7 e	66,2 b	0,28 a	78,8 a
$\text{KIO}_3+\text{Na}_2\text{SeO}_3$	33,4 e	7,08 b	775,6 c	66,9 bc	0,26 a	84,7 b

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie dla $p < 0,05$.

Nie uzyskano efektu biofortyfikacji sałaty w selen po nawożeniu Na_2SeO_3 aplikowanym oddzielnie jak i łącznie z KIO_3 .

W liściach sałaty nawożonej Na_2SeO_3 odnotowano największą zawartość P i Cu oraz najmniejszą zawartość K, Ca, Mg, S, B i Mn.

LITERATURA

- Barker A.V., Pilbeam D.J. 2007. *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Böszörményi Z., Cseh E. 1960. *The uptake and reduction of iodate by wheat roots*. *Curr. Sci.* 29, 340–341.

- Bouis H.E., Hotz C., McClafferty B., Meenakshi J.V., Pfeiffer W.H. 2011. *Biofortification: A new tool to reduce micronutrient malnutrition*. Food Nutr. Bull. 32(1) (suppl.), 31–40.
- Brown T.A., Shrift A. 1982. *Selenium: toxicity and tolerance in higher plants*. Biol. Rev. 57, 59–84.
- Colmenero-Flores J.M., Martínez G., Gamba G., Vázquez N., Iglesias D.J., Brumós J., Talón M. 2007. *Identification and functional characterization of cation-chloride cotransporters in plants*. Plant J. 50, 278–292.
- Cseh E., Böszörményi Z. 1964. *The absorption and metabolism of halides and halogenates by excised wheat roots*. Plant Soil 20(3), 371–382.
- Elrashidi M.A., Adriano D.C., Lindsay W.L. 1989. *Solubility, speciation, and transformation of selenium in soils*. Am. Society Agron. Soil Sci. Society Am. 51–64.
- Hawrylak B., Szymańska M. 2004. *Selenium as a sulphydrylic group inductor in plants*. Cell. Mol. Biol. Lett. 9, 329–336.
- Hirschi K.D. 2009. *Nutrient biofortification of food crops*. Annu Rev. Nutr. 29, 401–421.
- Kabata-Pendias A. 2011. *Trace elements in soil and plants*. Fourth Edition CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Kopsell D.A., Kopsell D.E. 2007. *Selenium*. W: Handbook of Plant Nutrition. Red. Barker A.V. i Pilbeam D.J. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Lyons G.H., Stangoulis J.C., Graham R.D. 2004. *Exploiting micronutrient interaction to optimize biofortification programs: The case for inclusion of selenium and iodine in the HarvestPlus program*. Nutr. Rev. 62, 247–252.
- Pasławski P., Migaszewski Z.M. 2006. *The quality of element determinations in plant materials by instrumental methods*. Polish J. Environ. Stud. 15(2a), Part I, 154–164.
- Persson J.Å., Wennerholm M. 1999. *Poradnik mineralizacji Kjeldahla – przegląd metody klasycznej z ulepszeniami dokonanymi przez firmę FOSS TECATOR*. Labconsult, Warszawa.
- PN-EN 15111:2008. *Artykuły żywnościowe – Oznaczenie pierwiastków śladowych – Oznaczenie zawartości jodu metodą ICP MS (spektrometria masowa z plazmą wzbudzoną indukcyjnie)*. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- Roberts S.K. 2006. *Plasma membrane anion channels in higher plants and their putative functions in roots*. New Phytol. 169, 647–666.
- Spain S.M., Rabenstein D.L. 2004. *Characterization of the selenotrisulfide formed by reaction of selenite with end-capped phytochelatin-2*. Anal. Bioanal. Chem. 378 (6), 1561–1567.

- White P.J., Broadley M.R. 2001. *Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: A review*. Annals Bot. 88, 967–988.
- White P.J., Broadley M.R. 2005. *Biofortifying crops with essential mineral elements*. Trends Plant Sci. 10(12), 586–593.
- White P.J., Broadley M.R. 2009. *Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine*. New Phytol. 182(1), 49–84.
- Zhu Y.G., Huang Y., Hu Y., Liu Y., Christie P. 2004. *Interactions between selenium and iodine uptake by spinach (Spinacia oleracea L.) in solution culture*. Plant Soil 261, 99–105.

Adres do korespondencji:

dr inż. Sylwester Smoleń, dr Łukasz Skoczylas
mgr inż. Roksana Rakoczy, mgr inż. Joanna Wierzbńska
Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych
Wydział Ogrodniczy Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: s.smolen@ogr.ur.krakow.pl, lskoczylas@onet.eu
rakoczyroxia@interia.pl, acia.wierzbinska@gmail.com

dr inż. Iwona Ledwożyw-Smoleń
Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin
Wydział Ogrodniczy Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków
e-mail: iwona_ledwozyw@gazeta.pl

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/03/D/NZ9/05560

ROZWÓJ PĘDÓW GENERATYWNYCH I PLON NASION SZALOTKI Z JESIENNEGO SADZENIA CEBUL

THE DEVELOPMENT OF GENERATIVE SHOOTS AND SEED YIELD OF SHALLOT FROM THE AUTUMN BULB PLANTING

Abstrakt. Celem badań była ocena możliwości uprawy szalotki na nasiona z jesiennego terminu sadzenia cebul. Określono możliwość przetrzymywania roślin i wpływ wielkości cebul użytych do sadzenia na wytwarzanie pędów generatywnych i nasion. W doświadczeniu uwzględniono 4 odmiany i jedną lokalną populację. Cebule o średnicy 20–30 mm, 31–40 mm, 41–50 mm i 51–60 mm sadzono jesienią (I dekada października). Podczas wegetacji w drugim roku uprawy wykazano zróżnicowany udział roślin wytwarzających pędy generatywne. Średnia liczba pędów generatywnych jednej rośliny u badanych odmian wynosiła 1,9–4,4, a u populacji z sadzenia cebul o średnicy 20–30 mm – 6,6. Wykazano istotny wpływ wielkości cebul użytych do sadzenia na masę baldachów nasiennych i plon nasion odmiany ‘Toto’. Istotnie największy plon nasion uzyskano z cebul o średnicy 51–60 mm.

Słowa kluczowe: *Allium cepa* L. var. *ascalonicum* Backer, pędy generatywne, plon nasion

Summary. The aim this study was to evaluate the possibility of growing shallot for seed from the autumn bulb planting. The study was to determine the possibility of overwintering of shallot plant and to show the effect of bulb size using to planting on produced generative shoots and seeds. Experiment included 4 cultivars and single local population. The bulbs with diameter of 20–30 mm, 31–40 mm, 41–50 mm and 51–60 mm were planted in the field in autumn (on the first decade October). During the vegetation in the second year of experiment, different share of plants producing generative shoots, were observed. Average number of generative shoots per a single plant was 1.9–4.4 for all cultivars and 6.6 for population from planting the bulbs of 20–30 mm diameter. This experiment showed a significant influence of bulb size on weight of seed umbels and seed yield in ‘Toto’ cv. The weight of seed umbels and seed yield from the biggest bulbs (51–60 mm in diam.) was significantly the highest.

Key words: *Allium cepa* L. var. *ascalonicum* Backer, generative shoots, seed yield

WSTĘP

Szalotka (*Allium cepa* L. var. *ascalonicum* Backer) jest rośliną blisko spokrewnioną z cebulą zwyczajną, ale charakteryzuje się innym sposobem wzrostu i rozwoju oraz właściwościami użytkowymi. Charakterystyczną cechą szalotki jest gniazdowość, tj. tworzenie kilku lub kilkunastu cebul potomnych z sadzenia jednej cebuli macierzystej [Brewster 1994; Krontal i in. 1998; Fritsch i Friesen 2002; Tendaj 2005]. Po rozdzieleniu gniazda uzyskuje się cebule potomne, które można przeznaczyć do konsumpcji lub rozmnażania. Wegetatywne rozmnażanie szalotki jest powszechne nawet u odmian, które wytwarzają pędy generatywne i nasiona [Krontal i in. 1998; Cohat i in. 2001]. Jednak przy tej metodzie uprawy istnieje duże ryzyko pojawienia się chorób wirusowych, które mogą przyczynić się do istotnej obniżki osiągniętego plonu.

Wieloletnie badania dotyczące plonowania i jakości szalotki różnych odmian i populacji uprawianych z sadzenia cebul i siewu nasion pozwoliły określić wiele cech decydujących o doskonałym przystosowaniu tej rośliny do polskich warunków klimatyczno – glebowych [Kotlińska 1995; Tendaj i Piusińska – Siedlecka 1999, 2000; Tendaj i Mysiak 2012]. Jednak podstawowym warunkiem upowszechnienia uprawy szalotki w Polsce na skalę towarową jest dostępność zarówno cebul (jako materiału mnożeniowego) jak też nasion o wysokich parametrach wartości siewnej.

Populacje miejscowe szalotki powszechnie rozmnażane są wegetatywnie z cebul przybyszowych, gdyż nie wydają pędów generatywnych lub w znikomej liczbie. Jedną z przyczyn braku zdolności tworzenia pędów generatywnych może być fakt, że do sadzenia używane są małe cebule, a większe służą do konsumpcji.

Zdolność rozwoju generatywnego szalotki, podobnie jak u cebuli zwyczajnej, zależy jednak od wieku roślin uprawianych z siewu, a także od wielkości cebul wysadkowych [Tendaj 1989; Tabor i in. 2005, 2006; Morozowska i Hołubowicz 2009]. Trudności pozyskania nasion u szalotki wynikają nie tylko z cech genetycznych tej rośliny, na co wskazują badania Tabor i innych [2005, 2006], lecz także mogą być uwarunkowane jakością wysadków, ich sposobem przechowywania i terminem sadzenia. Wcześniejsze badania przeprowadzane w warunkach Lubelszczyzny wykazały, że jesienne sadzenie cebul

szalotki w porównaniu z cebulą zwyczajną jest mniej zawodne, gdyż odsetek roślin przetrzymywanych i rozpoczynających wegetację wiosną przekracza nawet 90% [Tendaj i Gruszecki 2000].

Celem podjętych badań była charakterystyka rozwoju generatywnego szalotki kilku odmian z jesienno sadzenia cebul o różnej wielkości. Oceniono także plonowanie nasion u odmiany ustalonej 'Toto', którą w Polsce zaleca się uprawiać z siewu, w porównaniu z lokalną populacją 'U' rozmnażaną najczęściej wegetatywnie.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach przeprowadzonych w latach 2010–2012 uwzględniono cztery odmiany szalotki oraz jedną miejscową populację. Były to odmiany hodowli Bejo Zaden – 'Ambition F₁', 'Bonilla F₁', 'Matador F₁' oraz jedna odmiana ustalona hodowli PlantiCo Zielonki-Toto'. Miejscowa populacja 'U' jest szalotką uprawianą na obszarze wschodniej Polski i w okolicach Lwowa. Cebule badanych odmian o średnicy 20–30 mm, 31–40 mm, 41–50 mm oraz 51–60 mm były sadzone w polu w pierwszej dekadzie października 2009, 2010 i 2011 r. Na jednym poletku o powierzchni 3 m² (1,5 × 2 m) sadzono 100 cebul. Liczba powtórzeń badanych czynników (odmiana, średnica cebul) wynosiła 3. Wyniki przedstawione w tej pracy obejmują obserwacje i pomiary roślin szalotki rozpoczynających wegetację w drugim roku uprawy, tj. 2010, 2011 i 2012.

Wiosną, w pierwszej dekadzie kwietnia (w kolejnych latach – 2010, 2011, 2012) oceniono udział roślin wznawiających wzrost, a w czasie dalszej wegetacji udział roślin wytwarzających pędy generatywne, ich liczbę u jednej rośliny oraz średnią wysokość pędów generatywnych w momencie uformowania główkowatych baldachów.

U odmian mieszańcowych (F₁) po wytworzeniu kwiatostanów, przed otwarciem kwiatów, ogłowiono je w celu niedopuszczenia do przekrzyżowania z odmianą 'Toto' (ustaloną). Szalotkę populacji 'U', która wytwarza drobne cebule, z reguły o średnicy 20–30 mm, uprawiano na polu oddalonym od głównego doświadczenia w odległości ponad 500 m (izolacja przestrzenna w stosunku do odmiany 'Toto'). Stanowiło to odrębne doświadczenie, jako obiekt porównywany z pozostałymi odmianami tylko w odniesieniu do cebul o średnicy 20–30 mm. Po zebraniu i dosuszeniu baldachów nasiennych odmi-

any 'Toto' i populacji 'U' oceniono ich masę, a po omlóceniu plon nasion. Wyniki opracowano statystycznie, a istotność różnic obliczono za pomocą przedziałów T-Tukey'a przy poziomie ufności $\alpha=0,05$.

WYNIKI

Stwierdzono wysoki udział roślin szalotki rozpoczynających wegetację w drugim roku uprawy – u odmian średnio 87,0%, a u miejscowej populacji 75,5% (tab. 1). Wykazano przy tym, że im większe były cebule wysadkowe (o większej średnicy), tym więcej roślin dobrze przezimowało i wiosną rozpoczęło wegetację. Różnica między obiektami sadzenia cebul o średnicy 20–30 mm i 51–60 mm wynosiła średnio 16,6%. Najmniejsze straty roślin po przezimowaniu stwierdzono u odmiany 'Bonilla' F_1 (średnio 7,2%), a największe u odmiany 'Toto' (średnio 22,4%). Rośliny populacji 'U' przezimowały nieco lepiej w porównaniu z odmianą 'Toto' z cebul o średnicy 20–30 mm, ale słabiej w porównaniu z wszystkimi odmianami mieszańcowymi.

Udział roślin wytwarzających pędy generatywne był bardzo duży, niezależnie od odmiany i wielkości cebul użytych do sadzenia (średnio z wszystkich frakcji cebul – ponad 93% u odmian i ponad 75% u populacji 'U' z sadzenia cebul o średnicy 20–30 mm). Wykazano, że im większe były cebule wysadkowe, tym większy był udział roślin szalotki wytwarzających pędy generatywne i większa też była ich liczba u jednej rośliny. Odmiana 'Matador F_1 ' wyróżniała się największym odsetkiem roślin z pędami generatywnymi, które osiągnęły też największą wysokość. Rośliny odmiany 'Toto' wytwarzały najwięcej pędów generatywnych, zwłaszcza z sadzenia cebul dużych (40–50 mm średnicy).

Populacja 'U' w porównaniu z odmianami charakteryzowała się wytworzeniem dużej liczby pędów generatywnych – prawie 3,5-krotnie więcej niż u odmian z sadzenia cebul o tej samej średnicy, tj. 20–30 mm (tab. 1). Jednak były one znacznie niższe – średnio o ponad 10 cm.

Masa baldachów nasiennych oraz plon nasion odmiany 'Toto' różniły się istotnie w zależności od wielkości cebul użytych do sadzenia. Istotnie największą masą charakteryzowały się baldachy nasienne roślin uzyskanych z cebul o największej średnicy. Miało to wpływ na wielkość uzyskanego plonu nasion w tym obiekcie.

