

ISSN 1895-4421

# EPISTEME

CZASOPISMO NAUKOWO-KULTURALNE

KRAKÓW  
NR 30/2016, tom II

# 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 Alejski, 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 Odesskij, Prof. dr hab., dr. phil. Andrzej Wiercinski,  
Prof. dr eng. Elena Horska, Prof. UP dr hab. Andrzej Kornaś,  
Prof. Dr. Barry Lambert, Prof. Dr. Mahendra Rai, Prof. Dr. John P. Tsaknis

## WYDAWCA:

Stowarzyszenie Twórców Nauki i Kultury „Episteme”  
ul. Okólna 28/87, 30–669 Kraków  
[www.episteme-nauka.pl](http://www.episteme-nauka.pl)

© Stowarzyszenie Twórców Nauki i Kultury „Episteme” i Autorzy  
Pierwotną wersją czasopisma jest wersja papierowa

# SPIS TREŚCI

## FOOD TECHNOLOGY

<i>Dominik Domagała, Barbara Wielgos, Aneta Koronowicz, Mariola Marynowska, Ewelina Piasna and Teresa Leszczynska</i> WPŁYW NUTRAMIL® COMPLEX NA CYTOTOKSYCZNOŚĆ I PROLIFERACJĘ LUDZKICH KOMÓREK NOWOTWOROWYCH GRUCZOŁU PIERSIOWEGO LINII MCF-7 .....	13
<i>Martyna Borkowska, Kinga Dziadek, Ewelina Kukielka, Jarosław Oczkowicz, Aneta Kopeć</i> OCENA WYBRANYCH ZWYCZAJÓW I PREFERENCJI ŻYWIENIOWYCH OSÓB UPRAWIAJĄCYCH SPORT .....	23
<i>Grzegorz Fiutak, Magdalena Michalczyk, Ryszard Macura, Marzena Macura, Agnieszka Zawisła</i> WPŁYW NAŚWIETLANIA LAMPAMI LED NA WYBRANE WYRÓŻNIKI JAKOŚCI KIEŁKÓW SŁONECZNIKA .....	35
<i>Mariusz Jakubowski</i> WPŁYW RÓŻNYCH RODZAJÓW HERBATY NA WYBRANE PARAMETRY PROCESU FERMENTACJI NAPOJU KOMBUCHA .....	47
<i>Martyna Borkowska, Ewelina Kukielka, Aneta Kopeć, Kinga Dziadek, Jarosław Oczkowicz</i> CZĘSTOTLIWOŚĆ SPOŻYCIA WYBRANYCH GRUP PRODUKTÓW SPOŻYWCZYCH PRZEZ OSOBY UPRAWIAJĄCE SPORT .....	59
<i>Mariola Marynowska, Barbara Wielgos, Aneta Koronowicz, Ewelina Piasna, Dominik Domagała, Teresa Leszczynska</i> AKTYWNOŚĆ CYTOTOKSYCZNA DIETETYCZNEGO ŚRODKA SPECJALNEGO PRZEZNACZENIA MEDYCZNEGO NUTRAMIL®COMPLEX WOBEC KOMÓREK NOWOTWOROWYCH CZERNIAKA WM793. ....	71
<i>Jarosław Oczkowicz, Małgorzata Wymazała, Kinga Dziadek, Ewelina Kukielka, Aneta Kopeć</i> ANALIZA SKŁADU PODSTAWOWEGO WYBRANYCH ODMIAN CZOSNKU ...	81
<i>Ewelina Piasna, Barbara Wielgos, Aneta Koronowicz, Mariola Marynowska, Dominik Domagała, Teresa Leszczynska</i> AKTYWNOŚĆ CYTOTOKSYCZNA PREPARATU SPECJALNEGO PRZEZNACZENIA NUTRAMIL COMPLEX® WOBEC KOMÓREK NOWOTWOROWYCH GRUCZOŁU KROKOWEGO .....	91

*Ewelina Piasna, Ewelina Zarzycka, Ewa Piątkowska,  
Dominik Domagała, Mariola Marynowska*  
POLIFENOLE JAKO SKŁADNIKI BIOAKTYWNE ŻYWNOSCI . . . . .101

*Vitalii Liubych, Valeriia Vozian*  
THE INFLUENCE OF ORIGIN ON SPELT WHEAT GRAINS PROPERTIES . . . .111

## **FOREST SCIENCE**

*Anna Maciejewska, Paulina Pawlik, Agnieszka Stępień,  
Aleksander Owczarek, Renata Galek, Stanisław Sęktas*  
ZRÓŻNICOWANIE KLONÓW TAXUS BACCATA  
POCHODZĄCYCH Z RÓŻNYCH ŚRODOWISK  
NA PODSTAWIE CECH ANATOMICZNYCH IGIEŁ . . . . .125

*Maslovata\_Svitlana*  
ESTIMATION OF LANDSCAPING OF TYPES AND FORMS  
OF THE GENUS ULMUS L. AND THE USAGE IN DECORATION  
IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE . . . . .135

*Norbert Szymański, Sławomir Wilczyński*  
WRAŻLIWOŚĆ WYBRANYCH POCHODZEŃ MODRZEWIA  
EUROPEJSKIEGO (*LARIX DECIDUA* MILL.) NA WARUNKI  
KLIMATYCZNE WYŻYNY KIELECKIEJ (CENTRALNA POLSKA). . . . .149

## **HORTICULTURE**

*Małgorzata Oleniacz, Monika Batko,  
Agnieszka Kidawska, Ewelina Kwaśniewska.*  
TRAWY OZDOBNE, TURZYCE I SITY W OGRODACH  
PRZYDOMOWYCH NA DWÓCH OSIEDLACH WILLOWYCH SANOKA . . . . .163

*Elżbieta Jędrzczyk, Piotr Bucki,  
Anna Magdalena Ambroszczyk, Barbara Skowera*  
WPŁYW STYMULATORÓW NA WZROST I ROZWÓJ CZOSNKU OZIMEGO . .177

*Elżbieta Wojciechowicz-Żytko, Maja Dobińska, Anna Witek*  
ATRAKCYJNOŚĆ KWIATÓW ROŚLIN ZIELNYCH  
DLA PSZCZÓŁ SAMOTNIC (*HYMENOPTERA, APOIDEA*). . . . .191

*Liliana Drzewiecka, Joanna Bonio, Maria Kowalik*  
MICROMYCETES NA LIŚCIACH BORÓWKI CZARNEJ *VACCINIUM MYRTILLUS* L.  
I BORÓWKI BRUSZNICY *VACCINIUM VITIS-IDEA* L. W ARBORETUM  
SZKOŁY GŁÓWNEJ GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO W ROGOWIE . . . . .203

*Klaudia Duda-Franiak, Magdalena Kuligowska, Maria Kowalik*  
MONITORING AEROMYKOLOGICZNY  
PÓL KAPUSTY GŁOWIASTEJ BIAŁEJ . . . . .215

<i>Dominika Grabowska, Marta Olczyk, Katarzyna Woszczyk, Maria Pobożniak</i> WSTĘPNE BADANIA NAD WYSTĘPOWANIEM WCIORNASTKÓW (THYSANOPTERA) NA WYBRANYCH GATUNKACH CZOSNKU ALLIUM SPP. . . . .	227
<i>Dominika Grabowska, Marta Olczyk, Katarzyna Woszczyk, Maria Pobożniak</i> WSTĘPNE BADANIA NAD WYSTĘPOWANIEM WCIORNASTKÓW (THYSA-NOPTERA) NA KOPRZE OGRODOWYM ANETHUM GRAVEOLENS L. . . . .	237
<i>Halina Kurzawińska, Marcelina Machura</i> FUNGISTATYCZNA AKTYWNOŚĆ WYBRANYCH OLEJKÓW ETERYCZ- NYCH W STOSUNKU DO PATOGENÓW WYOSOBNIONYCH Z CHORYCH SADZONEK PELARGONII (PELARGONIUM SPP.) . . . . .	245
<i>Anna Nawrocka</i> ANOMALIE W UŻYŁKOWANIU SKRZYDEŁ TRZECH KAST PSZCZOŁY MIODNEJ . . . . .	255
<i>Anna Pogodzińska, Halina Kurzawińska</i> FUNGISTATYCZNE WŁAŚCIWOŚCI WYBRANYCH OLEJKÓW WOBEC PATOGENÓW RÓŻY . . . . .	267
<i>Ernest Rudnicki</i> WYBRANE ZAGADNIENIA REAKCJI DRZEW NA ZABIEGI PIELĘGNACYJNE . . . . .	277
<i>Izabela Sachryń, Ewa Dziedzic, Monika Bieniasz</i> WPŁYW EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW NA WZROST I ROZWÓJ TRUSKAWKI 'HONEYE' I PODKŁADKI CZEREŚNI 'GISELA 5' . . . . .	289
<i>Agnieszka Stępień, Marta Jazdzyk, Anna Maciejewska, Aleksander Owczarek, Renata Galek, Henryk Bujak, Stanisław Sęktas</i> OPTIMALIZACJA MIKROROZMNAŻANIA WYBRANEGO GENOTYPU RHODODENDRON L. . . . .	299
<i>Rafał Szyszeń, Małgorzata Czernicka, Monika Bieniasz</i> OCENA MORFOLOGICZNA I MOLEKULARNA MIESZAŃCÓW MIĘDZYGATUNKOWYCH VACCINIUM CORYMBOSUM L. X VACCINIUM MYRTILLUS . . . . .	309
<i>Dorota Tekielska, Stanisław Mazur, Martyna Cieślińska</i> BIOLOGICZNA OCENA PREPARATÓW BLACKJAK I POLYVERSUM WP STOSOWANYCH DO OCHRONY BROKUŁU PRZED KILĄ KAPUSTY. . . . .	321
<i>Joanna Turczuk, Katarzyna Adamczewska-Sowińska</i> WPŁYW ŚCIOŁEK SYNTETYCZNYCH NA ZAWARTOŚĆ BARWNIKÓW ROŚLINNYCH W LIŚCIACH I OWOCACH TRZECH ODMIAN POMIDORA GRUNTOWEGO (LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL.) . . . . .	333

**LAND SURVEYING, CARTOGRAPHY, GEODESY,  
LAND DEVELOPMENT, LANDSCAPE, ARCHITECTURE**

<i>Cegielska Katarzyna, Salata Tomasz, Szylar Marta</i> <sup>3</sup> , <i>Kudas Dawid</i> OCENA POTENCJAŁU INWESTYCYJNEGO GMINY SKAŁA PRZY WYKORZYSTANIU NARZĘDZI GIS. ....	349
<i>Agnieszka Głowacka, Katarzyna Gruca</i> WYKORZYSTANIE MODELU 3D DO TWORZENIA DOKUMENTACJI ARCHITEKTONICZNEJ BUDYNKU .....	365
<i>Marta Gruszczynska, Janusz Bogusz</i> IMPLEMENTACJA METODY WIDMA OSOBLIWEGO DO BADANIA ZMIAN SEZONOWYCH W SZEREGACH CZASOWYCH GPS .....	379
<i>Maciej Gruszczynski, Janusz Bogusz</i> BADANIE SKORELOWANYCH SYGNAŁÓW W SIECIACH PERMANENTNYCH STACJI GNSS. ....	391
<i>Dominika Kwiatkowska, Emilia Marks</i> PLANOWANIE TERENÓW ZIELENI W MIASTACH, Z WYKORZYSTANIEM ANALIZY PRZESTRZENNO- FUNKCJONALNEJ, NA PRZYKŁADZIE BARTOSZYC .....	403
<i>Alicja Romaniak, Marcin Żyromski, Edyta Żyromska</i> OPAD ATMOSFERYCZNY I JEGO ZAGOSPODAROWANIE – EKSPERYMENT TERENOWY .....	421
<i>Tomasz Stachura, Joanna Lis</i> OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ENERGII SŁONECZNEJ PRZY UŻYCIU NARZĘDZI GIS NA PRZYKŁADZIE MIEJSCOWOŚCI KRAUSZÓW ..	435
<i>Tomasz Stachura, Joanna Białek</i> OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ENERGII SŁONECZNEJ PRZY UŻYCIU NARZĘDZI GIS NA PRZY- KŁADZIE MIEJSCOWOŚCI LEWNIOWA DLA ROKU 2014. ....	449
<i>Marta Szylar, Katarzyna Cegielska, Dawid Kudas</i> WYKORZYSTANIE DENDRYTU WROCŁAWSKIEGO DO OCENY STANU ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO POWIATÓW WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO. ....	463
<i>Katarzyna Żak</i> ANALIZA WIELKOŚCI DZIAŁKI LOKACYJNEJ JAKO PODSTAWA FORMUOWANIA WYTYCZNYCH PROJEKTOWYCH REWALORYZACJI RYNKU W SŁOMNIKACH .....	479
<i>Lukasz Borek, Joanna Krużel, Agnieszka Ziernicka-Wojtaszek</i> CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW TERMICZNYCH I OPADOWYCH W OKRESIE 2004–2013 W KRAKOWIE .....	491
<i>Lukasz Borek, Joanna Krużel,</i> WPŁYW WODY DOPŁYWAJĄCEJ I ŚCIEKÓW OCZYSZCZONYCH NA WYBRANE WSKAŹNIKI FIZYKOCHEMICZNE WODY RZEKI BREŃ .....	501
<i>Dawid Kudas, Marta Szylar, Katarzyna Cegielska</i> DOBOWY POMIAR WSPÓLRZĘDNYCH PUNKTU METODĄ RTN GPS .....	511

# CONTENTS

## FOOD TECHNOLOGY

- Dominik Domagała, Barbara Wielgos, Aneta Koronowicz,  
Mariola Marynowska, Ewelina Piasna and Teresa Leszczyńska*  
EFFECT OF NUTRAMIL® COMPLEX ON CYTOTOXICITY  
AND PROLIFERATION OF HUMAN BREAST CANCER CELL LINE MCF-7. . . . . 13
- Martyna Borkowska, Kinga Dziadek,  
Ewelina Kukielka, Jarosław Oczkowicz, Aneta Kopeć*  
ASSESSMENT OF SELECTED DIETARY HABITS  
AND PREFERENCES IN ATHLETES . . . . . 23
- Grzegorz Fiutak, Magdalena Michalczyk, Ryszard Macura,  
Marzena Macura, Agnieszka Zawisłak*  
THE EFFECT OF LED IRRADIATION ON THE SELECTED  
QUALITY INDICATORS OF SUNFLOWER SPROUTS. . . . . 35
- Jakubowski Mariusz*  
INFLUENCE OF VARIOUS KINDS OF TEA ON SELECTED  
PARAMETERS OF KOMBUCHA BEVERAGE FERMENTATION PROCESS. . . . . 47
- Martyna Borkowska, Ewelina Kukielka,  
Aneta Kopeć, Kinga Dziadek, Jarosław Oczkowicz*  
FREQUENCY OF CONSUMPTION OF SELECTED  
GROUP PRODUCTS BY SPORTS PRACTITIONERS . . . . . 59
- Mariola Marynowska, Barbara Wielgos, Aneta Koronowicz,  
Ewelina Piasna, Dominik Domagała, Teresa Leszczyńska*  
CYTOTOXIC EFFECT OF DIETETIC FOOD FOR SPECIAL MEDICAL  
PURPOSE NUTRAMIL® COMPLEX ON HUMAN MELANOMA CELLS WM793 . . . 71
- Jarosław Oczkowicz, Małgorzata Wymazała,  
Kinga Dziadek, Ewelina Kukielka, Aneta Kopeć*  
BASIC COMPOSITION ANALYSIS OF SELECTED GARLIC VARIETIES . . . . . 91
- Ewelina Piasna, Barbara Wielgos, Aneta Koronowicz  
Mariola Marynowska, Dominik Domagała, Teresa Leszczyńska*  
CYTOTOXIC ACTIVITY OF DIETETIC FOOD  
FOR SPECIAL MEDICAL PURPOSE NUTRAMIL COMPLEX®  
AGAINST TUMOR CELLS OF THE PROSTATE . . . . . 91
- Ewelina Piasna, Ewelina Zarzycka, Ewa Piątkowska,  
Dominik Domagała, Mariola Marynowska*  
POLYPHENOLS AS BIOACTIVE COMPONENTS OF FOOD . . . . . 101
- Vitalii Liubych, Valeriia Voziiian*  
THE INFLUENCE OF ORIGIN ON SPELT WHEAT GRAINS PROPERTIES . . . . 111

## FOREST SCIENCE

*Anna Maciejewska, Paulina Pawlik, Agnieszka Stępień,  
Aleksander Owczarek, Renata Galek, Stanisław Sęktas*  
DIVERSITY OF CLONES TAXUS BACCATA ORIGINATED  
FROM DIFFERENT ENVIRONMENTS ON THE BASIS  
OF THE NEEDLE'S ANATOMICAL FEATURES .....125

*Svitlana Maslovata*  
ESTIMATION OF LANDSCAPING OF TYPES AND FORMS  
OF THE GENUS ULMUS L. AND THE USAGE IN DECORATION  
IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE .....135

*Norbert Szymański, Sławomir Wilczyński*  
SENSITIVITY OF SELECTED PROVENANCES OF EUROPEAN  
LARCH (*LARIX DECIDUA* MILL.) TO CLIMATIC  
CONDITIONS OF KIELECKA UPLAND (CENTRAL POLAND) .....149

## HORTICULTURE

*Małgorzata Oleniacz, Monika Batko,  
Agnieszka Kidawska, Ewelina Kwaśniewska.*  
ORNAMENTAL GRASSES, SEDGES, AND RUSHES IN GARDENS  
IN TWO RESIDENTIAL DISTRICTS OF TOWN OF SANOK .....163

*Elżbieta Jędraszczyk, Piotr Bucki,  
Anna Magdalena Ambroszczyk, Barbara Skowera*  
THE INFLUENCE OF STIMULATORS ON GROWTH  
AND DEVELOPMENT OF WINTER GARLIC .....177

*Elżbieta Wojciechowicz-Żytko, Maja Dobińska, Anna Witek*  
ATTRACTIVENESS OF FLOWERS OF HERBACEOUS  
PLANTS FOR WILD BEES (HYMENOPTERA, APOIDEA) .....191

*Liliana Drzewiecka, Joanna Bonio, Maria Kowalik*  
MICROMYCETES ON LEAVES OF BILBERRY VACCINIUM MYRTILLUS L.  
AND RED BILBERRY VACCINIUM VITIS-IDEA L. IN THE ROGOW  
ARBORETUM OF THE WARSAW UNIVERSITY OF THE LIFE SCIENCES ....203

*Klaudia Duda-Franiak, Magdalena Kuligowska, Maria Kowalik*  
AEROMYCOLOGICAL MONITORING OF THE WHITE CABBAGE FIELDS ...125

*Dominika Grabowska, Marta Olczyk, Katarzyna Woszczyk, Maria Pobożniak*  
PRELIMINARY RESEARCHES ON THE OCCURRENCE OF THRIPS  
(THYSANOPTERA) ON SELECTED SPECIES OF GARLIC ALLIUM SPP. ....227

*Dominika Grabowska, Marta Olczyk,  
Katarzyna Woszczyk, Maria Pobożniak*  
PRELIMINARY RESEARCHES ON THE OCCURENCE  
OF THRIPS (*THYSANOPTERA*) ON DILL *ANETHUM GRAVEOLENS* L. ....237

<i>Halina Kurzawińska, Marcelina Machura</i> FUNGISTATIC ACTIVITY OF SELECTED ESSENTIAL OILS IN RELATION TO PATHOGENS FROM INFECTED CUTTINGS PELARGONIUM ( <i>PELARGONIUM</i> SPP.) . . . . .	245
<i>Anna Nawrocka</i> ANOMALIES IN WING VENATION OF HONEY BEE WORKERS, DRONES AND QUEENS . . . . .	255
<i>Anna Pogodzińska, Halina Kurzawińska</i> FUNGISTATIC PROPERTIES OF SELECTED ESSENTIAL OIL AGAINST TO PATHOGENS ROSE . . . . .	267
<i>Ernest Rudnicki</i> WSELECTED ISSUES CONCERNING TREE RESPONSE TO TREATMENT EFFORTS . . . . .	277
<i>Izabela Sachryń, Ewa Dziedzic, Monika Bieniasz</i> INFLUENCE OF EFFECTIVE MICROORGANISMS ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF 'HONEYOYE' STRAWBERRY AND GISELA 5 SWEET CHERRY ROOTSTOCK. . . . .	289
<i>Agnieszka Stępień, Marta Jazdzyk, Anna Maciejewska, Aleksander Owczarek, Renata Galek, Henryk Bujak, Stanisław Sęktas</i> OPTIMIZATION OF IN VITRO MICROPROPAGATION FOR SELECTED GENOTYPE OF RHODODENDRON L. . . . .	299
<i>Rafał Szyrseń, Małgorzata Czernicka, Monika Bieniasz</i> MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR EVALUATION OF INTERSPECIFIC HYBRIDS BETWEEN <i>VACCINIUM</i> <i>CORYMBOSUM</i> L. AND <i>VACCINIUM MYRTILLUS</i> . . . . .	309
<i>Dorota Tekielska, Stanisław Mazur, Martyna Cieślińska</i> BIOLOGICAL EVALUATION OF BLACKJAK AND POLYVERSUM WP FOR CLUBROOT CONTROL IN BROCCOLI . . . . .	321
<i>Joanna Turczuk, Katarzyna Adamczewska-Sowińska</i> THE EFFECT OF SYNTHETIC MULCHES ON CONTENT OF PLANTS PIGMENTS IN LEAVES AND FRUITS OF THREE TOMATO CULTIVARS ( <i>LYCOPERSICON ESCULENTUM</i> MILL.) . . . . .	333

**LAND SURVEYING, CARTOGRAPHY, GEODESY, LAND  
DEVELOPMENT, LANDSCAPE, ARCHITECTURE**

<i>Katarzyna Cegielska, Tomasz Salata, Marta Szylar, Dawid Kudas</i> THE EVALUATION OF INVESTMENT POTENTIAL IN SKAŁA MUNICIPALITY WITH THE USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TOOLS . . . . .	349
--	-----

<i>Agnieszka Głowacka, Katarzyna Gruca</i> USING A 3D MODEL FOR CREATING ARCHITECTURAL DOCUMENTATION OF A BUILDING .....	365
<i>Marta Gruszczyńska, Janusz Bogusz</i> IMPLEMENTATION OF SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS TO STUDY THE VARIABILITY OF THE GPS TIME SERIES .....	379
<i>Maciej Gruszczyński, Janusz Bogusz</i> INVESTIGATION OF CORRELATED SIGNALS IN GNSS PERMANENT NETWORKS .....	391
<i>Dominika Kwiatkowska, Emilia Marks</i> PLANNING GREEN AREAS IN CITIES USING THE SPATIAL- FUNCTIONAL ANALYSIS, ON THE EXAMPLE OF BARTOSZYCE .....	403
<i>Alicja Romaniak, Marcin Żyromski, Edyta Żyromska</i> PRECIPITATION AND STORMWATER MANAGEMENT – FIELD EXPERIMENT .	421
<i>Tomasz Stachura, Joanna Lis</i> ASSESSMENT OF FEASIBILITY OF USING SOLAR ENERGY BY GIS TOOLS ON KRAUSZÓW VILLAGE EXAMPLE .....	435
<i>Tomasz STACHURA, Joanna BIAŁEK</i> ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF USING SOLAR ENERGY BY GIS TOOLS ON LEWNIOWA VILLAGE EXAMPLE IN 2014. ....	449
<i>Marta Szylar, Katarzyna Cegielska, Dawid Kudas</i> ASSESMENT OF NATURAL ENVIRONMENT OF MAŁOPOLSKA DISTRICTS USIG WROCLAW DENDRITE .....	463
<i>Katarzyna Żak</i> ANALISYS OF A SETTLEMENT PLOT SIZE AS A BASIS FOR FORMULATING DESIGN GUIDELINES OF REVITALIZATION FOR THE SQUARE IN SLOMNIKI .....	479
<i>Łukasz Borek, Joanna Krużel, Agnieszka Ziernicka-Wojtaszek</i> THE CHARACTERISTICS OF TEMPERATURE – AND PRECIPITATION-RELATED CONDITIONS BETWEEN 2004 AND 2013 IN CRACOW, POLAND. ....	491
<i>Łukasz Borek, Joanna Krużel</i> THE EFFECT OF WATER FROM TRIBUTARIES AND TREATED SEWAGE ON THE SELECTED PHYSICOCHEMICAL INDICATORS OF THE BREŃ RIVER. ....	501
<i>Dawid Kudas, Marta Szylar, Katarzyna Cegielska</i> DAILY MEASUREMENT OF POINT COORDINATES USING RTN GPS METHOD. ....	511

# FOOD TECHNOLOGY



Dominik DOMAGAŁA  
Barbara WIELGOS  
Aneta KORONOWICZ  
Mariola MARYNOWSKA  
Ewelina PIASNA  
Teresa LESZCZYNSKA

EPISTEME  
30/2016, t. II  
s. 13–21  
ISSN 1895-4421

## **WPLYW NUTRAMIL® COMPLEX NA CYTOTOKSYCZNOŚĆ I PROLIFERACJĘ LUDZKICH KOMÓREK NOWOTWOROWYCH GRUCZOŁU PIERSIOWEGO LINII MCF-7**

### **EFFECT OF NUTRAMIL® COMPLEX ON CYTOTOXICITY AND PROLIFERATION OF HUMAN BREAST CANCER CELL LINE MCF-7**

**Abstrakt.** Wzrost zachorowań na choroby nowotworowe powoduje, że firmy farmaceutyczne szukają nowych rozwiązań, wspomagających ich leczenie oraz profilaktykę. Potencjalne leki i suplementy, zmniejszające ryzyko zachorowań na nowotwory, w pierwszym etapie badań muszą zostać poddane ocenie ich toksycznego efektu na komórki. Celem pracy było określenie wpływu dietetycznego środka spożywczego specjalnego przeznaczenia medycznego - Nutramil® Complex na proliferację oraz cytotoksyczność ludzkich komórek nowotworowych gruczołu piersiowego linii MCF-7. Wykazano, że preparat Nutramil® Complex w stężeniach <2% nie jest toksyczny dla komórek linii MCF-7 oraz hamował ich proliferację o 25%. Przy stężeniach większych niż >5% obserwowany był efekt cytotoksyczny.

**Słowa kluczowe:** *cytotoksyczność, MCF-7, nowotwór gruczołu piersiowego, Nutramil® Complex, proliferacja*

**Abstract.** The increasing number of cancer cases causes that pharmaceutical companies are searching for new solutions, assisting treatment and cancer prevention. Potential drugs and supplements that reducing the risk of cancers in the first stage of the development must undergo an assessment of their toxic effect on cells. The aim of the study was to determine the effect of dietetic food for special medical purposes - Nutramil® Complex on proliferation and cytotoxicity of human cancer MCF-7 cells. It has been shown that Nutramil® Complex in concentrations <2% is not toxic to the cell line, MCF-7 and inhibited their proliferation in 25%. At concentrations higher than >5% cytotoxic effect was observed.

**Key words:** *cytotoxicity, MCF-7, breast cancer, Nutramil® Complex, proliferation*

## WSTĘP

Prawo obowiązujące w Polsce wymaga, aby wszystkie produkty lecznicze i wyroby medyczne, które mogą mieć zastosowanie w leczeniu i terapiach medycznych były poddawane badaniom oceniającym ich cytotoksyczność, przed dalszymi badaniami klinicznymi [Anuszevska 2010]. Cytotoksyczność jest jednym z podstawowych mechanizmów działania chemioterapeutyków stosowanych w farmakoterapii [Krzysztoń-Russjan i in. 2009]. Leki cytotoksyczno-cytostatyczne działają wielokierunkowo na żywą komórkę. Zaburzeniom może ulegać szereg szlaków metabolicznych, w tym szlaków produkcji związków wysokoenergetycznych. Innym bardzo istotnym czynnikiem jest wpływ tych substancji na syntezę kwasów nukleinowych, szczególnie DNA i RNA oraz białek [Skierski 2008].

Nowotwór gruczołu piersiowego jest drugą, po nowotworze płuc, najczęstszą przyczyną śmierci wśród chorób nowotworowych kobiet w regionach bardziej rozwiniętych, a pierwszą w regionach mniej rozwiniętych [Bray i in. 2013, Ferlay i in. 2013]. Rak sutka (łac. *Carcinoma mammae*) rozwija się z komórek gruczołu sutkowego. Występuje in situ, ale może także dawać przerzuty do węzłów chłonnych i organów wewnętrznych. Najczęściej powstaje z komórek wyściełających przewody i zraziki piersi [Didkowska i Wojciechowska 2015]. Zazwyczaj rozwija się bezobjawowo, pojawienie się pierwszych oznak klinicznych wskazuje na zaawansowane jego stadium [Ławicki i in. 2004].

Wskaźniki przeżyć 1-roczny dla kobiet, które zachorowały w latach 2003-2005 były bliskie 93%, a wskaźnik przeżyć 5-letnich wynosił około 77% i uległy poprawie w stosunku do ich wartości z lat 2000-2002. Śmierć z powodu raka poniosło w 2010 roku 13% Polek, w tym większość z nich była powyżej 50-siątego roku życia. Liczba zgonów była w porównaniu do 1965 roku około 2,5 razy wyższa, co może wynikać ze zwiększonej liczby zachorowań na raka piersi. W naszym kraju odnotowano około 20% mniejszą umieralność z powodu raka sutka w porównaniu z przeciętną umieralnością w krajach Unii Europejskiej [Wojciechowska i Didkowska 2015]. Działania, które można podjąć aby zmniejszyć ryzyko wystąpienia nowotworu piersi są stosunkowo małe, dlatego ważne jest podjęcie profilaktyki wtórnej. Celem badawczym pracy była ocena wpływu środka spożywczego

specjalnego przeznaczenia medycznego Nutramil® Complex na cytotoksyczność oraz żywotność ludzkich komórek nowotworu gruczołu piersiowego linii MCF-7.

## **MATERIAŁ I METODY**

Nutramil® Complex to dietetyczny środek spożywczy specjalnego przeznaczenia medycznego. Preparat stanowi kompozycję niezbędnych składników pokarmowych - białek, węglowodanów, tłuszczów, witamin, mikro- i makroelementów (w tym minerałów w postaci wysoko przyswajalnych chelatów aminokwasowych Albion®). Stanowi całkowite zastąpienie lub uzupełnienie diety. Zawiera wysokowartościowe białko w postaci kazeinianu wapnia, źródłem węglowodanów w produkcie są maltodekstryny o zróżnicowanej szybkości wchłaniania. Źródłem tłuszczów są oleje roślinne dostarczające długołańcuchowych trójglicerydów i niezbędnych kwasów tłuszczowych oraz trójglicerydów o średniej długości łańcucha stanowiących łatwo dostępne źródło energii. Produkt bezglutenowy. Klinicznie wolny od laktozy.

W doświadczeniu wykorzystano ludzką linię komórek nowotworowych raka gruczołu piersiowego MCF-7, pochodzącej z banku American Type Culture Collection, VA, USA. Komórki hodowano w Eagle's Minimum Essential Medium (EMEM) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) z dodatkiem 10% płodowej surowicy bydlęcej (FBS) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), 0,01 mg·ml<sup>-1</sup> ludzkiej rekombinowanej insuliny oraz mieszaniny antybiotyków: 100 U·ml<sup>-1</sup> penicyliny, 100 µg·ml<sup>-1</sup> streptomycyny i 0,25 µg·ml<sup>-1</sup> amfoterycyny B (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), w inkubatorze o kontrolowanych warunkach (temp. 37°C, 95% powietrza, 5% CO<sub>2</sub>). Komórki linii MCF-7 wysiewano na płytki 96-dołkowe (Falcon Medical, Polska sp. z o.o.) w ilości 9 tys. komórek na dołek i hodowano przez 24 godziny. Następnie wymieniano medium na nowe zawierające Nutramil® Complex, w stężeniach 1, 2, 3, 4, 5, i 10% i hodowano przez 24, 48 i 72 godziny. Ocenę żywotności komórek wykonano metodą kolorymetryczną przy użyciu fioletu krystalicznego. Komórki po inkubacji ze środkiem spożywczym specjalnego przeznaczenia medycznego Nutramil® Complex, przepłukiwano trzykrotnie, delikatnie, roztworem soli fizjologicznej i utrwalano metanolem przez 15 minut. Po utrwaleniu

niu fibroblasty zalano roztworem fioletu krystalicznego (5% roztwór fioletu krystalicznego w mieszaninie woda:metanol [1:4]) na 4 minuty. Po inkubacji niezwiązany roztwór fioletu krystalicznego został usunięty. Następnie, w celu uwolnienia z komórek związanego fioletu krystalicznego, do studzienek dodano odbarwiacz (etanol, woda, kwas cytrynowy, cytrynian sodu). Pomiar spektrofotometryczny wykonano przy długości fali 590 nm, używając czytnika płytek ELISA, Multiskan GO Microplate Spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA). Każdy test przeprowadzono w 10 powtórzeniach technicznych oraz 2 niezależnych powtórzeniach biologicznych. Wyniki przedstawiono jako % kontroli  $\pm$ SD (odchylenie standardowe).

W celu zbadania cytotoksycznego efektu dietetyczny środek spożywczy specjalnego przeznaczenia medycznego Nutramil® Complex, na komórki linii MCF-7, użyto testu mierzącego aktywność dehydrogenazy mleczanowej (LDH), uwalnianej do medium hodowlanego podczas śmierci komórek. Miarą aktywności zewnątrzkomórkowej LDH w medium jest reakcja enzymatyczna, w której LDH katalizuje konwersję mleczanu do pirogronianu poprzez redukcję  $\text{NAD}^+$  do NADH. Następnie NADH redukuje tetrazolinę do barwnego formazanu, którego ilość jest mierzona spektrofotometrycznie przy długości fali 490 nm. Stężeniu formazanu w medium hodowlanym jest bezpośrednio proporcjonalne do ilości uwolnionej LDH. Do przeprowadzenia testu cytotoksyczności użyto komercyjnie dostępny zestaw Pierce LDH Cytotoxicity Assay Kit (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA). Kontrolą negatywną cytotoksyczności były komórki MCF-7 hodowane w medium EMEM z 10% FBS, natomiast kontrolą pozytywną cytotoksyczności były komórki MCF-7 hodowane przez 40 minut w medium EMEM z 10% FBS i dodatkiem 2% Triton X-100 (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). Do pomiarów spektrofotometrycznych użyto czytnika płytek ELISA, Multiskan GO Microplate Spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA). Każdy test przeprowadzono w 10 powtórzeniach technicznych oraz 2 niezależnych powtórzeniach biologicznych. Wyniki przedstawiono jako % cytotoksyczności  $\pm$ SD (odchylenie standardowe).

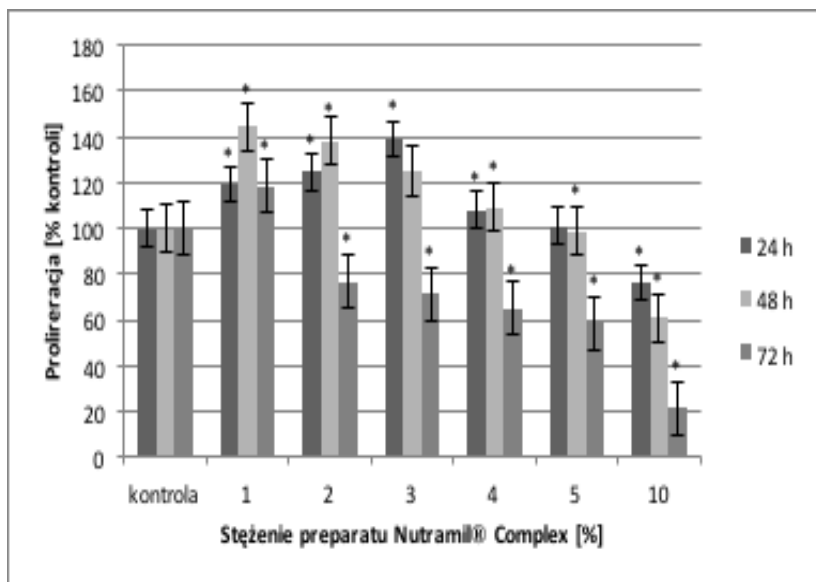
Wyniki przedstawiono, podając wartość średnią oraz odchylenie standardowe. Istotność statystyczną wyliczono za pomocą testu

Studenta, przy poziomie istotności w  $p \leq 0,05$ . Obliczenia wykonano, korzystając z oprogramowania Statistica wersja 12 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA).