Masa nasion z jednego baldacha okazała się nieistotna przy wykorzystaniu do sadzenia cebul o średnicy 31–60 mm, lecz plon nasion z jednostki powierzchni w przeliczeniu na 100 m² był istotnie zróżnicowany. Zdecydowanie największy plon nasion z sadzenia cebul o średnicy 51–60 mm był rezultatem większej liczby pędów nasiennych, które zarejestrowano w tym obiekcie badań (średnio 5,5 szt. u jednej rośliny – tab. 1). Z cebul o najmniejszej średnicy rośliny szalotki odmiany ‘Toto’ wytworzyły bardzo mało nasion, średni plon w przeliczeniu na 100 m² pola wynosił 615,8 g, co stanowiło 4,8-krotnie niższy plon w porównaniu z obiektem sadzenia cebul o średnicy 51–60 mm (tab. 2). Baldachy nasienne roślin miejscowej populacji ‘U’ z sadzenia cebul o średnicy 20–30 mm miały mniejszą masę w porównaniu z roślinami odmiany ‘Toto’. W konsekwencji plon nasion populacji ‘U’ był istotnie mniejszy (ponad 1,7-krotnie) w porównaniu z odmianą ‘Toto’.

Tab. 1. Charakterystyka wzrostu i rozwoju roślin szalotki z jesienno-terminu sadzenia cebul o różnej średnicy (średnio z lat 2010–2012)

Odmiana	Średnica cebul użytych do sadzenia (mm)	Udział roślin rozpoczynających vegetację wiosną po przezimowaniu (%)	Udział roślin wytwarzających pędy generatywne (%)	Liczba pędów generatywnych jednej rośliny	Wysokość pędów generatywnych (cm)
Toto	20–30	66,2	84,9	2,6	71,5
	31–40	72,5	96,2	2,8	86,6
	41–50	81,5	98,5	4,3	87,3
	51–60	94,5	98,9	5,5	88,8
	średnio	78,6	94,6	3,8	83,5

Ambition F_1	20–30	81,2	79,4	1,4	69,7
	31–40	75,2	98,4	1,8	75,6
	41–50	92,0	97,7	3,3	84,6
	51–60	94,5	99,4	4,1	90,2
	średnio	85,7	93,7	2,6	80,0
Bonilla F_1	20–30	89,0	83,7	1,8	64,0
	31–40	91,5	94,0	1,7	63,8
	41–50	92,5	93,6	2,3	74,4
	51–60	98,5	100,0	3,1	76,8
	średnio	92,8	92,8	2,2	69,7
Matador F_1	20–30	82,6	91,2	2,1	72,7
	31–40	92,5	88,3	2,7	81,0
	41–50	91,0	100,0	4,3	94,6
	51–60	98,0	100,0	4,9	87,9
	średnio	91,0	94,8	3,5	84,0
Średnio	20–30	79,7	82,6	1,9	69,4
	31–40	82,9	94,2	2,2	76,7
	41–50	89,2	97,4	3,5	85,2
	51–60	96,3	99,5	4,4	85,9
	średnio	87,0	93,4	3,0	79,3
NIR _{0,05} :					
Odmiana				0,6	n.i.
Średnica cebul				0,6	14,8
Współdziałanie (odmiana × średnica cebul)				1,1	ni.
Populacja	20–30	75,5	75,3	6,6	58,0
‘U’Toto	20–30	66,2	84,9	2,6	71,5
NIR _{0,05}					
Populacja, odmiana				1,0	14,1

DYSKUSJA

Tab. 2. Masa baldachów nasiennych i plon nasion odmiany 'Toto' i populacji 'U' z jesiennego terminu sadzenia cebul (średnio z lat 2010–2012)

Średnica cebul odmiany Toto użytych do sadzenia (mm)	Masa baldachów po wysuszeniu (g/100 m ²)	Masa nasion z jednego baldacha (g)	Plon nasion (g/100 m ²)
20–30	3664,2	0,35	615,8
31–40	8757,1	0,87	1502,7
41–50	10735,8	0,82	1734,9
51–60	21650,1	0,74	2979,7
średnio	11201,8	0,69	1708,2
NIR _{0,05} : średnica cebul	1265,6	0,13	341,4
Średnica cebul populacji U użytych do sadzenia (mm) 20–30	3083,3	0,27	348,1
Średnica cebul odmiany Toto użytych do sadzenia (mm) 20–30	3664,2	0,35	615,8
NIR _{0,05} Średnica cebul 20–30 mm odmiana Toto i populacja U	ni.	0,06	96,3

Uzyskane wyniki badań wykazały, że rozwój pędów generatywnych szalotki zależał od odmiany oraz wielkości cebul użytych do sadzenia jesienią roku poprzedzającego wegetację roślin.

Uprawa szalotki i cebuli zwyczajnej z sadzenia cebul w terminie jesiennym jest znaną metodą pozyskiwania wczesnej cebuli na zbiór pęczkowy [Tendaj i Gruszecki 2000; Tendaj 2005]. Jesienne sadzenie cebul o większej średnicy (powyżej 30 mm) prowadzi jednak do wytworzenia pędów generatywnych, co obniża jakość handlową cebuli konsumpcyjnej [Tendaj i in. 2006]. W przypadku uprawy na nasiona jest to zjawisko pożądane, gdyż jarowizacja roślin w warunkach polowych może być skuteczniejsza niż podczas przechowywania materiału wysadkowego od jesieni do wczesnej wiosny.

Warunkiem prowadzenia uprawy szalotki na nasiona z jesiennego sadzenia cebul jest dobre przezimowanie roślin i skuteczna ich jarowizacja. Tabor [2004] oraz Tabor i inni [2005, 2006] wykazali, że u szalotki zbyt młode rośliny nie ulegają jarowizacji, a faza juwenilna wynosi około 60 dni od rozpoczęcia wzrostu. W badaniach tych autorów odsetek roślin szalotki wytwarzających pędy generatywne z sadzenia cebul był większy o 9% w porównaniu z roślinami z siewu nasion, poddanych zabiegowi jarowizacji po wytworzeniu 6–17 liści. Wyniki badań niniejszej pracy wskazują, że ze względu na dobre przezimowanie roślin szalotki z jesiennego sadzenia cebul oraz wysoki udział roślin wytwarzających pędy generatywne, produkcja nasion tą metodą może być w pełni uzasadniona. Można było to prześledzić z uwzględnieniem odmiany ustalonej, mieszańców, a także populacji miejscowej. Podobnie jak u cebuli zwyczajnej [Morozowska i Hołubowicz 2009], użycie do sadzenia dużych cebul szalotki zapewniło wytworzenie większej liczby pędów generatywnych oraz istotnie większy plon nasion.

Liczba pędów generatywnych wytworzona u jednej rośliny i ich wysokość różniły się znacznie w zależności od odmiany i uwzględnionej w badaniach jednej populacji. Rośliny miejscowej populacji "U" z sadzenia cebul o średnicy 20–30 mm wytwarzały zdecydowanie więcej pędów generatywnych, lecz o znacznie mniejszej wysokości, a plon nasion w porównaniu z plonem odmiany 'Toto' był prawie dwukrotnie mniejszy. Duża liczba pędów generatywnych tej populacji wynika z możliwości wytwarzania dużej liczby wierzchołków wzrostu, co według Kotlińskiej [1995] jest cechą charakterystyczną populacji miejscowych, przystosowanych prawie wyłącznie do rozmnażania wegetatywnego.

Uzyskany plon nasion szalotki odmiany 'Toto' był znacznie niższy w porównaniu z plonem nasion cebuli zwyczajnej wykazany w badaniach Tomar [2004] oraz Morozowska i Hołubowicz [2009]. Jednak był to plon porównywalny z uzyskanym w badaniach Sumami i Soetiarso [1998]. Wymienieni autorzy wskazują na duże trudności w pozyskiwaniu nasion szalotki o wysokich parametrach wartości siewnej. U odmiany 'Toto' masa baldachów nasiennych i plon nasion zależały istotnie od wielkości cebul użytych do sadzenia. Istotnie największy plon nasion uzyskano z baldachów nasiennych roślin

z sadzenia cebul o średnicy 51–60 mm. Małe cebule okazały się nieprzydatne do produkcji szalotki na nasiona.

WNIOSKI

Szalotka okazała się rośliną w pełni przydatną do uprawy na nasiona z jesienno sadzenia cebul o różnej średnicy.

Rozwój pędów generatywnych szalotki nie był istotnie zróżnicowany w zależności od odmiany, natomiast w dużym stopniu zależał od wielkości cebul użytych do sadzenia. Z cebul o średnicy 41–50 mm i 51–60 mm rośliny wytwarzały średnio dwukrotnie więcej pędów generatywnych niż z sadzenia mniejszych cebul i były to pędy o znacznie większej wysokości.

Populacja 'U' z sadzenia małych cebul o średnicy 20–30 mm w porównaniu z odmianami charakteryzowała się nieco mniejszym udziałem roślin wytwarzających pędy generatywne, lecz ich liczba u jednej rośliny była ponad trzykrotnie większa.

U odmiany 'Toto' masa baldachów nasiennych i plon nasion zależały istotnie od wielkości cebul użytych do sadzenia. Z sadzenia cebul o średnicy 51–60 mm uzyskano istotnie największy plon nasion. Małe cebule (o średnicy 20–30 mm) okazały się mniej przydatne do produkcji szalotki na nasiona.

LITERATURA

- Brewster J. L. 1994. *Onion and other vegetable Alliums*. CAB, INT., Wallingford, UK, 5–40.
- Brink L., Basuki R.S. 2012. *Production of true seed shallots in Indonesia*. Acta Hort. 958, 115–120.
- Cohat J., Chauvin J.E., Le Nard M. 2001. *Shallot (Allium cepa var. aggregatum) production and breeding in France*. Acta Hort. 555, 221–225.
- Fritsch R.M., Friesen N. 2002. *Evaluation, domestication and taxonomy*. [w]: Rabinowitch H.D., Currah L. *Allium crop science: recent advance*. CAB Int. Wall Oxon, UK, 5–30.
- Kotlińska T. 1995. *Zróżnicowanie cech użytkowych populacji szalotki (Allium cepa var. aggregatum)*. Mater. Konf. V Ogólnopol. Zjazdu Hod. Rośl. Ogród., 24–25 luty 1995, Skierniewice, 1, 148–155.

- Krontal Y., Kamenetsky R., Rabinowitch H.D. 1998. *Lateral development and florigenesis of a tropical shallot: a comparison with bulb onion*. Int. J. Plant Sci. 159 (1), 57–64.
- Morozowska M., Hołubowicz R., 2009. Effect of bulb size on selected morphological characteristics of seed stalks, seed yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) seeds. Folia Hort. 21(1), 27–38.
- Permadi A. H. 1994. *Growing shallot from true seed-research results and problems*. Onion Newslet. Tropics, 5, 35
- Sumami N., Soetiarso T.A. 1998. *Effect of planting time and seed bulb size on the growth, yield and cost of true shallot seed production*. J. Hort. 8(2), 1085–1094.
- Tabor G. 2004. *Manipulation of flowering for seed production of shallot (Allium cepa L. var. ascalonicum Backer)*. Ph. Thesis, Univ. Hannover. Germany, 78 ss.
- Tabor G. Stüetzel H., Zelleke A. 2005. *Juvenility and bolting in shallot (Allium cepa L. var. ascalonicum Backer)*. J. Hort. Sci. Biotechnol. 80(6), 751–759.
- Tabor G. Stüetzel H., Zelleke A. 2006. *Influence of planting material and duration of bulb vernalisation on bolting of shallot (Allium cepa L. var. ascalonicum Backer)*. Hort. Sci. Biotechnol. 81(5), 797–802.
- Tendaj M. 1989. *Wpływ warunków przechowywania dymki na plonowanie i pośpiechowość cebuli*. Biul. Warzyw. 34, 229–241.
- Tendaj M. 2005. *Shallot production and research in Poland*. Veg. Crops Res. Bull. 62, 55–60.
- Tendaj M., Gruszecki R. 2000. *Wpływ terminu sadzenia dymki i cebul szalotki na plon cebuli pęczkowanej*. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. EEE. Hort. VIII, Supp. 157–162.
- Tendaj M., Badałek E., Mysiak B. 2006. *Current research of onion production for early crops in Poland*. Veg. Crops Res. Bull. 64, 139–145.
- Tendaj M., Piusińska-Siedlecka M. 1999. *Ocena kilku populacji szalotki (Allium cepa L. var. aggregatum group)*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 466, 101–108.
- Tendaj M., Piusińska-Siedlecka M. 2000. *The evaluation of cultivation methods for shallot (Allium cepa L. var. ascalonicum Backer)*. Allium Improv. Newslett. 10, 43–45.
- Tendaj M., Mysiak B. 2012. *Charakterystyka wzrostu i plonowania cebuli szalotki w zależności od metody uprawy*. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. EEE, Hort. XXII (2), 23–30.
- Tomar B. S. 2004. *Quality seed production of onion*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 29, 572–581.

Adres do korespondencji:

Maria Tendaj

Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ul. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin

e-mail: maria.tendaj@up.lublin.pl

Badania tej pracy były finansowane ze środków na naukę
w latach 2010–2012 jako projekt badawczy N N310 449838

**SKUTECZNOŚĆ WODNYCH WYCIĄGÓW Z NASION
AKSAMITKI (*TAGETES PATULA NANA* L.) I BARSZCZU
SOSNOWSKIEGO (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN)
W OGRANICZANIU CHORÓB I SZKODNIKÓW BOBU**

THE EFFECTIVENESS OF FRENCH MARIGOLD (*TAGETES PATULA NANA*) AND SOSNOWSKI'S HOGWEED (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN) SEEDS WATER EXTRACTS IN REDUCING BROAD BEAN DISEASES AND PESTS

Abstrakt. Przeprowadzone w latach 2007 i 2009 doświadczenia polowe wskazują, że opryskiwanie bobu wodnymi wyciągami z nasion aksamitki (*Tagetes patula*) oraz z nasion barszczu Sosnowskiego (*Heracleum Sosnowskyi*) ogranicza zasiedlenie roślin przez mszycę burakową (*Aphis fabae*). Mogło to także przyczynić się do zmniejszenia liczebności żerujących w jej koloniach larw bzygowatych (*Syrphidae*). Nie stwierdzono istotnego wpływu zabiegów na uszkodzenie nasion przez strąkowca bobowego (*Bruchus rufimanus*). Zastosowanie wyciągów przyczyniło się również do zmniejszenia porażenia bobu przez patogeny powodujące plamistości liści (*Botrytis fabae*, *Ascochyta fabae*). Bardziej skutecznym w działaniu był wyciąg z nasion barszczu Sosnowskiego.

Słowa kluczowe: wodne wyciągi roślinne, bób, *Aphis fabae*, *Bruchus rufimanus*, *Syrphidae*, *Botrytis fabae*, *Ascochyta fabae*.

Summary. Studies carried out in years 2007 and 2009 indicate that spraying broad bean with water extracts from seeds of marigold (*Tagetes patula* L. Nana) and Sosnowski's hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden) reduces the colonization of plants by *Aphis fabae* and decreases the number of predatory *Syrphidae* feeding in aphid colonies. No significant effect of treatments on seeds damage by *Bruchus rufimanus* was noted. Water extracts limited also the infestation plants by pathogen causing the leaf spots (*Botrytis fabae*, *Ascochyta fabae*). In both years of experiment water extract from Sosnowski's hogweed seeds was more effective.

Key words: plant water extracts, broad bean, *Aphis fabae*, *Bruchus rufimanus*, *Syrphidae*, *Botrytis fabae*, *Ascochyta fabae*

WSTĘP

W okresie wegetacji bób atakowany jest przez szereg gatunków szkodników i patogenów [Sądej i Żurańska 1986; Cichocka i Goszczyński 1988; Kochman i Węgorzek 1997; Wojciechowicz-Żytko 2000; Bolińska i in. 2012]. Obawy przed nadmierną chemizacją środowiska i możliwością wystąpienia pozostałości pestycydów w produktach rolniczych sprawiają, że coraz większym zainteresowaniem cieszą się ekologiczne metody produkcji rolniczej, w których chemiczne środki ochrony roślin zastępowane są preparatami pochodzenia naturalnego. Szczególną rolę odgrywają tu wyciągi z roślin zawierających substancje biologicznie aktywne takie jak fenole, alkaloidy, terpenoidy, furanokumaryny, kwasy organiczne i inne. Związki te działają na owady jako repelenty, antyfidanty, toksyny, wiele z nich charakteryzuje się również aktywnością fungistatyczną i antybakteryjną [Nawrot 1984; Achremowicz i Cież 1988; Burgiel 2005].

Celem badań była ocena przydatności wodnych maceratów z nasion aksamitki rozpierzchłej (*Tagetes patula* Nana L.) oraz z barszczu Sosnowskiego (*Heracleum sosnowskyi* Manden) w ochronie bobu przed wybranymi gatunkami szkodników (mszyca burakowa *Aphis fabae* Scop., strąkowiec bobowy *Bruchus rufimanus* (Boh.)) oraz patogenami powodującymi plamistość liści (*Botrytis fabae*, *Ascochyta fabae*). Uwzględniono także wpływ wyciągów na drapieżne bzygowate (Syrphidae) ograniczające liczebność mszycy burakowej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w latach 2007 i 2009 w Stacji Doświadczalnej Katedry Ochrony Roślin UR w Mydlnikach koło Krakowa. Bób odmiany Hangdown Biały wysiewano na początku kwietnia na poltkach o powierzchni 8 m². W doświadczeniach uwzględniono kombinacje opryskiwane wyciągiem z nasion barszczu Sosnowskiego, z nasion aksamitki rozpierzchłej oraz kontroli (rośliny nietraktowane). Zakładano je w układzie losowanych bloków, w trzech powtórzeniach.

Wyciągi przygotowywano bezpośrednio przed zabiegiem zalewając 50 g suszu z nasion 1000 ml wody. Po 24 godz. uzyskany macerat przesączano przez muślin i celem poprawy zwilżalności dodawano do niego kroplę preparatu Sandovit [Wawrzyniak 1996]. W 2007

r. opryskiwanie bobu wykonywano 14.05, 24.05, 5.06. natomiast w 2009 r zabiegi przeprowadzono 25.05, 9.06, 16.06. Po 2–3 dniach po zabiegu oceniano wpływ wyciągów na występowanie mszycy burakowej. Z każdego poletka analizowano 50 losowo wybranych roślin. Uwzględniano przy tym liczbę roślin opanowanych przez mszyce oraz szacowano wielkość kolonii mszyc przy pomocy następującej skali: (1) brak mszyc; (2) 1–50; (3) 51–200; (4) 201–500; (5) >500. Wyrażony w procentach stopień zasiedlenia roślin przez mszyce obliczano wzorem Townseda-Heubergera [Püntener 1981].

W celu określenia wpływu stosowanych preparatów na liczbę i skład gatunkowy drapieżnych bzygowatych (Syrphidae) żerujących w koloniach mszycy, liczono i zbierano larwy i poczwarki, umieszczano je w płytkach Petriego i hodowano do uzyskania postaci dorosłych. Podczas hodowli larwy były karmione codziennie *A. fabae*. Dorosłe muchówki oznaczono do gatunku według klucza Bańkowskiej [1963] i van Veena [2004].

Wpływ wyciągów na opanowanie nasion przez strąkowca bobowego określano po zbiorze. W tym celu z każdego poletka zbierano losowo 200 nasion, które przetrzymywano w laboratorium około dwóch miesięcy od terminu zbioru w temperaturze pokojowej aby uzyskać pełny obraz żerowania strąkowca a następnie przeglądano określając procent nasion uszkodzonych przez strąkowce.

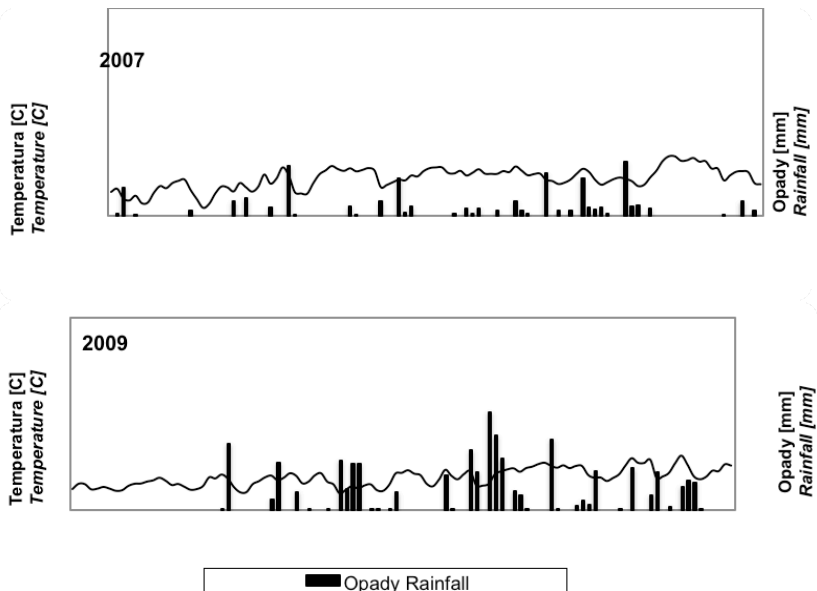
Ze względu na niewielkie nasilenie chorób, analizę zdrowotności bobu przeprowadzano w fazie 70–79 BBCH, oceniając nasilenie objawów chorobowych na 25 roślinach losowo wybranych z każdego poletka. Posługiwano się przy tym pięciostopniową skalą zalecaną przez EPPO [2002]. Na podstawie uzyskanych wyników wzorem Townseda-Heubergera [Püntener 1981] wyliczano indeks porażenia liści i strąków.

Wyniki doświadczeń opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Istotność różnic między kombinacjami oceniano na podstawie testu Duncana ($\alpha=0,05$). Skuteczność zabiegów wyliczano przy pomocy wzoru Abbotta [Püntener 1981].

WYNIKI I DYSKUSJA

Przebieg pogody w latach badań był odmienny toteż w różnym stopniu wpływał na liczebność i dynamikę rozwoju mszyc. Niższe opady

i optymalna temperatura w 2007 r. przyczyniła się do zwiększenia liczebności mszyc oraz liczby zasiedlonych przez nie roślin. Wyższe opady w 2009 r. ograniczyły nieco opanowanie roślin, zwłaszcza w początkowym okresie (ryc. 1).



Ryc. 1. Średnie dobowe temperatury i sumy opadów w okresie prowadzenia badań

W obydwu latach prowadzenia doświadczeń na poletkach opryskiwanych badanymi wyciągami notowano istotnie mniej liczne niż w kontroli występowanie *A. fabae* (tab. 1). Dotyczyło to zarówno liczby opanowanych roślin jak i liczebności kolonii. Niezależnie od sezonu było to szczególnie widoczne w kombinacji traktowanej wyciągiem z barszczu Sosnowskiego Skuteczność zabiegu w roku 2007 (zależnie od terminu obserwacji) wynosiła tu 30–55%, a w 2009 r. około 48%. Wyraźnie niższą i bardziej zróżnicowaną efektywność notowano na poletkach opryskiwanych wyciągiem z aksamitki (tab. 1). O możliwości jego zastosowania w ochronie roślin przed mszycami świadczą jednak wyniki uzyskane przez Jankowską [2008]. Stwierdziła ona zmniejszenie liczebności *B. brassicae* na kapuście opryskiwanej wodnym wyciągiem z aksamitki.

Tab. 1. Wpływ wyciągu z nasion barszczu Sosnowskiego i aksamitki na zasiedlenie bobu przez *Aphis fabae*

Kombinacja	2007					
	16.05		26.05		8.06	
	Stopień zasiedlenia w %	Skuteczność zabiegu (%)	Stopień zasiedlenia w %	Skuteczność zabiegu (%)	Stopień zasiedlenia w %	Skuteczność zabiegu (%)
Aksamitka	22,5 b*	31,7	31,8 ab	23,5	32,7 a	6,3
Barszcz Sosnowskiego	14,9 a	54,8	25,6 a	38,5	24,7 a	29,3
Kontrola	32,9 c	-	41,6 b	-	34,9 a	-
2009						
	28.05		11.06		18.06	
Aksamitka	18,7 ab	20,9	14,0 a	57,3	42,0 b	30,5
Barszcz Sosnowskiego	12,1 a	48,6	17,3 a	47,2	31,9 a	47,2
Kontrola	23,6 b	-	32,8 b	-	60,4 c	-

*Wartości w kolumnach dotyczące poszczególnych lat oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie wg Duncana ($\alpha=0,05$)

Kolonizacja bobu przez mszycę *A. fabae* w sezonie wegetacyjnym jest wynikiem nalotów uskrzydłych samic z innych środowisk (na przykład z trzmieliny czy jaśminowca, będących żywicielami pierwotnymi tego gatunku). Jednym z krytycznych etapów cyklu życiowego mszycy jest odnalezienie i rozpoznanie rośliny żywicielskiej. Pokrycie bobu wyciągami z roślin nie będących żywicielami może maskować jej właściwy zapach i proces ten utrudniać. Po wstępnej selekcji i wylądowaniu na roślinie zasadnicze znaczenie dla mszyc ma ocena smakowa. Częściowo odpowiedzialne za nią mogą być bodźce chemiczne z powierzchni roślin, które również mogą ulec zmianie po pokryciu roślin wyciągami [Harborne 1997]. Ograniczenie liczebności mszyc na roślinach opryskiwanych mogło

być spowodowane toksycznością zawartych w wyciągach substancji. Wysoka aktywność wyciągu z nasion barszczu Sosnowskiego jest prawdopodobnie związana z obecnością pochodnych furanokumaryny [Tomaszkiewicz-Potępa i in. 2010]. Harborne [1997] podaje, że związki te charakteryzują się toksycznością dla większości owadów. Islam i Talukder [2005] oraz Pavela [2004] stwierdzili, że wyciąg z aksamitki hamuje wzrost i rozwój owadów, a zastosowany w wyższych koncentracjach działa owadobójczo. Pavela [2004] wiąże to z obecnością w ekstrakcie terpenoidów takich jak limonen, terpinen czy tageton. O toksyczności tych związków dla mszyc informują również Tomova i in. [2005]. Innymi metabolitami wtórnymi aksamitki są działające owadobójczo pochodne tiofenu [Leger i Riga 2009].

Z kolonii *A. fabae* zebrano 291 larw bzygowatych należących do 6 gatunków, dominował *E. balteatus* (tab. 2). Podobny skład gatunkowy stwierdzili Wojciechowicz-Żytka i Wnuk [2012] na bobie uprawianym współrzędnie z facelią. W naszych badaniach największą liczbę larw Syrphidae oraz najwięcej ich gatunków zanotowano w kontroli, a najmniej na roślinach opryskiwanych wyciągiem z barszczu Sosnowskiego, czyli tam gdzie było najmniej mszyc. Samice większości mszycożernych bzygowatych składają jaja w bliskim sąsiedztwie kolonii mszyc na roślinach przy czym według niektórych autorów większość jaj składanych jest w pobliżu dużych kolonii [Wnuk i Starmach 1977].

Opanowanie nasion przez strąkowca bobowego w 2007 r. było wysokie i osiągało we wszystkich kombinacjach około 64% natomiast w 2009 r. na poletkach opryskiwanych wyciągiem z aksamitki wynosiło 8%, wyciągiem z barszczu Sosnowskiego 27,5% natomiast w kontroli 19,7%. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy kombinacjami traktowanymi wyciągami a kontrolą.

W obydwu latach badań bób na poletkach doświadczalnych charakteryzował się wysoką zdrowotnością. Ponieważ na liściach głównie występowały objawy czekoladowej plamistości (*Botrytis fabae*), a tylko sporadycznie notowano porażenie przez *Botrytis cinerea*, *Ascochyta fabae* oraz *Cercospora fabae*, dlatego przy opracowaniu wyników wszystkie choroby powodowane przez wyżej wymienione patogeny traktowano łącznie jako plamistości.

Tab. 2. Wpływ wyciągów na występowanie bzygowatych w koloniach mszycy *Aphis fabae*

Gatunek <i>Syrphidae</i>	Liczba <i>Syrphidae</i>			
	2007			Ogółem
	Aksamitka	Barszcz Sosnowskiego	Kontrola	
<i>Episyrphus balteatus</i> (Deg.)	59	47	62	168
<i>Syrphus ribesii</i> (L.)	3	4	7	14
<i>Sphaerophoria scripta</i> (L.)	1	1	4	6
<i>Syrphus vitripennis</i> Meig.	1	1	2	4
Ogółem	64	53	75	192
	2009			
<i>Episyrphus balteatus</i> (Deg.)	19	15	25	59
<i>Syrphus ribesii</i> (L.)	5	2	11	18
<i>Syrphus vitripennis</i> Meig.	3	3	4	10
<i>Eupeodes corolla</i> Fabr.	2	1	3	6
<i>Scaeva pyrastris</i> (L.)	-	-	2	2
<i>Sphaerophoria scripta</i> (L.)	2	-	2	4
Ogółem	31	21	47	99

Nasilenie ich wyraźnie zależało od przebiegu warunków meteorologicznych. Sezon wegetacyjny w 2007 roku charakteryzował się niższymi opadami od notowanych w 2009 r. (ryc. 1). stąd też średni indeks porażenia roślin wynosił odpowiednio 14,1% i 32,3%.

Opryskiwanie bobu badanymi wyciągami powodowało istotne ograniczenie porażenia liści przez patogeny powodujące plamistość liści (tab. 3). Efektywność zabiegów zależała zarówno od rodzaju wyciągu jak i stopnia rozwoju choroby. Wyższą skutecznością charakteryzował się macerat z nasion barszczu Sosnowskiego. W 2007 r. wynosiła ona około 37%, a w 2009 r. około 21%. W kombinacjach traktowanych wyciągiem z nasion aksamitki wartości te były istotnie niższe (odpowiednio 26% oraz 5%).

Tab. 3. Wpływ wyciągów na porażenie bobu przez patogeny powodujące plamistość roślin

Kombinacja	2007		2009	
	Indeks porażenia (%)	Skuteczność (%)	Indeks porażenia (%)	Skuteczność (%)
Aksamitka	13,8 ab*	21,3	34,6 b	5,0
Barszcz Sosnowskiego	11,0 a	37,3	26,9 a	26,2
Kontrola	17,5 b	-	36,5 b	-

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie wg Duncana ($\alpha=0,05$)

Uzyskane wyniki są potwierdzeniem rezultatów wcześniejszych badań nad fungistatyczną aktywnością ekstraktów z roślin należących do rodziny *Apiaceae*. Szczególnie silnym działaniem charakteryzowały się wyciągi z nasion barszczu Sosnowskiego, zawierające obok pochodnych kumaryny estry takie jak octan oktylu [Burgiel i in. 2010]. Literatura potwierdza także hamowanie rozwoju grzybów przez występujące w tkankach aksamitki pochodne tiofenu [Mares i in. 2002].