## WYNIKI

Wpływ preparatu Nutramil® Complex, firmy Olimp-Labs na proliferację komórek gruczołu piersiowego linii MCF-7 (ryc. 1) był zależny od zastosowanego stężenia i długości czasu inkubacji. Po 24 h hodowli przy zastosowaniu stężeń 1%, 2%, 3%, 4% i 5% zaobserwowano wzrost proliferacji w stosunku do próby kontrolnej. Jedynie stężenie 10% skutkowało obniżeniem proliferacji. Podobną zależność zaobserwowano po czasie 48 h. Wzrost liczby komórek w porównaniu do hodowli 24 h widoczny był dla stężeń 1% i 2%, a dla pozostałych stężeń proliferacja była niższa. Zastosowanie stężenia 10% istotnie obniżało żywotność komórek o około 40% ( $p \leq 0,05$ ). Najmniejsza liczba komórek w przeprowadzonej hodowli z zastosowaniem preparatu Nutramil® Complex zaobserwowana była po trzech dobach hodowli. Stężenia badanego środka powyżej 1% wywoływały istotne obniżenie żywotności w 72 h doświadczenia, w stosunku do próby kontrolnej linii MCF-7 ( $p \leq 0,05$ ). Zastosowanie stężenia 10% powodowało obniżenie proliferacji aż do 21,64% kontroli, co może być wynikiem nekrozy.

Jak przedstawiono w tab. 1, dietetyczny środek spożywczy specjalnego przeznaczenia medycznego Nutramil® Complex w zależności od zastosowanego stężenia oraz czasu inkubacji wpłynął na zwiększenie przepuszczalności błony komórkowej komórek linii MCF-7. Toksyczny efekt działania preparatu na komórki nowotworowe gruczołu piersiowego był obserwowany powyżej 2% stężenia preparatu po 24 godzinach inkubacji. Po kolejnych 24 godzinach efekt ten wystąpił powyżej 3% stężenia, a po 72 godzinach inkubacji powyżej 4% stężenia preparatu w medium hodowlanym. We wszystkich badanych przedziałach czasowych (24-72 h), cytotoksyczność komórek zaobserwowano powyżej 5% stężenia Nutramil® Complex. Najwyższą wartość cytotoksyczności wykazano po 24 godzinach inkubacji w stężeniu 10%.



Ryc. 1. Wpływ preparatu Nutramil® Complex na proliferację komórek linii MCF-7. \*  $p \leq 0,05$ .

Tab. 1. Wpływ preparatu Nutramil® Complex na integralność błony komórkowej komórek linii MCF-7 po 24, 48 i 72 godzinach inkubacji.

Stężenie Nutramil® Complex [%]	24h		48h		72h	
	cyto toksyczność [%]	SD	cyto toksyczność [%]	SD	cyto toksyczność [%]	SD
1,0	10,35	2,87	14,82	2,50	13,0	2,52
2,0	21,89	1,88	11,45	2,73	16,9	4,41
3,0	42,53	4,75	23,42	1,58	13,3	2,95
4,0	53,72	3,39	22,85	1,54	15,8	4,30
5,0	59,73	3,43	27,25	2,38	17,6	1,73
10,0	100,40	8,50	52,60	1,20	32,6	3,97

## DYSKUSJA

Liczba zachorowań na nowotwory złośliwe w Polsce w ciągu ostatnich trzech dekad wrosła ponad dwukrotnie, osiągając w 2010 roku ponad 140,5 tys. zachorowań, z czego około 70 tys. u mężczyzn i 70,5 tys. u kobiet. Surowe współczynniki zachorowalności wzrosły u mężczyzn z  $197/10^5$  w 1980 roku do  $376/10^5$  w 2010 roku. Wśród kobiet w 1980 roku surowy współczynnik zachorowalności wynosił  $182/10^5$ , a w 2010 roku jego wartość wzrosła do  $355/10^5$  [Krajowy Rejestr Nowotworów]. Aby zahamować wzrost zachorowalności na nowotwory konieczne jest prowadzenie badań mających na celu opracowanie nowych skutecznych metod leczenia i profilaktyki przeciwnowotworowej. Niniejsza praca miała na celu zbadanie wpływu dietetycznego środka spożywczego specjalnego przeznaczenia medycznego Nutramil® Complex na cytotoksyczność i żywotność ludzkich komórek nowotworowych gruczołu piersiowego linii MCF-7. Wykazano, że preparat Nutramil® Complex w stężeniach 1–3% nie jest toksyczny dla komórek linii MCF-7, co więcej zmniejsza ich żywotność o 25%. Natomiast przy stężeniach wyższych niż >5% obserwowany jest efekt cytotoksyczny. Spadek proliferacji komórek nowotworowych, może być spowodowany działaniem bioaktywnych składników preparatu o udowodnionych właściwościach przeciwnowotworowych tj. witamin [Chen i in. 2015], makro i mikroelementów [Greenwald i in. 2002] oraz kwasów tłuszczowych [Sauer i in. 2001]. Chemoprewencja nowotworów to strategia opierająca się na zastosowaniu nietoksycznych środków farmakologicznych oraz substancji bioaktywnych, występujących naturalnie w żywności. Jej celem jest zahamowanie, spowolnienie a nawet odwrócenie procesu rozwoju nowotworu poprzez wzmocnienie bariery ochronnej organizmu. Zastosowanie odpowiedniej profilaktyki może dać niewiarygodne efekty w zapobieganiu rozwojowi nowotworów, co również potwierdzają badania naukowe.

## WNIOSKI

Nutramil® Complex w stężeniu < 3% nie wywołuje wzrostu przepuszczalności błony komórkowej komórek nowotworowych gruczołu piersiowego linii MCF-7.

Największe obniżenie proliferacji komórek nowotworowych (około 25%), przy jednocześnie niskiej cytotoksyczności następuje po 72 godzinach inkubacji komórek w medium z dodatkiem 3% dietetycznego środka specjalnego przeznaczenia medycznego Nutramil® Complex,

Nutramil® Complex w stężeniu 10% wykazuje wysoki stopień cytotoksyczności komórek nowotworowych gruczołu piersiowego, a obserwowane obniżenie proliferacji jest najprawdopodobniej wynikiem nekrozy.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Anuszevska E. 2010. Badanie aktywności cytotoksycznej produktów leczniczych i wyrobów medycznych. *Gazeta Farmaceutyczna* 5/2010.
- Bray F. Ren J. S. Masuyer E. Ferlay J. 2013. Global estimates of cancer prevalence for 27 sites in the adult population in 2008. *International Journal of Cancer*, 132(5); 1133-1145.
- Chen N. Yin S. Song X. Fan L. Hu H. 2015. Vitamin B2 Sensitizes Cancer Cells to Vitamin-C-Induced Cell Death via Modulation of Akt and Bad Phosphorylation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(30); 6739-6748.
- Greenwald P. Milner J. A. Anderson D. E. McDonald S. S. 2002. Micronutrients in cancer chemoprevention. *Cancer and Metastasis Reviews*, 21(3-4); 217-230.
- Ferlay J. Soerjomataram I. Ervik M. Dikshit R. Eser S. Mathers C. Rebelo M. Parkin D.M. Forman D. Bray F. GLOBOCAN 2012 v1.0, Cancer Incidence and Mortality Worldwide: IARC CancerBase No. 11.
- Krajowy Rejestr Nowotworów. <http://onkologia.org.pl>.
- Krzysztoń-Russjan J. Książek I. Anuszevska E. 2009. Porównanie użyteczności testów MTT i EZ4U do oceny cytotoksyczności ksenobiotyków. *Farmacja Polska*, 65, 6; 395 – 402.
- Ławicki S. Mroczo B. Szmitkowski M. 2004. Markery nowotworowe raka piersi. *Postępy Hig Med. Dosw.*, 58; 292-300.
- Skierski J. 2008. Badanie działania cytotoksycznego substancji chemicznych. *Postępy Biologii Komórki*, 25(24); 147-163.
- Sauer L. A. Dauchy R. T. Blask D. E. 2001. Polyunsaturated fatty acids, melatonin, and cancer prevention. *Biochemical pharmacology*, 61(12); 1455-1462.
- Wojciechowska U. Didkowska J. 2015. Zachorowania i zgony na nowotwo-

ry złośliwe w Polsce. Krajowy Rejestr Nowotworów, Centrum Onkologii–Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie. Dostępne na stronie <http://onkologia.org.pl/raporty/dostęp>.

**Afiliacja:**

mgr Dominik Domagała  
Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail:* domagala.ur@gmail.com

dr inż. Barbara Wielgos  
Olimp Laboratories Sp. z o.o.  
Nagawczyna 109C, 39-200 Dębica  
*e-mail:* b.wielgos@olimp-labs.com

dr Aneta Koronowicz  
*e-mail:* aneta.koronowicz@gmail.com

mgr Mariola Marynowska  
*e-mail:* mariola.marynowska@gmail.com

mgr Ewelina Piasna  
*e-mail:* piasna.ewelina@gmail.com

Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

*Opiekun naukowy/promotor:* prof. dr hab. inż. Teresa Leszczyńska



## OCENA WYBRANYCH ZWYCZAJÓW I PREFERENCJI ŻYWIENIOWYCH OSÓB UPRAWIAJĄCYCH SPORT

### ASSESSMENT OF SELECTED DIETARY HABITS AND PREFERENCES IN ATHLETES

**Abstrakt.** Celem pracy była ocena wybranych zwyczajów żywieniowych osób uprawiających sport. Badaniami objęto grupę 95 osób, wśród których 56,8% uprawiało lekkoatletykę, 23,2% sporty drużynowe, 14,7% kulturystykę i fitness oraz 5,3% inne sporty. Badania ankietowe przeprowadzono w kwietniu i maju 2015 roku. Kwestionariusz dotyczył nawyków i preferencji żywieniowych. Wpływ dyscypliny sportowej na zwyczaje żywieniowe analizowano za pomocą testu  $\chi^2$  Pearsona. Ankietowani konsumowali najczęściej cztery posiłki w ciągu dnia, a także zachowywali prawidłowe odstępy czasowe między nimi. Sportowcy najczęściej popełniali następujące błędy: zbyt często spożywali produkty typu fast food oraz pojadali między głównymi posiłkami. Nie stwierdzono wpływu dyscypliny sportowej na nawyki żywieniowe respondentów. Uzyskane wyniki skłaniają do zwrócenia uwagi na edukację żywieniową wśród sportowców.

**Słowa kluczowe:** *zwyczaje żywieniowe, preferencje żywieniowe, sportowcy, sport*

**Abstract.** The aim of this study was assessment of selected dietary habits in athletes. The research included a group of 95 athletes. The respondents were divided due to the type of sport they practice: athletes (56.8%), team athletes (23.2%), people who trained bodybuilding and fitness (14.7%) as well as the others (5.3%). The study were performed in April and May of 2015. A questionnaire included questions about dietary habits and preferences. The impact of the sport type on dietary habits were analyzed with using the Pearson's  $\chi^2$  test. Respondents consumed four meals throughout the day, as well maintained appropriate intervals between them. The most common dietary mistakes were eating fast-food type products and snack between the main meals. Statistically significant effect of the sport type on dietary habits was not found. The results obtained in this study suggest to pay more attention to the nutrition education among athletes.

**Key words:** *dietary habits, dietary preferences, athletes, sport*

## **WSTĘP**

Prawidłowy sposób odżywiania jest jednym z najważniejszych elementów stylu życia. Żywnieństwo wpływa bowiem na funkcjonowanie organizmu, decydując o stanie zdrowia i samopoczuciu. U sportowców prawidłowe odżywianie ma ogromne znaczenie, ponieważ może decydować o zwycięstwie bądź porażce zawodnika [Frączek i in. 2013, Zabrocki i Kaczyński 2012].

Właściwie zbilansowana racja pokarmowa, uwzględniająca zwiększoną podaż energii oraz składników odżywczych i nie odżywczych, może istotnie poprawić wydolność fizyczną organizmu. Niedostateczna ilość tych składników w diecie sportowców może powodować nadmierne uszkodzenia mięśni, niekorzystne zmiany w procesach metabolicznych, w tym niedostateczną resyntezę substratów energetycznych po zakończeniu wysiłku fizycznego, zwiększenie stresu oksydacyjnego, zaburzenie regulacji gospodarki wodno-elektrolitowej oraz równowagi kwasowo-zasadowej [Gacek 2007, Gacek i Frączek 2010, González-Gross i in. 2001, Kopec i in. 2013].

Racjonalne żywienie sportowców nie różni się znacznie od ogólnie obowiązującego. Wyjątek stanowi zapotrzebowanie na niektóre składniki odżywcze oraz specyficzne zasady, które obowiązują w poszczególnych okresach treningowych [Frączek i Szyguła 2005, Gacek 2011]. Regularne spożywanie 4-5 posiłków w ciągu doby z zachowaniem ponad 2 godzinnej przerwy przed pójściem spać, unikanie pojadania, wypijanie odpowiedniej ilości płynów oraz właściwy dobór produktów spożywczych sprzyja optymalnemu rozwojowi oraz wykorzystaniu efektu treningowego [Celejowa 2000, Gacek 2007].

Celem niniejszej pracy była ocena poszczególnych zwyczajów i preferencji żywieniowych osób uprawiających różne dyscypliny sportowe.

## **MATERIAŁ I METODY**

Badania ankietowe przeprowadzono na przełomie kwietnia i maja 2015 roku wśród 95 losowo wybranych osób. Kwestionariusz został skierowany do: studentów Akademii Wychowania Fizycznego im. B. Czecha w Krakowie, piłkarzy LKS Orzeł Myślenice, osób trenujących na siłowni w Jędrzejowie, koszykarek Juniorek Wisły-

Kraków, a także siatkarek AZS Uniwersytetu Rolniczego. Respondentów przydzielono ze względu na rodzaj uprawianej dyscypliny sportowej do następujących podgrup: 56,8% z nich stanowili lekkoatleci, 23,2% reprezentowało sporty drużynowe, 14,7% badanych to osoby zajmujące się kulturystyką i fitness, pozostałe 5,3% stanowiły osoby nie zaklasyfikowane do żadnej z powyższych grup. Do oceny zachowań żywieniowych wykorzystano kwestionariusz dotyczący nawyków i preferencji żywieniowych, przygotowany w Katedrze Żywienia Człowieka Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

Analizę statystyczną wykonano za pomocą testu  $\chi^2$  Pearsona, przy poziomie istotności  $p < 0,05$  (Statistica 10.0, Tulsa, OK, USA), przy użyciu którego stwierdzono czy istnieje statystycznie istotny wpływ dyscypliny sportowej na zwyczaje żywieniowe ankietowanych sportowców.

## **WYNIKI**

Większość ankietowanych, niezależnie od uprawianej dyscypliny sportu, spożywała cztery posiłki dziennie (Tab. 1). Najmniej ankietowanych deklarowało spożywanie dwóch posiłków dziennie, byli to głównie kulturysty (7,1%) oraz lekkoatleci (3,7%). Większość respondentów nie spożywała posiłków pokolacyjnych. Przerwy między posiłkami wynosiły najczęściej od dwóch do czterech godzin. Potrawy smażone konsumowane były na obiad 3-4 razy w tygodniu przez 46,3% badanych sportowców. Wyniki badań wskazują, że 10,5% ankietowanych w ogóle nie spożywała potraw smażonych na obiad, natomiast 4,2% konsumowała je codziennie.

Ponad połowa respondentów spożywała ostatni posiłek 2 godziny i więcej przed snem (Tab. 2). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że 31,4% lekkoatletów, 50,0% kulturystów i sportowców fitness oraz 40,0% osób uprawiających inne dyscypliny sportowe dojadło między głównymi posiłkami 2 razy w tygodniu. Większość sportowców drużynowych (36,4%) deklarowało natomiast dojadanie 4 razy w tygodniu i więcej. W skład pojadania wchodziły najczęściej owoce, słodycze i kanapki. Brak pojadania pomiędzy posiłkami deklarowało 13,6% zawodników trenujących sporty drużynowe i około 20% pozostałych sportowców. Niezależnie od uprawianej dyscypliny

sportowej większość respondentów nie stosowała suplementów diety oraz odżywek dla sportowców (odpowiednio 67,4% oraz 76,8%). Ponad 90% badanych sportowców nie konsultowała swoich posiłków z dietetykiem przed rozpoczęciem aktywności fizycznej. Ponadto 83,2% respondentów uważało, że posiłki które spożywają wpływają na wydolność fizyczną. Większość respondentów deklarowało, że wypija 1 lub 2 litry i więcej wody mineralnej w ciągu dnia. Spożywanie produktów typu fast food deklarowała większość zawodników drużynowych (68,2%) oraz osób uprawiających pozostałe dyscypliny sportowe (60,0%). Nie wykazano istotnego wpływu dyscypliny sportowej ( $p < 0,05$ ) na zwyczaje żywieniowe ankietowanych sportowców.

## DYSKUSJA

Prawidłowe odżywianie ma wpływ na wyniki w sporcie [Frączek 2013]. W oparciu o przeprowadzone badania stwierdzono, że osoby uprawiające sport popełniają błędy żywieniowe, do których należało m.in. spożywanie produktów typu fast food oraz pojadanie między głównymi posiłkami.

Regularne spożywanie posiłków pozwala na systematyczne dostarczanie składników odżywczych, co prawidłowo wpływa na funkcjonowanie całego organizmu, zwłaszcza u osób o zwiększonej aktywności fizycznej. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że badani sportowcy spożywali prawidłową ilość posiłków w ciągu dnia z zachowaniem odpowiednich przerw między nimi. Podobne wyniki uzyskała Gacek [2011], Szczepańska i Spałkowska [2012] oraz Durkalec-Michalski i in. [2011]. Zabrocki i Kaczyński [2012] odnotowali natomiast konsumowanie mniejszej ilości posiłków w ciągu dnia wśród uczniów Szkół Sportowych Trójmiasta (12-14 lat) uprawiających pływanie. Brak regularności w spożywaniu posiłków deklarowało 68,2% uczennic Szkół Baletowych w Małopolsce w wieku 14-18 lat [Gacek i Frączek 2010].

Na podstawie wyników badań stwierdzono, że większość ankietowanych sportowców spożywała regularnie cztery posiłki w ciągu dnia: I śniadanie, II śniadanie, obiad i kolację. Podobne wyniki uzyskali Kopeć i in. [2013] oceniając zwyczaje żywieniowe sportowców trenujących piłkę nożną. Ponadto Gacek i Frączek [2010] wykazali,

że uczennice Szkół Baletowych regularnie konsumowały I i II śniadanie. Posiłki pokolacyjne były regularnie konsumowane przez 16,8% ankietowanych sportowców. Badania przeprowadzone przez innych autorów wskazują, że 10,0% piłkarzy nożnych IV ligi, 30,0% piłkarzy VI ligi [Kopeć i in. 2013], jak również 25,0% piłkarek nożnych [Burbliś i in. 2014] spożywało posiłek po kolacji. W oparciu o przeprowadzone badania stwierdzono, że większość badanych sportowców konsumowało ostatni posiłek 2 godziny i więcej przed snem. Podobne wyniki uzyskała Gacek [2007]. Kopeć i in. [2013], Gacek i Frączek [2010] oraz Gacek [2011] odnotowali natomiast, że sportowcy uprawiający różne dyscypliny sportowe konsumowali ostatni posiłek 1-2 godziny przed pójściem spać.

Jednym z głównych błędów żywieniowych ankietowanych sportowców było dojadanie między posiłkami, głównie słodyczy, owoców i kanapek. Uczennice Szkoły Baletowej także deklarowały pojadanie, w skład których wchodziły przede wszystkim słodycze, owoce i jogurty [Gacek i Frączek 2010]. Wybieranie słodyczy w czasie dojadania między głównymi posiłkami odnotowała także Gacek [2007] wśród młodzieży Szkoły Mistrzostwa Sportowego w Krakowie oraz Nowacka i in. [2010] wśród sportowców trenujących strzelectwo sportowe i kajakarstwo slalomowe. Spożywanie słodyczy w nadmiarze jest na ogół niezgodne z zaleceniami specjalistów do spraw żywienia człowieka, jednakże w przypadku sportowców ich konsumpcja, zwłaszcza przed lub po intensywnych ćwiczeniach/treningu pomaga utrzymać prawidłowy poziom glukozy we krwi oraz przyczynia się do szybszej odbudowy rezerw energetycznych organizmu.

Duży wysiłek fizyczny skłania sportowców do przyjmowania preparatów, które wspomagają efekt treningowy. Do stosowania suplementów diety przyznało się 32,6% badanych (w tym najwięcej lekkoatletów). Z odżywek dla sportowców korzystało 23,2% ankietowanych. Podobne wyniki otrzymała w swoich analizach Gacek [2011]. Większość badanych sportowców nie konsultowała swojego sposobu żywienia z dietetykiem, choć 83,2% z nich uważa, że sposób odżywiania wpływa na wydolność fizyczną. Ponad połowa młodych pływaków (12-14 lat), badanych przez Zabrockiego i Kaczyńskiego [2012], także stwierdziła, że odżywianie ma wpływ na wyniki w sporcie. Ankietowani wpijali od 1 do 2 i więcej litrów wody w ciągu dnia.

Podobne wyniki uzyskali Zabrocki i Kaczyński [2012]. Jest to zgodne z zasadami prawidłowego żywienia i uzasadnione dużymi stratami wody podczas wysiłku. Odpowiednia ilość dostarczonych do organizmu płynów zapobiega odwodnieniu i wpływa na poprawę wydolności fizycznej. Respondenci deklarowali spożywanie produktów typu fast food, co zostało potwierdzone przez Gacek i Frączek [2010] oraz Gacek [2011]. Produkty typu fast food, bogate w nasycone kwasy tłuszczowe, izomery trans oraz NaCl, mogą stać się czynnikiem obniżającym efektywność treningów.

## **WNIOSKI**

Nie stwierdzono wpływu dyscypliny sportowej na nawyki żywieniowe respondentów.

Ankietowani konsumowali odpowiednią ilość posiłków w ciągu dnia, a także zachowywali prawidłowe odstępy czasowe między nimi.

Najczęściej popełnianymi błędami badanych sportowców było spożywanie produktów typu fast food oraz pojadanie między głównymi posiłkami.

Uzyskane wyniki skłaniają do zwrócenia uwagi na edukację żywieniową wśród sportowców.

*Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.*

## **BIBLIOGRAFIA**

- Burblis W. Pawluć O. Obelewski A. Szpakow A. 2014. Sposób żywienia i stan odżywienia dziewcząt wyczynowo uprawiających piłkę nożną. Puls Uczelni, 8: 7-12.
- Celejowa I. 2000. Żywienie w treningu i walce sportowej. Biblioteka Trenera. Warszawa.
- Durkalec-Michalski K. Suliburska J. Jeszka J. 2011. Ocena nawyków żywieniowych i stanu odżywienia młodych mężczyzn w zależności od aktywności fizycznej. Standardy Medyczne/Pediatrics, 8: 100-106.
- Frączek B. 2013. Ocena zachowań żywieniowych zawodników trenujących gry zespołowe w świetle rekomendacji piramidy żywieniowej dla sportowców. Problemy Higieny i Epidemiologii, 94 (2): 280-285.

- Frączek B. Brzozowska E. Morawska M. 2013. Ocena zachowań żywieniowych zawodników trenujących gry zespołowe w świetle rekomendacji piramidy żywieniowej dla sportowców. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 94 (2): 280-285.
- Frączek B. Szyguła Z. 2005. Zasady racjonalnego żywienia w sporcie. W: Jegier A. Nazar K. Dziak A. (red.): *Medycyna sportowa*. Wyd. Medsportpress. Warszawa.
- Gacek M. 2007. Wiedza i zachowania żywieniowe młodzieży uprawiającej sport w szkole mistrzostwa sportowego w Krakowie. *Roczniki PZH*, 58 (4): 641-648.
- Gacek M. 2011. Zwyczaje żywieniowe grupy osób wyczynowo uprawiających siatkówkę. *Roczniki PZH*, 62 (1): 77-82.
- Gacek M. Frączek B. 2010. Zachowania żywieniowe i postrzeganie własnej sylwetki przez uczennice szkoły baletowej. *Medycyna Sportowa*, 6 (26): 134-143.
- González-Gross M. Gutiérrez A. Mesa J.L. Ruiz-Ruiz J. Castillo M.J. 2001. Nutrition in the sport practice: adaptation of the food guide pyramid to the characteristics of athletes diet. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51 (4): 321-331.
- Kopeć A. Nowacka E. Klaja A. Leszczyńska T. 2013. Częstotliwość spożycia wybranych grup produktów spożywczych przez sportowców trenujących piłkę nożną. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 94 (1): 151-157.
- Nowacka E. Polaszczyk S. Kopeć A. Leszczyńska T. Morawska M. Pysz-Izdebska K. 2010. Częstotliwość spożycia wybranych grup produktów spożywczych przez sportowców trenujących strzelectwo sportowe i kajakarstwo slalomowe. *Medycyna Sportowa*, 2-3 (6): 144-150.
- Szczańska E. Spałkowska A. 2012. Zachowania żywieniowe sportowców wyczynowo uprawiających siatkówkę i koszykówkę. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 63 (4): 483-489.
- Zabrocki R. Kaczyński R. 2012. Ocena zachowań żywieniowych młodzieży uprawiającej sporty wysiłkowe, na przykładzie pływania. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XLV (3): 729-732.

Tab. 1. *Regularność spożywania posiłków w badanej grupie sportowców*

pytanie	pod-punkt	ogół			lekkoatleci (n=54)		sportowcy drużynowi (n=22)		kulturyści i fitness (n=14)		pozostali (n=5)	
		N=	N=	%	N=	%	N=	%	N=	%		
Proszę podać liczbę posiłków spożywaną w ciągu dnia.	1	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	2	3	2	3,7	0	0,0	1	7,1	0	0,0	0	0,0
	3	12	7	12,9	2	9,1	2	14,3	1	20,0	1	20,0
	4	38	21	38,9	9	40,9	5	35,7	3	60,0	3	60,0
	5	34	19	35,2	9	40,9	5	35,7	1	20,0	1	20,0
6 i więcej	8	5	9,3	2	9,1	1	7,1	0	0,0	0	0,0	
Czy jada Pan(i) zazwyczaj: I śniadania?	Tak	81	47	87,0	19	86,4	10	71,4	5	100,0	5	100,0
	Nie	7	4	7,4	2	9,1	1	7,1	0	0,0	0	0,0
	Bardzo różnie	7	3	5,6	1	4,5	3	21,4	0	0,0	0	0,0
II śniadania?	Tak	60	37	68,6	9	40,9	10	71,4	4	80,0	4	80,0
	Nie	14	8	14,8	3	13,6	3	21,4	0	0,0	0	0,0
	Bardzo różnie	21	9	16,6	10	45,5	1	7,1	1	20,0	1	20,0
Obiady?	Tak	85	46	85,2	20	90,9	14	100,0	5	100,0	5	100,0
	Nie	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Bardzo różnie	10	8	14,8	2	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Podwieczorki?	Tak	36	21	38,9	8	36,4	6	42,9	1	20,0	1	20,0
	Nie	29	18	33,3	5	22,7	4	28,6	2	40,0	2	40,0
	Bardzo różnie	30	15	27,8	9	40,9	4	28,6	2	40,0	2	40,0
Kolacje?	Tak	82	46	85,2	20	90,9	12	85,7	4	80,0	4	80,0
	Nie	3	1	1,9	0	0,0	1	7,1	1	20,0	1	20,0
	Bardzo różnie	10	7	12,9	2	9,1	1	7,1	0	0,0	0	0,0
Posiłki po kolacji?	Tak	16	11	20,4	2	9,1	3	21,4	0	0,0	0	0,0
	Nie	53	28	51,8	11	50,0	9	64,3	5	100,0	5	100,0
	Bardzo różnie	26	15	27,8	9	40,9	2	14,3	0	0,0	0	0,0

Jak długie są przerwy między zwykle jadany- mi posiłkami?	Mniej niż 2h	8	7	12,9	1	4,5	0	0,0	0	0,0
	Od 2-4 h	73	36	66,7	20	90,9	12	85,7	5	100,0
	Od 4-6 h	14	11	20,4	1	4,6	2	14,3	0	0,0
	Powyżej 6 h	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Jak często w ciągu ostatniego tyg. spożywał(a) Pan(i) na obiad potrawy smażone?	Co-dzienne	4	4	7,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	5-6 razy w tyg.	8	7	12,9	0	0,0	1	7,1	0	0,0
	3-4 razy w tyg.	44	22	40,7	13	59,1	5	35,7	4	80,0
	1-2 razy w tyg.	29	18	33,3	6	27,3	4	28,6	1	20,0
	Ani razu	10	3	5,6	3	13,6	4	28,6	0	0,0

Tab. 2. Preferencje żywieniowe badanej grupy sportowców

pytanie	podpunkt	ogół		lekkoatleci (n=54)		sportowcy drużynowi (n=22)		kulturystyka i fitness (n=14)		pozostali (n=5)	
		N=	N=	%	N=	%	N=	%	N=	%	
Ile godzin przed snem je Pan(i) zazwyczaj ostatni posiłek?	2 h i więcej	49	30	55,5	9	40,9	8	57,1	2	40,0	
	1- 2 h	33	19	35,2	8	36,4	4	28,6	2	40,0	
	Mniej niż 1 h	7	3	5,6	2	9,1	1	7,1	1	20,0	
	Nie umiem określić	6	2	3,7	3	13,6	1	7,1	0	0,0	
W ciągu ilu dni w ostatnim tygodniu dojadła/dojadła Pan(i) między posiłkami?	4 i więcej	23	14	25,9	8	36,4	1	7,1	0	0,0	
	3 razy w tyg.	18	9	16,7	6	27,3	2	14,3	1	20,0	
	2 razy w tyg.	30	17	31,4	4	18,2	7	50,0	2	40,0	
	1 raz w tyg.	6	3	5,6	1	4,5	1	7,1	1	20,0	
	Nie dojadam	18	11	20,4	3	13,6	3	21,4	1	20,0	
Co wchodziło w skład dojadania?	Owoce	27	14	25,9	9	40,9	2	14,3	2	40,0	
	Słodycze	19	12	22,2	4	18,2	2	14,3	1	20,0	
	Kanapki	14	9	16,7	3	13,6	2	14,3	0	0,0	
	Słone przekąski	6	2	3,7	2	9,1	2	14,3	0	0,0	
	Inne produkty	11	6	11,1	1	4,5	3	21,4	1	20,0	
	Nic	18	11	20,4	3	13,6	3	21,4	1	20,0	
Czy stosuje Pan(i) suplementy?	Tak	31	21	38,9	5	22,7	4	28,6	1	20,0	
	Nie	64	33	61,1	17	77,3	10	71,4	4	80,0	

Czy stosuje Pan(i) odżywki/preparaty dla sportowców?	Tak	22	18	33,3	2	9,1	2	14,3	0	0,0
	Nie	73	36	66,7	20	90,9	12	85,7	5	100,0
Czy konsultował(a) Pan(i) swoje posiłki z dietetykiem, przed rozpoczęciem aktywności fizycznej?	Tak	8	3	5,6	0	0,0	4	28,6	1	20,0
	Nie	87	51	94,4	22	100,0	10	71,4	4	80,0
Czy uważa Pan(i), że posiłki, które spożywa wpływają na wydolność fizyczną?	Tak	79	43	79,6	20	90,9	12	85,7	4	80,0
	Nie	16	11	20,4	2	9,1	2	14,3	1	20,0
Ile litrów wody mineralnej wypija Pan(i) w ciągu dnia?	0,5l	16	10	18,5	5	22,7	0	0,0	1	20,0
	1l	41	20	37,0	11	50,0	7	50,0	3	60,0
	2l i więcej	38	24	44,4	6	27,3	7	50,0	1	20,0
Czy jada Pan(i) produkty określane jako fast-food?	Tak	41	20	37,0	15	68,2	3	21,4	3	60,0
	Nie	54	34	63,0	7	31,8	11	78,6	2	40,0

## **Afiliacja:**

inż. Martyna Borkowska  
Katedra Żywnienia Człowieka  
Wydział Technologii Żywności  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków,  
*e-mail:* martynabb93@gmail.com

mgr inż. Kinga Dziadek<sup>†</sup>  
Katedra Żywnienia Człowieka  
Wydział Technologii Żywności  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków,  
*e-mail:* kinga.dziadek89@gmail.com

mgr inż. Ewelina Kukiełka  
Katedra Żywnienia Człowieka  
Wydział Technologii Żywności  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków,  
*e-mail:* ekukiel@gmail.com

mgr Jarosław Oczkowicz  
Katedra Żywnienia Człowieka  
Wydział Technologii Żywności  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków,  
*e-mail:* jaroslaw.oczkowicz@gmail.com

Opiekun naukowy: dr hab. inż. Aneta Kopec  
Katedra Żywnienia Człowieka  
Wydział Technologii Żywności  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków,  
*e-mail:* a.kopec@ur.krakow.pl

**WPŁYW NAŚWIETLANIA LAMPAMI LED  
NA WYBRANE WYRÓŹNIKI  
JAKOŚCI KIEŁKÓW SŁONECZNIKA**  
THE EFFECT OF LED IRRADIATION  
ON THE SELECTED QUALITY INDICATORS  
OF SUNFLOWER SPROUTS

**Abstrakt.** Jednym z najważniejszych czynników środowiskowych, gwarantujących prawidłowy wzrost i rozwój roślin jest światło. W ostatnich latach na świecie obserwuje się wzrost zainteresowania wykorzystaniem technologii LED (Light Emitting Diodes) do doświetlania roślin. Celem podjętych badań była ocena wpływu naświetlania lampami LED, na zawartość wybranych składników w kiełkach słonecznika. Ocenie poddano zawartości białka, witaminy C, suchej masy, chlorofilu a i b, sumy karotenów i ksantofili oraz polifenoli ogółem w kiełkach słonecznika uprawianych przy dostępie rozproszonego światła dziennego i pochodzącego z lamp LED. Światło emitowane przez diody, pozwoliło na uzyskanie kiełków charakteryzujących się zwiększoną zawartością barwników tj, chlorofilu a i b, a także karotenoidów. Ponadto kiełki takie zawierały o 67% więcej witaminy C i o ok. 30% więcej białka, w stosunku do uprawianych w rozproszonym świetle dziennym. Były one również zdecydowanie niższe, jednak charakteryzowały się bardzo zbliżoną suchą masą.

**Słowa kluczowe:** *diody LED RGB, chlorofile, karotenoidy, witamina C, polifenole*

**Abstract.** Light is one of the most important environmental factors that ensure proper growth and development of plants. In recent years, in the world an increase of the interest in the use of LED (Light Emitting Diodes) technology to irradiate plants has been observed. The aim of this study was to assess the effect of LED irradiation on the content of selected components in sunflower sprouts. Sunflower sprouts grown in daylight and irradiated by LED lamps were examined for protein content, vitamin C, dry matter, chlorophyll a and chlorophyll b, total carotenoids and xanthophylls, and total polyphenols. The LED irradiation allowed sprouts to be obtained

which were characterized by the higher content of pigments, i.e., chlorophyll a and chlorophyll b, as well as carotenoids. In addition, such sprouts contained 67% more vitamin C and approx. 30% more protein compared to those cultivated in daylight. They were also much lower; however, had very similar dry matter.

**Key words:** *diodes LED RGB, chlorophylls, carotenoids, vitamin C, polyphenols*

## WSTĘP

Rośnie zainteresowanie rozwiązaniami LED-owymi w systemach oświetlania, czyli technologicznie bardziej zaawansowanymi od stosowanych dotąd. Oświetlenie LED-owe może być stosowane nie tylko do oświetlania pomieszczeń czy dróg, ale również jako źródło światła używane podczas wzrostu roślin, zapewniające im optymalny rozwój oraz wyższe plony. To wszystko przy wysokiej oszczędności zużycia energii elektrycznej i długiej żywotności lamp. Dodatkowym atutem jest znaczne obniżenie emisji energii cieplnej emitowanej przez diody LED.

W krajach Europy środkowej, w tym Polski, znajdujących się w strefie klimatu umiarkowanego, w okresie od późnej jesieni do wczesnej wiosny, występuje deficyt (z punktu widzenia ilości światła potrzebnego do prawidłowego rozwoju roślin), naturalnego światła słonecznego. Doświetlanie roślin, zwłaszcza w zimowych miesiącach, może mieć bardzo korzystny wpływ na zawartość substancji odżywczych. Uprawy rosnące pod osłonami, są już od dawna doświetlane sztucznym światłem i jak twierdzą Mitchell i in. [2012] koszty poniesione na energię elektryczną oraz ciepłą stanowią 10 – 30% całkowitych kosztów.

Półprzewodnikowe źródła światła (LED) znajdują coraz szersze zastosowanie w doświetlaniu roślin [Puternicki 2010]. Charakteryzuje je nie tylko wysoka energooszczędność energii elektrycznej, ale także możliwość łatwej optymalizacji widma promieniowania modułów LED. Dzięki temu mogą one znaleźć zastosowanie jako, alternatywne do światła słonecznego, źródło światła niezbędnego roślinom do prawidłowego wzrostu.

Jednym z surowców roślinnych, których uprawa możliwa jest przez cały rok są kiełki nasion. Stanowią one nie tylko atrakcyjny sensorycznie dodatek do posiłków, ale są również bogate w witaminy i inne związki biologicznie aktywne. Ponadto zawierają duże ilości wapnia, żelaza, siarki, magnezu i innych makro i mikro składników [Olszewska 2003]. Oprócz witamin i pierwiastków mineralnych, charakteryzują się wysoką zawartością aminokwasów, w tym, niezbędnych aminokwasów egzogennych. Zmiany wyróżników jakości w kiełkach następują bardzo szybko i tak np. zawartość witamin może wzrosnąć wielokrotnie w ciągu kilku dni [Lewicki 2010].

Celem pracy była ocena wpływu zastosowania naświetlania diodami LED, na zawartość wybranych składników (białka, witaminy C, suchej masy, chlorofilu a i b, sumy karotenów i ksantofili oraz polifenoli ogółem) w uprawie kiełków słonecznika. Uzyskane rezultaty porównano z osiągniętymi w przypadku kiełków uprawianych przy dostępie naturalnego światła słonecznego.

## **MATERIAŁ I METODY**

Materiał badawczy stanowiły nasiona słonecznika dostępne w obrocie handlowym zapakowane w opakowania jednostkowe o masie 30 g. Nasiona moczone przez 20 min w wodzie, a następnie umieszczono w komercyjnym kiełkowniku półkowym. W uprawie wykorzystywano jedną półkę nie stosując układu warstwowego tak, aby w obrębie każdego eksperymentu zapewnić roślinom równomierne oświetlenie. Nasiona nawadniano raz na dobę. Uprawę prowadzono w dwóch wariantach oświetlenia: z użyciem światła LED i światła słonecznego. Jako światło LED, zastosowano 54 diody LED RGB o symbolu 5050, w których zapalono dwa chipy czerwony i niebieski (moc 100%) uzyskując barwę fioletową. Doświadczenie wykonywano w lutym 2016 roku. Długość dnia wynosiła ok. 9,5 godziny, z tego względu diody LED również włączano na 9,5 godziny każdego dnia. Diody naklejono na powierzchni 20 x 18 cm w równych odległościach. Aby ograniczyć emisję ciepła, dodatkowo chłodzono je wentylatorem o średnicy 6 cm (Intel, 0.27 A). Źródło światła umieszczono w pojemniku kartonowym (wys. 34cm, szer. 33cm, dł. 22cm) wyklejonym folią aluminiową. Kontrolę stanowiła próba rosnąca przy dostępie

rozproszonego światła słonecznego (wystawa wschodnia). Analizy przeprowadzono po siedmiu dniach uprawy.

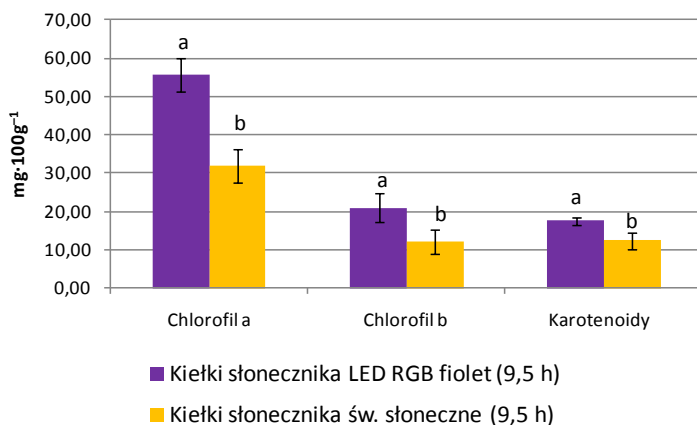
W kielkach całych oraz w ich liścieniach oznaczono zawartość suchej substancji metodą wagową, susząc próbki w temp. 105°C do stałej masy zgodnie z normą [PN-90/A-75101/03]. Stężenie witaminy C analizowano z wykorzystaniem 2,6-dichloroindofenolu [PN-90/A-75101/11], natomiast stężenie chlorofili i karotenoidów w liścieniach metodą spektrofotometryczną [Lichtenthaler i Buschmann 2001]. Ekstrakcję przeprowadzono acetonem w obecności tlenu magnezu, a następnie wykonano pomiar absorpcji przy długościach fal: 662 nm (chlorofil a), 645 nm (chlorofil b) i 470 nm (karoteny i ksantofile). Białko oznaczano metodą Kjeldahla przy pomocy aparatu Büchi B-324 (Büchi Labortechnik AG, Switzerland) zgodnie z Polską Normą [PN-75/A-04018]. Zawartość polifenoli ogółem określano po ekstrakcji 80% etanolem, przy użyciu odczynnika Folin-Ciocalteu'a, mierząc absorpcję przy długości fali 750 nm w spektrofotometrze Cecil UV/VIS CE 9500 (Cecil Instruments, Cambridge England). Do wykreślenia krzywej kalibracyjnej użyto kwasu galusowego. Wynik wyrażano jako równoważnik kwasu gallusowego (GAE) w mg/100 g produktu. Zastosowano metodykę opisaną przez Singletona i Rossiego [1965].

Wszystkie analizy wykonano w trzech niezależnych powtórzeniach, natomiast zawartość barwników oznaczano w pięciu powtórzeniach. W celu oceny istotności różnic między średnimi dla badanych wariantów surowca wykonano wieloczynnikową analizę wariancji na poziomie istotności  $p \leq 0,05$  wykorzystując test Tuckeya oraz jednoczynnikową w przypadku barwników. Analizę statystyczną wykonano wykorzystując program Statistica 10.0 StatSoft.

## **WYNIKI I Dyskusja**

Jednym z najważniejszych czynników środowiskowych, gwarantujących wzrost i rozwój roślin, jest światło. Z punktu widzenia wymagań rośliny, istotna jest zarówno ilość światła (liczba zaabsorbowanych fotonów), jak i jego jakość (charakterystyka spektralna) [Żupnik i in. 2012]. Światło jest istotnym czynnikiem wpływającym na podjęcie przez chloroplasty aktywności fotosyntetycznej

[Klamkowski i in. 2015]. Sprawne działanie aparatu fotosyntetycznego, zdolnego do szybkiej adaptacji do zmieniających się warunków środowiska, zależy m.in. od obecności barwników asymilacyjnych, przede wszystkim chlorofili. Zmiany zawartości chlorofilu w liściach mogą być rezultatem niedoboru substancji odżywczych lub oddziaływania warunków środowiskowych, m.in. niedostatku światła słonecznego podczas wzrostu roślin [Netto i in. 2005]. Na podstawie niniejszej pracy można wnioskować, że kiełki rosnące przy dostępie światła słonecznego zaabsorbowały zdecydowanie mniej światła niż miało to miejsce w przypadku roślin naświetlanych diodami LED. Kiełki sztucznie naświetlane charakteryzowały się o 75% wyższą zawartością chlorofilu a, a także o 72% większym stężeniem chlorofilu b, niż miało to miejsce w przypadku roślin rosnących w naturalnym świetle (rys. 1).



Rys 1. Porównanie zawartości barwników roślinnych tj. chlorofilu a i b oraz sumy karotenów i ksantofili w 7-dniowych kiełkach słonecznika

Objaśnienia:

Na wykresie przedstawiono wartości średnie  $\pm$  odchylenia standardowe;  $n = 5$   
a, b – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami w obrębie analizowanego parametru nie różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

W celu oceny istotności różnic między średnimi dla badanych wariantów surowca wykonano jednoczynnikową analizę wariancji na poziomie istotności  $p \leq 0,05$  wykorzystując test Tuckeya.

Również Klamkowski i in. [2015] podają, że rośliny rosnące w świetle LED, charakteryzują się intensywniejszą zieloną barwą, co wiąże się z wyższą zawartością chlorofili w liściach. Ponadto, diody LED wpłynęły na lepszą syntezę barwników karotenoidowych. Naświetlane sztucznie kiełki zawierały o 42% więcej tych barwników, w porównaniu do rosnących przy dostępie światła naturalnego. Zawartość barwników chlorofilowych uzależniona jest nie tylko od źródła światła, ale także od jego barwy. W badaniach Głowackiej [2002], liście pomidora rosnącego w świetle dziennym charakteryzowały się niższą zawartością sumy chlorofili a i b ( $1,48 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ), niż uprawiane w sztucznym oświetleniu, ale ich wartość była uzależniona od barwy światła, w świetle żółtym wynosiła  $2,02 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , zielonym  $1,91 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , a białym  $1,70 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ .

Intensywność oraz jakość światła wpływała nie tylko na zawartość barwników w roślinach, ale także na ich wysokość (rys. 2).



Rys. 2. 7-dniowe kiełki słonecznika, A - rosnące przy dostępie światła słonecznego (9,5 h), B - rosnące przy dostępie światła LED (9,5 h)

Kiełki są cennym źródłem wielu witamin, jednak ich zawartość jest bardzo zróżnicowana m.in. w zależności od gatunku. W badaniach Michalczyk i Macury [2008] kiełki rzodkiewki charakteryzowała zawartość witaminy C wynosząca ponad  $70 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , natomiast te otrzymane z nasion lucerny miały jej prawie 8 razy mniej. Kiełki

słonecznika nie należą do roślin charakteryzujących się dużą zawartością tej witaminy [Samotyja i in. 2007; Cho i in. 2008; Michalczyk i Macura 2008]. Wariant, który rósł przy dostępie światła słonecznego, charakteryzował się bardzo zbliżonymi wartościami do podawanych przez Michalczyk i Macurę [2008], ok.  $10 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , natomiast kielki rosnące w świetle emitowanym przez diody LED odznaczały się zdecydowanie większą wartością tej witaminy. Różnica między nimi wynosiła 7,5 mg, czyli rośliny rosnące w sztucznym świetle zawierały o 67% więcej witaminy C. Sugeruje to, że energooszczędne światło LED, można stosować do uprawy kielków, charakteryzujących się większym stężeniem cennych składników w tym witaminy C, w porównaniu do kielków uprawianych w miesiącach zimowych w rozproszonym świetle dziennym.

Kielki mogą być również źródłem białka i aminokwasów. Jak podają Kim i in. [2005] zawartość tryptofanu, alaniny, tyrozyny i histydyny była prawie dwa razy większa w kielkach gryki niż w nasionach tej rośliny. W badaniach własnych większą zawartość białka, podobnie jak w przypadku pozostałych ocenianych wyróżników, odnotowano w kielkach rosnących w sztucznym oświetleniu (tab. 1). Rośliny rosnące w świetle sztucznym zawierały o ok. 30% więcej tego składnika, w porównaniu z tymi rosnącymi w rozproszonym świetle dziennym.

Żywność pochodzenia roślinnego stanowi dla człowieka także bogate źródło związków o właściwościach przeciwutleniających. Właściwości te, poza wcześniej opisanymi karotenoidami i chlorofilami oraz witaminą C, posiadają także polifenole. Występują one powszechnie w roślinach, zwłaszcza w liściach, tkankach kwiatowych i zdrewniałych częściach, jak łodygi i kora, w mniejszym stężeniu w owocach, nasionach i innych. Kielki słonecznika, rosnące w różnych warunkach oświetlenia, nie różniły się znacząco pod względem zawartości tych związków. Podawane w literaturze zawartości polifenoli ogółem w kielkach słonecznika wynoszą od 100 do  $317 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  [Samotyja i in. 2007; Cho i in. 2008; Michalczyk i Macura 2008].

Tabela 1. Zawartość analizowanych składników w świeżej masie 7-dniowych kielków słonecznika uprawianych w dwóch wariantach oświetlenia

	Wariant oświetlenia	
	LED	Światło słoneczne
Sucha masa kielekóv [g·100g <sup>-1</sup> ]	10,89 <sup>a</sup> ±1,51	10,87 <sup>a</sup> ±0,52
Sucha masa liścieni [g·100g <sup>-1</sup> ]	20,42 <sup>a</sup> ±0,59	24,77 <sup>b</sup> ±0,84
Białko [g·100g <sup>-1</sup> ]	2,12 <sup>a</sup> ±0,20	1,64 <sup>b</sup> ±0,13
Witamina C [mg·100g <sup>-1</sup> ]	18,71 <sup>a</sup> ±1,94	11,20 <sup>b</sup> ±2,34
Polifenole ogółem [mg·100g <sup>-1</sup> ]	238,6 <sup>a</sup> ±11,3	219,6 <sup>a</sup> ±42,9

Objaśnienia:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe; n = 3  
a, b – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami w wierszu nie różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ). W celu oceny istotności różnic między średnimi dla badanych wariantów surowca wykonano wieloczynnikową analizę wariancji na poziomie istotności  $p \leq 0,05$  wykorzystując test Tuckeya.

## WNIOSKI

Kielki słonecznika rosnące w różnych warunkach oświetlenia, cechowały się zróżnicowaną zawartością chlorofili, karotenoidów, witaminy C i białka. Światło emitowane przez diody LED, pozwoliło na uzyskanie roślin charakteryzujących się prawie dwukrotnie wyższą zawartością chlorofilu *a* i *b*, większą o 42% zawartością karotenoidów, wyższym stężeniem białka i witaminy C. Otrzymane rezultaty wskazują, że uzasadnione jest sztuczne doświetlanie roślin w okresie jesienno-zimowym, pozwalające na istotny wzrost wartości części badanych wyróżników jakości.

*Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową*

## **BIBLIOGRAFIA:**

- Cho M.H. No H.K. Prinyawiwatkul W. 2008. Chitosan Treatments Affect Growth and Selected Quality of Sunflower Sprouts. *Journal of Food Science*. 73 (1): 70 – 77.
- Głowacka B. 2002. Wpływ barwy światła na wzrost rozsady pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Acta Scien. Pol., seria Hortorum Cultus*, 1(2): 93 – 100.
- Kim Y.S. Kim J.G. Lee Y.S. Kang I.J. 2005. Comparison of the chemical components of buckwheat seeds and sprouts. *Journal Korean Soc. Food Science Nutr.*, 34: 81 – 86. (FSTA-2005-06-Mg0923).
- Klamkowski K. Treder W. Masny A. 2015. Wpływ doświetlania lampami sodowymi i LED na aktywność fotosyntetyczną, wzrost oraz plonowanie roślin truskawki, *Prace Instytutu Elektrotechniki*, 268: 73 – 82.
- 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*, 256: 75 – 86.
- Lewicki P. 2010. Kiełki nasion jako źródło cennych składników odżywczych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6 (73): 18 – 33.
- Lichtenthaler H.K. Buschmann C. 2001. Extraction of photosynthetic tissues: Chlorophylls and Carotenoids. *Mesurment and characterization by UV-VIS spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, F4.2.1-F4.2.6, F4.3.1-F4.3.8.
- Michalczyk M. Macura M. 2008. Wpływ warunków przechowywania na jakość wybranych, dostępnych w obrocie handlowym, mało przetworzonych produktów warzywnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3 (58): 96 – 107.
- Mitchell C.A. Both A.J. Bourget M.C. Burr J.F. Kubota C. Lopez R.G. Morrow R.C. Runkle E.S. 2012. LEDs: The future of greenhouse lighting. *Chron, Hort.*, 52: 6 – 12.
- Netto A.T. Campostrini E. Goncalves De Oliveria J. Bressan-Smith R.E. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Sci. Hort.*, 104: 199 – 209.
- Olszewska I. 2003. Kiełki – naturalne źródło witamin. *Śląski Ośrodek Doradztwa Rolniczego*, 6: 7 – 9.
- PN-75/A-04018 Polska Norma Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczenie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- PN-90/A-75101/03 Polska Norma Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości suchej masy metodą wagową.

- PN-90/A-75101/11 Polska Norma: Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości witaminy C.
- Puternicki A. 2010. Zastosowanie półprzewodnikowych źródeł światła do wspomagania wzrostu roślin. *Prace Instytutu Elektrotechniki*, 245: 69 – 86.
- Samotyja U. Zdziełowski T. Szlachta M. Małecka M. 2007. Przeciwnie-  
niające właściwości ekstraktów z kielków roślin. *Żywność. Nauka. Te-  
chnologia. Jakość*, 5 (54): 122 – 128.
- Singleton V.L. Rossi J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phos-  
phomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic*, 16:  
144 – 158.
- Treder J. Klamkowski K. Treder J. Puternicki A. Lisak E. 2012. Wpływ  
doświetlania lampami sodowymi i led na wybrane parametry wzrostu  
roślin rabatowych, *Prace Instytutu Elektrotechniki*, 256: 144 – 154.
- Żupnik M. Grzesik W. Wojciechowska R. Kurpaska S. 2012. Programowalny  
system doświetlania roślin zbudowany w oparciu o technologię SSL  
LED. *Inżynieria Rolnicza*, 2 (136) t1: 361 – 369.

### **Afiliacja:**

dr inż. Grzegorz Fiutak  
Katedra Chłodnictwa i Koncentratów Spożywczych  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
Wydział Technologii Żywności  
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków  
*e-mail*: g.fiutak@ur.krakow.pl

dr inż. Magdalena Michalczyk  
Katedra Chłodnictwa i Koncentratów Spożywczych  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
Wydział Technologii Żywności  
*e-mail*: ul. Balicka 122, 30-149 Kraków

dr hab. inż. Ryszard Macura  
Katedra Chłodnictwa i Koncentratów Spożywczych  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
Wydział Technologii Żywności  
*e-mail*: ul. Balicka 122, 30-149 Kraków

mgr inż. Marzena Macura  
Katedra Chłodnictwa i Koncentratów Spożywczych  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
Wydział Technologii Żywności  
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków

dr inż. Agnieszka Zawiślak  
Katedra Chłodnictwa i Koncentratów Spożywczych  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
Wydział Technologii Żywności  
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków



## WPŁYW RÓŻNYCH RODZAJÓW HERBATY NA WYBRANE PARAMETRY PROCESU FERMENTACJI NAPOJU KOMBUCHA

### INFLUENCE OF VARIOUS KINDS OF TEA ON SELEC- TED PARAMETERS OF KOMBUCHA BEVERAGE FER- MENTATION PROCESS

**Abstrakt.** Kombucha to napój powstający w procesie fermentacji naparu czarnej herbaty z wykorzystaniem *Medusomyces gisevii*, potocznie określanym jako „grzybek herbaciany”. Są to bakterie kwasu octowego i drożdże żyjące w symbiozie. Proces fermentacji kombuchy polega na biochemicznej przemianie sacharozy przez drożdże na cukry proste i niewielkie ilości etanolu, które katalizują reakcję wzrostu bakterii kwasu octowego. Celem pracy było określenie wpływu rodzaju herbaty na wybrane parametry procesu fermentacji. Analizując uzyskane wyniki stwierdzono, że przemiiany w roztworze prowadzą do obniżenia wartości parametru pH. Najintensywniejsze zmiany zaobserwowano w ciągu pierwszego dnia fermentacji. Dodatkowo, w trakcie procesu fermentacji, zaobserwowano zmiany barwy i nieznaczne zmiany zawartości ekstraktu ogólnego cukrowców.

**Słowa kluczowe:** *Kombucha, Medusomyces gisevii, fermentacja, herbata, grzybek herbaciany*

**Abstract.** Kombucha beverage is an effect of a fermentation process of black tea infusion using *Medusomyces gisevii*, commonly known as “tea fungus”. It is a symbiotic colony of acetic acid bacteria and yeast. The fermentation process involves a biochemical decomposition of sucrose by yeast into monosaccharides and a small amount of ethanol, which catalyze the reaction of acetic acid bacteria growth. The aim of this study was to determine differences in results while using various tea types in the process. The outcome indicates that these reactions in the solution lead to a decrease of the pH level and these changes are most intensive during first two days of fermentation. The reaction also affects the colour of beverage, while the content of general extract fluctuated insignificantly within the process.

**Key words:** *Kombucha, Medusomyces gisevii, fermentation, tea, tea fungus*

## WSTĘP

Herbata jest jednym z najczęściej spożywanych napojów na świecie. Jej historia sięga wielu tysięcy lat, a wpływ na zdrowie człowieka jest przedmiotem licznych badań. Kojarzona wcześniej głównie z krajami dalekiego wschodu, dziś produkowana jest na prawie każdym kontynencie świata. W zależności od jakości i sposobu obróbki liści, wyróżnia się wiele rodzajów herbaty. Najbardziej popularnymi są herbaty czarne i zielone. Te pierwsze poddawane są procesowi utleniania z udziałem enzymów, zwanego fermentacją. Herbaty zielone są ususzonymi i skręconymi liśćmi, nie poddanymi procesowi fermentacji [Gaylard 2015]. Napary herbaty, ekstrakty i wyciągi są surowcem nie tylko przemysłu spożywczego, ale także farmaceutycznego czy kosmetycznego. Wykorzystuje się je na szeroką skalę, poddając dalszym obróbkom. Jednym z produktów, w którym wykorzystuje się czarną herbatę jako podstawowy surowiec, jest napój Kombucha.

Kombucha jest napojem znanym od ponad 2000 lat, ale historia jego powstania do dzisiaj nie została jednoznacznie wyjaśniona. Produkt ten jest głównie spożywany w Azji, Europie Zachodniej i Stanach Zjednoczonych. W zależności od kraju, można spotkać inne nazwy Kombuchy, takie jak: *Japoński grzyb*, *Fungus japonicus*, *Sakvasska*, *Manchurian Mushroom*, *Chamboucho*, *Cudowny grzyb*, czy *Rosyjski ocet herbaciany*. Historia nazwy napoju jest związana z koreańskim lekarzem o nazwisku Kombu, który podawał Japońskiemu cesarzowi kwaśną herbatę, by wspomóc go w walce z problemami układu trawiennego [Tietze 1998]. Do Europy napój trafił przez Rosję, gdzie znany był jako „kwas herbaciany”. W krajach Europy środkowej Kombucha przestała być stosowana, ze względu na niedostępność herbaty i cukru. Napój swoją popularność zawdzięcza przede wszystkim właściwościom zdrowotnym, wśród których wyróżnia się zdolność oczyszczania organizmu, wzmocnienie odporności, poprawę trawienia czy obniżenie ciśnienia, natomiast właściwości takie jak wspomaganie walki z rakiem czy zdolności odmładzające organizmu nadal są bardzo dyskusyjne i wymagają dalszych badań.

Surowcami niezbędnymi do przygotowania napoju są czarna herbata, sacharoza i *starter* czyli napój pochodzący z poprzedniej fermentacji. Proces fermentacji kombuchy polega na biochemicznej przemianie sacharozy przez drożdże na cukry proste i niewielkie ilości

etanolu, które katalizują reakcję wzrostu bakterii kwasu octowego [Jayabalan i in. 2007]. Trwa on około 10 dni. W efekcie ze słodkiego roztworu herbaty powstaje kwaśny, lekko gazowany napój.

Proces fermentacji naparu zachodzi pod wpływem *Medusomyces gisevii*, zwanego potocznie „grzybem herbacianym”. Są to bakterie i drożdże żyjące w symbiozie, które tworzą celulozową, zwartą błonę na powierzchni roztworu. Bakterie zawarte w *Medusomyces gisevii* to *Acetobacter xylium*, *Acetobacter xylinoides*, *Bacterium gluconicum*, *Acetobacter aceti* czy *Acetobacter pasteurianus*. Wśród oznaczanych drożdży wyróżnia się *Schizosaccharomyces pombe*, *Saccharomyces ludwigii*, *Zygosaccharomyces bailii*, *Saccharomyces cerevisiae* [Jarell i in. 2000]. Za powstawanie celulozowej błony na drodze przemiany glukozy w kwas glukonowy odpowiedzialne są bakterie *Acetobacter xylinum* [Hwang i in. 1999]. Charakterystycznym szczepem drożdży dla tego typu produktów fermentowanych, jest *Saccharomyces cerevisiae*, który powoduje hydrolizę sacharozy do glukozy i fruktozy, z wydzielaniem dwutlenku węgla [Boekhut i Robert 2006] i niewielkich ilości etanolu [Loncar i in. 2014].

Udowodniono także odporność Kombuchy na zakażenie drobnoustrojami patogennymi, takimi jak *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella cholerasius* i *Bacillus cereus* [Greenwalt i in. 2000].

Jakość sensoryczna, skład chemiczny, a przede wszystkim bezpieczeństwo gotowego produktu mogą być uzależnione od składu *Medusomyces gisevii*, ale także od rodzaju użytych surowców, sposobu ich przetworzenia czy warunków samej fermentacji. Podstawowym surowcem Kombuchy jest czarna herbata, której rodzaj i pochodzenie mogą mieć wpływ na przebieg procesu fermentacji i jego parametry.

Celem pracy było określenie wpływu rodzaju herbaty na wybrane parametry procesu fermentacji.

## **MATERIAŁ I METODY**

Eksperyment obejmował dwa etapy. W pierwszym etapie przygotowano 4 napary herbaty. Przygotowanie każdego z nich polegało na dwukrotnym parzeniu 16 g liści herbaty w 1000 ml wody destylowanej o temperaturze ok. 100°C przez 5 min. Następnie sporządzono

cztery roztwory 320 g sacharozy w 1000 ml ogrzanej wody destylowanej i dodano je kolejno do wcześniej przygotowanych naparów. Po ostygnięciu roztworów do temp. pokojowej, zmieszano każdy z 400 ml startera, czyli napoju pochodzącego z poprzedniej fermentacji. Napój ten zakwasza roztwór i stanowi źródło mikroflory niezbędnej do przeprowadzenia procesu. W końcowej (ostatniej) fazie dodano *Medusomyces gisevii* i przykryto szklane słoje jałowymi gazami. Przygotowane roztwory Kombuchy pozostawiono w temperaturze około 24°C na okres 10 dni. Czas fermentacji zależy od pożądanых cech napoju, a jego wydłużenie obniża pH i może doprowadzić do uzyskania tzw. „octu herbacianego”. Surowiec użyty do przygotowania roztworów stanowiły popularne herbaty czarne Darjeeling, Assam, English Breakfast oraz Lopsang Souchong, która jest bardzo charakterystycznym rodzajem herbaty, poddawany procesowi wędzenia. Rodzaj użytej herbaty może mieć istotny wpływ na jakość naparów użytych do fermentacji Kombuchy [Gaylard 2015].

Drugi etap eksperymentu polegał na pomiarze kwasowości czynnej naparów, zawartości ekstraktu ogólnego cukrowców oraz zmiany barwy. Oznaczenia ekstraktu ogólnego dokonano metodą refraktometryczną zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12143:2000. Kwasowość czynną oznaczano za pomocą pH-metru HI 9321. Pomiarów dokonano 1, 2, 3, 7 i 10 dnia fermentacji. Wcześniejsze badania [Jakubowski 2015 (b)] oraz źródła literaturowe [Jayabalan i in. 2007] wskazują, że największe zmiany zachodzą właśnie w początkowym okresie fermentacji, a za jej koniec przyjmuje się dzień od 8 do 15. Przeprowadzono także oznaczenie barwy metodą instrumentalną, wykorzystując kolorymetr Konica Minolta CR-400, porównując barwę naparów bez dodatku sacharozy i startera z barwą napoju po zakończonym procesie. Dokonano analizy wariancji uzyskanych wyników za pomocą testu ANOVA.

## **WYNIKI I Dyskusja**

Pomiar ekstraktu ogólnego cukrowców opiera się na zjawisku załamania światła i jest istotny w przypadku fermentacji, w celu określenia etapu procesu, na jakim produkt się znajduje. W badanych próbach początkowa zawartość sacharozy była jednakowa (80 g/l roztworu).

Pomiar refraktometryczny wykazał brak znaczących różnic w zawartości ekstraktu ogólnego cukrowców (Tab. 1). Wartość statystyki  $F=3,239$  przy istotności testu równej  $0,05$ , co oznacza, że różnice nie są istotne statystycznie.

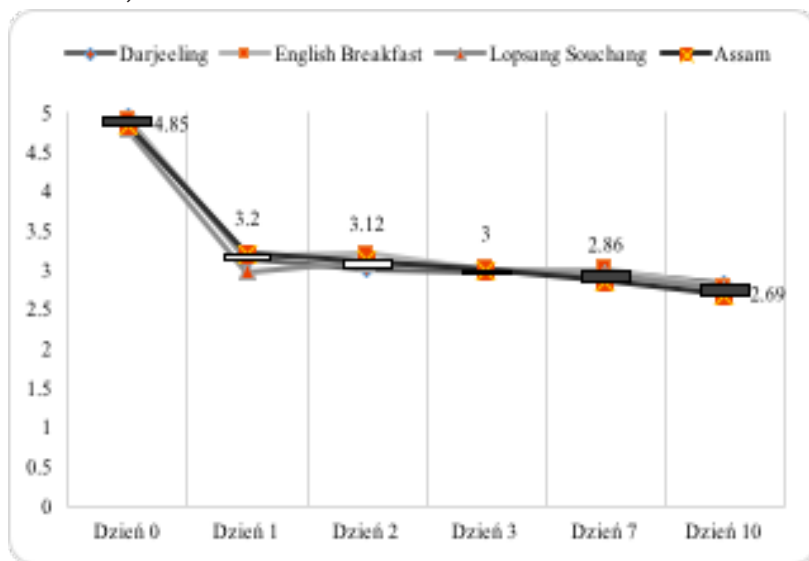
Tab. 2. Zawartość ekstraktu ogólnego cukrowców (%) w napoju Kombucha.

Rodzaj herbaty	Dzień pomiaru				
	Dzień 1	Dzień 2	Dzień 3	Dzień 7	Dzień 10
Darjeeling	10,82	11,7	10,76	11,2	11,39
English Breakfast	11,32	10,2	10,76	11,2	10,89
Lopsang Souchong	10,32	11,7	10,06	11,2	10,89
Assam	11,32	11,7	11,26	11,7	11,89

Wyniki mieściły się w zakresie od 10 do prawie 12%. Na tej podstawie trudno określić, w której próbce proces fermentacji przebiegał najszybciej. Może być to związane z dokładnością metody, bądź niewłaściwym przebiegiem procesu. Jak wskazują dostępne źródła [Loncar 2014], sacharoza rozkładana jest na drodze biochemicznych przemian w obecności mikroorganizmów do glukozy i fruktozy, jako produkt uboczny produkując bardzo niewielkie ilości alkoholu etylowego (do 0.5%). W trakcie dziesięciodniowej fermentacji, z 70 g/l uzyskano około 30 g sacharozy. Oznacza to, że w produkcie o objętości 200ml znajduje się około półtora łyżeczki sacharozy. Wyniki przytoczonego eksperymentu [Loncar 2014] pokazują także stężenie glukozy i fruktozy w zależności od temperatury i objętości startera. Największe stężenie glukozy zaobserwowano w temp.  $30^{\circ}\text{C}$ , wyniosło ponad 3 g/l.

Zmiana kwasowości czynnej próbki może stanowić główny wskaźnik stopnia sfermentowania napoju. W efekcie przemian, w naparze wydzielają się znaczące ilości kwasu octowego [Jayabalan i in. 2007]. Oprócz zmiany jakości cech sensorycznych, może wpływać to na skład chemiczny napoju. W celu porównania odczynu próbek, dokonano pomiaru pH naparów herbaty, stanowiących bazę dla roztworu. Przy zachowaniu zbliżonych parametrów parzenia liści herbaty, kwasowość czynna poszczególnych naparów była zbliżona i wynosiła około pH 4,9. Wartość parametru pH naparu herbaty Dar-

jeeling wyniosła 4,93, English Breakfast 4,92, Lopsang Souchong 4,8 a Assam 4,85.



Rys. 1. Zmiany pH w trakcie fermentacji naparów 4 herbat.

Analizując uzyskane wyniki stwierdzono, że największe zmiany zachodzą między zerowym a pierwszym dniem fermentacji (Rys. 1). Za dzień zerowy przyjęto ten, w którym przygotowano roztwory i dokonano pomiaru pH naparów herbaty bez sacharozy i startera. Różnica ta może wynikać z dodatku startera, czyli napoju pochodzącego z poprzedniej fermentacji. Roztwór ten stanowi zakwas, katalizując reakcje wzrostu bakterii kwasu octowego, tym samym zakwaszając środowisko uprzednio przygotowanych naparów. Stopień sfermentowania startera zależy przede wszystkim od długości procesu fermentacji i od aktywności mikroorganizmów zawartych w *Medusomyces gisevii*. Wartość pH startera wykorzystanego do badania wynosiła 2,93, co jest wartością zbliżoną do pH końcowego wszystkich próbek poddanych analizie. Trzeciego dnia fermentacji zaobserwowano niewielki wzrost w próbkach na bazie herbat English Breakfast i Lopsang Souchong. W pozostałym czasie, wartości pH wszystkich próbek powoli ulegały zmniejszeniu, aż do dziesiątego dnia, uzyskując wartość poniżej pH 3. Najniższą wartością param-

tru pH charakteryzowała się próbka przygotowana na bazie herbaty Assam- pH 2,69. Podobny wynik uzyskali Jayabalan R. i in. [2007], poddając analizie napój Kombucha przygotowany na herbacie zielonej, czarnej oraz na odpadzie herbacianym.