WNIOSKI

Opryskiwanie bobu wodnymi wyciągami z nasion barszczu Sosnowskiego, ogranicza zasiedlenie roślin przez *Aphis fabae* oraz zmniejsza porażenie przez patogeny powodujące plamistość liści i strąków. Wyciąg z nasion aksamitki charakteryzuje się niższą skutecznością.

Badane wyciągi nie są przydatne w ochronie bobu przed strąkowcem bobowym.

LITERATURA

- Achremowicz J., Cież W. 1998. Doświadczenia nad skutecznością działania wyciągów z roślin stosowanych jako aficydy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 353, 53–66.
- Bańkowska R. 1963. *Syrphidae*. Klucze do oznaczania owadów Polski, 28. Diptera 34 PWN, Warszawa.

- Bolińska E., Głęb K., Gospodarek J. 2012. Wpływ biologicznej ochrony na zdrowotność bobu odmiany Hangdown Białe. J.Res.and Applic. in Agr. Eng. 57(3), 15–18.
- Burgiel Z. 2005. Czy preparaty roślinne zastąpią syntetyczne pestycydy? [W:] Ochrona środowiska naturalnego w XXI – nowe wyzwania i zagrożenia. Fundacja na wspieranie badań naukowych W.O. A.R. w Krakowie, 116–123.
- Burgiel Z. J., Tomaszewicz-Potępa A., Vogt O., Burgiel M. M., Patla K. 2010. Possibilities for use of seed extracts from selected apiaceous plants in plant protection against diseases. Ecological Chemistry and Engineering. A 17(9), 1077–1082
- Cichocka E., Goszczyński W. 1988. Cykl rozwojowy i szkodliwość mszycy burakowej na bobiku. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 353, 15–25.
- Harborne J. B. 1997. *Ekologia biochemiczna*. Wydawnictwo Nauk. PWN, Warszawa.
- Islam M. S., Talukder F. A. 2005. Toxic and residual effect of *Azadirachta indica*, *Tagetes erecta* and *Cynodon dactylon* seeds extracts and leaf powders towards *Tribolium castaneum*. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Journal of Plant Diseases and Protection 112(6), 594–601.
- Jankowska B. 2008. Wpływ wodnego wyciągu z aksamitki (*Tagetes patula nana*) na występowanie szkodliwej entomofauny na kapuście białej. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 48(2), 724–729.
- Kochman J., Węgorzek W. 1997. *Ochrona roślin*. PlantPress, Kraków.
- Leger C., Riga E. 2009. Evaluation of Marigolds and Entomopathogenic Nematodes for Control of the Cabbage Maggot *Delia radicum*. Journal of Sustainable Agriculture 33, 128–141.
- Mares D., Tosi B., Comagnoli C., Poli F. 2002. Antifungal activity of *Tagetes patula* extracts. Pharmaceutical Biology 40(5), 400–404.
- Nawrot J. 1984. Produkty naturalne w ochronie roślin. Pestycydy 3(4), 1–31.
- Pavela R. 2004. Growth inhibitory effects of extracts from *Tagetes erecta* on larvae *Spodoptera littoralis*. Acta Fytotechnika et Zootechnica 7, 237–239.
- Püntener W. 1981. Podręcznik doświadczałnictwa polowego w ochronie roślin. (Tłumaczenie z j. niemieckiego Z. Ginter). Inst. Ochr. Roślin Poznań, 244 ss.
- Sądej W., Żurańska I. 1986. Badania nad szkodliwością strąkowca bobowego *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera, Bruchidae). Pol. Pismo Ent. 56, 447–452.
- Tomaszewicz-Potępa A., Burgiel Z. J., Vogt O. 2010. Comparative study of the seed extracts of Apiaceae plants in ultrasonic conditions. Ecological Chemistry and Engineering A.17 (2–3), 305–311.

- Tomova B. S., Waterhouse J. S., Doberski J. 2005. *The effect of fractionated Tagetes oil volatiles on aphid reproduction*. Entomologia Experimentalis et Applicata. 115, 153–159.
- Van veen M. P. 2004. *Hoverflies of Northwest Europe. Identification keys to the Syrphidae*. KNVV Publishing.
- Wawrzyniak M. 1996. *Ocena działania wybranych ekstraktów roślinnych na bi-elinka kapustnika*. ATR Bydgoszcz. Rozprawa habilitacyjna 70, 61.
- Wnuk A., Starmach M. 1977. *Wpływ wielkości kolonii mszyc na składanie jaj przez drapieżne bzygowate (Diptera, Syrphidae)*. Zesz. Nauk. AR Kraków, Ser. Ogrodnictwo 5, 199–207.
- Wojciechowicz-Żytko E. 2000. *Występowanie mszycy Aphis fabae Scop. (Homoptera, Aphidodea) na bobie w zależności od terminu siewu i jej wpływ na plon nasion*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 364, Sesja Naukowa 71, 373–376.
- Wojciechowicz-Żytko E., Wnuk A. 2012. *The occurrence of Syrphidae in Aphis fabae Scop. (Hemiptera) colonies on broad bean intercropped with phacelia (part II)*. Journal of Plant Protection Research 52, 2, 246–251.

Adres do korespondencji:

Elżbieta Wojciechowicz-Żytko
Katedra Ochrony Roślin
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: ewojcie@ogr.ar.krakow.pl

**WPŁYW APLIKACJI DOLISTNEJ RÓŻNYMI FORMAMI
JODU NA WYBRANE PARAMETRY FLUORESCENCJI
CHLOROFILU A W LIŚCIACH DWÓCH ODMIAN BAZYLI
THE EFFECT OF DIFFERENT FORMS OF FOLIAR IODINE
APPLICATION ON CHLOROPHYLL *a* FLUORESCENCE IN
LEAVES OF TWO BASIL CULTIVARS**

Abstrakt. Celem badań prowadzonych w latach 2011–2012 było określenie wpływu dwóch form jodu (I^- , IO_3^-) oraz rodzaju użytej w doświadczeniu soli (KI , NH_4I , KIO_3 , NH_4IO_3), zastosowanych dolistnie, na maksymalną fotochemiczną wydajność fotosystemu PS II (Fv:Fm), wskaźnik funkcjonowania PS II (PI) oraz zawartość barwników asymilacyjnych w liściach dwóch odmian bazylii: cynamonowej i cytrynowej. Dokarmianie dolistne roślin wykonano dwukrotnie w odstępach tygodniowych przed zbiorem plonu. W obu latach badań u odmiany cynamonowej użycie jodku potasu wpłynęło na istotny spadek maksymalnej wydajności fotochemicznej aparatu fotosyntetycznego. Stosunek Fv:Fm oraz wielkość PI w przypadku odmiany cytrynowej bazylii były w każdej kombinacji doświadczenia wyższe niż u odmiany cynamonowej.

Słowa kluczowe: *biofortyfikacja, jod, bazylia, Fv:Fm, PI, chlorofil*

Summary. The presented research was carried out during 2011–2012. The aim of the experiment was to investigate the effect of two iodine forms (I^- , IO_3^-) and type of salt (KI , NH_4I , KIO_3 , NH_4IO_3), in foliar application, on maximum efficiency of PSII (Fv:Fm) and Performance Index (PI) an indicator of sample vitality. The effect of tested conditions on concentration of photosynthetic pigments was also investigated. The experiment was carried out on leaves of two basil cultivars *Ocimum basilicum citridora* and *Ocimum basilicum cinnamon*. Foliar application of iodine salt was done two times with a week intervals before harvest. Application of potassium iodide significantly decreased maximum efficiency of PSII in the case of Cinnamon basil in both years of study. The Fv:Fm and PI value were higher in the case of Lemon basil than Cinnamon one in every treatment during experiment.

Key words: *biofortification, iodine, basil, Fv:Fm, PI, chlorophyll*

WSTĘP

W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się próbom wzbogacania jadalnych części plonu roślin w jod. Celem prowadzonych obecnie badań jest takie zwiększenie zawartości jodu w roślinach by ich konsumpcja była bezpieczna dla zdrowia i w stopniu większym niż dotychczas pokrywała codzienne zapotrzebowanie na ten pierwiastek. Proces ten zwany jest biofortyfikacją w jod i między innymi ma na celu poszukiwanie alternatywnych sposobów wzbogacania diety człowieka w ten pierwiastek [Bañuelos i Lin 2008]. Poszukiwania te zyskały na ważności po wprowadzeniu dyrektywy Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) zalecającej obniżenie prawie o połowę spożycia soli kuchennej, będącej głównym źródłem jodu w profilaktyce żywieniowej człowieka.

Pionierskie badania z zakresu biofortyfikacji warzyw w jod w Polsce rozpoczęto w Katedrze Botaniki i Fizjologii Roślin oraz Katedrze Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych w Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie. Obiektem badań były między innymi takie gatunki jak marchew [Smoleń i in. 2009], sałata [Rożek i in. 2010], rzodkiewka [Strzetelski i in. 2010], szpinak [Smoleń i Sady 2011] czy pomidor [Smoleń i in. 2011]. W pracach tych badano wpływ formy jodu, dawki i sposobu aplikacji tym pierwiastkiem na akumulację jodu w częściach użytkowych, a także na poziom ważnych parametrów jakościowych plonu. Wykazano, że bardzo dobre efekty daje aplikacja dolistna jodem. Kwestia formy jodu (jodanowa czy jodkowa) pozostaje wciąż otwarta i wydaje się zależeć głównie od reakcji gatunkowej rośliny. Istnieją prace wskazujące, że dokarmianie roślin jodem może wywołać efekty fitotoksyczne, szczególnie przy zastosowaniu wyższych dawek tego pierwiastka, co wykazali Landini i in. [2011] w uprawie hydroponicznej pomidora. Rola jodu w roślinie, a także metabolizm tego pierwiastka w dużej mierze są nierozpoznane, co wynika z faktu, że nie jest to pierwiastek niezbędny do wzrostu i rozwoju roślin. W dostępnej literaturze odczuwa się brak informacji na temat wpływu formy jodu zastosowanej dolistnie na stan aparatu fotosyntetycznego liści. Stan aktywności fotosyntetycznej liści można ocenić, stosując szybkie, nieinwazyjne metody badania fluorescencji chlorofilu. W badaniach nad roślinami ogrodniczymi, pomiary fluorescencji chlorofilu najczęściej wykonuje się celem diagnozy stresów biotycznych i abiotycznych w trakcie wzrostu roślin jak i po zbiorze plonu [Gorbe i Calatayud 2012].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu formy jodu (jodkowej i jodanowej) oraz rodzaju soli (jod w połączeniach z amonową formą azotu oraz z potasem), zastosowanych dolistnie na maksymalną fotochemiczną wydajność fotosystemu PS II (Fv:Fm), wskaźnik funkcjonowania PS II (PI) oraz zawartość barwników asymilacyjnych w liściach dwóch odmian bazylii: cynamonowej i cytrynowej.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na dwóch odmianach bazylii pospolitej: cytrynowej (*Ocimum basilicum citridora*) oraz cynamonowej (*Ocimum basilicum cinnamom*). Rośliny uprawiano w latach 2011 i 2012 w szklarni należącej do Wydziału Ogrodniczego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie w terminie zimowo-wiosennym. Nasiona wysiano 8.02.2011 r. i 13.02.2012 r. do substratu KTS2 standard firmy Klasmann, którym wypełniono 24-doniczkowe palety o wymiarach 38 x 56 x 7 cm. Dla każdej odmiany założono pięć kombinacji w trzech powtórzeniach. W każdym powtórzeniu rośło po 48 roślin (144 w każdej kombinacji).

W badaniach zastosowano następujące kombinacje:

- 1 – Kontrola – bez dokarmiania dolistnego jodem
- 2 – KIO_3 – dokarmianie dolistne jodanem potasu
- 3 – NH_4IO_3 – dokarmianie dolistne jodanem amonu
- 4 – KI – dokarmianie dolistne jodkiem potasu
- 5 – NH_4I – dokarmianie dolistne jodkiem amonu

W obu latach rośliny opryskiwano w dwóch terminach: 05.04.2011r. i 5.04.2012r. oraz 12.04.2011 r. i 12.04.2012 r. Do oprysku użyto następujących stężeń roztworów: 0,15% KI; 0,15% NH_4I ; 0,2% KIO_3 oraz 0,2% NH_4IO_3 . Zbiór roślin przeprowadzono tydzień po ostatnim oprysku, tj. 19.04.2011 i 19.04.2012 roku. Analizy prezentowane w niniejszej pracy wykonano w dniu zbioru roślin.

Pomiar fluorescencji chlorofilu *a* wykonano na wybranych losowo liściach, pochodzących z drugiego i trzeciego rozgałęzienia (licząc od wierzchołka pędu) za pomocą przenośnego fluorymetru Handy – PEA. W obrębie kombinacji, do pomiarów pobierano po dwa liście z każdego powtórzenia. W rozdziale Wyniki i dyskusja przedstawiono maksymalną wydajność kwantową fotosystemu II, wyrażoną stosunkiem Fv/Fm oraz wartość wskaźnika vitalności (PI).

W oznaczeniach zawartości barwników asymilacyjnych posłużono się metodą opisaną przez Wellburna [1994]. Do ekstrakcji barwników zastosowano 80% aceton, a absorbancję mierzono z użyciem spektrofotometru HITACHI U – 2900 UV – VIS przy długościach fal: 663 nm, 646 nm oraz 470 nm. Analizy wykonano w 3 powtórzeniach dla każdej kombinacji. Zawartości barwników asymilacyjnych obliczono ze wzorów:

$$\begin{aligned}C_a &= 12,21 \times A_{663} - 2,81 \times A_{646}. \\C_b &= 20,13 \times A_{646} - 5,03 \times A_{663}. \\C_{x+c} &= (1000A_{470} - 3,27C_a - 104C_b) / 198.\end{aligned}$$

Gdzie: C_a – zawartość chlorofilu a, C_b – zawartość chlorofilu b, C_{x+c} – zawartość karotenoidów, A_{663} , A_{646} , A_{470} – absorbancja przy długościach fal: 663, 646 i 470 nm. Zawartości barwników wyrażono w mg na gram świeżej masy liści.

Wyniki weryfikowano statystycznie z użyciem programu Statistica 9.0 w oparciu o dwuczynnikową analizę wariancji (ANOVA), określając istotność różnic testem NIR Fishera, przy $\alpha = 0,05$. Analizę statystyczną przeprowadzono dla każdego roku badań oddzielnie.