Na podstawie danych prezentowanych przez Jayabalan i in. [2007] można zaobserwować, że największy spadek wartości parametru pH zachodził w początkowym okresie fermentacji, a dziesiątego dnia wynosił nieco powyżej 3. W pracy Loncar i in. [2014] wartości te są wyższe, co może być spowodowane innym stopniem sfermentowania startera. Warto podkreślić, że ilości sacharozy w omawianych eksperymentach są zbliżone i wynoszą między 70 a 100 g/l roztworu. Objętość startera w każdej z omawianych analiz wynosi 10% docelowej objętości. Zatem ilość materiału badawczego w przytoczonych badaniach jest podobna, a warunki fermentacji można uznać za zbliżone. Dane prezentowane przez Loncar i in. [2014] wskazują jednak na znacząco wyższe wartości parametru pH zarówno na początku (pH 6,7) jak i na końcu fermentacji (pH około 3,5). Może mieć to związek z wykorzystanym surowcem i przede wszystkim ze wspomnianym stopniem sfermentowania startera. Podobne wartości zaobserwowano w danych prezentowanych przez Malbasa i in. [2008]. Wartość pH napoju Kombucha przygotowanego na herbacie zielonej i czarnej wyniosła prawie 7, co jest znacznie wyższą wartością niż w prezentowanych powyżej danych. Jednak podobnie jak w przytoczonych źródłach, wartość tego parametru uległa znacznemu obniżeniu w trzech pierwszych dniach fermentacji, po czym zmiany postępowały powoli. Jak wskazują autorzy [Malbasa i in. 2008], jest to wynikiem efektu buforującego, wywołanego syntezą słabych kwasów organicznych, wchodzących w reakcje ze składnikami mineralnymi herbaty. W dziesiątym dniu fermentacji wartość parametru pH ustabilizowała się na poziomie 3.

Na podstawie analizy danych literaturowych, a także przeprowadzonego doświadczenia stwierdzono, że najbardziej intensywny spadek pH zachodzi w początkowym okresie fermentacji. Jednak odczyn końcowego produktu procesu różni się i może być uzależniony od użytego startera. Wspomniani autorzy- Jayabalan i in. [2007]; Loncar i in. [2014], Malbasa i in. [2008] nie podają wartości parametru pH napoju pochodzącego z poprzedniej fermentacji, co stanowiło-

by istotną informację o stopniu zakwaszenia roztworu w pierwszym dniu procesu. W efekcie można by ustalić warunki przygotowania naparu, aby otrzymać produkt o zbliżonych właściwościach zarówno jakości sensorycznej, jak i pod względem składu chemicznego.

Barwa naparów Kombuchy uzależniona jest od barwy surowca, czyli naparu herbaty czarnej. Określenia barwy można dokonać nieuzbrojonym okiem oraz metodami instrumentalnymi. Jedną z nich jest określenie w systemie CIE Lab parametrów takich jak jasność (parametr  $L^*$ ), barwa między zieloną a czerwoną (parametr  $a^*$ ) oraz barwa między niebieską a żółtą (parametr  $b^*$ ). Pomiar barwy dokonano na „czystych” naparach wykorzystanych do eksperymentu herbat oraz gotowego napoju po dziesięciu dniach fermentacji. Próbkę różniły się barwą zarówno pod względem jasności, jak i parametrów  $a$  i  $b$  (Tab. 2).

Tab. 2. Parametry barwy w systemie CIE Lab w próbkach przygotowanych na bazie czterech herbat w zerowym dniu fermentacji (d.0) oraz dziesiątym dniu fermentacji (d.10).

Herbata/ Parametr	L	a	b
Darjeeling d.0	29,87	9,6	5,94
Darjeeling d.10	17,2	14,07	3,7
English Breakfast d.0	17,26	17,82	6,28
English Breakfast d.10	20,52	9,36	-0,43
Lopsang Souchong d.0	17	15,54	5,91
Lopsang Souchong d.10	25,3	5,51	3,64
Assam d.0	16,09	18,21	4,42
Assam d.10	20,24	8,69	-0,7

Najjaśniejszą próbką, o najwyższym parametrze  $L^*$  była ta przygotowana na bazie herbaty Darjeeling. Jedynie ta próbka uległa pociemnieniu w trakcie fermentacji. W pozostałych próbach zaobserwowano rozjaśnienie barwy. Jak wskazuje Jayabalan [2007]., proces fermentacji Kombuchy z wykorzystaniem *Medusomyces gisevii* prowadzi nie tylko do rozkładu katechin zawartych w herbacie, ale także teaflawin i tearubigin, odpowiedzialnych za barwę naparu. Rozkład ten zachodzi pod wpływem enzymów wytwarzanych przez

bakterie kwasu octowego i drożdże, biorące udział w procesie fermentacji.

Najwyższą wartością parametru  $a^*$  charakteryzowała się próba „Assam”, co oznacza, że jej barwa była najbardziej zbliżona do czerwonej. Wartość parametru  $b^*$ , który był najwyższy w próbie English Breakfast wskazuje na barwę zbliżoną do koloru żółtego. Wcześniejsze badania [Jakubowski 2015 (a)] pokazują, że również zmiana barwy ( $\Delta E$ ) zachodzi najszybciej w początkowym okresie fermentacji. Wartość  $\Delta E$  wyniosła 15,57 dla pierwszego dnia, gdzie dla czwartego wartość już tylko 0,53. Zalecanym surowcem do produkcji Kombuchy jest czarna herbata ze względu na proces obróbki liści i związany z tym skład chemiczny. Interesującym jednak może być określenie zmian biochemicznych oraz fizykochemicznych, w tym zmiany barwy, w próbach przygotowanych na bazie innych rodzajów herbaty.

Na podstawie uzyskanych danych z pomiaru kolorymetrem, dokonano oznaczenia parametrów  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  oraz  $\Delta E$ , oznaczającego zmianę barwy naparów herbaty do barwy Kombuchy w dziesiątym dniu fermentacji (Tab. 3).

Tab. 3. Parametry zmiany barwy Kombuchy przygotowanej na bazie czterech herbat.

Herbata/ Zmiana parametru	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
Darjeeling	160,53	19,98	5,02	13,62
English Breakfast	10,63	71,57	45,02	11,28
Lopsang Souchong	68,89	100,60	5,15	13,22
Assam	17,22	90,63	26,21	11,58

Największą zmianą wartości parametru  $L^*$  charakteryzowała się próbka przygotowana na bazie herbaty Darjeeling, natomiast najwyższą zmianę wartości parametru  $a^*$  zaobserwowano w próbie „Lopsang Souchong”, a wartości parametru  $b^*$  w próbie „English Breakfast”. Wartości parametru  $\Delta E$  nie różniły się znacząco ( $F=1,389$  przy istotności równej 0,05), co oznacza, że dynamika zmiany barwy w poszczególnych próbkach była podobna.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Podstawowym surowcem do przygotowania Kombuchy jest herbata czarna, znana od wielu tysięcy lat, szczególnie w kulturze dalekiego wschodu. Uprawiana w różnych warunkach i poddana różnym procesom obróbki technologicznej, może stanowić o różnorodnych cechach jakości Kombuchy. W trakcie fermentacji dochodzi do wielu przemian pod wpływem aktywności bakterii i drożdży zawartych w *Medusomyces gisevii*. Sacharoza rozkładana jest do glukozy i fruktozy, z wydzieleniem niewielkiej ilości etanolu. Wartość parametru pH roztworu spada, ulegając największemu obniżeniu w początkowej fazie procesu. Katechiny, teaflawiny i tearubiny rozkładane są do prostszych form, co prowadzi do zmian także w barwie napoju. Na podstawie analizy przeprowadzonego eksperymentu stwierdzono, że:

Czas fermentacji i rodzaj użytej herbaty nie wpłynęły znacząco na zawartość ekstraktu ogólnego.

Nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy wartością parametru pH w analizowanych roztworach.

We wszystkich badanych napojach zaobserwowano podobną zmianę barwy, wyrażoną wartością parametru  $\Delta E$ .

Przeprowadzone doświadczenie wskazuje, że w procesie fermentacji napoju Kombucha rodzaj użytej herbaty jest mało istotny, biorąc pod uwagę cechy fizykochemiczne, co potwierdzają dostępne źródła literaturowe. Z punktu widzenia produktu przeznaczonego do spożycia przez konsumenta, ważnym może być ustalenie pożądanych cech, zarówno odczynu pH, zawartości sacharozy, jak i barwy napoju. Analizę danych z różnych eksperymentów mogłoby ułatwić podanie informacji o wartości parametru pH startera, czyli napoju pochodzącego z poprzedniej fermentacji. Ma on bowiem istotny wpływ na dalszy proces przemian.

## BIBLIOGRAFIA

- Boekhout T. Robert V. 2003. Yeasts in food. Woodhead Publishing in Food Science and Technology, s. 322.
- Gaylard L. 2015. The tea book, Dorling Kindersley Limited, London.
- Greenwalt C.J. Steinkraus H. Ledford R.A. 2000. Kombucha, the fermented tea: Microbiology, composition, and claimed health effects. Journal of Food Protection, 63(7): 976-981.

- Hwang. J.W. Yang Y.K. Hwang J.K. 1999. Effects of pH and Dissolved Oxygen on Cellulose Production by *Acetobacter xylinum* BRC5 by Agitated Culture. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 88 (2):183-188.
- Jakubowski M. 2015 (a). Wpływ czasu fermentacji na wybrane cechy jakości sensorycznej naparów z użyciem *Medusomyces gisevii*. *Koła Naukowe Szkoła Twórczego Działania*, s.1296-1299.
- Jakubowski M. 2015 (b). Wpływ czasu fermentacji na zmianę pH i ekstraktu ogólnego cukrowców kombuchy. *Towaroznawstwo w zrównoważonym rozwoju*, s.74-77.
- Jarrel J. Cal T. Bennett J.W. 2000. The Kombucha Consortia of yeast and bacteria. *Mycologist*, 14 (4): 166:170.
- Jayabalan R. Marimuthu S. Swaminathan K. 2007. Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation. *Food Chemistry*, 102: 392-398.
- Loncar E. Kanuric K. Malbasa R. Milanovic S. 2014. Kinetics of saccharose fermentation by Kombucha. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 20: 345-352.
- Malbasa R. Loncar E. Djuric M. 2008. Comparison of the products of Kombucha fermentation on sucrose and molasses. *Food Chemistry*, 106: 1039-1045.
- Radomir V. Malbasa. Loncar E. Vitas J. Canadanović-Brunet J. 2011. Influence of starter cultures on the antioxidant activity of kombucha beverage. *Food Chemistry*, 127: 1727-1731.
- Tietze H. 1998. *Kombucha- Cudowny Grzyb*. Poligraf. Wrocław.

### **Afiliacja:**

Mariusz Jakubowski  
Naukowe Koło Towaroznawstwa CARGO  
Wydział Przedsiębiorczości i Towaroznawstwa  
Akademia Morska w Gdyni  
*e-mail:* marjusz.jakubowski@gmail.com

*Opiekun naukowy:* dr inż. Przemysław Dmowski



## **CZĘSTOTLIWOŚĆ SPOŻYCIA WYBRANYCH GRUP PRODUKTÓW SPOŻYWCZYCH PRZEZ OSOBY UPRAWIAJĄCE SPORT**

### **FREQUENCY OF CONSUMPTION OF SELECTED GROUP PRODUCTS BY SPORTS PRACTITIONERS**

**Abstrakt.** Celem niniejszej pracy było określenie częstotliwości spożycia wybranych grup produktów spożywczych przez osoby uprawiające sport. Badanie zostało przeprowadzone w 2015 roku wśród 95 sportowców. Do określenia częstotliwości spożycia wybranych grup produktów spożywczych użyto kwestionariusza przygotowanego w Katedrze Żywienia Człowieka UR, w Krakowie. Na podstawie przeprowadzonej ankiety, stwierdzono że sportowcy popełniali wiele błędów żywieniowych. Do głównych błędów należało niewystarczające spożycie mleka i produktów mlecznych, tłuszczów roślinnych oraz warzyw i owoców. Otrzymane wyniki wskazują na konieczność przeprowadzenia szkoleń i warsztatów dotyczących zasad racjonalnego żywienia wśród sportowców.

**Słowa kluczowe:** *zdrowe żywienie, sportowcy, częstotliwość spożycia*

**Abstract.** The aim of this research was assessment of the frequency of consumption of selected food products by sports practitioners. The study was performed in 2015 among 95 people who practice sport. To assess the frequency of consumption food products the questionnaire prepared in Department of Human Nutrition in University of Agriculture in Krakow was used. Analysis indicated that athletes made a lot of dietary mistakes. The major mistakes were insufficient milk and dairy products consumption as well as plant fat and vegetables and fruits. The results showed that it is necessary to perform educational courses concerning proper nutrition among athletes.

**Key words:** *healthy nutrition, sportsman, frequency of consumption*

## **WSTĘP**

Na podstawie ogólnodostępnych wyników badań, możemy stwierdzić, iż jakość zdrowia i życia może ulec poprawie dzięki regularnej aktywności fizycznej, a także dobrze zbilansowanej diecie. Zasada ta dotyczy również sportowców. Odpowiednio zbilansowane posiłki zawierające wystarczającą ilość energii, składników odżywczych oraz wody ma istotny wpływ na cykl szkoleniowy i wyniki w zawodach [Kopeć i in. 2013]. W 2008 roku w Lozannie Szwajcarskie Towarzystwo Żywniowe (Swiss Society for Nutrition) opublikowało piramidę żywieniową dla sportowców, która określa rodzaj i ilość produktów spożywczych, jakie należy dodatkowo spożywać w związku ze zwiększonym wydatkiem energetycznym. Pomimo zainteresowania żywnością osób trenujących, obserwuje się duży odsetek sportowców, którzy nie przywiązują uwagi do należytego sposobu odżywiania się, co bezpośrednio przekłada się na osiągnięcia sportowe [Całyniuk 2011, Szczepańska, Spałkowska 2012, Kopeć i in. 2013, Frączek i in. 2013].

## **MATERIAŁ I METODY**

Badania ankietowe przeprowadzone zostały na przełomie kwietnia i maja 2015 roku wśród 95 sportowców - studentów Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie, piłkarzy LKS Orzeł Myślenice, osób trenujących na siłowni w Jędrzejowie, koszykarek Juniorek Wisły Kraków oraz siatkarek AZS Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Respondentów podzielono ze względu na rodzaj uprawianej dyscypliny sportowej.

W badaniach użyto kwestionariusza opracowanego w Katedrze Żywności Człowieka Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Pytania dotyczyły częstotliwości spożycia wybranych grup produktów spożywczych.

Do oceny statystycznej wyników zastosowano test  $\chi^2$  Pearsona, przy poziomie istotności  $p < 0,05$  (Statistica 10.0, Tulsa, OK, USA) za pomocą, którego stwierdzono czy istnieje istotna zależność pomiędzy rodzajem dyscypliny sportowej a częstotliwością spożycia wybranych grup produktów spożywczych.

## WYNIKI

Na podstawie analizy ankiet stwierdzono, iż 39,8% lekkoatletów, 36,4% sportowców drużynowych i 28,6% kulturystów zadeklarowało spożycie mleka i napojów mlecznych codziennie. Spożycie tej grupy produktów 5-6 razy w tygodniu deklarowało: 12,9% lekkoatletów, 4,5% sportowców żywieniowych, 7,1% kulturystów i 20% pozostałych sportowców. 22,7% sportowców drużynowych i aż 80% sportowców zakwalifikowanych do kategorii pozostali sportowcy deklarowało, że spożywa 3-4 razy w tygodniu wymienione wyżej produkty. 42,9% osób trenujących kulturystykę zadeklarowało spożycie mleka i produktów mlecznych 1-2 razy w tygodniu. 13,6% sportowców zespołowych nie spożywało mleka i napojów mlecznych w ciągu tygodnia.

Sery twarogowe najczęściej były spożywane 1-2 razy w tygodniu wśród lekkoatletów (38,9%), sportowców drużynowych (45,5%) i pozostałych sportowców (40%). Spożywanie 3-4 razy w tygodniu tej grupy produktów deklarowało 57,1% kulturystów i 40% pozostałych sportowców. Codziennie sery twarogowe spożywali jedynie lekkoatleci (7,4%). 24,1% lekkoatletów, 21,4% kulturystów, 18,2% sportowców drużynowych i 20% pozostałych stwierdziło, iż nie spożywa tego rodzaju produktów.

Codziennie spożywanie serów żółtych i topionych potwierdziło 14,8% lekkoatletów, 4,5% sportowców drużynowych i 20% pozostałych sportowców. Spożycie 5-6 razy w tygodniu zadeklarowało 12,9% lekkoatletów i 4,5% sportowców drużynowych. Spożywanie 3-4 razy i 1-2 razy w tygodniu omawianej grupy produktów odnotowano odpowiednio u 24,1% i 29,7% lekkoatletów, u 40,9% i 18,2% sportowców drużynowych, u 21,4% i 28,6% kulturystów oraz 40% i 40% u pozostałych sportowców. Pozostali sportowcy w ogóle nie spożywali serów żółtych i topionych.

Jaja najczęściej były spożywane 1-2 razy w tygodniu (48,2% lekkoatletów, 40,9% sportowców drużynowych, 50% kulturystów i 60% pozostałych sportowców). Spożywanie 3-4 razy i 5-6 razy w tygodniu omawianej grupy deklarowało odpowiednio 25,9% i 12,9% lekkoatletów, 27,3% i 13,6% sportowców drużynowych, 21,4% i 14,3% kulturystów. Ani razu nie uwzględniło omawianej grupy produktów w swojej diecie 13,6% sportowców drużynowych i 1,9% lekkoatletów.

Wędliny najczęściej były spożywane 3-4 razy w tygodniu (24,1% lekkoatletów, 40,9% sportowców drużynowych, 28,6% kulturystów i 40% pozostałych sportowców). Codzienne spożycie wędlin zadeklarowało 22,2% lekkoatletów, 9,1% sportowców drużynowych i 7,1% kulturystów. Spożywanie 5-6 razy i 1-2 razy w tygodniu omawianej grupy deklarowało odpowiednio 31,5% i 12,9% lekkoatletów, 9,1% i 36,4% sportowców drużynowych, 7,1% i 35,7% kulturystów oraz 20% i 20% pozostałych sportowców. Reszta sportowców w ogóle nie spożywała wędlin i kiełbas.

Większość ankietowanych zadeklarowało, że nie spożywa boczku (wszyscy kulturysty i pozostali sportowcy, 90,9% sportowców drużynowych i 83,3% lekkoatletów). Spożycie tej grupy produktów 3-4 razy zadeklarowało 3,7% lekkoatletów i 1-2 razy w tygodniu 13% lekkoatletów i 9,1% sportowców drużynowych.

Najczęściej mięso wieprzowe było spożywane 1-2 razy w tygodniu przez 51,9% lekkoatletów, 36,4% sportowców drużynowych, 42,9% kulturystów oraz 60% pozostałych sportowców. Spożycie 5-6 razy w tygodniu zadeklarowali jedynie lekkoatleci (3,7%). 3-4 razy w tygodniu mięso wieprzowe było konsumowane przez lekkoatletów (18,5%) i sportowców drużynowych (9,1%). Reszta sportowców w ogóle nie spożywała mięsa wieprzowego w ciągu tygodnia.

Najczęściej drób był spożywany 3-4 razy w tygodniu (51,9% lekkoatletów, 27,3% sportowców drużynowych, 42,9% kulturystów oraz 40% pozostałych sportowców). Na podstawie wyników ankiet stwierdzono, iż znacznie wyższy odsetek lekkoatletów (5,5% i 16,7%), sportowców drużynowych (13,6% i 22,7%), kulturystów (14,3% i 21,4%) i pozostałych sportowców (0% i 20%) deklarował spożycie drobiu codziennie i 5-6 razy w tygodniu.

Aż 24,1% lekkoatletów, 36,4% sportowców drużynowych, 28,6% kulturystów oraz 20% pozostałych sportowców zadeklarowało, że nie spożywa w ogóle ryb w ciągu tygodnia. Spożycie 1-2 razy w tygodniu deklarowało 55,6% lekkoatletów, 45,5% sportowców drużynowych, 57,1% kulturystów oraz 20% pozostałych sportowców.

Jedynie 7,4% lekkoatletów i 14,3% kulturystów spożywało codziennie oleje roślinne. Największy procent sportowców deklarował spożycie tej grupy tłuszczów 1-2 razy w tygodniu. 14,8% lekkoatletów, 13,6% sportowców drużynowych i aż 35,7% kulturystów zadeklarowało, że nie spożywa w olejów roślinnych w ciągu tygodnia.

Warzywa i owoce gotowane codziennie spożywało 14,8% lekkoatletów, 18,2% sportowców drużynowych, 7,1% kulturystów oraz 60% pozostałych sportowców. Spożywanie 5-6 razy i 3-4 razy w tygodniu omawianej grupy produktów odnotowano odpowiednio u 18,5% i 29,6% lekkoatletów, u 13,6% i 22,7% sportowców drużynowych, u 21,4% i 28,6% kulturystów oraz 20% i 20% u pozostałych sportowców. Aż 16,7% lekkoatletów, 13,6% sportowców drużynowych oraz 28,6% kulturystów zadeklarowało, że nie spożywa w ogóle gotowanych warzyw i owoców w ciągu tygodnia.

Codziennie i 5-6 razy w tygodniu spożycie surowych warzyw i owoców zadeklarowało odpowiednio 37% i 33,3% lekkoatletów, 31,8% i 27,3% sportowców drużynowych, 14,3% i 28,6% kulturystów oraz 60% i 0% pozostałych sportowców. 3-4 razy w tygodniu omawianą grupę produktów spożywało 22,2% lekkoatletów, 18,2% sportowców drużynowych, 42,9% kulturystów oraz 20% pozostałych sportowców. 1,9% lekkoatletów, 7,1% kulturystów i aż 20% pozostałych sportowców zadeklarowało, że nie spożywa owoców i warzyw w ciągu tygodnia.

Spożycie ciemnego pieczywa, ryżu i kaszy codziennie i 5-6 razy w tygodniu deklarowało 18,5% i 20,4% lekkoatletów, 13,6% i 36,4% sportowców drużynowych, 35,7% i 14,3% kulturystów oraz 40% i 20% pozostałych sportowców. Najczęściej grupa ta była spożywana 3-4 razy w tygodniu przez 22,2% lekkoatletów, 40,9% sportowców drużynowych, 21,4% kulturystów oraz 40% pozostałych sportowców. 1-2 razy w tygodniu spożycie zadeklarowało 22,2% lekkoatletów, 9,1% sportowców drużynowych i 21,4% kulturystów.

Pieczywo jasne, kluski i makaron spożywane były codziennie i 5-6 razy w tygodniu przez 20,4% i 14,8% lekkoatletów oraz 9,1% i 22,7% sportowców drużynowych. 42,6% lekkoatletów, 22,7% sportowców drużynowych, 14,3% kulturystów i 60% pozostałych sportowców zadeklarowało spożycie tej grupy 3-4 razy w tygodniu. Brak konsumpcji jasnego pieczywa, klusek i makaronów w ciągu tygodnia zadeklarowali lekkoatleci (7,4%), sportowcy drużynowi (18,2%) i kulturyści (50%).

Codziennie spożycie słodczy zadeklarowali jedynie lekkoatleci (22,2%) i sportowcy drużynowi (22,7%). 24,1% lekkoatletów, 54,5% sportowców drużynowych i 28,6% kulturystów zadeklarowało spożycie słodczy 1-2 razy w tygodniu. 13% lekkoatletów, 9,1% sportowców drużynowych, 50% kulturystów i 40% pozostałych sportowców w ogóle nie spożywało słodczy.

Tab. 3. Częstotliwość spożycia wybranych grup produktów spożywczych przez sportowców

Grupy produktów spożywczych	Częstotliwość spożycia	Ogół [%]	Lekkoatleci [%]	Sportowcy drużynowi [%]	Kulturystyka i fitness [%]	Pozostali [%]
Mleko, napoje mleczne	Codziennie	34,7	38,9	36,4	28,6	0,0
	5-6 razy w tyg.	10,5	12,9	4,5	7,1	20,0
	3-4 razy w tyg.	23,2	20,4	22,7	14,3	80,0
	1-2 razy w tyg.	25,3	24,1	22,7	42,9	0,0
	Ani razu	6,3	3,7	13,6	7,1	0,0
Sery twarogowe	Codziennie	4,2	7,4	0,0	0,0	0,0
	5-6 razy w tyg.	4,2	3,7	9,1	0,0	0,0
	3-4 razy w tyg.	31,6	25,9	27,3	57,1	40,0
	1-2 razy w tyg.	37,9	38,9	45,5	21,4	40,0
	Ani razu	22,1	24,1	18,2	21,4	20,0
Sery żółte, topione	Codziennie	10,5	14,8	4,5	0,0	20,0
	5-6 razy w tyg.	8,4	12,9	4,5	0,0	0,0
	3-4 razy w tyg.	28,4	24,1	40,9	21,4	40,0
	1-2 razy w tyg.	27,4	29,7	18,2	28,6	40,0
	Ani razu	25,3	18,5	31,8	50,0	0,0
Jaja	Codziennie	9,5	11,1	4,5	14,3	0,0
	5-6 razy w tyg.	12,6	12,9	13,6	14,3	0,0
	3-4 razy w tyg.	26,3	25,9	27,3	21,4	40,0
	1-2 razy w tyg.	47,4	48,2	40,9	50,0	60,0
	Ani razu	4,2	1,9	13,6	0,0	0,0
Wędliny, kielbasy	Codziennie	15,8	22,2	9,1	7,1	0,0
	5-6 razy w tyg.	22,1	31,5	9,1	7,1	20,0
	3-4 razy w tyg.	29,5	24,1	40,9	28,6	40,0
	1-2 razy w tyg.	22,1	12,9	36,4	35,7	20,0
	Ani razu	10,5	9,3	4,5	21,4	20,0

Boczek	Codziennie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5-6 razy w tyg.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3-4 razy w tyg.	2,1	3,7	0,0	0,0	0,0
	1-2 razy w tyg.	9,5	13,0	9,1	0,0	0,0
	Ani razu	88,4	83,3	90,9	100,0	100,0
Mięso wieprzowe	Codziennie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5-6 razy w tyg.	2,1	3,7	0,0	0,0	0,0
	3-4 razy w tyg.	12,6	18,5	9,1	0,0	0,0
	1-2 razy w tyg.	47,4	51,9	36,4	42,9	60,0
	Ani razu	37,9	25,9	54,5	57,1	40,0
Drób	Codziennie	8,4	5,5	13,6	14,3	0,0
	5-6 razy w tyg.	18,9	16,7	22,7	21,4	20,0
	3-4 razy w tyg.	44,2	51,9	27,3	42,9	40,0
	1-2 razy w tyg.	26,3	25,9	36,4	7,1	40,0
	Ani razu	2,1	0,0	0,0	14,3	0,0
Ryby	Codziennie	3,2	5,5	0,0	0,0	0,0
	5-6 razy w tyg.	4,2	3,7	4,5	0,0	20,0
	3-4 razy w tyg.	13,7	11,1	13,6	14,3	40,0
	1-2 razy w tyg.	51,6	55,6	45,5	57,1	20,0
	Ani razu	27,4	24,1	36,4	28,6	20,0
Oleje roślinne	Codziennie	6,3	7,4	0,0	14,3	0,0
	5-6 razy w tyg.	9,5	7,4	18,2	7,1	0,0
	3-4 razy w tyg.	27,4	22,2	36,4	21,4	60,0
	1-2 razy w tyg.	40,0	48,2	31,8	21,4	40,0
	Ani razu	16,8	14,8	13,6	35,7	0,0
Warzywa, owoce gotowane	Codziennie	16,8	14,8	18,2	7,1	60,0
	5-6 razy w tyg.	17,9	18,5	13,6	21,4	20,0
	3-4 razy w tyg.	27,4	29,6	22,7	28,6	20,0
	1-2 razy w tyg.	21,1	20,4	31,8	14,3	0,0
	Ani razu	16,8	16,7	13,6	28,6	0,0
Warzywa, owoce surowe	Codziennie	33,7	37,0	31,8	14,3	60,0
	5-6 razy w tyg.	29,5	33,3	27,3	28,6	0,0
	3-4 razy w tyg.	24,2	22,2	18,2	42,9	20,0
	1-2 razy w tyg.	9,5	5,6	22,7	7,1	0,0
	Ani razu	3,2	1,9	0,0	7,1	20,0

Pieczywo ciemne, ryż, kasza	Codziennie	21,1	18,5	13,6	35,7	40,0
	5-6 razy w tyg.	23,2	20,4	36,4	14,3	20,0
	3-4 razy w tyg.	27,4	22,2	40,9	21,4	40,0
	1-2 razy w tyg.	17,9	22,2	9,1	21,4	0,0
	Ani razu	10,5	16,7	0,0	7,1	0,0
Pieczywo jasne, kluski, makarony	Codziennie	14,7	20,4	9,1	7,1	0,0
	5-6 razy w tyg.	13,7	14,8	22,7	0,0	0,0
	3-4 razy w tyg.	34,7	42,6	22,7	14,3	60,0
	1-2 razy w tyg.	22,1	14,8	27,3	28,6	40,0
	Ani razu	15,8	7,4	18,2	50,0	0,0
Słodycze	Codziennie	17,9	22,2	22,7	0,0	0,0
	5-6 razy w tyg.	9,5	7,4	4,5	14,3	40,0
	3-4 razy w tyg.	23,2	33,3	9,1	7,1	20,0
	1-2 razy w tyg.	31,6	24,1	54,5	28,6	0,0
	Ani razu	18,9	13,0	9,1	50,0	40,0

## DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej, nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy dyscypliną sportową a częstotliwością spożycia wybranych grup produktów spożywczych. Z badania ankietowanego wynika, iż osoby uprawiające sport popełniają wiele błędów żywieniowych. Najczęstszymi błędami były zbyt małe spożycie mleka i produktów mlecznych, tłuszczu roślinnych oraz warzyw i owoców.

Analiza ankiet wykazała, iż mleko i napoje mleczne były spożywane codziennie przez około 1/3 ankietowanych. Jest to wynik niezadowolający szczególnie wśród sportowców. Analogiczne wnioski można odnaleźć w pracach innych autorów [Frączek 2013, Kopeć i in. 2013]. W przypadku osób regularnie trenujących spożycie mleka i napojów mlecznych zgodnie z najnowszymi zaleceniami żywieniowymi powinno być znacznie większe i wynosić codzienną konsumpcję 3 szklanek (200 ml) mleka lub wymiennie produktów mlecznych. Produkty z tej grupy najlepiej spożywać po treningu, gdyż wykazują działanie alkaliczne, a zatem redukują zakwaszenie, które powstało w trakcie treningu [Gawęcki, Jeszka (red.) 2010].

Uzyskanie maksymalnej wydolności organizmu w trakcie treningu, zależne jest od spożycia odpowiedniej ilości pełnowartościowego białka, którego głównym źródłem są jaja, mięso, wędliny i ryby. Badania własne, a także badania przeprowadzone przez Kopeć i in. [2013] oraz Szczepańską i Spałkowską [2012] wykazują niedostateczne spożycie jaj wśród sportowców, a zarazem wystarczające spożycie mięsa. Ryby są źródłem wielu cennych składników odżywczych, ich spożycie powinno oscylować w przedziale 1-2 razy w tygodniu. Spożycie ryb 1-2 razy w tygodniu zadeklarowało ponad 50% respondentów. Podobne wyniki dotyczące częstotliwości spożycia ryb w badanych grupach sportowców otrzymali Gacek [2011] i Frączek [2013].

Powszechnie wiadomo, iż potrzeby energetyczne sportowców są znacznie większe. W diecie sportowców powinno znaleźć się 25-30% energii pochodzącej z tłuszczów [Bean 2008, Celejowa 2008, Jarosz 2012]. Dla zdrowia sportowca bardzo ważny jest rodzaj spożywanego tłuszczu. Jednym z podziałów lipidów jest podział na tłuszcze zwierzęce, gdzie dominują kwasy tłuszczowe nasycone i tłuszcze roślinne, gdzie dominują kwasy tłuszczowe nienasycone. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe, które nie mogą być syntetyzowane w organizmie człowieka, powinny być dostarczane wraz z pożywieniem [Gawęki, Jeszka (red.) 2010, Jarosz 2012]. W badanej grupie zaobserwowano bardzo niskie spożycie tłuszczów roślinnych (codziennie 6,3% ogółu respondentów). Małe spożycie tego rodzaju tłuszczów odnotowała także Frączek [2013].

W niniejszej pracy stwierdzono, iż warzywa i owoce surowe były spożywane znacznie częściej niż gotowana forma tych produktów. Analogiczne wyniki w swych pracach uzyskały Szczepańska i Spałkowska [2012] oraz Kopeć i in. [2013]. Warzywa i owoce są bardzo dobrym źródłem witamin, składników mineralnych, błonnika pokarmowego, a także związków o charakterze przeciwutleniającym i alkalizującym. Warzywa powinny stanowić dodatek do każdego posiłku, zaś owoce powinny być konsumowane 2-3 razy dziennie [Frączek 2013, Kopeć i in. 2013, Ostachowska-Gąsior i in. 2014].

Zasady racjonalnego żywienia mówią o spożyciu produktów zbożowych 4 razy dziennie [Ostachowska-Gąsior i in. 2014]. Ankietowani rzadko spożywali produkty z pełnego przemiału. Zatem

otrzymane wyniki są niezadawalające, gdyż osoby uprawiające sport, powinny zwracać szczególną uwagę na dostarczenie do organizmu węglowodanów w tej postaci [Ciborowska i in. 2010]. Podobne tendencję zaobserwowali inni autorzy [Frączek 2013, Kopeć i in. 2013]. W przeprowadzonym badaniu zanotowano spożycie jasnego pieczywa, klusek i makaronów, a także słodczyz z częstotliwością 3-4 razy w tygodniu. Wzmożony wysiłek fizyczny, w zależności od uprawianej dyscypliny zwiększa zapotrzebowanie sportowców na węglowodany, a szczególnie węglowodany łatwo przyswajalne. Cukry proste w trakcie długiego intensywnego treningu pomagają utrzymać homeostazę glukozy, a po jego zakończeniu wspomagają odbudowę zasobów glikogenowych w ustroju [Gawęcki, Jeszka (red.) 2010].

## **WNIOSKI**

Przeprowadzone badania nie wykazały istotnego wpływu dyscypliny sportowej na częstotliwość spożycia wybranych grup produktów spożywczych.

Z przeprowadzonego badania wynika, że respondenci spożywali niewystarczającą ilość mleka i produktów mlecznych, tłuszczów roślinnych oraz warzyw i owoców. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że konieczne jest przeprowadzanie szkoleń i warsztatów z zakresu zasad racjonalnego żywienia wśród sportowców.

*Badania zostały finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Polska.*

## **BIBLIOGRAFIA**

- Bean A., 2008. Żywnienie w sporcie. Zysk i S-ka Wydawnictwo. Poznań.
- Całyniuk B., Grochowska-Niedworok E., Białek A., Czech N., Kukielczak A., 2011. Piramida żywienia- wczoraj i dziś. PHiE. 2011, 92(1):20-24.
- Celejowa I., 2008. Żywnienie w sporcie. Wydawnictwo PZW, Warszawa.
- Ciborowska H., Rudnicka A., 2010. Dietetyka. Żywnienie zdrowego i chorego człowieka. PZW, Warszawa.
- Frączek B., 2013. Ocena zachowań żywieniowych zawodników trenujących gry zespołowe w świetle rekomendacji piramidy żywieniowej dla sportowców. Probl Hig Epidemiol, 94 (2): 280-285.