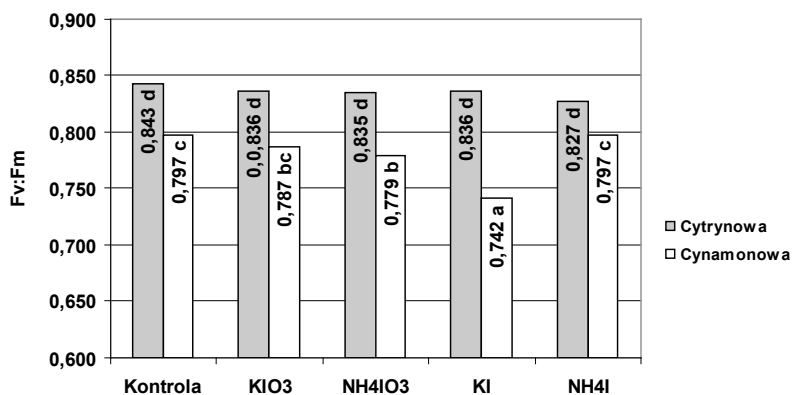
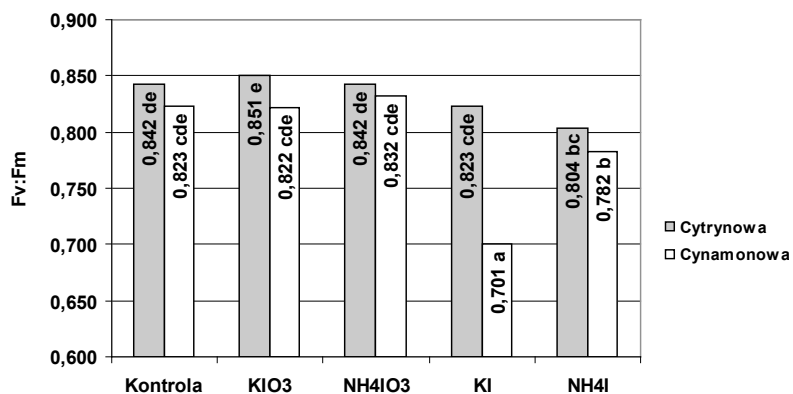
WYNIKI I DYSKUSJA

Na ryc. 1 A i B przedstawiono wartości stosunku fluorescencji zmiennej chlorofilu a do fluorescencji maksymalnej (Fv:Fm) w liściach bazylii. Uzyskane wyniki wskazują, że w obu latach badań zastosowanie dokarmiania dolistnego w formie jodku potasu wpłynęło na istotny spadek maksymalnej wydajności fotochemicznej aparatu fotosyntetycznego u odmiany cytrynowej. Odmiana cytrynowa bazylii, charakteryzowała się natomiast wyższym stosunkiem Fv:Fm w porównaniu z odmianą cynamonową. Istotność różnic pomiędzy dwoma odmianami bazylii wykazano we wszystkich kombinacjach doświadczenia prowadzonego w roku 2012, natomiast w roku poprzednim jedynie po zastosowaniu dokarmiania dolistnego formą KI. W roku 2011 forma jodkowa jodu w połączeniu z formą amonową azotu (NH_4I) aplikowana dolistnie wpłynęła na istotne obniżenie analizowanego parametru w porównaniu z roślinami kontrolnymi, czego nie obserwowano w roku 2012.

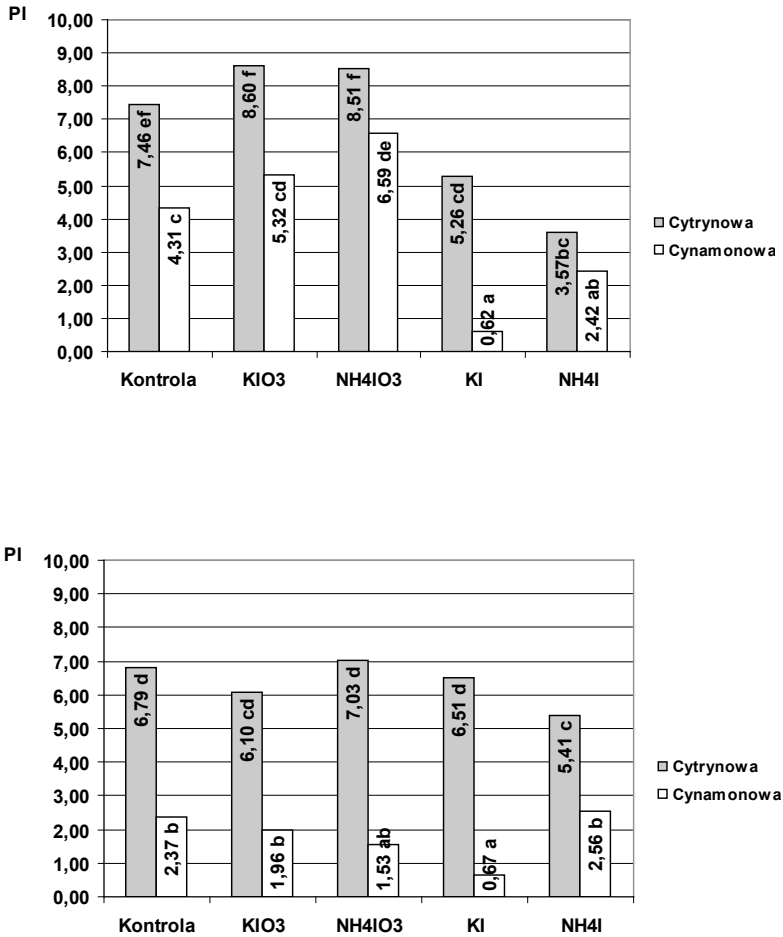
Podobne zależności w następstwie biofortyfikacji roślin jodem wykazała analiza wskaźnika vitalności PI (ryc. 2 A i B). W obu latach

uprawy najniższe wartości tego parametru stwierdzono w liściach bazylii cynamonowej traktowanej jodkiem potasu. Wartości te w 2011 nie różniły się istotnie od uzyskanych w kombinacji z jodkiem amonu, a w 2012 roku – jodanem amonu. W liściach odmiany cytrynowej nie obserwowano dużego zróżnicowania wskaźnika witalności PI, niemniej jednak w porównaniu z roślinami kontrolnymi forma jodkowa jodu (I), szczególnie w połączeniu z azotem, wpłynęła na istotne jego obniżenie. Warto podkreślić, że najwyższy wskaźnik witalności (PI) stwierdzono w pierwszym roku badań w liściach bazylii cytrynowej po aplikacji dolistnej formą jodanową (IO_3^-). Nie wykazano dużego zróżnicowania w zawartości barwników asymilacyjnych w liściach bazylii, zebranych z poszczególnych kombinacji doświadczenia (tab. 1). W przypadku chlorofilu *a*, istotnie więcej tego barwnika zawierały liście odmiany cytrynowej po traktowaniu jodanem amonu oraz odmiany cynamonowej opryskiwanej jodanem potasu w stosunku do zawartości wykazanych w liściach bazylii cynamonowej w kombinacji z jodkowymi formami jodu. Zastosowanie jodku amonu obniżyło stosunek chlorofilu *a* do *b* w liściach bazylii cynamonowej. Odmiana cytrynowa bazylii charakteryzowała się wyrównanym poziomem barwników asymilacyjnych w każdej kombinacji doświadczenia.

Forma jodkowa jodu w połączeniu z potasem zastosowana do dokarmiania dolistnego bazylii okazała się mniej korzystna dla odmiany cynamonowej niż cytrynowej. Świadczyła o tym wykazana w obu latach doświadczenia najniższa wartość parametru Fv:Fm. Wskaźnik ten charakteryzuje maksymalny potencjał aparatu fotosyntetycznego i w przypadku roślin w pełni rozwiniętych, nie poddanych stresowi maksymalna wartość tego parametru nie powinna być niższa niż 0,830 [Kalaji i Łoboda 2009]. Obniżenie tej wartości świadczy o zmniejszeniu efektywności transportu elektronów podczas świetlnej fazy fotosyntezy i może być wynikiem różnorodnych czynników stresowych. Liście bazylii cynamonowej po traktowaniu KI charakteryzowały się również bardzo niskim poziomem wskaźnika funkcjonowania PS II (tzw. wskaźnika witalności PI). Według Kalaji i Guo [2008] wartość tego parametru jest między innymi wprost proporcjonalna do koncentracji aktywnych centrów reakcji fotosyntetycznych oraz siły reakcji świetlnych.



Ryc. 1. Wpływ wybranych soli zawierających różne formy jodu na maksymalną fotochemiczną wydajność PS II, wyrażoną stosunkiem Fv:Fm w liściach dwóch odmian bazylii: cytrynowej i cynamonowej w latach 2011 (A) i 2012 (B)



Ryc. 2. Wpływ wybranych soli zawierających różne formy jodu na wartość wskaźnika funkcjonowania PS II (PI) w liściach dwóch odmian bazylii: cytrynowej i cynamonowej w latach 2011 (A) i 2012 (B)

Tab. 1. Wpływ dokarmiania dolistnego różnymi formami jodu na zawartość barwników asymilacyjnych w liściach dwóch odmian bazylii (średnie z lat 2011–2012)

Odmiana bazylii	Kombinacja	Chlorofil <i>a</i> mg·g ⁻¹ ś. m.	Chlorofil <i>b</i> mg·g ⁻¹ ś. m.	Karotenoidy mg·g ⁻¹ ś. m.	Stosunek chlorofilu <i>a</i> : <i>b</i>
Cytrynowa	Kontrola	0,827 ab*	0,216 ab	0,186 ab	3,8 : 1
	KIO ₃	0,837 ab	0,228 ab	0,194 ab	3,8 : 1
	NH ₄ IO ₃	0,889 b	0,235 b	0,203 b	3,8 : 1
	KI	0,796 ab	0,217 ab	0,181 ab	3,7 : 1
	NH ₄ I	0,830 ab	0,230 ab	0,187 ab	3,6 : 1
Cynamonowa	Kontrola	0,776 ab	0,204 ab	0,180 ab	3,8 : 1
	KIO ₃	0,876 b	0,238 b	0,203 ab	3,7 : 1
	NH ₄ IO ₃	0,843 ab	0,229 ab	0,188 ab	3,7 : 1
	KI	0,781 ab	0,210 ab	0,178 ab	3,7 : 1
	NH ₄ I	0,705 a	0,238 b	0,151 a	3,0 : 1

* wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$

Nie zawsze jednak parametry te są skorelowane z zawartością barwników asymilacyjnych [Ferrante i Maggiore 2007], co potwierdziły wyniki uzyskane w niniejszym doświadczeniu. W poziomie barwników asymilacyjnych w liściach bazylii nie wykazano większego zróżnicowania. Podobnie w liściach rzodkiewki po dolistnej biofortyfikacji różnymi formami jodu nie obserwowano istotnych różnic w koncentracji barwników fotosyntetycznych [Strzetelski i in. 2010].

Uzyskane w prezentowanym doświadczeniu wyniki świadczą o reakcji odmianowej bazylii na jodkową formę jodu aplikowaną w postaci KI. Liście bazylii cynamonowej w kombinacji z KI charakteryzowały się także nekrozami brzeżnymi (obserwacje własne). Obniżenia Fv:Fm nie obserwowano w liściach z tej kombinacji u odmiany cytrynowej, a w przypadku PI, spadek w stosunku do roślin kontrolnych wystąpił tylko w roku 2011.

W dostępnej literaturze brak jest danych na temat wpływu biofortyfikacji roślin różnymi formami jodu na parametry fluorescencji chlorofilu w liściach. Dostępne dane traktują bardziej o fitotoksycznym wpływie formy jodkowej (I⁻) na rośliny w porównaniu

do formy jodanowej (IO_3^-). Caffagni i in. [2011] w badaniach przeprowadzonych nad sześcioma gatunkami roślin wykazali między innymi zmniejszenie biomasy roślin na skutek traktowania ich formą jodkową jodu. W prezentowanym doświadczeniu wielkość plonu roślin dwóch odmian bazylii nie zależała od formy aplikowanego jodu. Jakość plonu badany roślin istotnie zależała jednak od zastosowanej w doświadczeniu formy jodkowej tego pierwiastka (I) (dane w przygotowaniu do druku).

WNIOSKI

Forma jodkowa jodu aplikowana dolistnie wpłynęła na istotne zmniejszenie maksymalnej fotochemicznej wydajności fotosystemu II (Fv:Fm) w liściach bazylii odmiany cynamonowej.

Aktywność fotochemiczna aparatu fotosyntetycznego w liściach bazylii odmiany cytrynowej utrzymywała się na wysokim poziomie i nie zależała od formy jodu w roztworze użytego do dokarmiania dolistnego.

Badane parametry fluorescencji chlorofilu Fv:Fm i PI osiągały wyższe wartości w liściach odmiany cytrynowej niż cynamonowej, pomimo podobnych zawartości barwników asymilacyjnych.

LITERATURA

- Bañuelos G. S., Lin Z-Q. 2008. *Development and uses of biofortified agricultural products*. CRC Press Taylor & Francis Group, eBook ISBN, 978-1-4200-6006-5.
- Caffagni A., Arru L., Meriggi P., Milc J., Perata P., Pecchioni N. 2011. *Iodine Fortification Plant Screening Process and Accumulation in Tomato Fruits and Potato Tubers*. *Communications in Soil Sci. Plant Analysis*. 42, 706–718.
- Ferrante A., Maggiore T. 2007. *Chlorophyll a fluorescence measurements to evaluate storage time and temperature of Valeriana leafy vegetables*. *Post-harvest Biol. Technol.* 45, 73–80.
- Gorbe, E.; Calatayud A. 2012. *Applications of chlorophyll fluorescence imaging technique in horticultural research: A review*. *Sci.Hort.* 138, 24–35.
- Kalaji H. M., Guo P., 2008. *Chlorophyll fluorescence: a useful tool in barley plant breeding programs*. In: *Photochemistry research progress*. A. Sanches and S. J. Gutierrez (eds), Nova Science Publishers Inc., 447–471.

- Kalaji M. H., Łoboda., 2009. *Fluorescencja chlorofilu w badaniach stanu fizjologicznego roślin*. Wyd. SSGW. Warszawa, 54–55.
- Landini M., Gonzali S., Perata P. 2011. *Iodine biofortification in tomato*. J. Plant Nutrition and Soil Sci. 174 (3), 480–486.
- Rożek S., Smoleń S., Ledwożyw I., Strzetelski P. 2010. *Wstępna ocena wpływu nawożenia i dokarmiania dolistnego jodem na efektywność biofortyfikacji sałaty w jod oraz na jej skład mineralny*. J. Elementology 15 (3), 78–79.
- Smoleń S., Sady W. 2011. *Influence of iodine fertilization and soil application of sucrose on the effectiveness of iodine biofortification, yield, nitrogen metabolism and biological quality of spinach*. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 10(4), 51–63.
- Smoleń S., Sady W., Strzetelski P., Rożek S., Ledwożyw I. 2009. *Wpływ nawożenia jodem i azotem na wielkość i jakość plonu marchwi. (The effect of iodine and nitrogen fertilization on quantity and quality of carrot yield as well as on biological quality of carrot)*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 40, 313–320.
- Smoleń S., Sady W., Wierzbińska J. 2011. *Wpływ nawożenia KI i KIO₃ na efektywność pobierania jodu oraz zawartość składników pokarmowych w liściach i owocach roślin pomidora uprawianych w systemie hydroponicznym CKP (The effect of KI and KIO₃ fertilization on iodine uptake efficiency and content of mineral elements in leaves and fruits of tomato cultivated in hydroponics (NFT system))*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 48, 31–39.
- Strzetelski P., Smoleń S., Rożek S., Sady W. 2010. *The effect of diverse iodine fertilization on nitrate accumulation and content of selected compounds in radish plants (Raphanus sativus L.)* Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 9(2), 65–73.
- Wellburn A. R. 1994. *The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution*. Journal of Plant Physiology 144, 307–313.