- Gacek M., 2011. Zwyczaje żywieniowe grupy osób wyczynowo uprawiających siatkówkę. Roczn. PZH, 62, 1, 77-82.
- Gawęcki J., Jeszka J., 2010. Energia w żywności i żywieniu. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
- Jarosz M., red. 2012. Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. Instytut Żywności i Żywienia.
- Kopec A., Nowacka E., Klaja A., Leszczyńska T., 2013. Częstotliwość spożycia wybranych grup produktów spożywczych przez sportowców trenujących piłkę nożną. Probl Hig Epidemiol, 94(1): 151-157.
- Ostachowska- Gąsior A., Krzeszowska-Rosiek T., Górska S., 2014. Ocena wiedzy żywieniowej osób o wysokiej aktywności fizycznej uczęszczających do klubów fitness. Probl Hig Epidemiol, 95(4): 969-974.
- Szczepańska E., Spałkowska A., 2012. Zachowania żywieniowe sportowców wyczynowo uprawiających siatkówkę i koszykówkę. Rocz Panstw Zakł Hig, 63, 4, 483-489.

## **Afiliacja**

inż. Martyna Borkowska  
*e-mail:* martynabb93@gmail.com

mgr inż. Ewelina Kukiełka\*  
*e-mail:* ekukiel@gmail.com

mgr inż. Kinga Dziadek  
*e-mail:* kinga.dziadek89@gmail.com

mgr Jarosław Oczkowicz  
*e-mail:* jaroslaw.oczkowicz@gmail.com

*Opiekun naukowy:* dr hab. inż. Aneta Kopec  
*e-mail:* a.kopec@ur.krakow.pl

Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie



Mariola MARYNOWSKA  
Barbara WIELGOS  
Aneta KORONOWICZ  
Ewelina PIASNA  
Dominik DOMAGAŁA  
Teresa LESZCZYŃSKA

EPISTEME  
30/2016, t. II  
s. 71–80  
ISSN 1895-4421

**AKTYWNOŚĆ CYTOTOKSYCZNA  
DIETETYCZNEGO ŚRODKA SPECJALNEGO  
PRZEZNACZENIA MEDYCZNEGO  
NUTRAMIL® COMPLEX WOBEC KOMÓREK  
NOWOTWOROWYCH CZERNIAKA WM793**

CYTOTOXIC EFFECT OF DIETETIC FOOD FOR SPECIAL  
MEDICAL PURPOSE NUTRAMIL® COMPLEX  
ON HUMAN MELANOMA CELLS WM793

**Abstrakt.** Choroby nowotworowe są przyczyną coraz większej ilości zgonów na świecie, dlatego uzasadnionym jest poszukiwanie skutecznych metod ich leczenia i profilaktyki. Nutramil® Complex to dietetyczny środek specjalnego przeznaczenia medycznego. Stanowi on kompletną, wysokoenerygetyczną dietę, w skład której wchodzi odpowiednio zbilansowane podstawowe składniki odżywcze, w tym witaminy i składniki mineralne. Celem opisanych badań była ocena aktywności cytotoksycznej preparatu Nutramil® Complex w odniesieniu do komórek nowotworowych czerniaka linii WM793. Komórki inkubowano z dodatkiem 6 różnych stężeń preparatu (1, 2, 3, 4, 5 i 10%), w czasie 24, 48 i 72h. Stwierdzono, że cytotoksyczny efekt działania preparatu Nutramil® Complex, przejawiający się zmniejszeniem żywotności komórek nowotworowych, wzrastał wraz z użytym stężeniem i czasem inkubacji komórek.

**Słowa kluczowe:** *aktywność cytotoksyczna, czerniak, Nutramil® Complex*

**Abstract.** Cancer is the cause of an increasing number of deaths in the World, so it is reasonable to search for effective treatments and antitumor prevention. Nutramil® Complex is a dietetic food for special medical purpose. It is a complete, high-energy diet, which contains properly balanced basic nutrients, vitamins and minerals. The aim of this research was to determine of cytotoxic effect of the Nutramil® Complex's on the WM793

melanoma cancer cells. The cells were incubated with addition of 6 different concentrations of this product (1, 2, 3, 4, 5 and 10%) during 24, 48 and 72 h. It has been shown that the cytotoxic effect of the Nutramil® Complex, in relation to the cancer cells, increased with the growing concentration of tested product and with time of cells incubation.

**Key words:** cytotoxicity, melanoma cancer cells, Nutramil® Complex

## WSTĘP

Nowotwory są przyczyną coraz większego odsetka zgonów ludności na świecie. Według szacunków Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakiem (IARC, ang. *International Agency for Research on Cancer*) w 2012 roku na nowotwory zachorowało ok. 14 milionów ludzi. Jak podaje Krajowy Rejestr Nowotworów (KRN), w Polsce, w 2010 roku zachorowania na nowotwory złośliwe stanowiły ponad 140 tysięcy przypadków [Torre i in. 2015]. Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, ang. *World Health Organization*), w przeciągu następnych 20 lat, liczba zachorowań na nowotwory wzrośnie nawet o 70% [Dobrek i in. 2008]. Wzrost zachorowalności na nowotwory związany jest ze zwiększonym występowaniem czynników ryzyka, m.in. otyłości, małej aktywności fizycznej i palenia tytoniu [Torre i in. 2015]. Wieloletnie badania nad nowotworami przyczyniły się do znacznego wzrostu wiedzy na ich temat, jednak w dalszym ciągu brakuje skutecznych metod profilaktyki i leczenia [Kozłowska i Łaczmańska 2010].

Czerniak złośliwy (*melanoma malignum*) jest najgroźniejszym nowotworem wśród nowotworów skóry. Stanowi ok. 2% przypadków wszystkich zmian nowotworowych skóry, a zgony z jego powodu występują u 80% chorych [Kapka-Skrzypczak i in. 2014]. Czerniak złośliwy bierze swój początek z neuroektodermalnych komórek melanocytarnych, które uległy transformacji nowotworowej. Może powstawać *de novo* w zdrowej skórze lub ze znamion barwnikowych. Najczęściej lokuje się w skórze (90% przypadków), ale może pojawić się także w gałce ocznej, mózgu oraz w śluzówce przewodu pokarmowego [Kapka-Skrzypczak i in. 2014]. Ryzyko zachorowania na czerniaka rośnie u osób predysponowanych genetycznie (wykazujących zwiększoną ilość znamion barwnikowych, jasną karnację skóry, jasny kolor oczu i włosów, skłonność do oparzeń sło-

necznych) oraz u narażonych na czynniki środowiskowe, głównie na promieniowanie ultrafioletowe [Lamperska i in. 2006]. Wykazano związek między ekspozycją na promienie UV w wieku dziecięcym, a zachorowalnością na czerniaka w wieku dojrzałym [Wolnicka-Głubisz i Płonka 2007].

Nutramil® Complex to dietetyczny środek specjalnego przeznaczenia medycznego (FSMP, ang. *Food for Special Medical Purpose*). Według Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 16 września 2010 r. w sprawie środków spożywczych specjalnego przeznaczenia żywieniowego, środek ten może być stosowany do odżywiania pacjentów wyłącznie pod nadzorem lekarza. Może on stanowić kompletny, całodzienny posiłek pacjenta, bądź też być jego uzupełnieniem. Zależy to od stanu pacjenta, jego indywidualnego zapotrzebowania na energię, przyjmowania innych posiłków czy stanu chorobowego.

Nutramil® Complex zawiera zbilansowane, w odpowiednich proporcjach, niezbędne dla człowieka, podstawowe składniki odżywcze, mineralne oraz witaminy. Zgodnie z zaleceniami dietetycznymi, procentowy udział energii pochodzącej z węglowodanów, tłuszczów oraz białek wynosi odpowiednio 60, 25 i 15%. Węglowodany dostarczane są w postaci maltodekstryn kukurydzianych o różnej szybkości wchłaniania. Źródłem tłuszczów jest przede wszystkim olej rzepakowy (80%), a białka kazeinian wapnia. Nutramil® Complex może być stosowany w celu zapobiegania wystąpienia niedożywienia w przebiegu wielu jednostek chorobowych, takich jak np. choroba Alzheimera, choroba Parkinsona, zespół jelita drażliwego, czy choroby nowotworowe.

Niniejsza praca miała na celu zbadanie aktywności cytotoksycznej środka specjalnego przeznaczenia medycznego Nutramil® Complex, przejawiającej się obniżaniem żywotności komórek nowotworowych czerniaka złośliwego linii WM793.

## **MATERIAŁ I METODY**

### **MATERIAŁ**

Materiał biologiczny stanowiła linia komórkowa czerniaka WM793 (ludzkie komórki czerniaka pierwotnego, ATCC® CRL-2806™), pochodząca z banku ATCC Collection (*American Type Cul-*

ture Collection, VA., USA) oraz dietetyczny środek specjalnego przeznaczenia medycznego o nazwie handlowej Nutramil® Complex firmy Olimp Laboratories Sp. z o.o. (Nagawczyna, Polska).

## **METODY**

**Hodowla komórek.** Hodowlę komórkową prowadzono w butelkach hodowlanych (BD Biosciences, San Jose, Ca., USA), w inkubatorze o kontrolowanych warunkach (temp. 37°C, 95% powietrza, 5% CO<sub>2</sub>). Komórki hodowano w medium hodowlanym zgodnie z procedurą ATCC (Medium RPMI-1640, FBS 10%, Antibiotic Antimycotic Solution 0,01 mg·ml<sup>-1</sup> - Sigma Aldrich, St Louis, MO., USA), pasażowano 2-3 razy w tygodniu przy użyciu 0,25% trypsyny z 0,53 mM EDTA (Sigma Aldrich, St Louis, MO., USA) i wysiewano na 96-dołkową płytkę w ilości 8x10<sup>3</sup>. Po 24 godzinach od wysiania, komórki traktowano preparatem Nutramil® Complex w stężeniu 1, 2, 3, 4, 5 i 10% w czasie 24-72 h. Kontrolę stanowiły komórki hodowane bez dodatku preparatu.

**Ocena stopnia toksyczności preparatu Nutramil® Complex względem komórek WM793.** Ocena stopnia toksyczności preparatu Nutramil® Complex względem komórek nowotworowych została przeprowadzona przy użyciu zestawu Cytotoxicity Detection Kit LDH (Roche, Basel, Switzerland), zgodnie z protokołem. Dehydrogenaza mleczanowa (LDH) to wewnątrzkomórkowy enzym, który w prawidłowych warunkach fizjologicznych nie przechodzi przez błonę komórkową i nie jest uwalniany z nieuszkodzonych komórek. Jego obecność w medium świadczy o uszkodzeniu błony komórkowej i wzroście jej przepuszczalności, co wiąże się z toksycznym wpływem badanego czynnika na komórkę. Poziom LDH w supernatancie określa się poprzez spektrofotometryczny pomiar ilości produktu enzymatycznej reakcji konwersji soli tetrazolowej do kolorowego formazanu.

Do obliczenia cytotoksyczności zastosowano wzór numer 1:

$$\text{Cytotoksyczność [\%]} = \frac{(\text{aktywność LDH badanego związku} - \text{kontrola niska})}{(\text{kontrola wysoka} - \text{kontrola niska})} * 100$$

(1)

Jako niską kontrolę zastosowano pożywkę (pożywka standardowa – RPMI) z nadkomórek kontrolnych, hodowanych bez obecności preparatu Nutramil® Complex, a kontrolę wysoką stanowiła pożywka z nadkomórek traktowanych przez 2 godziny 1% roztworem Tritonu (detergentu, powodującego lizę błon komórkowych).

Oznaczenie żywotności komórek WM793 metodą barwienia fioletem krystalicznym

Metoda opiera się na zdolności wnikania fioletu krystalicznego do jądra komórkowego żywych komórek. Wartość odczytu spektrofotometrycznego uzależniona jest od ilości barwnika zaabsorbowanego przez komórki. Podczas przeprowadzania doświadczenia, komórki utrwalono metanolem, barwiono 0,5% roztworem fioletu krystalicznego i odbarwiono roztworem metanol/woda w stosunku 1:1, z dodatkiem cytrynianu sodu i kwasu octowego. Pomiarów absorbancji dokonano przy długości fali  $\lambda=540$  nm. Żywotność komórek wyrażono jako % kontroli, którą wystandaryzowano do 100%.

**Analiza statystyczna.** Wyniki w postaci średnich  $\pm$ SD dla  $N \geq 12$  przedstawiono na wykresach kolumnowych z zaznaczonymi słupkami błędów standardowych oraz różnicami istotności statystycznej. Analizę statystyczną przeprowadzono przy użyciu testu t-Studenta dla prób niezależnych, przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$  w programie Statistica 10 (Statsoft, Inc., Tulsa, OK., USA).

## WYNIKI

### Ocena stopnia toksyczności preparatu Nutramil® Complex.

Cytotoksyczność preparatu Nutramil® Complex względem komórek linii WM793 wzrastała wraz z użytym stężeniem (1, 2, 3, 4, 5 i 10%) oraz czasem inkubacji komórek (24, 48 i 72h) (tab. 1).

Tab. 1. Cytotoksyczność preparatu Nutramil® Complex

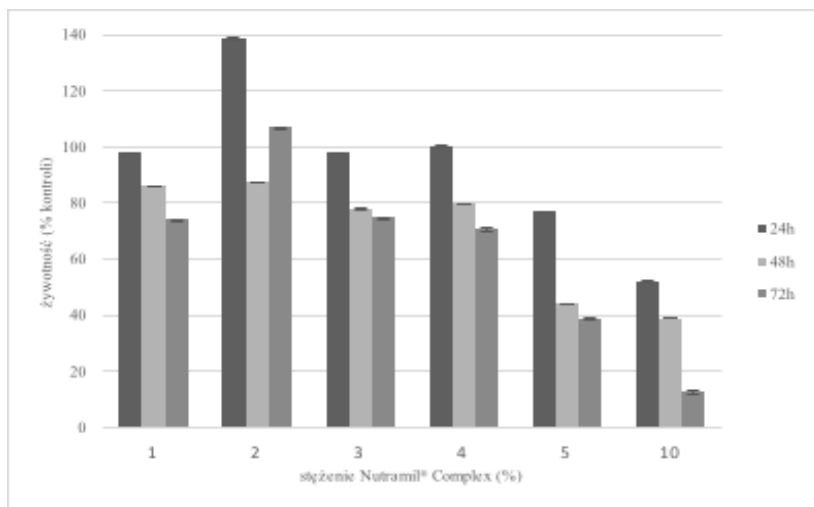
Stężenie Nutramil complex® (%)	Czas inkubacji					
	24 h		48 h		72 h	
	cytotoksyczność (%)	SD	cytotoksyczność (%)	SD	cytotoksyczność (%)	SD

1	4,17	0,006	4,64	0,007	0,00	0,006
2	4,86	0,015	4,30	0,014	3,81	0,006
3	9,64	0,006	10,16	0,031	2,15	0,008
4	11,51	0,011	12,97	0,013	4,77	0,027
5	17,94	0,010	17,71	0,010	30,72	0,124
10	39,14	0,019	38,53	0,109	24,36	0,032

Cytotoksyczność preparatu względem komórek nowotworowych linii WM793 wzrastała wraz z użytym stężeniem i czasem inkubacji. W zakresie stężeń preparatu 1- 4% obserwowano korzystny, cytotoksyczny efekt względem komórek nowotworowych. Powyżej 5% stężenia preparatu, cytotoksyczność gwałtownie wzrastała, nawet do 40%, co może świadczyć o indukcji, niekorzystnego dla komórek, procesu nekrozy. Największe wartości cytotoksyczności obserwowano przy najwyższym badanym stężeniu preparatu Nutramil® Complex (10% stężenie).

**Oznaczenie żywotności komórek linii WM793.** Żywotność komórek czerniaka obniżyła się ze wzrostem stężenia preparatu Nutramil® Complex (1, 2, 3, 4, 5 i 10%) i czasem inkubacji (24, 48, 72 h) (ryc. 1).

Żywotność komórek spadała liniowo ze wzrostem stężenia preparatu (1, 3, 4, 5, 10%) i czasem inkubacji (24-72h). Jedynie 2% stężenie preparatu spowodowało istotny statystycznie wzrost żywotności komórek WM793 w 24 i 72h inkubacji. W zakresie stężeń 1, 3 i 4% żywotność komórek obniżała się maksymalnie o 30%, co może świadczyć o indukcji fizjologicznego procesu śmierci komórek. Dla wyższych stężeń preparatu (5, 10%), obserwowano gwałtowny, nawet 87%, spadek żywotności, będący najprawdopodobniej efektem nakładania się procesów apoptozę i nekrozy, i/lub wyłącznie nekrozy, co wymaga dalszych badań.



Ryc. 1. Żywotność komórek czerniaka linii WM793 ( $p < 0,05$ )

## DYSKUSJA

Choroby nowotworowe stanowią znaczny odsetek przedwczesnych zgonów ludności na świecie. Etiopatogeneza nowotworów ma różnorodne podłoże. Istotne są uwarunkowania genetyczne, zanieczyszczenia środowiska, kontakt z materiałami prowokującymi mutację komórek nowotworowych, jak również niezdrowy tryb życia (nadużywanie alkoholu, tytoniu, czy narkotyków). Konieczne jest prowadzenie badań dotyczących poszukiwania skutecznych metod leczenia i profilaktyki przeciwnowotworowej [Wojciechowska i in. 2012].

W przeprowadzonych badaniach wykazano hamujący wpływ dietetycznego środka specjalnego przeznaczenia medycznego Nutramil® Complex na żywotność komórek nowotworowych linii WM793 w zależności od stężenia preparatu i czasu inkubacji. Zaobserwowano spadek przeżywalności komórek wraz ze wzrostem użytego stężenia i czasu inkubacji (ryc. 1). Badania laboratoryjne i epidemiologiczne prowadzone przez naukowców dostarczają informacji na temat występowania szeregu aktywnych biologicznie składników pokar-

mowych zawartych w żywności, o właściwościach przeciwnowotworowych [Cencic i Chingwaru 2010]. Należą do nich min. kwasy omega-3, kwas  $\gamma$ -linolenowy (GLA), sprzężone dieny kwasu linołowego (CLA), którym przypisuje się ograniczanie wzrostu komórek nowotworowych [Sommer i in. 2002]. W skład preparatu Nutramil® Complex, oprócz podstawowych składników odżywczych, wchodzi witaminy i składniki mineralne, których odpowiednio zbilansowany skład mógłby wskazywać, że komórki nowotworowe mają dostęp do wszystkich niezbędnych do wzrostu i rozwoju substancji odżywczych, co powinno stymulować ich wzrost. Przeprowadzone badania jednak zaprzeczają tym przypuszczeniom. Niezbędne są dalsze badania, mające na celu wyjaśnienie mechanizmu działania preparatu. Należy ocenić, czy obserwowany w niniejszych badaniach efekt obniżenia wzrostu komórek czerniaka, jest wynikiem wzajemnego współdziałania wszystkich składników odżywczych, czy też pojedynczego, wybranego składnika środka Nutramil® Complex. W zakresie mechanizmu potencjalnie przeciwnowotworowego działania badanego preparatu, wydaje się, że może on indukować w komórkach nowotworowych proces apoptozy i na tej drodze wywoływać ich śmierć. Wymaga to jednak dalszych badań.

## **WNIOSKI**

Żywotność komórek nowotworowych czerniaka WM793 zmniejszyła się pod wpływem wzrastającego stężenia preparatu Nutramil® Complex i czasu inkubacji.

Najbardziej optymalne, w zakresie potencjalnego działania proapoptotycznego, wydaje się stężenie preparatu Nutramil® Complex w przedziale 1- 4%.

Śmierć komórek nowotworowych pod wpływem preparatu Nutramil® Complex o stężeniu powyżej 5% może być wywołana współdziałaniem nekrozy, co wymaga potwierdzenia w dalszych badaniach.

## **BIBLIOGRAFIA**

Cencic A. Chingwaru W. 2010. The role of functional foods, nutraceuticals,

- and food supplements in intestinal health. *Nutrients*, 2: 611-625.
- Dobrek E. Szcześniak P. Thor P. Orszulak-Michalak D. 2008. Aktualne kierunki w poszukiwaniach nowych leków przeciwnowotworowych. *Geriatrics*, 2: 37-46.
- Kapka-Skrzypczak L. Dudra-Jastrzębska M. Czajka M. Raszevska-Famielec M. Popiek S. Sawicki K. Kruszewski M. 2014. Charakterystyka kliniczna oraz molekularne podstawy nowotworów skóry. *Hygeia Public Health*, 49: 39-45.
- Kozłowska J. Łączmańska I. 2010. Niestabilność genetyczna- jej znaczenie w procesie powstawania nowotworów oraz diagnostyka laboratoryjna. *Journal of Oncology*, 60: 548-553.
- Lamperska K., Przybyła A. Kaczmarek A. Leporowska E. Mackiewicz A. 2006. Podłoże genetyczne czerniaka- badania własne i przegląd piśmiennictwa. *Współczesna Onkologia*, 10: 297-302.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 września 2010 r. w sprawie środków spożywczych specjalnego przeznaczenia żywieniowego.
- Sommer E. Sommer S. Skopińska-Różewska E. 2002. Nienasycone kwasy tłuszczowe a nowotworzenie. *Współczesna Onkologia*, 6: 60-63.
- Tanaka T. 1997. Effect of diet on human carcinogenesis. *Oncology/Hematology*, 25: 73-95.
- Torre L.A. Bray F. Siegel R.L. Ferlay J. Lortet-Tieulent J. Jemal A. 2015. *Global Cancer Statistic, 2012*. *Ca Cancer J Clin* , 65: 87-108.
- Wojciechowska U. Didkowska J. Koćmel A. 2012. Nowotwory złośliwe w Polsce jako problem zdrowia publicznego. *Studia demograficzne*, 1: 153-166.
- Wolnicka-Głubisz A. Płonka P.M. 2007. Rola promieniowania UV w etiopatogenezie czerniaka skóry. *Współczesna Onkologia*, 11: 419-429.

### **Afiliacja:**

mgr Mariola Marynowska  
Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail*: mariola.marynowska@gmail.com

dr inż. Barbara Wielgos  
Olimp Laboratories Sp. z o.o.  
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy w Pustyni  
*e-mail*: b.wielgos@olimp-labs.com

dr inż. Aneta Koronowicz  
Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,  
*e-mail:* aneta.koronowicz@gmail.com

mgr Ewelina Piasna  
Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,  
*e-mail:* piasna.ewelina@gmail.com

mgr Dominik Domagała  
Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail:* dominik.dmg@gmail.com

prof. dr hab. inż. Teresa Leszczyńska  
Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail:* tleszczynska@poczta.onet.pl

*Opiekun naukowy/promotor:* prof. dr hab. inż. Teresa Leszczyńska

## **ANALIZA SKŁADU PODSTAWOWEGO WYBRANYCH ODMIAN CZOSNKU** BASIC COMPOSITION ANALYSIS OF SELECTED GARLIC VARIETIES

**Abstrakt.** Celem przeprowadzonych badań była analiza składu podstawowego cebul wybranych odmian czosnku. Materiał do badań stanowiły następujące odmiany czosnku: Arkus, Ceves, Idol, Jankiel, Harnaś, Huzar, Mega, Niedźwiedzi, Ornak, Zawrat (Polan, Kraków), czosnek z uprawy ekologicznej a także cebule pochodzące z Chin i z Hiszpanii. Zawartość suchej masy w ząbkach czosnku analizowanych w czerwcu, była istotnie niższa w porównaniu do ilości tego składnika w czosnku analizowanym we wrześniu. Zawartość lipidów w odmianach zebranych w czerwcu, w porównaniu do ilości tego składnika w roślinach zebranych, we wrześniu istotnie różniła się w przypadku odmian Arkus, Huzar, Ceves i Idol. Zawartość białka była istotnie większa we wrześniu w porównaniu do zbioru czerwcowego.

**Słowa kluczowe:** *czosnek, skład podstawowy, sucha masa, białka, tłuszcze*

**Abstract.** The aim of study was to analyze basic composition of selected garlic varieties. The tested material consisted of varieties Arkus, Ceves, Idol, Jankiel, Harnaś, Huzar, Mega, Niedźwiedzi, Ornak, Zawrat (Polan, Kraków), ecological garlic and garlic varieties form China and Spain. The dry matter content in the analyzed cloves of garlic in June was significantly lower compared to the amount of this component in garlic analyzed in September. The lipid content in varieties harvested in June compared to the amount of this component in plants harvested in September was substantially different in the varieties: Arkus, Huzar, Ceves and Idol. The protein content was significantly higher in September compared to those harvested in June.

**Key words:** *Garlic, basic composition, dry mass, proteins, fats*

## **WSTĘP**

Charakterystyczny smak i aromat czosnku spowodowały że stał się on popularną przyprawą i jest stosowany od tysięcy lat. Bardzo ważną rolę odgrywają również jego właściwości lecznicze. Już w czasach starożytnych wykorzystywano go do leczenia różnych schorzeń [Lutomski 2001]. Przez wiele lat czosnek był obiektem badań naukowców na całym świecie i obecnie wiedza na jego temat jest bardzo szeroka, mimo to wciąż odkrywane są nowe właściwości tej rośliny. Czosnek jest uprawiany w Azji, Afryce, Stanach Zjednoczonych oraz w Środkowej i Południowej Europie. Dzięki zawartości wielu składników bioaktywnych i właściwościom antyoksydacyjnym czosnek ma działanie, m.in. przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, przeciwwirusowe oraz przeciwnowotworowe. Stwierdzono także, że roślina ta obniża poziom cholesterolu w surowicy krwi. Ze względu na bogaty skład chemiczny, czosnek jest dobrym źródłem składników odżywczych i nieodżywczych-bioaktywnych związków. Skład chemiczny czosnku jest złożony i zależy od odmiany oraz warunków uprawy i przechowywania. Świeże główki zawierają glikozydy siarkowe, witaminy i mikroelementy, ponadto fitosterole, śluzy, olejki aromatyczne, pektyny i inne związki [Steinbrich 1993]. Świeże ząbki zawierają około 60 % wody, 32 % węglowodanów i 6,5 % błonnika [Świdorski i in. 2007]. Należy zwrócić uwagę na węglowodany występujące w czosnku. W ich skład wchodzi liczne cukry, takie jak: sacharoza, maltotrioza, stachioza, rafinoza, inulina i pektyna. Węglowodany złożone z tych cukrów działają, na przykład, jako inhibitory deaminazy adenozyminy [Niedworok 1994]. Celem przeprowadzonych badań była analiza składu podstawowego cebul wybranych odmian czosnku.

## **MATERIAŁ I METODY**

Materiał do badań stanowiły cebule czosnku odmian Ornak, Mega, Arkus, Harnaś, Zawrat, Ceves, Jankiel, Niedźwiedzi oraz Idol dostarczone w czerwcu i wrześniu przez firmę „Polan” z Krakowa. Odmiany czosnku dostarczone we wrześniu były przechowywane od chwili zbioru w temperaturze otoczenia. Materiał analizowany we wrześniu stanowiły oprócz odmian firmy Polan dwie odmiany zagraniczne, jedna z nich pochodziła z Hiszpanii, druga z Chin oraz odmiana

pochodząca z uprawy ekologicznej. Analizę zawartości suchej masy przeprowadzono metodą polegającą na określeniu ubytku masy produktu po usunięciu wody w wyniku suszenia termicznego próbki pod normalnym ciśnieniem [Fortuna i in., 2003]. Oznaczenia wykonywano w dwóch równoległych powtórzeniach, za ostateczny wynik przyjmowano średnią arytmetyczną. Analizę zawartości tłuszczu przeprowadzono metodą Soxhleta [Fortuna i in., 2003], polegającą na ciągłej, wielokrotnej ekstrakcji zliofilizowanego produktu za pomocą eteru etylowego, odpędzeniu rozpuszczalnika organicznego i oznaczeniu masy tłuszczu. Oznaczenia wykonywano w dwóch równoległych powtórzeniach, za ostateczny wynik przyjmując średnią arytmetyczną. Zawartość białka przeprowadzono metodą Kjeldahla [Fortuna i in., 2003], polegającej na mineralizacji badanego materiału, oddestylowaniu amoniaku a następnie jego miareczkowaniu. Oznaczenia wykonywano w dwóch równoległych powtórzeniach, za ostateczny wynik przyjmując średnią arytmetyczną. Oznaczenie zawartości popiołu całkowitego przeprowadzano poprzez umieszczenie zliofilizowanego materiału w przygotowanym i zważonym wcześniej tygłu porcelanowym (525°C, 3 godziny) i jego zwęgleniu na kuchence elektrycznej. Następnie tygłe wstawiano do pieca muflowego na 24h. Po tym czasie próbki wyciągano i umieszczono w eksykatorze. Po wystudzeniu zważono tygłe wraz z zawartością. Oznaczenia wykonywano w dwóch równoległych powtórzeniach, za ostateczny wynik przyjmując średnią arytmetyczną. Oznaczenie zawartości włókna pokarmowego ogółem, przeprowadzono zgodnie z metodą AOAC [985.29]. Oznaczenie wykonano w jednokrotnym powtórzeniu.

W celu określenia istotności różnic zawartości danego składnika w świeżym materiale w odmianach analizowanych w czerwcu i we wrześniu przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji Anova przy użyciu Statistica 9. W celu określenia istotności różnic zawartości poszczególnych składników w przeliczeniu na suchą masę między wynikami otrzymanymi w czerwcu a wynikami otrzymanymi we wrześniu przeprowadzono analizę wariancji (MANOVA) dla układów dwuczynnikowych. Istotność różnic wykazano za pomocą testu Duncana na poziomie istotności  $p < 0,05$ .

## WYNIKI

Zawartość suchej masy w badanych odmianach czosnku wynosiła od  $25,75 \pm 0,68$  do  $43,97 \pm 2,09$  g/100 g/św.m. (tabela 1, tabela 2). Wśród odmian analizowanych w czerwcu największą ilością omawianego składnika charakteryzowała się odmiana Ceves, a najmniejszą Harnaś. Zawartość suchej masy w odmianie Huzar była istotnie mniejsza od ilości tego składnika w odmianie: Ornak, Mega, Niedźwiedzi, Ceves i Idol (tabela 2). Wśród odmian badanych we wrześniu istotnie najwięcej omawianego składnika zawierały odmiany: Ornak, Mega i Ceves. Poziom suchej masy w odmianie Idol i czosnku hiszpańskim był istotnie wyższy od ilości tego składnika w odmianie Huzar, czosnku ekologicznym i chińskim (tabela 2). Na podstawie analizy interakcji między odmianami a terminem zbioru, stwierdzono, że zawartość suchej masy w ząbkach analizowanych w czerwcu, była istotnie niższa w porównaniu do ilości tego składnika w czosnku analizowanym we wrześniu (tabela 3). Ilość tłuszczu w badanych odmianach mieściła się w granicach  $0,019 \pm 0,005$ – $0,280 \pm 0,023$  g/100 g/św.m (tabela 1, tabela 2). Istotnie najwięcej omawianego składnika wśród warzyw analizowanych w czerwcu zawierały Ornak, Mega i Zawrat (tabela 1). Istotnie najmniejszą zawartość tłuszczu wykazano w odmianie Idol i Arkus. Poziom lipidów w odmianie Huzar i czosnku niedźwiedzim był istotnie większy w porównaniu do odmian Arkus, Jankiel, Idol i Ceves. Wśród odmian poddanych analizom we wrześniu, czosnek hiszpański zawierał istotnie najwięcej tłuszczu w porównaniu do pozostałych roślin (tabela 2). Odmianą o istotnie najniższym poziomie lipidów wśród analizowanych roślin był Idol. Zawartość lipidów w odmianach zebranych w czerwcu, w porównaniu do ilości tego składnika w roślinach zebranych, we wrześniu istotnie różniła się w przypadku odmian Arkus, Huzar, Ceves i Idol (tabela 3). Poziom tłuszczu w odmianach Ornak, Mega i Huzar zmniejszył się istotnie wraz z upływem czasu, natomiast dla pozostałych odmian wykazano wzrost zawartości omawianego składnika. Istotnie największy wzrost ilości lipidów stwierdzono w odmianie Arkus. Poziom białka w analizowanych odmianach czosnku wynosił średnio  $2,44 \pm 0,15$ – $9,78 \pm 0,30$  g/100 g/św.m (tabela 1, tabela 2). Istotnie najwięcej omawianego składnika wśród odmian zebranych w czerwcu zawierała odmiana Ceves a najmniej czosnek niedźwiedzi (tabela 1). Wykazano, że zawartość

białka w odmianach Huzar i Idol była istotnie niższa w porównaniu do pozostałych odmian. Wśród odmian badanych we wrześniu istotnie największą ilość białka stwierdzono w odmianie Mega, natomiast Idol charakteryzował się istotnie najniższym poziomem omawianego składnika (tabela 2) Wykazano, że zawartość białka była istotnie większa we wrześniu w porównaniu do zbioru czerwcowego (tabela 3). Zawartość popiołu w analizowanych odmianach czosnku wahała się w przedziale  $0,558 \pm 0,022$ – $1,355 \pm 0,060$  g/100 g/św.m (tabela 1, tabela 2). Między odmianami badanymi w czerwcu istotnie wyższym poziomem omawianego składnika, w porównaniu do innych roślin, wyróżniały się odmiana Ceves i czosnek niedźwiedzi (tabela 1). Najniższą ilością analizowanego składnika charakteryzowała się odmiana Zawrat. Zawartość popiołu w tej odmianie nie różniła się istotnie od wyników uzyskanych dla większości odmian. Ilość omawianego składnika w odmianie Harnaś była istotnie wyższa w porównaniu do innych roślin, z wyjątkiem odmiany Ceves i czosnku niedźwiedziego. Pomędzy warzywami analizowanymi we wrześniu najwyższym poziomem popiołu charakteryzowała się odmiana Ceves (tabela 2). Istotnie najniższy poziom omawianego składnika w grupie roślin badanych we wrześniu oznaczono w odmianie Idol i czosnku ekologicznym. Zawartość popiołu w odmianie Arkus, Mega i Harnaś była istotnie niższa w porównaniu do większości roślin. Wykazano, że ilość popiołu w odmianach Ornak, Mega, Arkus i Huzar była istotnie mniejsza w czerwcu w porównaniu do poziomu tego składnika we wrześniu. Stwierdzono, że zawartość popiołu w odmianie Huzar wzrosła dwukrotnie między pierwszym, a drugim terminem badań. Wykazano, że zawartość popiołu w odmianach Harnaś i Ceves w czerwcu była istotnie większa w porównaniu do ilości omawianego składnika we wrześniu (tabela 3). Zawartość węglowodanów wynosiła od  $20,94 \pm 0,68$  do  $34,05 \pm 1,23$  g/100 g św.m. (tabela 1, tabela 2). Pomędzy roślinami zebranymi w czerwcu istotnie najwięcej omawianego składnika stwierdzono w odmianie Ceves, natomiast najmniej w odmianie Harnaś. Wśród główek analizowanych we wrześniu istotnie najwyższy poziom węglowodanów oznaczono, podobnie jak w czerwcu, w odmianie Ceves, W porównaniu do innych odmian badanych w drugim terminie istotnie najmniej omawianych składników wykazano w czosnku chińskim. Stwierdzono, że zawartość

węglowodanów w ząbkach analizowanych w czerwcu (tabela 1) była niższa w porównaniu do wyników uzyskanych we wrześniu (tabela 2). Ilość włókna pokarmowego w badanych roślinach mieściła się w granicach 7,23–17,72 g/100 g/św.m. (tabela 2). Stwierdzono, że najmniej omawianego składnika znajdowało się w odmianie Idol, natomiast najwyższy poziom włókna pokarmowego oznaczono w odmianie Ornak.

Tab. 1. Zawartość poszczególnych składników w czosnku analizowanym w czerwcu [g/100 g św.m.].

odmiana	sucha masa±SD	tłuszcz ±SD	białko ±SD	popiół ±SD	węglowod
Ornak	30,18 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,084 ± 0,001 <sup>c</sup>	3,76 ± 0,03 <sup>ad</sup>	0,587 ± 0,003 <sup>a</sup>	25,75 ±
Mega	30,56 ± 0,73 <sup>a</sup>	0,072 ± 0,006 <sup>ac</sup>	4,62 ± 0,05 <sup>f</sup>	0,625 ± 0,011 <sup>a</sup>	25,24 ±
Arkus	28,95 ± 0,95 <sup>ab</sup>	0,020 ± 0,003 <sup>d</sup>	4,46 ± 0,11 <sup>ef</sup>	0,595 ± 0,014 <sup>a</sup>	23,87 ±
Harnaś	25,75 ± 0,68 <sup>c</sup>	0,055 ± 0,001 <sup>b</sup>	3,94 ± 0,01 <sup>ab</sup>	0,811 ± 0,018 <sup>c</sup>	20,94 ±
Zawrat	28,35 ± 0,53 <sup>ab</sup>	0,071 ± 0,014 <sup>ac</sup>	4,17 ± 0,12 <sup>bc</sup>	0,558 ± 0,022 <sup>a</sup>	23,55 ±
Jankiel	28,32 ± 0,30 <sup>ab</sup>	0,035 ± 0,004 <sup>e</sup>	3,95 ± 0,02 <sup>ab</sup>	0,561 ± 0,021 <sup>a</sup>	23,77 ±
Huzar	27,23 ± 0,19 <sup>cb</sup>	0,061 ± 0,004 <sup>ab</sup>	3,36 ± 0,05 <sup>c</sup>	0,563 ± 0,013 <sup>a</sup>	23,25 ±
Idol	30,28 ± 1,79 <sup>a</sup>	0,019 ± 0,005 <sup>d</sup>	3,57 ± 0,32 <sup>h</sup>	0,786 ± 0,055 <sup>d</sup>	25,91 ±
Ceves	35,89 ± 1,69 <sup>d</sup>	0,038 ± 0,004 <sup>e</sup>	5,06 ± 0,26 <sup>g</sup>	1,292 ± 0,076 <sup>b</sup>	29,50 ±
Niedźwiedzi	29,98 ± 0,68 <sup>a</sup>	0,066 ± 0,007 <sup>ab</sup>	2,44 ± 0,15 <sup>cd</sup>	0,722 ± 0,022 <sup>bc</sup>	26,76 ±

\* SD – odchylenie standardowe

\*\* Wartości średnie oznaczone różnymi literami (a, b, c) różnią się istotnie przy  $p < 0,05$

Tab. 2. Zawartość poszczególnych składników w czosnku analizowanym we wrześniu [g/100 g św.m.].

odmiana	sucha masa ±SD	tłuszcz ±SD	białko ±SD	popiół ±SD	węglowodan ±SD
Ornak	41,72 ± 0,27 <sup>AB</sup>	0,11 ± 0,001 <sup>B</sup>	8,61 ± 0,13 <sup>D</sup>	1,22 ± 0,02 <sup>ABE</sup>	31,77 ± 0,38
Mega	43,97 ± 2,09 <sup>B</sup>	0,096 ± 0,001 <sup>AB</sup>	9,78 ± 0,30 <sup>F</sup>	1,19 ± 0,07 <sup>ADE</sup>	32,90 ± 1,71

Arkus	40,55 ± 0,40 <sup>A</sup>	0,116 ± 0,001 <sup>B</sup>	8,72 ± 0,10 <sup>D</sup>	1,09 ± 0,005 <sup>D</sup>	30,62 ± 0,30
Harnaś	40,84 ± 0,83 <sup>A</sup>	0,095 ± 0,002 <sup>AB</sup>	7,03 ± 0,22 <sup>BC</sup>	1,12 ± 0,05 <sup>DE</sup>	32,60 ± 0,55
Huzar	32,14 ± 0,99 <sup>CD</sup>	0,062 ± 0,001 <sup>C</sup>	6,19 ± 0,03 <sup>A</sup>	1,31 ± 0,04 <sup>ABC</sup>	24,57 ± 0,90
Idol	37,88 ± 0,97 <sup>E</sup>	0,035 ± 0,006 <sup>D</sup>	4,44 ± 0,48 <sup>E</sup>	0,94 ± 0,01 <sup>F</sup>	32,45 ± 0,40 <sub>ABC</sub>
Ceves	41,56 ± 1,58 <sup>AB</sup>	0,077 ± 0,002 <sup>AC</sup>	6,08 ± 0,29 <sup>A</sup>	1,35 ± 0,06 <sup>C</sup>	34,05 ± 1,20
Ekologiczny	33,34 ± 1,05 <sup>D</sup>	0,077 ± 0,008 <sup>AC</sup>	6,38 ± 0,23 <sup>AB</sup>	0,96 ± 0,01 <sup>F</sup>	25,91 ± 0,80
Hiszpański	35,95 ± 0,71 <sup>E</sup>	0,280 ± 0,023 <sup>F</sup>	7,11 ± 0,54 <sup>C</sup>	1,28 ± 0,10 <sup>ABC</sup>	27,27 ± 0,00
Chiński	30,26 ± 0,47 <sup>C</sup>	0,248 ± 0,020 <sup>E</sup>	6,98 ± 0,14 <sup>BC</sup>	1,33 ± 0,00 <sup>BC</sup>	21,70 ± 0,30

\* SD – odchylenie standardowe

\*\* Wartości średnie oznaczone różnymi literami (A, B, C) różnią się istotnie przy p < 0,05

Tab. 3. Interakcje między zawartością poszczególnych składników w wybranych odmianach czosnku, a terminem zbioru.

miesiąc	odmiana	sucha masa [%] ±SD	tłuszcz [% s.m.] ±SD	białko [% s.m.] ±SD	popiół [% s.m.] ±SD
CZERWIEC	Ornak	30,18 ± 0,08 <sup>cd</sup>	0,28 ± 0,001 <sup>g</sup>	12,45 ± 0,13 <sup>a</sup>	1,95 ± 0,004 <sup>a</sup>
	Mega	30,56 ± 0,73 <sup>cd</sup>	0,24 ± 0,025 <sup>f</sup>	15,13 ± 0,52 <sup>c</sup>	2,05 ± 0,013 <sup>ab</sup>
	Arkus	28,95 ± 0,95 <sup>bc</sup>	0,07 ± 0,007 <sup>ab</sup>	15,42 ± 0,11 <sup>c</sup>	2,06 ± 0,018 <sup>ab</sup>
	Harnaś	25,75 ± 0,68 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,008 <sup>ef</sup>	15,32 ± 0,35 <sup>c</sup>	3,15 ± 0,153 <sup>f</sup>
	Huzar	27,23 ± 0,19 <sup>ab</sup>	0,22 ± 0,014 <sup>f</sup>	12,34 ± 0,09 <sup>a</sup>	2,07 ± 0,034 <sup>b</sup>
	Ceves	35,89 ± 1,69 <sup>e</sup>	0,11 ± 0,005 <sup>c</sup>	14,10 ± 0,07 <sup>b</sup>	3,60 ± 0,041 <sup>g</sup>
	Idol	30,28 ± 1,79 <sup>cd</sup>	0,06 ± 0,019 <sup>a</sup>	11,76 ± 0,36 <sup>a</sup>	2,59 ± 0,027 <sup>c</sup>
WRZESIEŃ	Ornak	41,72 ± 0,27 <sup>fg</sup>	0,26 ± 0,005 <sup>g</sup>	20,63 ± 0,44 <sup>f</sup>	2,94 ± 0,037 <sup>e</sup>
	Mega	43,97 ± 2,09 <sup>g</sup>	0,22 ± 0,008 <sup>ef</sup>	22,24 ± 0,37 <sup>g</sup>	2,72 ± 0,045 <sup>d</sup>
	Arkus	40,55 ± 0,40 <sup>f</sup>	0,29 ± 0,006 <sup>g</sup>	21,50 ± 0,02 <sup>g</sup>	2,71 ± 0,015 <sup>d</sup>
	Harnaś	40,84 ± 0,83 <sup>f</sup>	0,23 ± 0,010 <sup>f</sup>	17,21 ± 0,20 <sup>d</sup>	2,74 ± 0,066 <sup>d</sup>
	Huzar	32,14 ± 0,99 <sup>d</sup>	0,19 ± 0,010 <sup>de</sup>	19,27 ± 0,51 <sup>e</sup>	4,10 ± 0,23 <sup>h</sup>
	Ceves	41,56 ± 1,58 <sup>fg</sup>	0,18 ± 0,012 <sup>d</sup>	14,62 ± 0,15 <sup>bc</sup>	3,26 ± 0,019 <sup>f</sup>
	Idol	37,88 ± 0,97 <sup>e</sup>	0,09 ± 0,017 <sup>bc</sup>	11,71 ± 0,97 <sup>a</sup>	2,50 ± 0,036 <sup>c</sup>

\* SD – odchylenie standardowe  
\*\* Wartości średnie oznaczone różnymi literami (a, b, c)  
różnią się istotnie przy  $p < 0,05$

## DYSKUSJA I WNIOSKI

Otrzymane wyniki (tabela 1, tabela 2) korespondują z danymi Haydar i in. [2005]. Gdzie wykazano, że czosnek pochodzący z upraw w tym kraju zawierał średnio 33,68 g/100 św. Kunachowicz i in. [2005] stwierdzili, iż zawartość suchej masy w czosnku wynosi 41 %. Analiza uzyskanych rezultatów potwierdza te dane. Uzyskane wyniki nie korespondują z zawartością suchej masy w czosnku wykazaną przez Leelarungrayub i in. [2006]. Autorzy ci stwierdzili ilość omawianego składnika na poziomie 62 %. Odmiana czosnku istotnie wpłynęła na zawartość tłuszczu w analizowanych odmianach czosnku (tabela 2). Wykazano, że czosnek hiszpański i chiński charakteryzowały się znacznie wyższą zawartością tłuszczu w porównaniu do pozostałych odmian analizowanych we wrześniu (tabela 2). Uzyskane dane nie korespondują z wynikami Haydar i in. [2005]. Autorzy ci stwierdzili, że ilość tego składnika w czosnku wynosiła 0,34 % świeżej masy. Otrzymane wyniki są znacznie niższe od zawartości tłuszczu podanej w „Tabelach składu i wartości odżywczej żywności” [Kunachowicz i in. 2005], która wynosi 0,5 g/100 g/św.m. Stwierdzono, zróżnicowanie zawartości białka w poszczególnych odmianach czosnku (tabela 1, tabela 2). Wykazano, że najwięcej omawianego składnika wśród roślin badanych we wrześniu znajdowało się w odmianie Mega, a najmniejszą ilością białka charakteryzował się Idol. Otrzymane wyniki korespondują z danymi literaturowymi. Kunachowicz i in. [2005] którzy wykazali, że zawartość białka w czosnku wynosi 6,4 % w świeżym materiale. Haydar i in. [2005] wykazali podobne zawartości białka w cebulach czosnku. Zawartość popiołu w czosnku była zależna od odmiany (tabela 1, tabela 2). Istotnie najmniej omawianego składnika wśród roślin badanych we wrześniu oznaczono w odmianie Idol i czosnku ekologicznym, a najwięcej w odmianie Ceves (wykres 4). Otrzymane wyniki (tabela 1) korespondują z danymi otrzymanymi przez Kunachowicz i in. [2005]. Stwierdzili oni, że zawartość omawianego składnika w czosnku wynosiła 1,5

%. Otrzymane wyniki nie korespondują z danymi opublikowanymi przez Haydar i in. [2005], którzy stwierdzili wyższą ilość omawianego składnika w czosnku (2,3 g/100 g/św.m.). Wykazano, że ilość węglowodanów w odmianach analizowanych we wrześniu mieściła się w przedziale 21,70±1,23–34,05±0,32 g/100 g/św.m. (tabela 2). Stwierdzono ponadto, że zawartość omawianego składnika była zależna od odmiany. Najmniejszą zawartością węglowodanów charakteryzował się czosnek chiński, a najwyższą odmiana Ceves, były to różnice istotne statystycznie. Porównując otrzymane wyniki z zawartością węglowodanów podaną w „Tabelach składu i wartości odżywczej żywności” [Kunachowicz i in. 2005] stwierdzono, że czosnek analizowany we wrześniu zawierał podobną ilość tego składnika. Wykazano, że ilość błonnika pokarmowego istotnie różniła się między odmianami. W odmianie Idol, było dwukrotnie mniej błonnika w porównaniu do odmiany Ornak. Otrzymane wyniki nie korespondują z danymi otrzymanymi przez Kunachowicz i in. [2005], wykazali zawartość błonnika w ilości 4,1 %. Podobnie Gorinstein i in. [2009], stwierdzili, że ilość włókna pokarmowego w czosnku była równa 2,3 g/100 g św. m. Również Haydar i in. [2005] w swoich badaniach stwierdzili zawartość błonnika w czosnku w ilości dużo niższej (2,17 g/100g /św.m.).

## **BIBLIOGRAFIA**

- Gorinstein S. Leontowicz H. Leontowicz M. Namiesnik J. Najman K. Drzewiecki J. Cvirikova M. Martincova O. Katrich E. Trakhtenberg S. 2008. Comparison of the main bioactive compounds and antioxidant activities in garlic and white and red onions after treatment protocols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 4418-4426.
- Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Przygoda B. 2005. Tabele składu i wartości odżywczej żywności. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa.
- Leelarungrayub N. Rattanapanone V. Chanarat N. Gebicki J.M. 2006. Quantitative evaluation of the antioxidant properties of garlic and shallot preparations. *Nutrition* 22, 266-274.
- Haydar H. Musa Ö. Fikret D. Sedat C. 2005. Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Food Engineering* 68, 463-469.

- Lutomski J. 2001. Fascynacja czosnkiem. *Borgis – Postępy fitoterapii* 1, 7-14.
- Niedworok J. 2000. Lecznicze właściwości czosnku odkrywane na nowo. *Wiadomości zielarskie* 11, 9-10.
- Steinbrich J. 1993. Czosnek-skuteczny lek i cenna przyprawa. *Wiadomości Zielarskie*, 35(04), 5-7.
- Świderski F. Dąbrowska M. Rusaczonek A. Waszkiewicz-Robak B. 2007. Bioactive substances of garlic and their role in dietotherapy. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 1, 41-46.

### **Afiliacja:**

mgr Jarosław Oczkowicz  
Katedra Żywnienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,  
*e-mail*: jaroslaw.oczkowicz@gmail.com

mgr inż. Małgorzata Wymazała  
Katedra Żywnienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,  
*e-mail*: mwstokrotka@op.pl

mgr inż. Ewelina Kukiełka  
Katedra Żywnienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,  
*e-mail*: ekukiel@gmail.com

mgr inż Kinga Dziadek  
Katedra Żywnienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,  
*e-mail*: kinga.dziadek89@gmail.com

dr hab. inż. Aneta Kopec  
Katedra Żywnienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,  
*e-mail*: kopec.aneta@gmail.com

*Opiekun naukowy*: dr hab. Inż Aneta Kopec

## **AKTYWNOŚĆ CYTOTOKSYCZNA PREPARATU SPECJALNEGO PRZEZNACZENIA NUTRAMIL COMPLEX® WOBEC KOMÓREK NOWOTWO- ROWYCH GRUCZOŁU KROKOWEGO**

### **CYTOTOXIC ACTIVITY OF DIETETIC FOOD FOR SPE- CIAL MEDICAL PURPOSE NUTRAMIL COMPLEX® AGAINST TUMOR CELLS OF THE PROSTATE**

**Abstrakt.** Ciągły wzrost zachorowań na nowotworowy powoduje, że firmy medyczne szukają nowych rozwiązań, w tym preparatów wspomagających profilaktykę i leczenie. Celem niniejszych badań było określenie cytotoksyczności dietetycznego środka spożywczego specjalnego przeznaczenia medycznego Nutramil complex® oraz jego wpływu na proliferację złośliwego nowotworu gruczołu krokowego (Du-145, ATCC® HTB-81™). Badania przeprowadzono przy użyciu testu LDH oraz ELISA z użyciem przeciwciał (BrdU). Nutramil complex® istotnie obniżał proliferację komórek nowotworowych linii Du-145 po 24 h doświadczenia. W tym czasie żywotność komórek spadała liniowo wraz ze wzrostem stężenia preparatu (1, 2, 3, 4, 5, 10%). Za najbardziej efektywne uznano stężenie preparatu w przedziale 3-4%, gdzie obniżeniu proliferacji komórek nowotworowych, nie towarzyszył podniesiony poziom dehydrogenazy mleczanowej LDH.

**Słowa kluczowe:** *Nutramil complex®, rak prostaty, cytotoksyczność, proliferacja komórek, linie komórkowe*

**Abstract.** The continuous increase in the incidence of cancer causes that the medical companies are looking for new solutions, including preparations which support prevention and treatment. The aim of this research was to determine the cytotoxicity of Nutramil complex® – dietetic food product for special medical purpose and its influence on the proliferation of cancer cell line (Du-145, ATCC® HTB-81™). Studies were carried out by LDH test and ELISA test using antibodies (BrdU). Nutramil complex® significantly de-

creased the proliferation of cancer cell line Du-145 after 24 h experiment. At this time, the cell viability decreased linearly with increasing concentration of the preparation (1, 2, 3, 4, 5, 10%). The range of 3-4%, which reduced the proliferation of tumor cells and not increased in the level of lactate dehydrogenase LDH enzymes was the most effective concentration of the formulation.

**Key words:** *Nutramil complex<sup>®</sup>, prostate cancer, cytotoxicity, cell proliferation, cell line*

## WSTĘP

W Polsce nowotwory, po chorobach układu krążenia, są drugą przyczyną zgonów. Liczba zachorowań na raka zarówno u mężczyzn jak i u kobiet w 2010 roku wzrosła dwukrotnie w porównaniu do 1980 roku. Nowotworami, które występują najliczniej u mężczyzn są nowotwory płuc (20%), gruczołu krokowego (13%), jelita grubego (12%) i pęcherza moczowego (7%). Zapadalność na choroby nowotworowe w poszczególnych okresach życia nie jest równomierna. Jak pokazują statystyki Krajowego Rejestru Nowotworów najliczniejsze przypadki wystąpienia nowotworów złośliwych obserwuje się powyżej sześćdziesiątego roku życia [Wojciechowska i Didkowska 2015]. Ryzyko wystąpienia nowotworów można obniżyć poprzez odpowiednie odżywianie, regularną aktywność fizyczną, zdrowy tryb życia oraz unikanie kontaktu z substancjami kancerogennymi [Pisulewski i in. 2008]. Wśród przypadków osób, u których zdiagnozowano chorobę nowotworową w latach 2003-2005, wskaźniki 1-rocznych przeżyć wynosiły dla mężczyzn 57,3% i dla kobiet 78%, natomiast wskaźniki 5-letniego przeżycia wynosiły dla mężczyzn i dla kobiet odpowiednio 37,3% i 53,5%. Wskaźniki te były wyższe niż w poprzednich latach [Wojciechowska i Didkowska 2015], co może wynikać zarówno z rozwoju diagnostyki i metod wczesnego wykrywania choroby oraz większej skuteczności leczenia, jak też zwiększonej wiedzy i świadomości ludzi. Mimo to, rosnące wciąż wskaźniki dla nowych przypadków choroby nowotworowej wymagają poszukiwań środków chemoprewencyjnych, które mogłyby wspierać jej profilaktykę. Ce-

lem niniejszych badań była ocena aktywności cytotoksycznej dietycznego środka spożywczego specjalnego przeznaczenia Nutramil complex<sup>®</sup> oraz jego wpływu na proliferację komórek nowotworowych raka gruczołu krokowego linii (Du-145).

## **MATERIAŁ I METODY**

Materiałem badawczym był preparat Nutramil complex<sup>®</sup>, przeznaczony do stosowania w dietach bezresztkowych, wysokoenerygetycznych i kompletnych. Preparat ten stanowi źródło podstawowych składników odżywczych tj. białka (w postaci kazeiny wapnia), węglowodanów (w postaci maltodekstryn, substancji słodzących), tłuszczów (w postaci olejów roślinnych dostarczających długołańcuchowe triglicerydy-LCT i niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych), MCT (triaglicerydów o średniej długości), witamin oraz mikro- i makroelementów (w tym łatwo przyswajalnych chelatów aminokwasowych). Preparat Nutramil complex<sup>®</sup> dedykowany jest m.in. dla osób, które nie mają apetytu, u których stwierdzono niedożywienie lub też możliwość jego wystąpienia, rekonwalescentów, w okresach po udarach i urazach, przed i po zabiegu operacyjnym, w czasie wystąpienia krótkotrwałych chorób o ciężkim przebiegu, chorobach przewodu pokarmowego oraz osób u których w diecie wyeliminowano laktozę [strona internetowa firmy Olimp z 27.01.2016 [www.olimp-labs.com/11,13,426/Produkty/NUTRAMIL.html](http://www.olimp-labs.com/11,13,426/Produkty/NUTRAMIL.html)].

Badania przeprowadzono na ludzkiej linii nowotworowej gruczołu krokowego (Du-145, ATCC<sup>®</sup> HTB-81<sup>™</sup>) pochodzącej z banku ATCC Collection, USA. Komórki hodowano w medium (Sigma-Aldrich, St Louis, Mo. USA) z dodatkiem 10% FBS (Gibco, Paisley, Scotland), antybiotyku [100 µg/ml] (Sigma-Aldrich, St Louis, Mo. USA) oraz suplementów zgodnie z procedurą. Komórki pasażowano co 3 dni poprzez odczepnie ich od podłoża 0,25% roztworem trypsyny z EDTA (Sigma-Aldrich, St Louis, Mo. USA), liczone przy zastosowaniu automatycznego licznika komórek TC20TM (Bio-Rad, Hercules, Ca. USA), a następnie wysiewano w ilości 8x10<sup>3</sup> na płytkach 96-dołkowych (BD Biosciences, San Jose, Ca. USA). Po upływie doby od wysiania komórek, medium hodowlane zamienia-

no na medium zawierające preparat Nutramil complex® w stężeniu 1-10%. Jako kontrolę negatywną zastosowano komórki hodowane w medium bez dodatku badanego preparatu. Oznaczenia wykonywano w trzech punktach czasowych tj. po 24, 48 i 72 godzinach od dodania dietetycznego środka spożywczego specjalnego przeznaczenia Nutramil complex®.

Do oznaczenia cytotoksyczności wykorzystano zestaw Cytotoxicity Detection Kit LDH (Roche, Basel, Switzerland). Zasada metody polega na pomiarze aktywności dehydrogenazy mleczanowej (LDH) uwalnianej z cytoplazmy komórkowej do pożywki hodowlanej w wyniku lizy komórek. Stężenie produktu określano mierząc absorbancję przy długości fali 490 nm a cytotoksyczność wyliczano wg wzoru 1:

*Cytotoksyczność [%]=((aktywność LDH badanego związku -kontrola niska))/((kontrola wysoka-kontrola niska))\*100 (1)*

Jako niską kontrolę zastosowano pożywkę (pożywka standardowa – RPMI) znad komórek kontrolnych, hodowanych bez obecności preparatu Nutramil complex®, a kontrolę wysoką - pożywkę znad komórek traktowanych przez 2 godziny 1 % roztworem Tritonu (detergentu, powodującego lizę błon komórkowych).

Do oznaczenia proliferacji komórek zastosowano zestaw Cell proliferation ELISA, BrdU, (Roche, Basel, Switzerland). Zasada metody opiera się na zastąpieniu tymidyny przez 5-bromo-2'-deoksyurydyne (BrdU) w DNA proliferujących komórek. Wykrycie BrdU u dzielących się komórek, w fazie S cyklu komórkowego odbywa się dzięki analizie kolorymetrycznej za pomocą specyficznego przeciwciała, które sprzężone jest z enzymem oraz reakcji enzymatycznej tego enzymu z chromogennym substratem. Metoda ta jest czuła i pozwala oznaczyć zmiany w proliferacji komórek dużo wcześniej, niż w przypadku barwienia fioletem krystalicznym [Koronowicz i in. 2009].

Wyniki badań ( $N \geq 12$ ) zostały poddane analizie statystycznej, przy pomocy programu Statistica 10 (Statsoft, Inc., Tulsa, OK., USA). Istotność różnic pomiędzy średnimi oszacowano za pomocą testu t-Studenta. Założono, że prawdopodobieństwo na poziomie równym 0,05 lub mniejszym będzie uznane za ważny wskaźnik różnic statystycznych pomiędzy średnimi.

## WYNIKI

Ocenę cytotoksyczności preparatu Nutramil complex® na komórkach linii Du-145, przeprowadzono na podstawie aktywności dehydrogenazy mleczanowej, (LDH). Enzym ten jest uwalniany do pożywki hodowlanej podczas dezintegracji błony komórkowej np. w procesie nekrozy i świadczy o toksycznym wpływie badanego czynnika na komórkę.

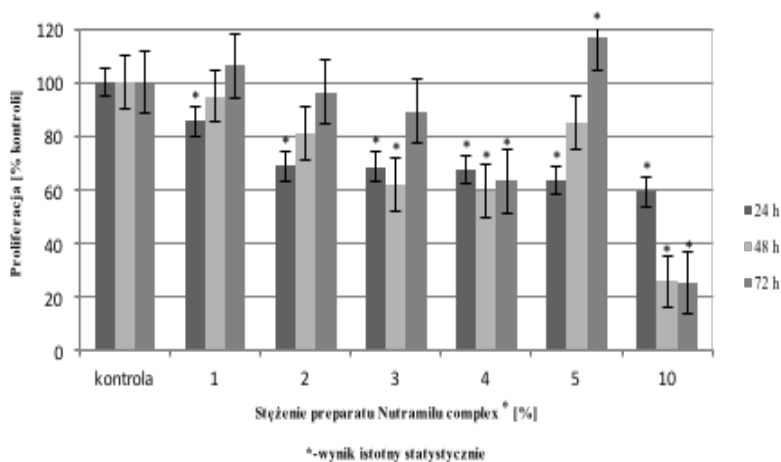
Nutramil complex® w zakresie stężeń 1 - 4%, nie wykazywał nekrotycznego wpływu na komórki nowotworowe gruczołu krokowego Du-145 we wszystkich badanych punktach czasowych (Tab. 1). Zastosowanie wyższych stężeń gwałtownie podnosiło cytotoksyczność, co najprawdopodobniej było wynikiem indukcji nekrozy. Największe wartości cytotoksyczności obserwowano przy najwyższym z badanych (10%) stężeniu Nutramilu complex®. Po 48 godzinach inkubacji cytotoksyczność sięgała prawie 93%, co wskazuje na wysoką toksyczność preparatu wobec badanych komórek nowotworowych.

Tab. 1. Cytotoksyczność preparatu Nutramil complex® względem linii Du-145 w czasie 24, 48 i 72 h.

Stężenie Nutramil complex® (%)	Czas inkubacji					
	24 h		48 h		72 h	
	cyto toksyczność (%)	SD	cyto toksyczność (%)	SD	cyto toksyczność (%)	SD
1	6,03	0,02	0	0,03	0	0,02
2	6,1	0,04	0	0,04	0	0,04
3	9,46	0,03	0,65	0,04	0	0,01
4	10,74	0,02	2,69	0,05	3,53	0,05
5	17,49	0,02	5,49	0,06	5,13	0,03
10	39,23	0,04	92,89	0,34	53,71	0,16

Prolifercja komórek nowotworowych gruczołu krokowego Du-145, pod wpływem działania preparatu specjalnego przeznaczenia medycznego Nutramil complex® przedstawiona została na Ryc. 1. W porównaniu do kontroli, istotne obniżenie proliferacji obserwowano

po 24 h doświadczenia. W tym czasie żywotność komórek spadała liniowo wraz ze wzrostem stężenia preparatu (1, 2, 3, 4, 5, 10%). Jak pokazano na Ryc. 1 bezpośrednio po podaniu Nutramil complex® obserwowano zahamowanie proliferacji komórek do ok. 60-80% kontroli. Po 48 h inkubacji, liczba komórek wzrosła pod wpływem odżywki o stężeniu 1, 2 oraz 5%, natomiast w przypadku stężenia 3, 4 oraz 10%, uległa obniżeniu. Niemniej, w tym punkcie czasowym, dla każdej badanej próby, proliferacja była niższa w stosunku do kontroli. Po 72 godzinach doświadczenia, obserwowano wzrost proliferacji komórek, co mogło być spowodowane deficytem składników odżywki w medium hodowlanym. Znaczne, prawie 80%, obniżenie proliferacji komórek, obserwowane przy 10% stężeniu preparatu Nutramil complex®, mogło być wywołane procesem nekrozy lub późnej apoptozy, co jednak wymaga dalszych badań.



Ryc. 1. Wpływ preparatu Nutramil complex® na proliferację linii komórkowej Du-145

## DYSKUSJA

Przedstawione w pracy wyniki badań wpływu dietetycznego środka spożywczego specjalnego przeznaczenia medycznego, o nazwie handlowej Nutramil complex®, na proliferację komórek linii Du-145 ws-

kazują na jego skuteczność w obniżaniu wzrostu komórek nowotworowych.

Z żywieniowego punktu widzenia można przypuszczać, że obniżenie proliferacji komórek nowotworowych może być wynikiem odpowiednio dobranego składu preparatu. Przeprowadzone badania są badaniami pilotażowymi, dlatego trudno jest odnieść je bezpośrednio do literatury, gdzie znajduje się jedynie doniesienia o potencjalnym działaniu przeciwnowotworowym pojedynczych składników diety np. witamin i składników mineralnych. Przykładowo, Russell i Blaylock [2012] stwierdzili, że połączenie w jednym preparacie witaminy A, witaminy E, karotenoidów polarnych i askorbinianu sodu, skutecznie zmniejszyło wzrost komórek czerniaka [Russell i Blaylock 2012]. Efekt odwrotny w stosunku do nowotworu gruczołu krokowego obserwowano w grupie mężczyzn, którym podawano wyłącznie witaminę E. Badania przeprowadzone na zwierzętach wskazują, że retinoidy hamują rozwój raka piersi, a także wpływają na zmniejszenie częstotliwości wystąpienia przerzutów [Maciążek-Jurczyk i in. 2010]. Obniżanie proliferacji komórek mogło być również spowodowane obecnością oleju rzepakowego, bogatego w tłuszcze omega-3, którym przypisuje się m.in. działanie zmniejszające rozrost guzów nowotworowych i zwiększające przeżycie u osób chorych [Yong 2007]. Także obecne w badanej odżywce trójglicerydy, o średniej długości łańcuchów kwasów tłuszczowych (MCT), wykazują działanie przeciwnowotworowe [Russell i Blaylock 2012].

Jednym z głównych składników badanego preparatu jest kazeinian wapnia, białko o dużym stężeniu glutaminy. Aminokwas ten niezbędny jest m.in. do syntezy nukleozydów potrzebnych do regeneracji komórek, sprawnego działania układu odpornościowego oraz syntezy glutationu. Gdy poziom glutaminy nie jest wystarczający, stężenie glutationu szybko spada, a komórki ulegają degradacji. Shewchuk [1997] w szczurzym modelu wykazali obniżoną masę guza wątroby zwierząt, którym podawano glutaminę. Sugeruje on, że zahamowanie guza mogło być powiązane ze zwiększoną aktywnością limfocytów NK (ang. *Natural Killer* – naturalni zabójcy) i właściwą odpowiedzią układu odpornościowego. Również w badaniach na szczurach z wywołanym rakiem sutka, którym podawano karmę z glutaminą, obserwowano zwiększoną aktywność limfocytów

NK, podniesiony poziom glutationu oraz mniejszą objętość guza w porównaniu do grupy kontrolnej. W grupie kontrolnej, oprócz zwiększenia objętości guza, zmniejszonego poziomu glutationu i aktywności limfocytów NK, zaobserwowano także przerzuty do innych tkanek i narządów [Kimberg i in. 1996].

## **WNIOSKI**

Nutramil complex® w zakresie stężeń 1 - 10% powodował istotne obniżenie proliferacji komórek nowotworowych gruczołu krokowego linii Du-145.

Najbardziej optymalne w zakresie cytotoksycznego działania względem komórek nowotworowych prostaty, wydają się stężenia odżywki w przedziale 3-4 %, skutkujące 40% obniżeniem ich proliferacji, najprawdopodobniej na drodze apoptozy.

Nutramil complex® w stężeniu 10% wykazywał wysoki stopień cytotoksyczności względem komórek nowotworowych a obserwowane 80% obniżenie ich proliferacji mogło być efektem późnej apoptozy lub nekrozy, co wymaga dalszych badań.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Klimberg V.S Kornbluth J. Cao Y. Dang A. Blossom S. Schaeffer R.F. 1996. Glutamine suppresses PGE2 synthesis and breast cancer growth. *J Surg Res*, 63(1): 293-297.
- Koronowicz A. Dulińska-Litewska J. Pisulewski P. Laider P. 2009. Wpływ izomerów sprzężonego kwasu linolowego na proliferację komórek nowotworowych piersi. *Roczniki PZH*, 3: 261-267.
- Maciążek-Jurczyk M. Maliszewska M. Szkudlarek-Hańnik A. 2010. Chomoprewencja w raku piersi. *Farmaceutyczny Przegląd Naukowy*, 10: 34-40.
- Pisulewski P. 2008. *Żywność człowieka. Zbiór ćwiczeń*. Wydawnictwo AR. Kraków.
- Russell L. Blaylock. 2012. *Naturalne strategie w walce z rakiem. Odżywianie w terapii antynowotworowej*. Studio Astropsychologii. Białystok
- Shewchuck L.D. 1997. Dietary L-glutamine supplementation reduces the growth of the Morris Hepatoma in exercise-trained and sedentary rats. *J Nutr*, 127:158-166.

- Środek Nutramil complex firmy Olimp Labs. Pobrany 01.01.2016 z strony <http://www.olimp-labs.com/11,13,426/Produkty/NUTRAMIL.html>.
- Wojciechowska U. Didkowska J. 2016. Zachorowania i zgony na nowotwory złośliwe w Polsce. Krajowy Rejestr Nowotworów, Centrum Onkologii - Instytut im. Marii Skłodowskiej - Curie. Dostępne na stronie <http://onkologia.org.pl/raporty/> dostęp z dnia 01/01/2016.
- Yong Q. Chen. 2007. Modulation of prostate cancer genetic risk by omega-3 and omega-6 fatty acids. *The Journal of Clinical Investigation*, 117: 1866–1875.

### **Afiliacja:**

mgr Ewelina Piasna  
Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail:* piasna.ewelina@gmail.com

dr inż. Barbara Wielgos  
Olimp Laboratories Sp. z o.o.  
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy w Pustyni k. Dębicy  
*e-mail:* B.Wielgos@olimp-labs.com

dr inż. Aneta Koronowicz  
Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail:* aneta.koronowicz@gmail.com

mgr Mariola Marynowska  
Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail:* mariola.marynowska@gmail.com

mgr Dominik Domagała  
Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail:* dominik.dmg@gmail.com

prof. dr hab. inż. Teresa Leszczyńska

Katedra Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail:* tleszczyńska@poczta.onet.pl

*Opiekun naukowy/promotor:* prof. dr hab. inż. Teresa Leszczyńska

**POLIFENOLE**  
**JAKO SKŁADNIKI BIOAKTYWNE ŻYWNOSCI**  
**POLYPHENOLS**  
**AS BIOACTIVE COMPONENTS OF FOOD**

**Abstrakt.** Związki polifenolowe to substancje roślinne, o bardzo zróżnicowanej budowie i właściwościach. Dobroczynny wpływ na zdrowie człowieka zawdzięczają m.in. swojemu antyoksydacyjnemu działaniu. Celem pracy była ocena świadomości ankietowanych w zakresie zdrowego żywienia, weryfikacja stanu wiedzy na temat polifenoli oraz ich źródeł w diecie. W badaniu wzięły udział 103 osoby. Grupę ankietowanych stanowiły 84 kobiety i 19 mężczyzn. Narzędziem badawczym była autorska ankieta. Znacząca część badanych wskazała, że sposób jej odżywiania jest prawidłowy oraz spotkała się z pojęciem „polifenole”. Istnieje jednak grupa osób, które posiadają małą wiedzę żywieniową.