Adres do korespondencji:

Renata Wojciechowska
Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, Wydział Ogródniczy
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
Al. 29 Listopada 54, 31–425 Kraków
e-mail: r.wojciechowska@ogr.ur.krakow.pl

Wyniki badań zrealizowane w ramach tematu nr DS 3500/WO zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW

**ANTYGRZYBOWA AKTYWNOŚĆ OLEJKÓW
ETERYCZNYCH ZIELA BAZYLIJ POSPOLITEJ
(*OCIMUM BASILICUM* L.) ODMIANY ‘WALA’**
ANTIFUNGAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS FROM
HERB OF SWEET BASIL (*OCIMUM BASILICUM* L.)
‘WALA’ VARIETY

Abstrakt. Oceniono aktywność antygrzybową olejków eterycznych wyodrębnionych z kwiatostanów oraz ulistnionych łodyg ziela bazylii pospolitej (*Ocimum basilicum* L.) polskiej odmiany ‘Wala’. Materiał roślinny pochodził z upraw prowadzonych w latach 2008–2010 w stacji doświadczalnej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Określono skład chemiczny olejków oraz zbadano metodą dyfuzyjną krążkową ich oddziaływanie na wzrost szkodliwych grzybów pleśniowych z rodzajów: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Penicillium* i *Trichothecium*. Badania wykazały, że rok uprawy miał wpływ na skład chemiczny olejków. Wielkość stref zahamowania wzrostu grzybów była zróżnicowana w zależności od rodzaju olejku (części ziela, z której pochodził), roku wegetacji roślin oraz gatunku grzyba.

Słowa kluczowe: ekstrakty roślinne, wzrost grzybów

Summary. Antifungal activity of essential oils extracted from inflorescences and leaved stems of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) of Polish variety ‘Wala’ was assessed. Plant material came from crops harvested in years 2008–2010 in an experimental station of West Pomeranian University of Technology, Szczecin. Chemical composition of the oils was stated and the oils’ influence on growth of harmful fungi (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Penicillium* and *Trichothecium*) was investigated using a disc diffusion method. The research showed that a year of cultivating had an impact on chemical composition of the oils. A size of inhibition zones of the fungi’ growth differed depending on a kind of the oil (a part of a herb, from which the oil was extracted), year of vegetation and a species of the fungus.

Key words: plant extracts, fungal growth

WSTĘP

Ocenie aktywności przeciwgrzybiczej naturalnych składników roślin poświęca się wiele badań. Wynika to z możliwości wykorzystania preparatów zawierających ekstrakty roślinne w roli naturalnych fungicydów [Lee i in. 2007]. Mogą one, chociaż częściowo, zastąpić środki chemiczne, których pozostałość jest szkodliwa dla człowieka i środowiska.

Gatunek *Ocimum basilicum* L. – bazylija pospolita, jest reprezentowany przez liczne odmiany różniące się cechami morfologicznymi oraz zawartością i składem chemicznym olejku [Seidler-Łożykowska i Król 2008]. Znajdują się wśród nich dwie polskie odmiany ‘Kasia’ i ‘Wala’, charakteryzujące się lekko antocyjanowym zabarwieniem liści i łodyg oraz wysoką zawartością olejku (1,55–2,20%) [Seidler-Łożykowska i in. 2008]. Wyniki dotychczasowych badań wskazują na zróżnicowaną aktywność antygrzybową olejku bazyliowego, zarówno silną [Hussain i in. 2008; Zhang i in. 2009], jak i słabszą [Ozcan i Erkmenn 2001]. Aktywność przeciwdrobnoustrojowa olejków zależy od ich składu chemicznego [Runyoro i in. 2010], na który ma wpływ szereg czynników m.in. gatunek i odmiana roślin, warunki geograficzne i klimatyczne ich wegetacji, faza rozwojowa i część rośliny, z której pozyskano olejek [Chalchat i Ozcan 2008; Kocić-Tanackov i in. 2011]. Niewiele jest badań charakteryzujących aktywność przeciwdrobnoustrojową olejku określonych odmian bazylii pospolitej [Jakowienko i in. 2011], jak też analizujących zmiany tej aktywności w zależności od sezonu uprawy roślin olejkodajnych [Hussain i in. 2008].

Celem pracy była ocena aktywności przeciwgrzybiczej olejków wyodrębnionych z ziela polskiej odmiany bazylii pospolitej ‘Wala’, uprawianej w latach 2008–2010 na Pomorzu Zachodnim. Badaniom poddano olejki pozyskane z kwiatostanów oraz pozbawionych kwiatostanów, ulistnionych łodyg ziela.

MATERIAŁ I METODY

Uprawę bazylii odmiany ‘Wala’ prowadzono z nasion, w latach 2008–2010, w stacji doświadczalnej w Dołujach ($a=14^{\circ}25'E$, $\varphi=53^{\circ}27'N$), należącej do Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Rośliny uprawiano zgodnie z zaleceniami [Instrukcja uprawy: Bazylija pospolita 1996]. Analiza warunków

meteorologicznych, na podstawie danych Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej w Szczecinie Dąbiu oraz Biuletynu Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej [2000] wykazała, że średnie temperatury panujące w okresie wegetacji roślin były w kolejnych latach uprawy zbliżone do średnich temperatur wyznaczonych dla wielolecia. Zróżnicowane były natomiast warunki wilgotnościowe: w 2008 roku panowała bardzo wilgotna wiosna (III–V) i suche lato (VI–VIII), w 2009 – przeciętnie wilgotna wiosna i bardzo wilgotne lato, a w 2010 – wilgotna wiosna i skrajnie wilgotne lato.

Ziele bazylii zbierano ręcznie na początku kwitnienia. Z pędów oddzielano kwiatostany, a następnie obie części materiału badawczego – kwiatostany oraz ulistnione łodygi (z których usunięto kwiatostany), poddawano suszeniu [Karwowska i Przybył 2005]. Olejki eteryczne wyodrębniano z wysuszonego, rozdrobnionego materiału, metodą destylacji prowadzonej w aparacie Derynga [Farmakopea Polska 2008]. Skład chemiczny olejków określono metodą chromatografii gazowej, za pomocą chromatografu Varian Chrompack CP-3800 (w połączeniu z detektorem masowym Varian 400 GC/MS/MS).

Do oceny aktywności antygrzybowej olejków wykorzystano sześć szczepów grzybów pleśniowych, reprezentujących gatunki potencjalnie patogenne dla roślin: *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium cyclopium* i *Trichothecium roseum*.

Aktywność olejków zbadano metodą dyfuzyjną krążkową [Hussain i in. 2008]. Zastosowano dawkę 10 µl olejku/krążek. Miarą aktywności olejków była wielkość stref zahamowania wzrostu grzybów. Mierzono je (w mm) po 3 dobach inkubacji, uwzględniając średnicę krążka = 6 mm. Inkubację prowadzono w temperaturze 25°C, na podłożu Malt Extract Agar (Scharlau), na płytkach o średnicy 90 mm [Peëiulytë 2005]. Jako kontrolę negatywną zastosowano wodę destylowaną (10 µl/krążek), natomiast kontrolę pozytywną stanowiła amfoterycyna B (20 mg/krążek).

Badania przeprowadzono w trzech powtórzeniach, a uzyskane wyniki poddano analizie wariancji wieloczynnikowej. Istotność różnic między średnimi strefami zahamowania wzrostu grzybów, określono za pomocą testu Tukey'a, przy poziomie istotności $\alpha=0,05$.

WYNIKI

Rezultaty badań wskazują (tab. 1), że wielkość stref zahamowania wzrostu testowanych grzybów zależała istotnie od rodzaju olejku (związanego z częścią ziela bazylii, z której został pozyskany), roku uprawy bazylii oraz gatunku grzyba, wobec którego zastosowano olejek. Istotne były też interakcje zachodzące między czynnikami doświadczenia. Średnia (z trzech lat) strefa hamowania wzrostu testowanych grzybów przez olejek pozyskany z kwiatostanów była istotnie wyższa, niż powodowana przez olejek z ulistnionych łodyg. Jednak ten właśnie olejek w latach 2008 i 2009 miał większą aktywność hamującą wzrost grzybów (średnie strefy odpowiednio 50,0 i 55,3 mm), niż olejek z kwiatostanów (średnie strefy odpowiednio 48,6 i 47,4 mm). Olejek z kwiatostanów charakteryzował się stabilnym działaniem, gdyż w kolejnych latach badań średnie strefy zahamowania wzrostu grzybów przez ten olejek były do siebie zbliżone. W przypadku olejku z ulistnionych łodyg, w roku 2010 odnotowano jego słabszą aktywność antygrzybową.

Oddziaływanie olejków na wzrost grzybów było selektywne. W każdym roku badań oba olejki wykazywały niewielką zdolność inhibitowania rozwoju *A. niger* i *P. cyclopium* – strefa zahamowania ich wzrostu tylko o kilka mm przekraczała średnicę krążka. Pozostałe grzyby wykazywały wrażliwość na działanie olejków, chociaż wielkość stref zahamowania ich wzrostu różniła się istotnie w poszczególnych latach badań. Na podstawie przeciętnej dla badanego okresu, wielkości strefy inhibicji wzrostu grzybów z poszczególnych gatunków, można stwierdzić, że olejek z kwiatostanów najefektywniej hamował wzrost *C. herbarum* (także w każdym roku badań), a w dalszej kolejności *B. cinerea* i *T. roseum*, natomiast olejek z ulistnionych łodyg – *T. roseum*, a następnie *C. herbarum* i *B. cinerea*. Olejek z kwiatostanów był ogólnie skuteczniejszy w hamowaniu rozwoju *C. herbarum* i *B. cinerea*, a olejek z ulistnionych łodyg – *T. roseum* i *A. alternata*.

Charakterystykę składu olejków przedstawiono w tab. 2. Zamieszczono w niej składniki, których udział w sumie wszystkich zidentyfikowanych komponentów obu olejków, był w uwzględnianym okresie najwyższy. Uzyskane wyniki wskazują, że skład chemiczny badanych olejków bazyliowych, ulegał zmianom w zależności od roku wegetacji roślin. Liczba zidentyfikowanych związków wahała się od

56 do 67. Dominującym komponentem obu olejków był linalol, przy czym najmniejszy jego udział odnotowano w 2010 roku (o skrajnie wilgotnym lecie), a najwyższy w roku 2008. Poza składnikiem głównym w obu olejkach znaczący udział miały: geraniol, α -cadinol, cyneol-1,8, germacren D oraz g-cadinen. Olejek z kwiatostanów wyróżniał się wyższą zawartością α -bulnesenu, a olejek z ulistnionych łodyg – metylochawikolu.

Tab. 1. Wielkość stref zahamowania wzrostu [mm] grzybów w zależności od części ziela, roku wegetacji roślin oraz gatunku grzyba

Gatunek grzyba	Olejek z ulistnionych łodyg				Olejek z kwiatostanów				średnia. dla grzyba
	2008	2009	2010	śred-nio	2008	2009	2010	śred-nio	
<i>A. alternata</i>	45,0	60,0	52,0	52,3	60,0	35,0	39,0	44,7	48,5
<i>A. niger</i>	6,0	12,0	10,0	9,3	11,5	13,3	12,0	12,8	11,1
<i>B. cinerea</i>	56,0	70,0	40,0	55,3	60,0	70,0	71,0	67,0	61,2
<i>C. herbarum</i>	90,0	90,0	42,0	74,0	90,0	90,0	90,0	90,0	82,0
<i>P. cyclopium</i>	13,0	9,7	11,0	11,2	15,0	16,0	15,0	15,3	13,3
<i>T. roseum</i>	90,0	90,0	51,0	77,0	55,0	60,0	71,0	62,0	54,5
Średnia dla kolejnych lat	50,0	55,3	34,3		48,6	47,4	49,7		
Średnie dla czynnika A	46,5				48,6				
Średnie dla czynnika B	2008 2009 2010 41,8 51,3 42,1								
NIR _{0,05}	A=0,593 B=0,875 C=1,525 A/B=1,038 B/A=1,238 A/C=1,454 C/A=2,156 B/C=2,144 C/B=2,641								

czynniki doświadczenia: A – rodzaj olejku (związany z częścią ziela, z której został pozyskany), B – rok uprawy roślin; C – gatunek grzyba; zastosowane substancje kontrolne nie hamowały wzrostu badanych grzybów

Odnosząc skład chemiczny olejków do wykazywanej przez nie aktywności antygrzybowej można zauważyć, że olejek z ulistnionych łodyg efektywniej hamował wzrost grzybów, gdy większy był w nim udział linalolu (w latach 2008, 2009). Prawdopodobnie taka nie występowała jednak w przypadku olejku z kwiatostanów.

Tab. 2. Udział [%] podstawowych składników olejków bazylii 'Wala' w ogólnej sumie składników w zależności od części ziela oraz roku wegetacji roślin

Olejek z ulistnionych łodyg				
Składnik	2008	2009	2010	Średnio
1. linalol	69,00	61,93	51,29	60,74
2. geraniol	5,06	5,89	10,34	7,10
3. cyneol-1,8	5,53	5,88	7,17	6,19
4. cadinol	4,52	6,60	7,39	6,17
5. cadinen	2,90	3,60	3,73	3,41
6. germacren D	1,93	2,25	2,12	2,10
7. metylochawicol	0,57	1,84	2,08	1,49
suma 1-7	89,51	86,16	84,12	87,2
Ogólna liczba składników	60	56	67	
Ogólna suma składników	99,65	99,59	99,55	

Olejek z kwiatostanów				
Składnik	2008	2009	2010	Średnio
1. linalol	62,50	61,32	52,13	58,65
2. geraniol	8,59	7,89	10,64	9,04
3. cadinol	4,51	6,24	7,17	5,97
4. germacren D	3,88	4,47	3,48	3,94
5. cyneol-1,8	3,76	2,58	5,14	3,82
6. cadinen	3,15	3,37	3,58	3,36
7. bulnesen	1,38	1,60	1,31	1,43
suma 1-7	87,77	87,47	83,25	86,21
Ogólna liczba składników	60	62	65	
Ogólna suma składników	99,72	99,58	99,64	

DYSKUSJA

Stwierdzona w pracy selektywność działania olejków ziela bazylii ‘Wala’ odpowiada rezultatom innych badań, wskazującym na wybiórczą aktywność olejków eterycznych wobec różnych gatunków drobnoustrojów. Mechanizm działania olejków na mikroorganizmy nie jest do końca poznany, ale szczepy należące do tego samego gatunku mogą charakteryzować się różną wrażliwością na olejki [Kalemba i Kunicka 2003]. Przeprowadzone badania udowodniły nieefektywność olejków bazylii ‘Wala’ wobec *A. niger* oraz *P. cyclospium*. Słabą zdolność hamowania rozwoju *A. niger* i *Penicillium sp.* przez olejek *O. basilicum* wykazali także Ozcan i Erkmien [2001] oraz Tzortzakis [2007]. Z kolei inni autorzy [Hussain i in. 2008, Zhang i in. 2009] stwierdzili, że olejek bazylii pospolitej hamował rozwój zarówno *A. niger*, jak też *Mucor mucedo*, *Fusarium solani*, *Rhizopus solani* i *A. alternata*.

Na aktywność olejków ma wpływ ich skład chemiczny [Kalemba i Kunicka 2003]. Olejek bazylii ‘Wala’, z uwagi na zawartość głównego składnika, zalicza się do chemotypu linalolowego [Seidler-Łożykowska i in. 2008]. Inne chemotypy olejków bazylii pospolitej to m.in. estragolowy, eugenolowy, metyloegenolowy, citralowy oraz obfitujący w cynamonian metylu [Kocić-Tanackov i in. 2011]. Koba i inni (2009) wykazali, że aktywność przeciugrzybiczna olejków bazylii pospolitej była zróżnicowana w zależności od ich chemotypu, przy czym olejek metyloegenolowy działał silniej niż linalolowo-estragolowy. Badania wskazują, że fenolowe składniki olejków (np. tymol, karwakrol, eugenol, anetol) mają silniejsze przeciwdrobnoustrojowe działanie, niż związki o charakterze alkoholi (np. linalol, mentol) [Kalemba i Kunicka 2003].