**Słowa kluczowe:** *polifenole, przeciwutleniacze, dieta, odżywianie, ankieta*

**Abstract.** Polyphenolic compounds are plant substances with a very diverse structure and properties. Beneficial effect owe to its antioxidant function. The aim of the research was to evaluate awareness of healthy nutrition and verification the state of knowledge on polyphenols and their sources in the diet. The survey involved 103 people - 84 women and 19 men. The research tool was a questionnaire survey. A significant number of the respondents indicated that their diet is healthy and they are familiar with the term “polyphenol”. However, there is a group of people who have little knowledge of nutrition.

**Key words:** *polyphenols, antioxidants, diet, nutrition, survey*

## **WSTĘP**

Związki polifenolowe stanowią jedną z największych i najbardziej rozpowszechnionych grup zaliczanych do fitozwiązków. Występują one w owocach i warzywach pełniąc funkcję ochronną m.in. przed promieniowaniem ultrafioletowym czy wolnymi rodnikami tlenowymi. Związki te są zróżnicowane pod względem budowy oraz właściwości, zarówno chemicznych, fizycznych jak i biologicznych [Zalega i Szostak-Węgierek 2013].

Bardzo ważnym elementem działania związków fenolowych jest ich aktywność przeciwutleniająca, której mechanizmy przyczyniają się m.in. do dezaktywowania wolnych rodników i zapobiegania stresowi oksydacyjnemu w organizmie [Kosiorok i in. 2013]. Dzięki takiemu działaniu, polifenole dodawane do żywności, odgrywają coraz większą rolę jako naturalne przeciwutleniacze.

Przeprowadzona ankieta pozwoliła określić wiedzę ankietowanych na temat polifenoli, ich działania na organizm człowieka oraz produktów, które stanowią ich źródło w codziennej diecie.

## **MATERIAŁ I METODY**

Badania ankietowe przeprowadzono w grupie 103 osób, w której kobiety stanowiły 82% ogólnej liczby respondentów, a mężczyźni 18% (tab. 1). Do realizacji założonego celu pracy posłużyła autorska ankieta składająca się z pytań zamkniętych, z możliwością wyboru jednej odpowiedzi oraz pytań z możliwością wielokrotnego wyboru. Ankieta, w części wstępnej, zawierała pytania charakteryzujące respondentów pod względem: płci, wieku oraz wykształcenia. Część główna kwestionariusza, zawierała pytania odnoszące się m.in. do sposobu odżywiania ankietowanych, jak i zagadnień dotyczących polifenoli. Uzyskane wyniki poddano ilościowej i procentowej analizie przy użyciu arkusza kalkulacyjnego programu Microsoft Excel.

## **WYNIKI I DYSKUSJA**

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że najliczniejszą grupę stanowiły osoby w wieku 20-30 lat (78%), a następnie w wieku <20 lat (12%) (tab. 1). Ponad połowa respondentów (62,0%)

posiadała wykształcenie średnie, a ponad jedna czwarta (28,0%) zdobyła wykształcenie wyższe. W grupie osób z wykształceniem podstawowym oraz zawodowym znalazło się odpowiednio 8 i 2% (tab. 1). Ponad połowa ankietowanych (65%) oceniło sposób swojego żywienia jako prawidłowy, natomiast 35% respondentów deklaruowała, że odżywia się w sposób nieprawidłowy (tab. 1).

Badania przeprowadzone przez Gacek [2008] wykazały, że wśród osób, które stosują tradycyjną dietę, tylko 6,7% deklaruje swój sposób odżywiania jako bardzo dobry. Wśród 36,7% respondentów panuje przekonanie o dobrze prowadzonym żywieniu. Niespełna połowa ankietowanych (43,3%) ocenia sposób swojego odżywiania jako przeciętny, a 13,3% jako zły.

Tab. 1. Charakterystyka respondentów

Charakterystyka	Udział procentowy
<b>Płeć respondentów</b>	
Kobieta	82%
Mężczyzna	18%
<b>Wiek respondentów</b>	
<20 lat	12%
21-30 lat	78%
31-40 lat	4%
41-50 lat	4%
>50 lat	2%
<b>Wykształcenie</b>	
Podstawowe	8%
Średnie	62%
Zawodowe	2%
Wyższe	28%
<b>Sposób odżywiania</b>	
Prawidłowe	65%
Nieprawidłowe	35%

Większość osób (65,7%), biorących udział w niniejszym badaniu przyznała, że znane było im pojęcie „polifenole”. Dla 34,3%

ankietowanych był to termin nieznanym (tab. 2). Podobne wyniki w swoich badaniach uzyskali Kmieciak i Kobus [2005]. Ponad połowa ankietowanych (75%) na pytanie „czy spotkali się z pojęciem przeciwutleniacz?”, odpowiedziało twierdząco, natomiast 25% nie znało tego pojęcia.

Polifenole (61,4%), witamina C (54,5%), witamina E (44,6%) oraz witamina A (27,7%) były najczęściej wskazywane jako przeciwutleniacze. Co czwarta osoba nie była w stanie określić żadnego związku, który należy do substancji przeciwutleniających (25,7%) (tab. 2).

Ankietowani w badaniach Kmieciak i Kobus [2005] najczęściej (54%) wskazali witaminę E jako naturalny związek przeciwutleniający dodawany do żywności. Podobne wyniki otrzymano w przypadku witaminy C, którą wskazało 55% ankietowanych.

Tab. 2. Znajomość pojęcia polifenol oraz związki zaliczane do przeciwutleniaczy

Wariant odpowiedzi	Udział procentowy
Czy znasz pojęcie 'polifenol'?	
Tak	34,30%
Nie	56,70%
Związki zaliczane do przeciwutleniaczy	
Polifenole	61,4%
Witamina C	54,5%
Witamina E	44,6%
Witamina A	27,7%
Nie wiem	25,7%
Selen	19,8%
Cynk	19,8%
Beta karoten	19,8%

Kobiety w niniejszym badaniu wskazały, że produkty najbardziej obfite w przeciwutleniacze to: czerwone wino (65%) oraz jagody (56%). Znalazła się także grupa kobiet, która wskazała, że przeciwutleniacze można znaleźć w produktach, takich jak szynka (11%), jogurt naturalny (4%), ser żółty (2%) oraz masło (2%) (tab. 3).

Według mężczyzn, najwięcej substancji przeciwutleniających można znaleźć w czerwonym winie oraz cytrynach (po 55%). Znacznie mniej ankietowanych wskazywało cebulę (20%), oliwę z oliwek, kakao, oraz ser żółty (po 15%). Podobnie jak w grupie kobiet, mężczyźni wskazali jogurt naturalny (10%), masło (5%) oraz szynkę (5%), jako potencjalne źródło przeciwutleniaczy (tab. 3).

W badaniach Kmiecik i Kobus [2005], aż 45% ankietowanych nie potrafiło wskazać produktów, w których naturalnie występują przeciwutleniacze. Tylko 36% wymieniło oleje roślinne, przyprawy (26%), zarodki pszenne (25%), masło (21%) oraz mięso (15%).

Tab. 3. Produkty o największej zawartości substancji przeciwutleniających według ankietowanych w zależności od płci

Wariant odpowiedzi	Kobieta	Mężczyzna
Czerwone wino	65%	55%
Herbata	36%	40%
Oliwa z oliwek	26%	15%
Jagody	56%	35%
Kakao	24%	15%
Pomidory	39%	25%
Cytryna	32%	55%
Cebula	14%	20%
Ser żółty	2%	15%
Jogurt naturalny	4%	10%
Masło	2%	5%
Szynka	11%	5%

Jak wynika z niniejszej ankiety, 69,9% respondentów, jako dobroczynne właściwości polifenoli, wskazało blokowanie reakcji tworzenia wolnych rodników. Duży odsetek ankietowanych (66%) zwróciło uwagę na ich właściwości przeciwzapalne, a 60,2% na opóźnianie procesów starzenia się skóry. Niespełna połowa ankietowanych (42,7%) wiedziała o prewencyjnym wpływie polifenoli w chorobie niedokrwiennej serca (42,7%) oraz ich właściwościach przeciwnowotworowych (31,1%). Aż 21,4% badanych nie potrafiło określić działania tych związków (tab. 4).

Tab. 4. Dobroczynne właściwości polifenoli na organizm człowieka według ankietowanych

Wariant odpowiedzi	Udział procentowy
Zapobiegają powstawaniu nowotworów	66,00%
Zapobiegają powstawaniu choroby niedokrwiennej serca	42,70%
Opóźniają procesy starzenia się skóry	60,20%
Przerywają reakcje tworzenia się wolnych rodników	69,90%
Mają przeciwzapalne właściwości	31,10%
Nie wiem	21,40%

Według Puzanowskiej-Tarasiewicz i in. [2010] jako ważne działanie polifenoli można wymienić ich wpływ na stabilizację i zapobieganie utlenienia witaminy C. W rezultacie, wywierają one dobroczynny wpływ na syntezę kolagenu. Są one także bardzo dobrze działającym, naturalnym filtrem chroniącym przed promieniami UVA, które naruszają barierę skóry właściwej. Coraz większą popularność zdobywają preparaty dermokosmetyczne i kosmetyczne w udziale flawonoidów i fenoli, które zapobiegają fotostarzeniu się skóry [Nowak i in. 2014].

Kolejnym zagadnieniem była opinia ankietowanych na temat korzystnego wpływu naturalnych przeciwutleniaczy dodawanych do żywności. Zdecydowana większość respondentów uważała, że stosowanie naturalnych przeciwutleniaczy wpływa na nią korzystnie (70,9%). Jak wskazują niniejsze badania, 25,2% ankietowanych nie potrafiło określić, czy naturalne przeciwutleniacze mogą wpływać pozytywnie, czy negatywnie na produkowaną żywność, a 3,9% określiła to działanie jako niekorzystne (tab. 5).

W badaniach Kmiecik i Kobus [2005] respondenci także wyrazili opinię na temat dodawania przeciwutleniaczy do żywności. Według opinii 36% ankietowanych, stosowanie substancji przeciwutleniających jest właściwe, wśród 23% panowała opinia negatywna, a 41% z nich nie potrafiło jednoznacznie opowiedzieć na to pytanie.

Jak podaje Nawirska i in. [2007], wśród technologów żywności, wzrasta zainteresowanie zastosowaniem przeciwutleniaczy natural-

nego pochodzenia, co jest wynikiem niskiego zaufania konsumentów w stosunku do syntetycznych dodatków do żywności. Dodatkowo, prawo nie limituje oraz nie wymaga zgody na stosowanie naturalnych antyoksydantów do żywności. Jak pokazują badania, naturalne przeciwutleniacze występujące w znacznej ilości owoców, warzyw i ziół mają duży udział w zapobieganiu i leczeniu wielu przewlekłych chorób niezakaźnych, do których zaliczamy cukrzycę, miażdżycę, choroby układu krążenia i nowotwory.

*Tab. 5. Opinia ankietowanych na temat korzystnego wpływu naturalnych przeciwutleniaczy dodawanych do żywności*

Wariant odpowiedzi	Udział procentowy
Tak	70,90%
Nie	3,90%
Nie wiem	25,20%

W naszej badanej grupie, większość osób zdawała sobie sprawę z tego, iż naturalne przeciwutleniacze dodawane do żywności mają wpływ na dłuższą trwałość produktów spożywczych (63,1%). Ankietowani twierdzą również, że zapobiegają one zmianom barwy (56,3%) oraz przeciwdziałają jełczeniu tłuszczów (55,3%). Niestety, aż 24,3% badanych nie wiedziało jakie działanie na żywność wywołują naturalne przeciwutleniacze (tab. 6).

*Tab. 6. Wpływ naturalnych przeciwutleniaczy na cechy żywności według respondentów*

Wariant odpowiedzi	Udział procentowy
Zmieniają smak produktów na niekorzystny	1,00%
Skracają trwałość produktów spożywczych	8,70%
Powodują wydzielanie się nieprzyjemnego zapachu	9,70%
Nie wiem	24,30%
Zapobiegają jełczeniu tłuszczów	55,30%
Zapobiegają zmianom barwy	56,30%

Przedłużają trwałość produktów spożywczych	63,10%
--	--------

W badaniach Kmiecik i Kobus [2005] ankietowani najczęściej wymieniali ochronne działanie przeciwutleniaczy na procesy jełczenia tłuszczu (64%). Poprawę smaku i barwy produktów wskazało 22%, a wśród 21% respondentów panowała opinia, że przeciwutleniacze podnoszą walory odżywcze, natomiast aż 25% badanych nie potrafiło wskazać poprawnej odpowiedzi.

## WNIOSKI

W przeprowadzonej analizie sposobu odżywiania osób w różnych kategoriach wiekowych wynika, że zdecydowana większość ankietowanych ocenia sposób swojego odżywiania jako prawidłowy.

Jak wynika z badania, ponad połowa z respondentów znała pojęcie „polifenole”. Wskazuje to na wzrost świadomości konsumenckiej oraz zwiększone zainteresowanie zdrowym odżywianiem. Wśród związków zaliczanych do przeciwutleniaczy, najczęściej wymieniane były polifenole, witamina E oraz witamina C.

Duży odsetek badanych, jako produkt o największej zawartości substancji przeciwutleniających wskazało czerwone wino oraz herbatę. Niewielka ilość badanych osób, wykazała się brakiem wiedzy, wskazując jako źródła substancji o działaniu przeciwutleniającym, szynkę oraz jogurt naturalny.

Znacząca część badanych wskazała przeciwutleniające i przeciwzapalne działanie polifenoli, a także ich wpływ na opóźnienie procesów starzenia się skóry.

Wśród cech, na jakie wpływają naturalne przeciwutleniacze wskazano m.in. przedłużanie daty przydatności, zapobieganie zmianom barwy produktu, czy jełczeniu tłuszczu. Co czwarta badana osoba nie potrafiła wymienić żadnych właściwości polifenoli, bądź wskazywała zmianę cech żywności na niekorzystne. Ponadto, istnieje grupa konsumentów, która może nie przywiązywać uwagi do dodatków żywności.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Gacek M. 2008. Wybrane zachowania żywieniowe u osób dorosłych o zróżnicowanym modelu żywienia. *Roczniki PZH*, 59(1): 59-66.
- Kmieciak D. Kobus J. 2005. Badanie postaw konsumentów wobec przeciwutleniaczy. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(43) Supl., 308-317.
- Kosiorek A. Oszmiański J. Golański J. 2013. Podstawy do zastosowania polifenoli roślinnych jako nutraceutyków o właściwościach przeciwplytkowych. *Postępy Fitoterapii*, 2: 108-117.
- Kwiatkowska E. Bawa S. 2007. Znaczenie substancji uznanych za antyodżywcze w profilaktyce chorób cywilizacyjnych. *Medycyna Rodzinna*, 2: 36-40.
- Nawirska A. Sokół- Łętowska A. Kucharska Z.A. 2007. Właściwości przeciwutleniające wyłoków z wybranych owoców kolorowych. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 4 (53): 120 – 125.
- Nowak A. Zielonka J. Turek M. Klimowicz A. 2014. Wpływ przeciwutleniaczy zawartych w owocach na proces fotostarzenia się skóry. *Postępy Fitoterapii*, 2: 94-99.
- Puzanowska-Tarasiewicz H. Kuźmicka L. Tarasiewicz M. 2010. Antyoksydanty a reaktywne formy tlenu. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 43(1): 9-14.
- Zalega J. Szostak-Węgierek D. 2013. Żywnie w profilaktyce nowotworów. Część III. Diety o właściwościach przeciwnowotworowych. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 94(1), 59-70.

### **Afiliacja:**

mgr Ewelina Piasna  
Katedra Żywnienia Człowieka, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona  
Kołłątaja w Krakowie,  
*e-mail*: piasna.ewelina@gmail.com

mgr inż. Ewelina Zarzycka  
Katedra Żywnienia Człowieka, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona  
Kołłątaja w Krakowie,  
*e-mail*: ewe.zarzycka@gmail.com

dr inż. Ewa Piątkowska  
Katedra Żywnienia Człowieka, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona

Kołątaja w Krakowie,  
*e-mail:* e.piatkowska@ur.krakow.pl

mgr Dominik Domagała  
Katedra Żywienia Człowieka, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona  
Kołątaja w Krakowie,  
*e-mail:* dominik.dmg@gmail.com

mgr Mariola Marynowska  
Katedra Żywienia Człowieka, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona  
Kołątaja w Krakowie,  
*e-mail:* mariola.marynowska@gmail.com

*Opiekun naukowy/promotor:* prof. dr hab. inż. Teresa Leszczyńska

## THE INFLUENCE OF ORIGIN ON SPELT WHEAT GRAINS PROPERTIES

**Abstract.** The article is devoted to stud cereal properties of spelt wheat grain depending on the variety. As a result of studies it is found that technological properties of grain significantly vary depending on spelt variety and weather conditions. The protein content in spelt grain ranges from 11.0% to 21.3% depending on the variety. A very high protein content in spelt grain (over 18.0%) is in variety Zoria of Ukraine; rather high protein content (16.0-17.9%) is in varieties Schwabenkorn (17.6%), NSS 6/01 (17.3%), Avstraliiska 1 (16.7%) and LPP 3218 (16.7%); low protein content (12.0-13.9%) is in varieties LPP 3435 (13.1%)and LPP 1224 (13.0%); very low protein content is in varieties Shvedska 1 (11.0%) and LPP 3117 (11.5%); the rest of varieties has this indicator at the level of average – 14.0-15.9%. Culinary assessment of rolled spelt grains varies significantly depending on the variety. Total culinary assessment of rolled grain porridge of the spelt ranges from 7, 8 to 9 points. Origin of spelt variety does not affect this indicator.

**Key words:** *spelt wheat varieties, rolled grain, vitreousness, protein*

## INTRODUCTION

Grain quality processed at flour factories is quite unstable. In recent years the chemical composition of wheat by protein content reduced from 15% to 10-11% which led to decreasing in quantity and quality of gluten and thus changing the quality of bakery products.

Because of changes taking place in the structure of nutrition towards organic products there is a need to correct the diet including protein one [Shpyrko 2003, Schober et al. 2006].

One of important food products is cereals. Among other products it takes an important place in the diet of the population of Ukraine. Thus, in 2002 Ukraine produced 295 thousand tons of cereals, and in 2008 – 344 thousand tons. Endosperm is a whole or rolled grain of cereal crops, whole or partially freed from hull, aleurone layer and germ. Cereal of different cereal crops differ in shape, size, color, structure and taste properties. Food properties depend on their chemical composition, digestion of carbohydrates, proteins and lipids, energetic value, organoleptic characteristics and use [Lykhochvor 2004, Sokolova 1984, Berti et al. 2005, Tverdokhlib and Boguslavskiy 2012].

High biological value has spelt grain because it contains all the components necessary for normal functioning of the human body [Bojnanska and Frančáková 2002, Bonifacia et al. 2000, Rozenberg et al. 2003]. However, its technological properties vary depending on growing conditions and variety [Puumalainen et al. 2002, Yan et al. 2003]. It is believed that spelt grain has valuable nutritional potential through the optimal amino acid content and fractional composition of protein, lipids, fiber, vitamins and minerals [Forssell and Wieser 1995, Temyrbekova et al. 2014]. For grain increased protein content is typical – up to 28% [Tverdokhlib and Boguslavskiy 2012].

Also known that spelt is a promising raw material for flour, baking of bakery products, dry gluten, alcohol that requires specific technological properties of grain to produce these products [Zhukovskiy 1957, Polyanetska 2012]. Therefore, under conditions of constant increase in the number of spelt varieties and increasing of its growing area determination of culinary properties of cereals is important. In addition to this research culinary properties of spelt grain was carried out with its local forms at the beginning of last century.

## MATERIAL AND METHODS

The experimental part of the work was carried out in the laboratory of Department of Technology of Storage and Processing of Grain at Uman National University of Horticulture during 2013–2014. . Analyzed in this research spelt varieties were obtained by selection from local varieties – Schwabenkorn, NSS 6/01, Frankenkorn, Shvedska 1, Avstraliiska 1 and hybrids obtained by hybridization of *Tr. aestivum* / *Tr. spelta* – LPP 3218, LPP 1305, LPP 3132, LPP 3124, LPP 1197, LPP 3435, LPP 1224, LPP 3117, which were grown in the conditions of Right-Bank Forest-Steppe Zone of Ukraine. Control (standard) was regionalized spelt variety Zoria of Ukraine grown in this area.

To obtain rolled spelt graini were dehulled at first in the laboratory peeling machine VIII3-1 with the degree of removing hull 12–13%. Then obtained starchy endosperm was steamed and tempered for 15 minutes for even distribution of moisture and increasing groat plasticity. Processing of prepared groats was carried out on a special laboratory roller machine with two parallel rollers with a smooth surface rotating towards each other. Warm and moist flakes after rolling were dried in a drying oven at 60°C to constant humidity 13–14 % and then cooled. Culinary assessment of spelt porridge was carried out according to patent 200601 .

In spelt grain vitreousness was determined (All-Union State Standard 10987-76), protein content (DSTU 4117: 2007). Assessment of protein in grain was determined by a scale of levels and parameters [Zhukovskiy 1957].

For qualitative assessment of connection coefficient of determination ( $r^2$ ) by Cheddok scale was used: 0.1-0.3 – minor connection; 0.3-0.5 – moderate; 0.5-0.7 – significant; 0.7-0.9 – high; 0.9-0.99 – very high; 1 – functional [Sizov 2005].

Frequency experiment three times. Mathematical processing of experimental materials was carried out using standard software package Microsoft Excel 2007.

## RESULTS

An important indicator that determines grain suitability for processing is vitreousness [Orlova 1992, Merko and Morgun 2001]. As a result of studies it was found that spelt grain vitreousness varied widely from 32% to 87%%, (average 35 – 84%) (Tab. 1).

Tab. 1. Vitreousness of spelt grain, %

Variety	Research year		Average
	2013	2014	
Varieties obtained by selection method			
Zoria of Ukraine (standard)	80	87	84
NSS 6/01	55	81	68
Schwabenkorn	62	72	67
Avstraliiska 1	67	79	73
Frankenkorn	54	64	59
Shvedska 1	34	40	37
Varieties obtained by hybridization method of <i>Tr. aestivum</i> / <i>Tr. spelta</i>			
LPP 3218	61	66	64
LPP 1305	53	60	57
LPP 1197	51	59	55
LPP 3132	56	62	59
LPP 3124	47	53	50
LPP 3435	47	52	50
LPP 1224	50	54	52
LPP 3117	32	37	35
Average	53.5	61.9	57.9
<i>LSD</i> <sub>05</sub>	3	4	

However, this indicator varied depending on years of research. Thus, varieties obtained by selection in 2013 were characterized by less vitreousness that ranged from 32-80%, while in 2014 – 37-87%.

On average for two years of research the highest vitreousness had varieties Avstraliiska 1 and Zoria of Ukraine – 73-84%. Varieties obtained by hybridization of *Tr. aestivum* / *Tr. spelta* had vitreousness that varied from 35% in line LPP 3117 to 64% in LPP 3218.

According to the levels of parameters of Zhukovskiy [1957] vitreous consistency of the endosperm had varieties Zoria of Ukraine

and Avstraliiska 1, semi vitreous consistency had varieties NSS 6/01, Schwabenkorn, Frankenkorn and lines LPP 3218, LPP 3132, LPP 1305, LPP 1197, LPP 3124, LPP 3435, semi floury consistency had Shvedska 1 and LPP 3117.

Researchers [Choni 2009, Kasarda 1999] found that in spelt grain protein content may be from 10 to 28%. It is believed that ability to form this amount of protein is due to the high rate of reaction of this type of wheat, the value of which is determined by weather conditions. We found that the protein content in spelt grain ranged within 10.7–21.9% (average 11.0–21.3%) depending on the variety (Tab. 2).

Tab. 2. Protein content in spelt grain, %

Variety	Research year		Average
	2013	2014	
Varieties obtained by selection method			
Zoria of Ukraine (standard)	20.7	21.9	21.3
Schwabenkorn	16.8	18.3	17.6
NSS 6/01	14.3	20.2	17.3
Avstraliiska 1	15.8	17.5	16.7
Frankenkorn	13.6	16.4	15.0
Shvedska 1	10.7	11.3	11.0
Varieties obtained by hybridization method of <i>Tr. aestivum</i> / <i>Tr. spelta</i>			
LPP 3218	16.5	16.9	16.7
LPP 1305	15.1	15.9	15.5
LPP 3124	13.8	14.7	14.3
LPP 3132	13.8	14.6	14.2
LPP 1197	13.6	14.7	14.2
LPP 3435	12.3	13.8	13.1
LPP 1224	12.4	13.5	13.0
LPP 3117	11.2	11.7	11.5
Average	14.3	15.8	15.1
<i>LSD</i> <sub>05</sub>	0.8	0.9	

According to levels and parameters of P.M. Zhukovskyi a very high protein content in spelt grain (over 18.0%) is in variety Zoria of Ukraine; rather high protein content (16.0-17.9%) is in varieties Schwabenkorn (17.6%), NSS 6/01 (17.3 %), Avstraliiska 1 (16.7%) and LPP 3218 (16.7%); low protein content (12.0-13.9%) is in varieties LPP 3435 (13.1%) and LPP 1224 (13.0%); very low protein content is in varieties Shvedska 1 (11.0%) and LPP 3117 (11.5%); the rest of varieties has this indicator at the level of average – 14.0-15.9%.

It should be noted that the origin of the variety did not affect the protein content as among most varieties there are varieties of high and low protein content. High temperature during the ripening of spelt grain in 2014 contributed to greater accumulation of protein content which ranged within 11.3-21.9%. Therefore its level in grain was significantly higher compared with 2013 which amounted to 10.7-20.7% ( $LSD_{05} = 0.78$ ).

Using regression analysis we found a strong correlation connection ( $r^2 = 0.92$ ) between the content of protein (average 2013–2014) in spelt grain and its vitreousness (average 2013–2014) described by the following regression equation:  $Y = 4.609X - 11.576$ , where Y – protein content, %; X – vitreousness, % (Fig. 1).

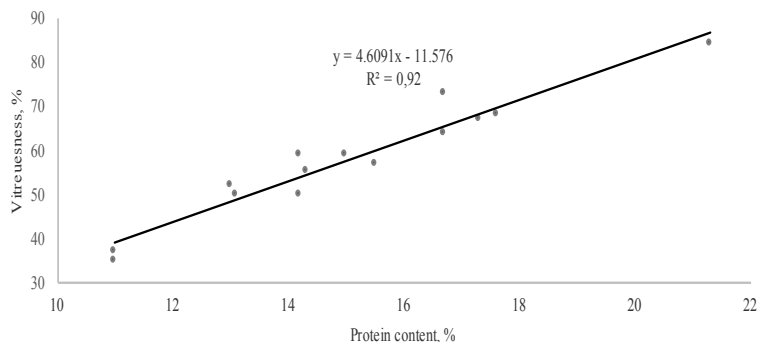


Fig. 1. Correlation dependence between protein content and vitreousness of grain, 2013-2014.

It was found that porridge smell of rolled cereal of spelt varied depending on the variety. So, out of 14 varieties and 7 spelt hybrids had strongly expressed smell (9 points) (Tab. 3).

Expressed smell (7 points) had hybrids LPP 3435 and LPP 1224. Varieiest Shvedska 1 and hybrid LPP 3117 had weakly expressed smell (5 points). It should be noted that the origin of the variety did not affect the indicator of porridge smell. The same numbers of points was assigned/ascribed both for smell and taste.

One way to improve culinary properties of cereal is rolling. Due to which duration of cooking porridge is reduced and its texture significantly improves [Choni 2009].

Researches of Golyk and Golyk [2008] found that increasing protein content in wheat grain improves smell and taste of the finished product.

Using regression analysis we found a strong correlation connection between the content of protein in grain and porridge taste of rolled spelt grain (Fig. 2). This dependence is described by the following regression equation:  $Y=1.4037X+3.9706$ , where Y – protein content, %; X – porridge taste, point.

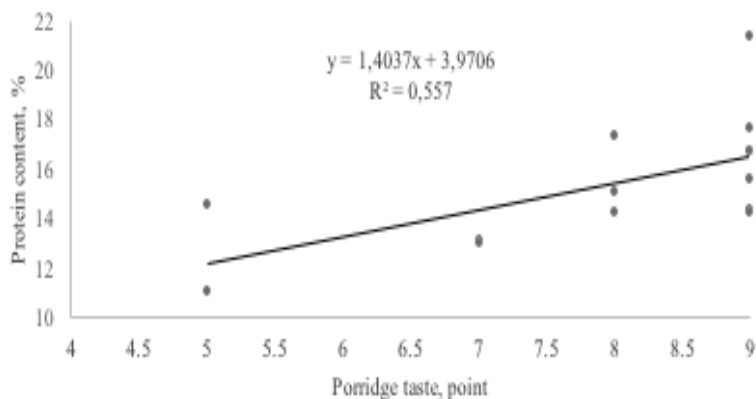


Fig. 2. Correlation dependence between protein content in spelt grain and porridge taste of rolled grain, 2013–2014

Color of the cooked porridge of rolled spelt cereal regardless of the origin of the variety was light and cream with a yellow shade in 12 varieties and only hybrids LPP 3124, LPP 3435 and LPP 1224 had a slightly darker shade.

Tab. 3. Culinary assessment of rolled groats of spelt depending on the variety (2013-2014), points

Variety	Smell	Taste	Color	Consistence	Consistence of porridge while chewing	Total
Varieties obtained by selection method						
Zoria of Ukraine (standard)	9	9	9	9	9	9
NSS 6/01	9	9	9	7	7	8,2
Schwabekorn	8	8	9	8	7	8,2
Avstraliiska 1	9	9	9	8	7	8,4
Frankenkorn	8	8	9	9	7	8,4
Shvedska 1	5	5	9	7	7	7,4
Varieties obtained by hybridization method of <i>Tr. aestivum</i> / <i>Tr. spelta</i>						
LPP 3218	9	9	9	7	7	8,2
LPP 1305	9	9	9	8	7	8,4
LPP 1197	9	9	9	9	7	8,6
LPP 3132	9	9	9	9	9	9
LPP 3124	8	8	7	9	7	8,4
LPP 3435	7	7	7	9	9	8,2
LPP 1224	7	7	7	9	7	7,8
LPP 3117	5	5	9	9	9	7,8

Crumbly consistency of porridge had varieties Zoria of Ukraine (standard), Schwabekorn, Avstraliiska 1, Frankenkorn, LPP 1305, LPP 1197, LPP 3132, LPP 3124, LPP 3435, LPP 1224 and LPP 3117 which corresponded to 9 points.

Only varieties NSS 6/01, Shvedska 1 and LPP 3218 had less crumbly consistency of porridge.

By the indicator of chewing porridge of rolled cereal of spelt only four varieties had the highest culinary assessment.

Research results indicate that spelt porridge has a high culinary evaluation but it varies depending on the variety. Thus, the highest culinary assessment (9 points) had porridge obtained from varieties Zoria of Ukraine and LPP 3132. The lowest assessment of porridge had varieties Shvedska 1, LPP 1224 and LPP 3117 – 7, 8 points. The remaining varieties had a culinary assessment at the level of 8.2-8.4 points.

Using regression analysis we found a moderate correlation connection between protein content in grain and total culinary assessment of porridge of rolled grain of spelt (Fig. 3). This dependence is described by the following equation regression:  $Y=3.9395X-17.542$ , where Y – protein content, %; X – total culinary assessment of porridge, point.

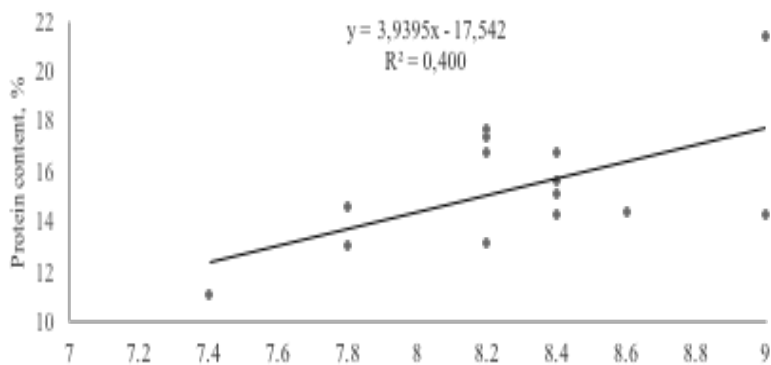


Fig. 3. Correlation dependency between protein content in spelt grain and total culinary assessment of porridge of rolled cereal, 2013-2014

## CONCLUSIONS

As a result of studies we found that technological properties of grain significantly vary depending on spelt variety and weather conditions. Varieties Zoria of Ukraine, Schwabenkorn, NSS 6/01, Avstraliiska 1 and line LPP 3218 were characterized by high-protein content. Vitreous consistency of endosperm had varieties Avstraliiska 1 and Zoria of Ukraine which vitreousness is respectively 73 and 84%.

Culinary assessment of rolled cereal of spelt grain varies significantly depending on the variety. Total culinary assessment of porridge of rolled spelt grain varies between 7.8-9 points. Origin of spelt variety does not affect this indicator. Spelt variety Zoria of Ukraine had the highest culinary assessment which allows using its grain to produce cereal products. For spelt grain protein content indicator and grain vitreousness could be used to evaluate culinary properties of cereal.

## BIBLIOGRAPHY

- Berti, C., Riso, P., Brusamolino, A., Porrini, M. 2005. Effect on appetite control of minor cereal and pseudocereal products. *British J. Nutr.* 94, 850–858.
- Bojňanská, T., Frančáková, H. 2002. The use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) for baking applications. *Rostl. Výr.* 48, 41–147.
- Bonifácia, G., Galli, V., Francisci, R., Mair, V., Skrabanja, V., Kreft, I. 2000. Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. *Food Chem.* 68, 437–441.
- Choni, I.V. 2009. Doslidzhennia khimichnogo skladu ta pinoutvoriuiuchykh vlastyivostei vivsianogo ta perlovogo boroshna zalezchno vid stupeniu pomelu krup [Investigation of chemical composition and foaming properties of oatmeal and barley flour, depending on the degree of grinding cereals]. *Scientific Papers of “Vestnik NTU “KPI”: New solutions in modern technologies*, 37, 99–103.
- Forsell, F., Wieser, H. 1995. Dinkel und Zoliakie. *Lebensm. Unters. Forsch.* 201, 35–39.
- Golyk, V.S., Golyk, O.V. 2008. Seleksia *Triticum durum* [Selection of *Triticum durum*]. Kharkiv: Magda LTD, 519.
- Grain. Methods for determination of glassiness GOST 10987–76. – M.: State Committee for Quality Management of the USSR Council of Ministers and product standards, 1976. – 3 p.