W olejkach bazylii ‘Wala’ zawartość głównego składnika ulegała istotnym zmianom w kolejnych latach uprawy. Wahania udziału linalolu (61,23–75,24%) w olejku ziela tej odmiany, w zależności od roku wegetacji i miejsca uprawy, stwierdzili także Seidler-Łożykowska i in. [2008]. Wyraźnie mniejsza zawartość linalolu w obu olejkach ziela odmiany ‘Wala’ z uprawy w roku 2010, nie spowodowała jednoznacznego obniżenia ich aktywności. Korelacji między ilością głównych składników w olejkach, a ich aktywnością antymikrobiologiczną, nie wykazali też Cimanga i inni [2002]. Można więc przypuszczać,

że aktywność olejków była kształtowana nie tylko przez składnik główny, ale również przez składniki drugorzędne, występujące w niewielkich lub śladowych ilościach. Podobnie jak Chalchat i Ozcan [2008] odnotowano różnice w składzie chemicznym olejku w zależności od części ziela, z której go pozyskano. Jednak żaden z ocenianych olejków bazylii 'Wala' nie wyróżniał się zdecydowanie wyższą aktywnością. Uzyskane wyniki wskazują na potencjalną możliwość wykorzystania obu olejków przeciw rozwojowi zwłaszcza takich grzybów jak *C. herbarum* i *B. cinerea*. Wymaga to jednak dalszych badań w warunkach *in vivo*.

WNIOSKI

Wielkość stref zahamowania wzrostu testowanych grzybów zależała od rodzaju olejku (części ziela, z której pochodził) i roku uprawy bazylii 'Wala' oraz gatunku grzyba, na który zastosowano olejek.

Olejek z kwiatostanów ziela bazylii 'Wala' w porównaniu z olejkiem uzyskanym z ulistnionych łodyg, silniej hamował wzrost *C. herbarum* i *B. cinerea*, ale był mniej aktywny wobec *T. roseum* i *A. alternata*; oba olejki tylko nieznacznie hamowały rozwój *A. niger* i *P. cyclospium*.

W obu olejkach zawartość głównego składnika – linalolu, ulegała zmianom w kolejnych latach uprawy bazylii, jednak nie występowała jednoznaczna zależność między nagromadzeniem linalolu, a aktywnością przeciwgrzybiczną olejków.

LITERATURA

- Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej*. 2000. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. IMiGW, ISSN 1730-6124, Warszawa.
- Chalchat J., Ozcan M. 2008. *Comparative essential oil composition of flowers, leaves and stems of basil (Ocimum basilicum L.) used as herb*. Food Chemistry 110, 501–503.
- Cimanga K., Kambu K., Tona L., Apers S., De Bruyne T., Hermans N., Totté J., Pieters L., Vlietinck A. J. 2002. *Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo*. Journal of Ethnopharmacology 79, 213–220.

- Farmakopea Polska VIII*. 2008. Tom II, Wyd. PTFarm, Warszawa.
- Hussain A. I., Anwar F., Hussain Sherazi S. T., Przybylski R. 2008. *Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (Ocimum basilicum) essential oils depends on seasonal variations*. Food Chemistry 108, 986–995.
- Instrukcja uprawy: Bazylija pospolita (Ocimum basilicum L.)*. 1996. IRiPZ, Poznań.
- Jakowienko P., Wójcik-Stopczyńska B., Jadczak D. 2011. *Antifungal activity of essential oils from two varieties of sweet basil (Ocimum basilicum L.)*. Veget. Crops Res. Bull. 74, 97–106.
- Kalemba D., Kunicka A. 2003. *Antibacterial and antifungal properties of essential oils*. Current Medicinal Chem. 10, 813–829.
- Karwowska K., Przybył J. 2005. *Suszarnictwo i przetwórstwo ziół*. Wyd. SGGW, ISBN 83-7244-621-0, Warszawa.
- Koba K., Poutouli P., Raynaud Ch., Chaumont J., Sanda K. 2009. *Chemical composition and antimicrobial properties of different basil essential oils chemotypes from Togo*. Bangladesh J. Pharmacol. 4, 1–8.
- Kocić-Tanackov S., Dimić G., Lević J., Tanackov I., Tuco D. 2011. *Antifungal activities of basil (Ocimum basilicum L.) extract on Fusarium sp.* African J. Biotech. 10(50), 10188–10195.
- Lee S. O., Choi G. J., Jang J. S., Lim H. K., Cho K. Y., Kim J. 2007. *Antifungal activity of five plant essential oils as fumigant against postharvest and soil-borne plant pathogenic fungi*. Plant Pathol. J. 23(2), 97–102.
- Ozcan M., Erkmen O. 2001. *Antimicrobial activity of the essential oils of Turkish plant spices*. Eur. Food Res. Technol. 212, 658–660.
- Peëilyütë D. 2005. *Effect of tea tree essential oil on microorganisms 2. Evaluation of fungal reaction to tea tree oil under different conditions*. Biologija 2, 21–28.
- Runyoro D., Ngassapa O., Aligiannis N., Graikou K., Chinou I. 2010. *Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of four Ocimum species growing in Tanzania*. Food Chemistry 119, 311–316.
- Seidler-Łożykowska K., Król D. 2008. *The content of essential oil in ten sweet basil (Ocimum basilicum L.) cultivars and its composition*. Herba Polonica 54(3), 7–12.
- Seidler-Łożykowska K., Galambosi B., Król D. 2008. *Herb yield, essential oil content and its composition in two cultivars of sweet basil (Ocimum basilicum L.) grown in two different locations*. Herba Polonica 4 (5), 35–42.
- Tzortzakis G. N. 2007. *Antifungal activity of essential oils against green mould Penicillium sp.* Agro Thesis 5(1), 19–25.

Zhang J. W., Li S.K., Wu W.J. 2009. *The main chemical composition and in vitro antifungal activity of the essential oils of Ocimum basilicum Linn. var. pilosum (Willd.) Benth.* Molecules 14, 273–278.

Adres do korespondencji:

Barbara Wójcik-Stopczyńska, Paulina Jakowienko
Katedra Ogrodnictwa, Pracownia Przechowalnictwa i Przetwórstwa,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Słowackiego 17, 71–434 Szczecin
e-mail: Barbara.Wojcik-Stopczynska@zut.edu.pl

**ZWALCZANIE POŁYŚNICY MARCHWIANKI (*PSILA ROSAE*)
W UPRAWACH WARZYW Z RODZINY SELEROWATYCH
(*APIACEAE*) Z WYKORZYSTANIEM MONITORINGU**
MONITORING OF CARROT FLY (*PSILA ROSAE*) IN THE
PROTECTION OF CROPS WITH VEGETABLES FROM *APIACEAE* FAMILY

Abstrakt. Celem badań była optymalizacja metody sygnalizowania obecności połyśnicy z użyciem barwnych pułapek lepowych, pozwalająca na precyzyjne ustalenie terminów jej nalotu na plantacje marchwi oraz przeprowadzenie zabiegów zwalczania. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono różnice w terminach nalotu i przekroczeniu progu ekonomicznej szkodliwości pomiędzy latami prowadzonych obserwacji, lokalizacjami prowadzenia doświadczeń oraz pomiędzy miejscami prowadzenia sygnalizacji. Różnice te wyniosły od 4 do 13 dni pomiędzy lokalizacjami doświadczeń i od 4 do 25 dni pomiędzy miejscami prowadzenia sygnalizacji. Najwyższą skuteczność zabiegów ochronnych uzyskano na podstawie monitoringu prowadzonego w danym miejscu uprawy. Zabiegi ochronne wykonane na tej podstawie pozwoliły na 5–7-krotne ograniczenie liczby uszkodzonych korzeni marchwi.

Słowa kluczowe: *połyśnica marchwianka, monitoring, ochrona marchwi*

Summary. The aim of the present studies was to optimize a method of monitoring carrot fly using yellow sticky board traps. It allows precisely determining the date of peak emergency of observed species of pest and taking a decision about time of conducting treatments. The obtained results showed differences in terms of occurrence and exceed the threshold of economical harmfulness between the years of the experiment, locations of experimental fields and between sites where monitoring of carrot fly were conducted. These differences ranged from 4 to 13 days between locations of experimental fields and from 4 to 25 days between the places of monitoring pest. The highest effectiveness of protective treatments obtained from the monitoring carried out at the place of production. It allowed for a 5–7-fold reduction of the number of damaged carrot roots.

Key words: *carrot fly, monitoring, carrot crop protection*

WSTĘP

Warzywa korzeniowe (marchew, pietruszka, seler i pasternak), z rodziny selerowate pod względem łącznej powierzchni upraw, zajmują w Polsce, obok kapustnych i cebulowych, czołowe miejsce w ogólnej strukturze upraw. Zasiedlane są przez ponad 30 gatunków fitofagicznych owadów [Szejda 2003; Szejda i Wrzodak 2007]. Do grupy szkodników o ekonomicznym znaczeniu, najliczniej występujących na plantacjach warzyw korzeniowych w kraju, należy połyśnica marchwianka (*Chamaepsia* = *Psila rosae* Fabr.) [Szejda 1988, 2007]. Stadium szkodliwym są larwy, które przy zaniechaniu ochrony mogą uszkodzić do 70% korzeni marchwi. Brak zapraw insektycydowych zmusza producentów marchwi do stosowania zabiegów opryskiwania, które nie zawsze są skuteczne. Jedną z głównych przyczyn nieskutecznej ochrony przed połyśnicą marchwianką są nieterminowo przeprowadzane zabiegi ochronne. Dlatego też w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach podjęto badania nad ustaleniem optymalnych terminów zabiegów zwalczania połyśnicy marchwiarki na plantacjach marchwi.

Celem badań była optymalizacja metody sygnalizowania obecności połyśnicy z użyciem barwnych pułapek lepowych, która pozwoli na precyzyjne ustalenie terminów jej nalotu na plantacje marchwi w sezonie wegetacyjnym oraz ustalenie optymalnych terminów przeprowadzenia zabiegów zwalczania. Opracowywana metoda będzie stanowiła podstawę do prowadzenia integrowanej ochrony warzyw korzeniowych przed połyśnicą marchwiarką.

MATERIAŁY I METODY

Badania dotyczące ustalenia optymalnych terminów zabiegów zwalczania połyśnicy marchwiarki na plantacjach warzyw korzeniowych prowadzono na polach Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach i w gospodarstwie Zespołu Szkół Centrum Kształcenia Rolniczego w Powierciu, powiat Koło, w latach 2011–2012, w uprawach marchwi. Powierzchnia każdej uprawy wynosiła 200 m². W badaniach określano przydatności żółtych tablic lepowych do monitorowania nalotu imagines połyśnicy i kontroli jej liczebności. Tablice umieszczano po trzy w każdej uprawie. Były one mocowane na palikach pozwalających na zmianę wysokości mocowania tak, aby znajdowały się nad

wierzchołkami rosnących roślin, na wysokości 5–25 cm od ziemi przy odławianiu I pokolenia i 35–55 cm przy II pokoleniu zgodnie z zaleceniami uzyskanymi w doświadczeniach prowadzonych przez Collier i Finch [1990] i Holopainen i innych [1991]. Tablice sprawdzano 2-krotnie w ciągu tygodnia, w okresie od początku maja do końca czerwca (lot I pokolenia) i od połowy lipca do końca sierpnia (lot II pokolenia). Na tej podstawie, po przekroczeniu progu ekonomicznej szkodliwości określano terminy przeprowadzenia zabiegów opryskiwania. Dla pierwszego pokolenia było to odłowienie średnio powyżej 1 muchówki przez kolejne 3 dni, dla drugiego pokolenia odłowienie średnio 0,75 muchówki. Dla porównania, jako metodę standardową, przyjęto prowadzenie ochrony na podstawie komunikatów o nalocie połyśnicy, wydawanych przez odpowiednie powiatowe oddziały terenowe Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Roślin i Nasiennictwa. Zabiegi opryskiwania przeprowadzono dwukrotnie, w odstępach 7–10 dni. Do zabiegów opryskiwania użyto środka Dursban 480 EC w dawce $1,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$. Kontrolę stanowiły poletka, na których nie prowadzono zabiegów ochronnych przeciwko połyśnicy.

W okresie zbiorów liczono korzenie marchwi uszkodzone przez larwy połyśnicy. Korzenie zbierano losowo z poszczególnych kombinacji, w czterech powtórzeniach, po 100 korzeni każde.

WYNIKI I Dyskusja

Monitorowanie występowania połyśnicy marchwianki na plantacjach marchwi

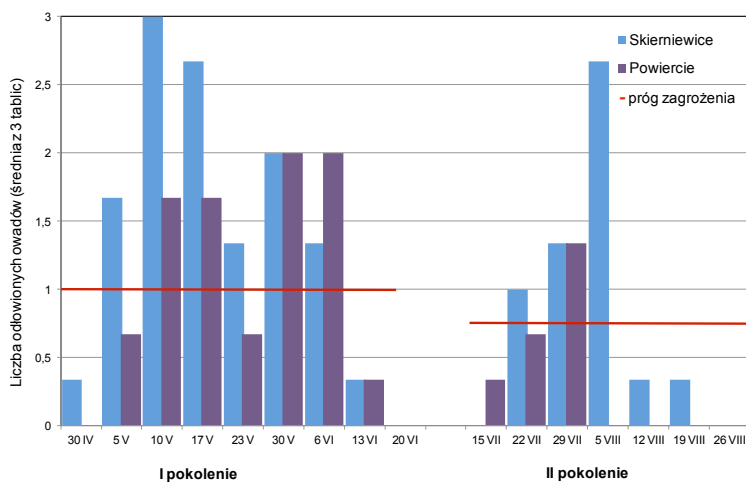
Rok 2011. Na podstawie obserwacji polowych prowadzonych w sezonie wegetacyjnym stwierdzono, że w Skierniewicach lot muchówek pierwszego pokolenia połyśnicy marchwianki rozpoczął się pod koniec kwietnia. Przy pomocy żółtych tablic lepowych odłowiono w sumie 38 muchówek (średnio 12,7 szt./tablicę). Lot muchówek drugiego pokolenia rozpoczął się w trzeciej dekadzie lipca. Przy pomocy żółtych tablic lepowych odłowiono w sumie 17 muchówek (średnio 5,7 szt./tablicę) (ryc. 1).

Zabiegi ochronne wykonano po przekroczeniu progu ekonomicznej szkodliwości: na pierwsze pokolenie połyśnicy – 5 i 15 maja; na drugie pokolenie – 22 i 29 lipca.

W kombinacji porównawczej zabiegi ochronne, prowadzone na podstawie komunikatów podanych przez oddział WIORiN, wykonano: na pierwsze pokolenie – 31 maja i 7 czerwca; na drugie pokolenie – 29 lipca i 5 sierpnia.

W Powierciu lot muchówek pierwszego pokolenia połyśnicy rozpoczął się na początku maja. Przy pomocy żółtych tablic lepowych odłowiono w sumie 27 muchówek (średnio 9,0 szt./tablicę). Lot muchówek drugiego pokolenia rozpoczął się w połowie lipca (ryc. 1). Przy pomocy żółtych tablic lepowych odłowiono w sumie 7 muchówek (średnio 2,34 szt./tablicę).

Zabiegi ochronne wykonano po przekroczeniu progu ekonomicznej szkodliwości: na pierwsze pokolenie połyśnicy – 9 i 19 maja; na drugie pokolenie – 28 lipca i 6 sierpnia. W kombinacji porównawczej zabiegi ochronne wykonano: na pierwsze pokolenie – 1 i 8 czerwca; na drugie pokolenie – 26 lipca i 2 sierpnia.

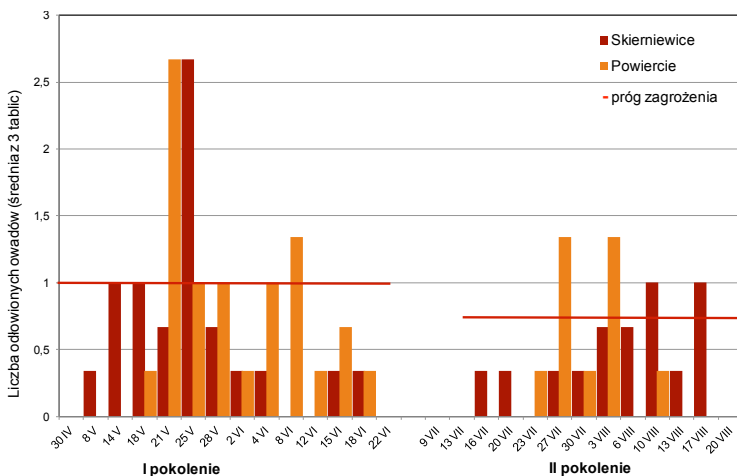


Ryc. 1. Monitoring nalotu I i II pokolenia połyśnicy marchwianki (*Psila rosae*) na uprawy marchwi

Rok 2012. W drugim roku prowadzenia obserwacji polowych stwierdzono, że w Skjerniewicach lot muchówek pierwszego pokolenia połyśnicy marchwianki rozpoczął się w pierwszej dekadzie maja. Przy pomocy żółtych tablic lepowych odłowiono w sumie 23 muchówki (średnio 7,67 szt./tablicę). Lot muchówek drugiego pokolenia

rozpoczął się w połowie lipca. Przy pomocy żółtych tablic lepowych odłowiono w sumie 15 muchówek (średnio 5,0 szt./tablicę) (ryc. 2).

Zabiegi ochronne wykonano po przekroczeniu progu ekonomicznej szkodliwości: na pierwsze pokolenie połyśnicy – 15 i 25 maja – o dziesięć dni później w porównaniu do roku poprzedniego; na drugie pokolenie – 10 i 17 sierpnia – prawie trzy tygodnie później niż w 2011 roku. W kombinacji porównawczej zabiegi ochronne wykonano: na pierwsze pokolenie – 23 i 30 maja; na drugie pokolenie – 23 i 30 lipca.



Ryc. 2. Monitoring nalotu I i II pokolenia połyśnicy marchwiarki (*Psila rosae*) na uprawy marchwi

W Powierciu lot muchówek pierwszego pokolenia połyśnicy rozpoczął się dopiero pod koniec drugiej dekady maja. Przy pomocy żółtych tablic lepowych odłowiono w sumie 26 muchówek (średnio 8,67 szt./tablicę). Lot muchówek drugiego pokolenia rozpoczął się w trzeciej dekadzie lipca. Przy pomocy żółtych tablic lepowych odłowiono w sumie 11 muchówek (średnio 3,67 szt./tablicę) (ryc. 2).

Zabiegi ochronne wykonano po przekroczeniu progu ekonomicznej szkodliwości: na pierwsze pokolenie połyśnicy – 21 i 28 maja (o 10 dni później niż w 2011 roku); na drugie pokolenie – 27 lipca i 5 sierpnia. W kombinacji porównawczej zabiegi ochronne wykonano: na pierwsze pokolenie – 25 maja i 1 czerwca; na drugie pokolenie – 27 lipca i 3 sierpnia.

Porównanie liczby korzeni marchwi uszkodzonych przez połyśnicę marchwiankę. W 2011 roku zbiór korzeni marchwi przeprowadzono: w Skierniewicach – 7 października, w Powierciu – 26 października. Podczas zbioru liczono korzenie marchwi uszkodzone przez połyśnicę marchwiankę (tab. 1).

Tab. 1. Porównanie liczby korzeni marchwi uszkodzonych przez połyśnicę marchwiankę (2011)

Kombinacja	Środek i dawka	Średnia liczba uszkodzonych korzeni / 100 korzeni	
		Skierniewice	Powiercie
Ochrona na podstawie sygnalizacji prowadzonej w danej lokalizacji	Dursban 480 EC 1,5 l×ha ⁻¹	5,5 a	2,25 a
Ochrona na podstawie komunikatów WIORiN	Dursban 480 EC 1,5 l×ha ⁻¹	14,25 b	7,5 ab
Kontrola	-	37,25 c	11,5 b

Test Newman-Kuels, $p=0.05$; * średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p=0.05$

W 2012 roku zbiór korzeni marchwi przeprowadzono w Skierniewicach 29 października, a w Powierciu 10 października. Podczas zbioru liczono uszkodzone przez połyśnicę korzenie marchwi (tab. 2). Uzyskane wyniki były porównywalne do otrzymanych w 2011 roku.

Wyniki uzyskane podczas prowadzonych badań potwierdziły pełną przydatność żółtych pułapek lepowych do prowadzenia monitoringu nalotu połyśnicy marchwianki na uprawy warzyw korzeniowych [Ester i Schoneveld 1996]. W 2011 roku w Skierniewicach odłowiono odpowiednio dla 1 i 2 pokolenia – 38 i 17 sztuk, a w Powierciu – 27 i 7 sztuk muchówek. W 2012 roku zaobserwowano głównie w Skierniewicach niewielki spadek liczebności populacji połyśnicy. Odłowiono tam odpowiednio 23 i 15 sztuk muchówek, podczas gdy w Powierciu liczebność połyśnicy utrzymała się na podobnym poziomie – odłowiono 26 i 11 sztuk muchówek. Różnice w liczebności odłowionych owadów przełożyły się na liczbę uszkodzonych korzeni marchwi.

Tab. 2. Porównanie liczby korzeni marchwi uszkodzonych przez połyśnicę marchwiankę (2012)

Kombinacja	Środek i dawka	Średnia liczba uszkodzonych korzeni / 100 korzeni	
		Skierniewice	Powiercie
Ochrona na podstawie sygnalizacji prowadzonej w danej lokalizacji	Dursban 480 EC 1,5 l×ha ⁻¹	3,25 a	2,5 a
Ochrona na podstawie komunikatów WIORiN	Dursban 480 EC 1,5 l×ha ⁻¹	7,25 a	5,75 a
Kontrola	-	24,5 b	14,0 b

Test Newman-Kuels, $p=0.05$; *średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p=0.05$

W 2011 roku w Skierniewicach na kombinacji kontrolnej (nie chronionej) stwierdzono średnio 37,25 sztuk uszkodzonych korzeni na 100 analizowanych, podczas gdy w roku 2012, przy niższej liczebności populacji połyśnicy stwierdzono średnio 24,5 sztuk uszkodzonych korzeni na 100 analizowanych. W Powierciu liczba uszkodzonych korzeni w kombinacji kontrolnej, podobnie jak liczebność populacji połyśnicy, utrzymała się na podobnym poziomie i wyniosła odpowiednio, średnio 11,5 i 14 sztuk uszkodzonych korzeni marchwi.

Większe znaczenie dla ochrony warzyw przed tym szkodnikiem mają stwierdzone różnice w terminach nalotu i przekroczeniu progu ekonomicznej szkodliwości, zarówno pomiędzy latami prowadzonych obserwacji jak i co istotniejsze pomiędzy miejscami prowadzenia doświadczenia czy sygnalizacji (stacje WIORiN). Użycie żółtych tablic lepowych pozwoliło na określenie początku nalotu szkodnika na uprawę, momentu przekroczenia progu ekonomicznej szkodliwości oraz dokładne wyznaczenie terminu wykonania zabiegów ochronnych [Szwejdą 2007]. Głównym problemem w ochronie warzyw przed tym szkodnikiem są duże, sięgające 2–3 tygodni, różnice w terminach lotu, występujące pomiędzy poszczególnymi latami prowadzenia upraw, uzależnione głównie od przebiegu warunków pogodowych [Ravn

i Esbjerg 1994; Collier i Phelps 1996; Szwejda 2006; Szwejda i Wrzodak 2007]. Wyniki uzyskane w doświadczeniu potwierdziły wcześniejsze obserwacje Szwejdy [2002], Pruszyńskiego i Walczak [2006], że różnice w terminie lotu imagines połyśnicy mogą dochodzić do 4 tygodni pomiędzy latami, jak również pomiędzy położonymi w niewielkiej odległości miejscowościami w danym roku uprawy. W 2011 roku w Skierniewicach przekroczenie progu ekonomicznej szkodliwości przez pierwsze pokolenie połyśnicy stwierdzono 5 maja, podczas gdy w komunikacie WIORiN dla powiatu skierniewickiego przekroczenie progu stwierdzono trzy tygodnie później. Podobna sytuacja zaistniała w Powierciu, gdzie przekroczenie progu stwierdzono 9 maja, a według komunikatu ogłoszonego dla powiatu kolskiego przekroczenie progu wyznaczono na początku czerwca. W przypadku drugiego pokolenia połyśnicy stwierdzone różnice były nieznaczne i wyniosły 6–7 dni. Przekroczenie progu stwierdzono 22 lipca w Skierniewicach i 28 lipca w Powierciu, a według komunikatów nastąpiło to odpowiednio 29 i 26 lipca. W 2012 roku liczebność populacji zarówno pierwszego jak i drugiego pokolenia połyśnicy próg ekonomicznego zagrożenia osiągnęła 10–14 dni później w obu miejscowościach. Również różnice pomiędzy terminami odłowów prowadzonymi w doświadczeniu i komunikatami WIORiNu były mniejsze i wyniosły od 4 do 8 dni. Wyjątkiem była sygnalizacja prowadzona w Skierniewicach dla 2 pokolenia połyśnicy, gdzie według otrzymanego komunikatu próg ekonomicznej szkodliwości został przekroczony 23 lipca, natomiast przekroczenie progu na podstawie własnych obserwacji stwierdzono ponad 2 tygodnie później – 10 sierpnia.

Na podstawie wyników uzyskanych w doświadczeniu stwierdzono różnice w terminach lotu i przekroczenia progu ekonomicznej szkodliwości przez 1 i 2 pokolenie połyśnicy marchwianki, zarówno pomiędzy latami prowadzenia badań jak i miejscowościami, w których zlokalizowane były doświadczenia.

Stwierdzono też występowanie różnic pomiędzy terminami przekroczenia progu szkodliwości wyznaczanymi na podstawie odłowów prowadzonych w konkretnej lokalizacji, a komunikatami ogłaszanymi dla całego powiatu przez terenowe oddziały WIORiN. Różnice w wyznaczaniu terminów przeprowadzenia zabiegów ochronnych miały wpływ na liczbę uszkodzonych korzeni marchwi.

Uwzględniając ekonomiczne i ekologiczne aspekty prowadzenia ochrony warzyw korzeniowych, konieczne jest coroczne prowadzenie monitorowania nalotu połyśnicy marchwianki i wyznaczanie terminów przeprowadzania zabiegów ochronnych na podstawie sygnalizacji prowadzonej dla konkretnej lokalizacji uprawy. Powinno to stanowić podstawę integrowanej ochrony warzyw korzeniowych przed połyśnicą.

WNIOSKI

1. Wyniki uzyskane z przeprowadzonych odłowów przy użyciu żółtych pułapek chwytnych pozwoliły na precyzyjne określenie terminu nalotu połyśnicy marchwianki (*P. rosae* Fabr.) na uprawy warzyw korzeniowych.

2. Wykonując zabiegi ochronne na podstawie danych z monitoringu prowadzonego w miejscu uprawy, przy użyciu żółtych tablic ograniczono 7-krotnie w Skierniewicach i 5-krotnie w Powierciu liczbę uszkodzonych korzeni marchwi.

3. Zastosowane w badaniach, w ramach zadania 1.14, żółte pułapki lepowe wykazały pełną przydatność w odławianiu połyśnicy marchwianki i powinny stanowić podstawę integrowanej ochrony warzyw korzeniowych, prowadzonej w ramach systemów ostrzegających o zagrożeniu upraw.

LITERATURA

- Collier R. H., Finch S. 1990. *Some factors affecting the efficiency of sticky board traps for capturing the carrot fly, Psila rosae (Diptera: Psilidae)*. Bull. Ent. Res. 80, 153–158.
- Collier R. H., Phelps K. 1996. *Using trapping to decide whether or not to spray against the carrot fly. Integrated control in field vegetable crops*. IOBC/wprs Bulletin 19(11), 1–6.
- Ester A., Schoneveld J.A. 1996. *Systems for the supervised control of carrot fly (Psila rosae Febr.) in The Netherlands: I Method of sampling flies. Integrated control in field vegetable crops*. IOBC/wprs Bulletin 19 (11), 66–71.
- Holopainen J.K., Havukkala I., Knuuttila T., Kettunen S. 1991. *Yellow sticky traps in monitoring and control of carrot rust fly in Home Gardens*. Annales Agriculturae Fenniae 30, 207–214.

- Pruszyński S., Walczak F. 2006. *Rola regionalnej sygnalizacji w wyznaczaniu optymalnego terminu zwalczania agrofagów*. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 46(1), 169–175.
- Ravn H. P., Esbjerg P. 1994. *Current status of monitoring of Delia radicum, Psila rosae and Agrotis segetum in field vegetable crops in Denmark. Integrated control in field vegetable crops*. IOBC/wprs Bulletin 17(8), 51–54.
- Szwejda J. 1988. *Znaczenie i szkodliwość muchówek /Diptera/ w warzywnictwie*. Wiad. Entomol. 8(1–2), 27–34.
- Szwejda J. 2002. *Sygnalizacja i metody ochrony marchwi i pietruszki przed połyśnicą marchwianką (Psila rosea Fabr.)*. 2002. [W:] *Zwalczanie chorób, szkodników i chwastów w warzywach polowych: Ogólnopolska Konferencja Instytut Warzywnictwa, Skierniewice*, 29–32.
- Szwejda J. 2003. *Różnorodność gatunkowa muchówek (Diptera) występujących na roślinach warzywnych*. W: XLIII Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin, Poznań 2003: streszczenia / IOR Poznań, 2003, 63–64.
- Szwejda J. 2006. *Monitorowanie zagrożeń powodowanych przez szkodniki występujące na uprawach warzywnych*. Now. Warz. 42, 87–98.
- Szwejda J. 2007. *Fitofagiczna entomofauna występująca na marchwi i metody ochrony*. W: Ogólnopolska Naukowa Konferencja Warzywnicza: „Postęp w technologii uprawy warzyw korzeniowych”. Skierniewice, Inst. Warz., 25–27.
- Szwejda J., Wrzodak R. 2007. *Phytophagous entomofauna occurring on carrot and plant protection methods*. Veget. Crops Res. Bull. 67, 95–102.

Adres do korespondencji:

Robert Wrzodak, Maria Rogowska
Prac. Entomologii Roślin Warzywnych
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach
ul. Konstytucji 3 maja 1/3, 96–100 Skierniewice
e-mail: robert.wrzodak@inhort.pl

Badania wykonano w ramach zadania 1.14 „Prognozowanie zagrożeń powodowanych przez fitofagi występujące na uprawach roślin warzywnych” wchodzącego w skład Programu Wieloletniego pt. „Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodnictwa w celu zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów ogrodnictwa oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony jego zasobów”.