- Kasarda, D.D. 1999. Deduced amino acid sequence of an  $\alpha$ -gliadin gene from spelt wheat (*Spelta*) includes sequences active in celiac disease. *Cereal Chem.* 76, 548–551.
- Katalog obraztsov mirovoi kolleksii VIR s kharakteristikoi sodержaniya belka i aminokislot [Catalog of samples of VIR world collection with the characteristic of protein and amino acids] 1972. Leningrad: VIR, 100, 110.
- Konarev, V.G. 1980. Belki pshenitsy [Wheat proteins]. Moscow: Kolos, 351.
- Lykhochvor, V.V. 2004. Roslynyntstvo. Tekhnologii vyroshchuvannya sil's'kogospodarskykh kul'tur [Crop production.]. Kyiv: Centre of Educational Literature, 808.
- Merko, I.T., Morgun, V.A. 2001. Naukovi osnovy tekhnologii zberigannya I pererobky zerna [Scientific bases of technology of storage and processing of grain]. Odesa, 207.
- Orlova, Zh.N. 1992. Bliuda iz krup [Dishes of cereals]. Moscow: Kolos, 334.
- Patent Ukraine 200601, MPC A23L 1/10. Method of estimation cereal culinary products from triticale and wheat grain / Hospodarenko G.M., Lubich V.V., Polyanetska I.A., Novikov V.V., Voziyan V.V.; The applicant and owner of Uman National University of Horticulture. – № u201507630; appl. 07/30/2015.
- Polianets'ka, I.O. 2012. Seleksiino-genetychne pokrashchennia Tr. spelta ta vykorystannia yiyi v seleksii Tr. aestivum [Selection and genetic improvement of Tr. spelta and its use in selection of Tr. aestivum]. Kyiv, 22.
- Puumalainen, T., Nykopp, H., Tuorila, H. 2002. Old product in a new context: Importance of the type of dish for the acceptance of Grünkern a spelt-based traditional cereal. *Lebensm. Wiss. Technol.* 35, 549–553.
- Rozenberg, R., Ruibal-Mendieta, N.L., Petitjean, G., Cani, P., Delacroix, D.L., Delzenne, N.M., Meurens, M., Quetin-Leclercq, J., Habib-Jiwan, J.L. 2003. Phytosterol analysis and characterisation in spelt and wheat lipids by LC/APCI-MS. *J. Cereal Sci.* 38, 189–197.
- Schober, T.J., Bean, S.R., Kuhn, M. 2006. Gluten proteins from spelt (*Triticum aestivum*ssp. *spelta*) cultivars: A rheological and size-exclusion high-performance liquid chromatography study. *Cereal Sci.* 44, 161–173.
- Shpyrko, T.V. 2003. Rozrobka biotekhnologii pererobky zernovoi syrovyny v kharchovi dobavky [Development of biotechnology of processing grain raw material into food additives]. Odesa, 14.
- Sokolova, A.Ya. 1984. Tekhnologicheskoe oborudovanie predpriyatiy po khraneniyu I pererobotke zerna [Technological equipment for grain storage and processing]. Moscow: Kolos, 445.

- Sizov T.M. Statistics. [Textbook]. – SPb .: HUITMO, 2005. – 80 p.
- Temirbekova, S.K., Ionov, E.F., Ionova, N.E., Afanasieva, Yu.V. 2014. Ispol'zovanie drevnikh vidov pshenitsy dlia ukreplenia immunnoi sistemy detskogo organizma [Using the ancient species of wheat to strengthen the immune system of the child's body]. Agricultural review, 6, 40–42.
- Tverdokhlib, O.V., Boguslavskiy, R.L. 2012. Vydove riznomanittia pshenytsi, napriamky i perspektyvy yogo vykorystannia [Species diversity of wheat, trends and prospects of its use]. Scientific Papers of Uman National University of Horticulture, 80 (1), 37–47.
- Yan, Y., Hsam, S.K., Yu, J.Z., Jiang, Y., Ohtsuka, I., Zeller, F.J. 2003. HMW and LMW glutenin alleles among putative tetraploid and hexaploid European spelt wheat (*Triticum spelta* L.) progenitors. Theor. Appl. Genetic 107, 1321–1330.
- Zhukovskiy, P.M. 1957. Pshenitsa v SSSR [Wheat in the USSR]. Moscow: GISKhL, 632.

**Affiliation:**

Candidate of Agricultural Sciences Vitalii Liubych  
Department of technology of storage and processing of grain  
Uman National University of Horticulture  
Ukraine  
*e-mail:* lyubichv@gmail.com

Postgraduate Student Valeriia Voziiian  
Department of technology of storage and processing of grain  
Uman National  
University of Horticulture  
Ukraine  
*e-mail:* valieria.voziiian@mail.ru

*Thesis supervisor:* Prof. Nina Osokina

# FOREST SCIENCE



Anna MACIEJEWSKA  
Paulina PAWLIK  
Agnieszka STĘPIEŃ  
Aleksander OWCZAREK  
Renata GALEK  
Stanisław SĘKTAS

EPISTEME  
30/2016, t. II  
s. 125–134  
ISSN 1895-4421

## ZRÓŻNICOWANIE KLONÓW *TAXUS BACCATA* POCHODZĄCYCH Z RÓŻNYCH ŚRODOWISK NA PODSTAWIE CECH ANATOMICZNYCH IGIEŁ

DIVERSITY OF CLONES *TAXUS BACCATA* ORIGINATED  
FROM DIFFERENT ENVIRONMENTS ON THE BASIS  
OF THE NEEDLE'S ANATOMICAL FEATURES

**Abstrakt.** Celem badań była ocena zróżnicowania klonów *Taxus baccata* pochodzących z różnych stanowisk na podstawie analizy cech anatomicznych igieł: grubości i ich szerokości, długości i szerokości tkanki przewodzącej, szerokości tkanki miękiszowej oraz ilości aparatów szparkowych. Igieł pobrano z materiału powstałego z pędów pozyskanych z roślin maciecznych rosnących w rezerwach: Cisowa Góra, Kretówki, Malinówka oraz w Książańskim Parku Krajobrazowym. Materiał hodowano w Arboretum Leśnym im. Prof. S. Białoboka w Stradomii przy Nadleśnictwie Syców. Oceniono po 30 igieł z każdego stanowiska cisa. Po weryfikacji statystycznej stwierdzono istotne zróżnicowanie cech igieł *Taxus baccata*. Najgrubsze i najszersze igły, z największą ilością aparatów szparkowych, stwierdzono u cisów w Rezerwacie Kretówka, zaś najcieńsze igły pochodziły z Książańskiego Park Krajobrazowy. Igieł, które wykształcił cis z Rezerwatu Malinówka miały najdłuższą oraz najszerszą tkanką przewodzącą, zaś najszerszy miękisz palisadowy odnotowano w Rezerwacie Cisowa Góra.

**Słowa kluczowe:** *Taxus baccata*, klony, igły, cechy anatomiczne

**Abstract.** The aim of the study was to evaluate the variability of the clones *Taxus baccata* from different points such as: thickness and a width of needles, the width and a length of vascular tissue, the width of parenchyma. Seedlings, which were used during the study, had been collected from the parent plant of the three forest reserves: Cisowa Góra, Kretówki, Malinówka and Książański Landscaped Park and then moved to Arboretum Leśne of

Prof. S. Białoboka w Stradomii w Nadleśnictwie Syców. When it achieved a 3cm growth, 30 needles were collected from each of stations and there were made durable preparations. After verification, it was found statistically significant differences attempts *Taxus baccata*. The thickest and the widest of needles, with the highest number of stomata, were found in reserve Kretówki. The needles from Malinówka were characterized by the longest and widest conductive tissue. Whereas, the widest parenchyma palisade was noted in the reserve Cisowa Góra.

**Key words:** *Taxus baccata*, clones, needles, anatomical features

## WSTĘP

Cis pospolity to wiecznie zielone drzewo lub krzew, z rodziny cisowate (*Taxaceae*) [Białobok i Hellwing 1955]. Znane u nas formy *Taxus baccata* możemy podzielić na dwie grupy tj. rosnące krzaczasto w górę, mające pokrój beczułkowaty. Druga grupa obejmuje krzewy rosnące szeroko, mniej regularnie [Marus 1987]. Znaczące podobieństwo do borówki, spowodowało, że cis pospolity nazywany jest również cisem jagodowym [Kaczmarczuk 1986].

Gatunek znany był już w czasach starożytnych, gdzie uznawano go za symbol śmierci. Podczas żałoby noszono wianki wykonane z gałęzi, natomiast Gallowie zatrawali jego sokiem ostrza strzał, gdyż wszystkie części rośliny poza osnówką są trujące [Seneta 1983]. Ze względu na długowieczność i twardość drewna tworzono z niego m. in. kusze, łuki, meble, płoty czy wrota [Tomanek 1980].

Cis pospolity posiada szereg odmian, jednak większość należy już do rzadkości, a tylko niewielka ich liczba znajduje się w produkcji szkółkarskiej. Obecnie cis ma szerokie zastosowanie w ogrodnictwie ozdobnym, jako roślina do tworzenia żywopłotów lub element w kompozycjach nasadzeń rabatowych. Ze względu na dużą odporność na zanieczyszczenia może być sadzony w dużych miastach [Bugala 1991]. Na świecie występuję osiem gatunków cisa, najbardziej znanym jest *Taxus baccata*, który pochodzi z terenów Europy, północnej Afryki oraz Azji Mniejszej [Seneta 1987]. W Polsce objęty jest częściową ochroną (stanowiska naturalne). Na terenie całego kraju jest wiele stanowisk, gdzie występuje *Taxus baccata*. Największy

rezerwat cisowy występuje w Borach Tucholskich w nadleśnictwie Wierzchlas. Natomiast najstarszy zarejestrowany okaz w wiek 1250 lat rośnie w Henrykowie Lubańskim [Seneta 1987].

Celem badań była ocena zmienności klonów *Taxus baccata* na podstawie analizy wybranych cech anatomicznych igieł: grubości i ich szerokości, szerokości i długości tkanki przewodzącej, szerokości tkanki miękiszowej oraz ilości aparatów szparkowych. Materiał pochodził z rezerwatów przyrody oraz parku narodowego. Obszary te znajdujących się w Archiwum Gatunków Cennych w Arboretum Leśnym im. Prof. S. Białoboka w Stradomii przy Nadleśnictwie Syców.

## **MATERIAŁY I METODY**

Do badań wykorzystano klony cisa pospolitego, które zostały pobrane z drzew matecznych znajdujących się w rezerwach leśnych: Cisowa Góra, Kretówki, Malinówka oraz z Książańskiego Parku Krajobrazowego – okolice Książa. Materiał badawczy składał się z ok. 200 sztuk 4-8 cm roślin, które umieszczono w tunelu foliowym w podłożu zawierającym: 1/3 torfu, 1/3 piasku oraz 1/3 ziemi uniwersalnej. Gdy cis osiągnął 3 cm przyrost, pobrano po 30 igieł z losowo wybranych roślin z każdego stanowiska. Igły utrwalono w roztworze Carnoya (etanol absolutny i kwas octowy lodowaty w proporcji 3:1). Po 48 godzinach utrwalania (4°C), zgodnie z metodą parafinową wykonano preparaty trwałe z igieł.

Przy wykorzystaniu mikroskopu firmy Nikon ECLIPSE 400 przeprowadzono pomiary określające: grubość i wielkość igieł, szerokość i długość tkanki przewodzącej, szerokość tkanki miękiszowej oraz ilość aparatów szparkowych. Pomiaru długości aparatów szparkowych ( $\mu\text{m}$ ) dokonano na powierzchni  $372100 \mu\text{m}^2$  mierząc po 100 aparatów na powierzchni jednej igły.

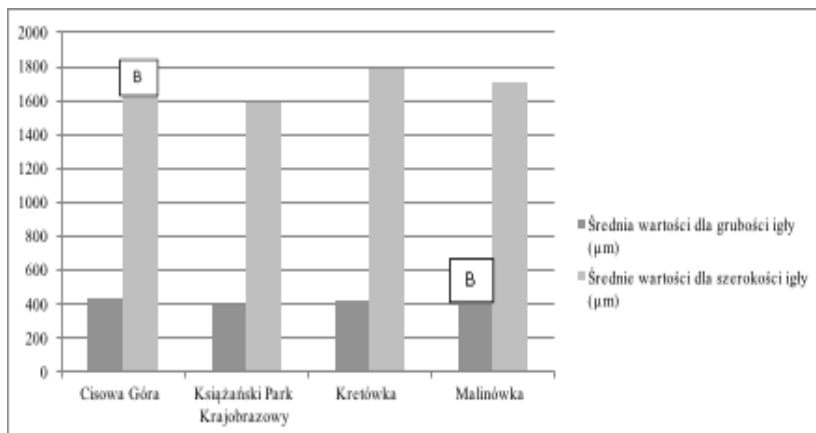
Uzyskane wyniki dotyczące cech anatomicznych badanej rośliny poddano analizie statystycznej w celu zweryfikowania istotności wpływu pochodzenia badanego materiału pod względem analizowanych cech. Dla weryfikacji hipotezy wykonano jednoczynnikową analizę wariancji wykorzystując pakiet Statistica 10.0. Przy wystąpieniu istotnego zróżnicowania pod względem analizowanych cech, pogrupowano średnie za pomocą testu Duncana.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone obserwacje i pomiary igieł cisa pospolitego wykazały, iż budowa anatomiczna rośliny nie odbiega od danych literaturowych [Filutowicz, Kuźdowicz 1951]. Na fotografii 1 można zaobserwować jedną wiązkę przewodzącą znajdującą się pośrodku igły. Komórki miękiszu palisadowego (fot.2) miały wydłużony kształt i ściśle do siebie przylegały. Komórki miękiszu gąbczastego natomiast (fot.2) charakteryzowały się owalnym kształtem i występowały w mniej zwartej strukturze. Znajdujące się w igłach aparaty szparkowe (fot.3) ulokowane były zarówno na górnej jak i dolnej stronie, zaś komórki epidermy górnej pokryte były kutykulą (fot.4). Cechy anatomiczne igieł cisa były wykorzystane również przez Wyka i in. w 2008 roku w badaniach dotyczących napromieniowania igieł *Taxus baccata* pochodzącego z różnych stanowisk.

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie dla większości analizowanych cech u roślin pochodzących z różnych stanowisk.

Najgrubsze igły stwierdzono u cisów pochodzących z rezerwatu Cisowa Góra i Rezerwatu Kretówka (ryc.1), natomiast najcieńsze wykształciły cisy z Książańskiego Parku Krajobrazowego. Zestawione pomiary pod względem szerokości igieł dla badanych stanowisk wykazały, że cisy pochodzące ze stanowiska Kretówka posiadały najszersze igły. Najwęższe posiadał cis z Książańskiego Parku Krajobrazowego oraz z Cisowej Góry.

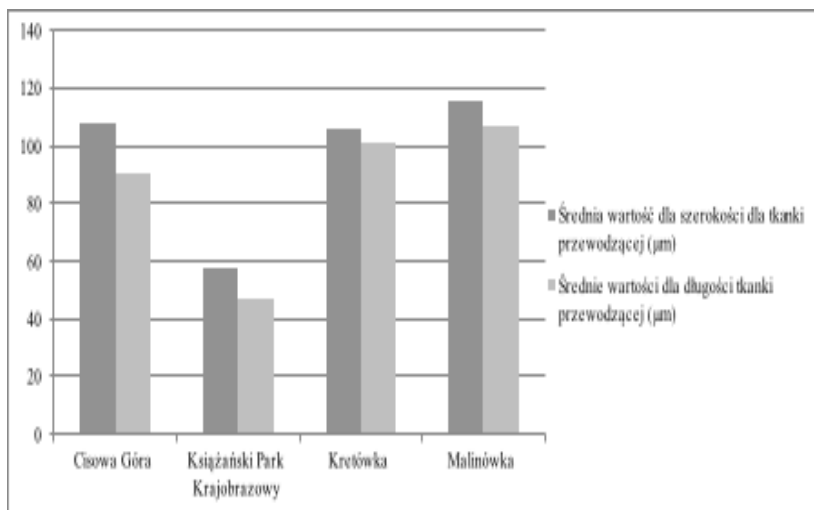


A,B,C...- grupy jednorodne na podstawie testu Duncana, gdzie  $p= 0,05$

Ryc. 1. Średnie wartości dla grubości i szerokości igły ( $\mu\text{m}$ ) dla badanych stanowisk.

The average values for the thickness and width of the needles ( $\mu\text{m}$ ) for the examined stations.

Wyniki obserwacji szerokości tkanki przewodzącej przedstawiono na rycinie 2. Najszersze tkanki przewodzące zaobserwowano dla igieł pochodzących ze stanowisk: Cisowa Góra, Kretówki oraz Malinówki. Najniższa wartość stwierdzono u cisów rosnących na stanowisku w Książańskim Parku Krajobrazowym. Badania pod względem długości tkanek przewodzących na przekrojach poprzecznych preparatów pokazały, iż największe średnie wartości stwierdzono u roślin z rezerwatu w Malinówce, najkrótsze zaś na stanowisku w Książańskim Parku Krajobrazowym.

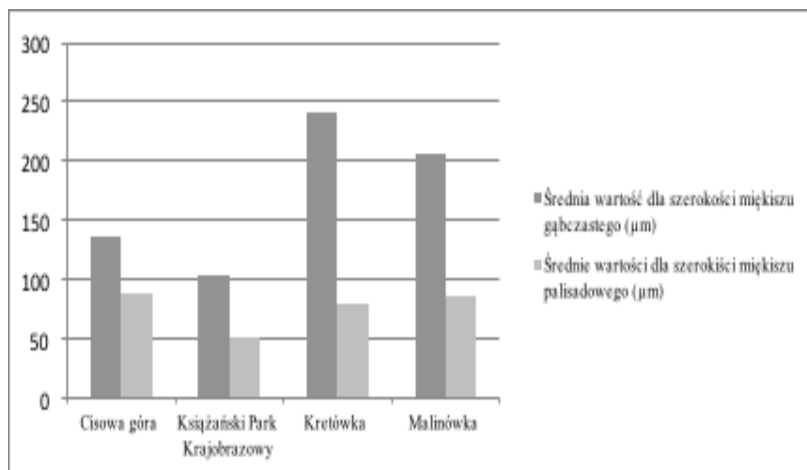


A,B,C...- grupy jednorodne na podstawie testu Duncana, gdzie  $p= 0,05$

Ryc. 2. Średnie wartości dla długości i szerokości tkanki przewodzącej ( $\mu\text{m}$ ) dla badanych stanowisk.

The average values for the vascular tissue width and thickness ( $\mu\text{m}$ ) for the examined stations.

Igły reprezentujące stanowisko cisa w rezerwacie przyrody Kretówki oraz Malinówce charakteryzowały się najszerszą średnią wartością miększu gąbczastego oraz palisadowego (ryc. 3), zaś najmniejszym cisy na stanowisku w Książańskim Parku Krajobrazowym.



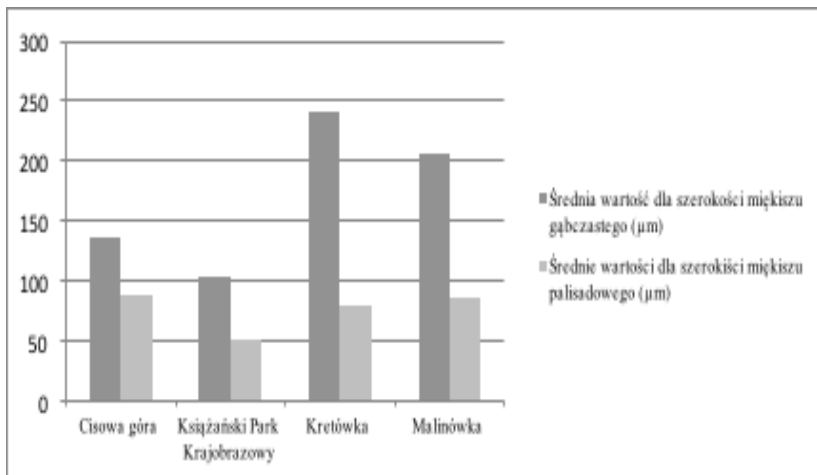
A,B,C...- grupy jednorodnie na podstawie testu Duncana, gdzie  $p = 0,05$

Ryc. 3. Średnie wartości dla szerokości miększu palisadowego i gąbczastego ( $\mu\text{m}$ ) dla badanych stanowisk. The average values for the width of the palisade spongy parenchyma ( $\mu\text{m}$ ) for the examined stations

Innymi badanymi cechami była liczba oraz długość aparatów szparkowych w igłach cisa pospolitego. Przeprowadzone analizy wykazały, że najwięcej aparatów szparkowych stwierdzono w igłach, które pochodziły z cisów rosnących w rezerwacie przyrody Kretówki, zaś najmniej z osobników rosnących w Książańskim Parku Krajobrazowym i rezerwacie przyrody Cisowa Góra. Na wszystkich badanych stanowiskach nie odnotowano istotnych różnic w długości aparatów szparkowych, a średnia ich wielkość wynosiła  $41 \mu\text{m}$ .

A,B,C...- grupy jednorodnie na podstawie testu Duncana, gdzie  $p = 0,05$

Ryc. 4. Średnie wartości dla długości i liczby aparatów szparkowych ( $\mu\text{m}$ ) dla badanych stanowisk.



The average values for length and number of stomata ( $\mu\text{m}$ ) for the examined stations.

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, iż cis pospolity, pochodzący z czterech różnych stanowisk różni się między sobą pod względem analizowanych cech, z wyjątkiem długości aparatów szparkowych. Najbardziej pod względem anatomicznym odbiegał cis znajdujący się w Książańskim Parku Krajobrazowym. W literaturze dotyczącej anatomii i morfologii igieł można spotkać się z badaniami, które są prowadzone pod kątem zróżnicowania materiału roślinnego w zależności od pochodzenia [Pawlaczyk i Bączkiewicz 2004]. Autorzy Pawlaczyk i Bączkiewicz oceniali trzynaście cech morfologicznych oraz anatomicznych igieł kosodrzewiny. Analizowany gatunek pochodził z trzech stanowisk w Tatrach. Stwierdzili oni zróżnicowanie roślin w zależności o miejsca występowania. Także Bikowki (2004), prowadząc badania nad *Taxus baccata* dowodzi, iż występuje zróżnicowanie pod względem anatomicznym i morfologicznym roślin pochodzących z sześciu różnych stanowisk w Polsce. Przeprowadzone analizy anatomiczne mogą stanowić wstęp do badań jednorodności genetycznej różnej populacji cisa pospolitego, opartą na markerach izometrycznych czy też molekularnych [Odrzykowski i in. 2004].

## WNIOSKI

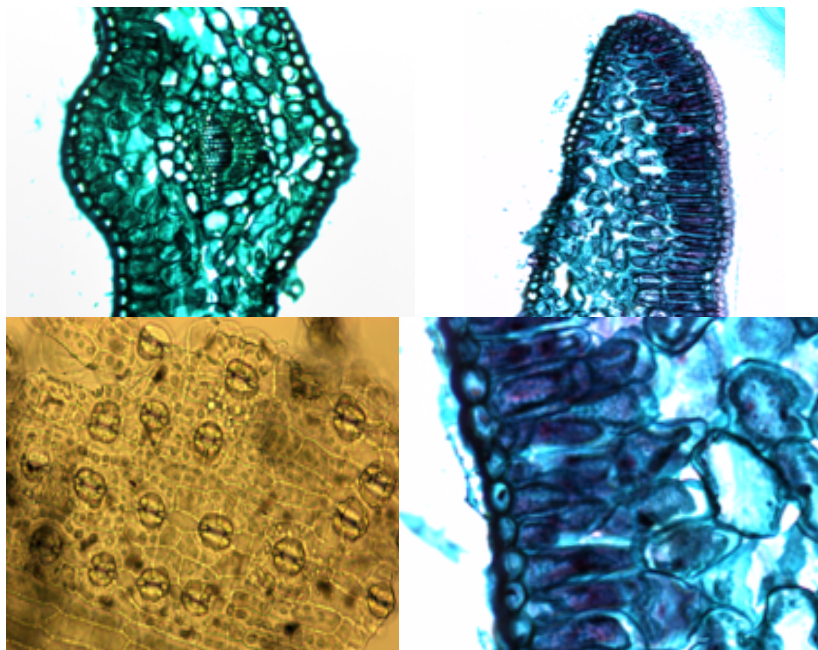
Stwierdzono istotne zróżnicowanie cisa pospolitego, pochodzącego z różnych stanowisk dla większości badanych cech oprócz długości aparatów szparkowych.

Najgrubsze i najszerze igły, z największą ilością aparatów szparkowych stwierdzono u cisów w rezerwacie Kretówka, zaś najcieńszymi igłami charakteryzowały się cisy pochodzące z Książańskiego Parku Krajobrazowego.

Cis z rezerwatu Malinówka charakteryzowały się najdłuższą i najszerzą tkanką przewodzącą. Najszerzy miękisz palisadowy zanotowano u cisa w rezerwacie Cisowa Góra.

## BIBLIOGRAFIA:

- Białobok S., Hellwing Z. 1955. Drzewoznastwo PWRiL Warszawa.
- Bikowski P. 2004. Ocena zmienności klonów *Taxus baccata* pochodzących z różnych stanowisk. Praca magisterska Wrocław 2004.
- Bugała W. 1991. Drzewa i krzewy dla terenów zieloni. PWRiL Warszawa.
- Filutowicz P., Kuźdowicz A. 1951. Mikrotechnika roślinna. PWN Warszawa.
- Kaczmarczuk R. 1986. Cis pospolity (*Taxus baccata* L.), jego historia, teraźniejszość i przyszłość. Kosmos 286:291.
- Marus P. 1987. Drzewa i Krzewy iglaste zdobią ogród przez cały rok. PWRiL Warszawa.
- Odrzykowski i in. 2004. Wykorzystanie markerów genetycznych do identyfikacji szczepów w plantacjach nasiennych sosny zwyczajnej. Polski Kongres Genetyki 6-9 września. Streszczenia. ISBN 83-920827-2-0.
- Pawlaczyk, Bączkowski 2004. Morfologiczne i anatomiczne zróżnicowanie populacji kosodrzewiny (*Pinus mugo* Turra) z Tatr wyrażone w cechach igieł. Polski Kongres Genetyki 6-9 września. Streszczenia. ISBN 83-920827-2-0.
- Seneta W. 1983. Dendrologia. PWN Warszawa.
- Seneta W. 1987. Drzewa i krzewy iglaste. PWN Warszawa.
- Tomanek J. 1980. Botanika leśna PWRiL Warszawa.
- Wyka T., Robakowski P., Żytowiak R. 2008. Leaf age as a factor in anatomical and physiological acclimative responses of *Taxus baccata* L. needles to contrasting irradiance environments. Photosynth Res 95:87-99



Fotografie umieszczone w artykule zostały wykonane przez Paulinę Pawlik w Katedrze Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

### **Afiliacja:**

Anna Maciejewska  
anna.maciejewska@up.wroc.pl

Agnieszka Stępień  
agnieszka.stepien@up.wroc.pl

dr inż. hab. Renata Galek  
renata.galek@up.wroc.pl

Aleksander Owczarek  
aleksander.owczarek@up.wroc.pl

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Wydział Przyrodniczo – Technologiczny  
pl. Grunwaldzki 24 A, 50-363 Wrocław

*Opiekun naukowy:* dr inż. hab. Renata Galek

## **ESTIMATION OF LANDSCAPING OF TYPES AND FORMS OF THE GENUS *ULMUS* L. AND THE USAGE IN DECORATION IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE**

**Abstract.** The current state of plantations involving plants of *Ulmus* L. in Uman is analyzed; taxonomic composition of species and their cultivars is defined. Characteristic of decorative features of species diversity of *Ulmus* genus growing in terms of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine is showed. Dynamics of decorativeness during the year and comprehensive decorativeness of plants of *Ulmus* genus to wider use in landscaping are determined.

**Key words:** *Ulmus* L., species, cultivar, planting, decorativeness.

## INTRODUCTION

Under current rules about 50% of the city should occupy green spaces performing sanitary, architectural, compositional and other functions [Kalinichenko 2003]. Ornamental species are widely used to create architectural compositions and city planning in general. Exploring cultivars of *Ulmus* genus it is worth noting their diversity in crown shape, bark texture, leaf color and size. Plants have decorativeness and expressiveness and open great opportunities in the creation of various landscape compositions due to these differences.

In Ukraine widespread aboriginal species *Ulmus* genus are: *U. laevis* Pall., *U. pumila* L. and *U. glabra* Huds., and in the culture – *U. carpinifolia* Rupp. ex Suckow, *U. minor* Mill., *U. davidiana* var. *japonica* (Rehder) Nakai and the *U. androssowii* Litv. For height, diameter and commercial value species of the genus *Ulmus*, growing in territory of right-Bank Forest-steppe of Ukraine, divided into 4 groups: I – trees of height up to 40 m and a trunk diameter up to 2 m (*U. laevis*), II – trees with a height of 20-30 m (*U. glabra*, *U. davidiana* var. *japonica*), III – trees of a height of 15-20 m (*U. androssowii*, *U. laciniata*), IV – trees and shrubs up to 8-15 m (*U. macrocarpa* Hance.) [Bilous 2005].

In landscaping species and cultivars genus *Ulmus* due to its ecological and biological peculiarities can be used in the form of solitaires, group and ordinary plantations of plantings in parks and in streets of cities. Cultivars with golden, red and white-variegated leaves are still not widely used in gardening because of lack of planting material in the territory of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

The purpose of research is to determine the taxonomic composition and condition of plantations of *Ulmus* genus in Uman, assess their decorativeness for wider use in landscaping.

Objects of the study are plantings with the participation of representatives of *Ulmus* genus presented in street plantings and parks of the city.

## MATERIALS AND METHODS

Taxonomic composition of species was determined using the atlas of trees and bushes and the determinant of plants of Ukraine. Decorative value of plants was determined during the year in the territory

of Uman National University of Horticulture and the National Arboretum “Sofiyivka”, NAS of Ukraine.

To determine the complex and seasonal decorativeness technique of Kotielova and Vinogradova [1974] in the modification of Taran and Agapova [1981] was used. According to the methodology by five-point scale decorativeness of architectonics of trunk and crown, leaves, buds, flowers and fruits, color, texture of the bark, trunk, branches and shoots is estimated. Decorativeness of genus ( $P_{cp.}$ ) is determined by the formula:

where:  $A_1$  – monthly assessment of architectonics of trunk and crown;  $A_2$  – monthly assessment of decorativeness of leaves;  $A_3$  – monthly assessment of blossoms, flowers, fruits;  $A_4$  – monthly assessment of color and texture of trunk and crown bark;  $P_1$  – conversion factor of architectonics for trunk and crown which is 4;  $P_2$  – conversion factor for leaves which is 3;  $P_3$  – conversion factor for blossoms, flowers, fruits which is 2;  $P_4$  – conversion factor for the texture and color of trunk bark which is 1.

After counting the total annual indicator of decoration is defined and indicated in conventional units that is the sum of total evaluation in scores for each month. Quantitative indicators of decorativeness were transferred to the 5-point system. As a result it is found that the rate of up to 20 conventional units – there is average decorativeness (3 points), 21-40 – high one (4 points), 41 points or more – very high one (5 points).

Decorativeness of a separate plant or a group in plantations was assessed on a 5-point scale of decorativeness of plants of Kalinichenko [2003] where: 1 – negative decorativeness – look of plants obviously reduces their overall decorativeness; 2 – zero – decorative qualities are subtle; 3 – slight – decorative qualities are visible but not clear and do not raise decorativeness of plants; 4 – adequate – decorative qualities are expressive, plants are well allocated on the general background of plantations; 5 – high – decorative qualities of plants provide attractiveness causing great emotional feeling of admiration of a mass observer.

## RESULTS AND DISCUSSION

Representatives of *Ulmus* genus are trees of the first magnitude. Its height is over 30 m. Foliar placing is alternate and double row. Branching of shoots is monopodial. On shoots an apical bud is never formed and after suspension of growth its top part dies. On some shoots of elms cork growths are formed that are typical for young plants on dry lit areas. Sometimes on one shoot there is heterophylly of leaves. Plants of a species are fast-growing and durable. They propagate by seeds, root shoots, layering and grafting [Vasiliev 1986].

For research the following species of *Ulmus* were chosen: *U. laevis*, *U. pumila*, *U. minor*, *U. glabra* and cultivars: *U. g.* 'Crispa Pyramidalis', *U. g.* 'Pendula', *U. g.* 'Pyramidalis', *U. g.* 'Rubra', *U. g.* 'SVF-Victoria', *U. g.* 'Albo-Variegata', *U. ×hollandica* 'Jacqueline Hillier'. Here is their short dendrologic description.

*U. laevis* is a deciduous tree up to 25-30 m tall and 90-150 cm in trunk diameter. The crown is spherical, broadly cylindrical. The bark is dark brown, with small cracks, peels off in thin slices. Branches are dark gray, glabrous, thin, smooth, and shining. Buds are yellowish brown, scales on the edges with a dark border, acute, 6-7 mm long, conical, glabrous. Leaves are back ovoid, broadly elliptic, dark green, thin, long-petiolate (4-10 mm), at the base is neednobody, rigid-pubescent at the bottom, and lateral veins not split. The flowers are pale brown, long, to 1,5-2,0 cm, pedicels, perianth is nervebomb, oblong, 6-8 stamens, anthers are purple, bunches of flowers are drooping. Used as a specimen and in group plantings, very effective in the alleys, but also in ordinary street and roadside plantings [Zayachuk 2008].

*U. minor* is a deciduous tree to 20-30 m with a height of 50-90 cm in trunk diameter. The crown is rounded ovoid. Bark with deep cracks, is brown or dark brown. Branches are brown, greenish-brown, eventually becoming reddish-brown. Buds are dark brown, protoplast, topotetes, 3-5 mm, with sparse hairs. Leaves are back ovoid, long-petiolate (up to 0,8-1,2 cm), glabrous or with sparse short hairs, neednobody, lateral veins except the apical, cleave. Members of the species *U. minor* are used in gardens and parks groups, and in the parks in small arrays composed of other species and in street plantings. It is better to use a spherical shape in landscaping streets with narrow side-

walks and creation regular feature sections of parks and gardens. The original form with weeping and pyramidal crown, and with a peculiar form and color of the leaves is used to construct the solitaires and groups. The typical form is a good plant for clipped hedges and tall green walls [Kalinichenko 2003].

*U. pumila* is a tree to 16 m in tall and 80 cm in diameter with tent crown, sometimes in the form of a bush. The bark on the trunk is dark gray with deep fissures, of a yellow color, with age the plant becomes yellow-gray tint. Young branches are glabrous or pubescent. Buds are back ovoid length of 3-5 mm. Stipules are broad, almost cordate. The leaves are 3-7 cm in length, elliptical-lanceolate, margin double-serrate with almost runable base, soft top, bare on petioles 2-4 mm long-petiolate. Flowers on pedicels 1 mm long, anthers are purple. The leaves develop after flowering. Samaras are broadly elliptic or rounded, slightly neednobody, length 1,5–2 cm, with the nut inside the wing. It blooms in February – April, fruiting in April – May. Propagated by seeds, does not give root sprouts. Used in parks and gardens in groups, looks very impressive in the form of solitaire [Vasiliev 1986].

*U. glabra* is a tree up to 30-35 m tall 70-170 cm in trunk diameter. The crown is promulgate, broadly cylindrical. Bark with deep fissures, dark brown or brown. Branches are dark brown, hairy. Buds are black-brown, small, with thick pubescence, with a length of 7-9 mm, tooken, and nappy. The leaves are large, are back ovoid or broadly elliptic, neednobody, short (up to 0,5 cm). *U. glabra* is used for planting in large parks and gardens in the form of tapeworms, groups and arrays (with oak, Norway maple, Linden), wayside plantations, and in street plantings. Cultivars are planted in the form of tapeworms and small composite groups [Zayachuk 2008]. The usege of types and forms of the genus *Ulmus* in different types of plantings is given in tab. 1.

Tab. 1. The use of types and forms of the genus *Ulmus* in different types of plantings

The name of the breed	The type of plantings						
	arrays	groups	solitaires		alley plantings	street plantings	hedges, molded
			front plan	promising			
<i>U. laevis</i>	-	+	-	+	+	+	-
<i>U. glabra</i>	+	+	-	+	+	+	+
<i>U. minor</i>	-	+	+	-	+	+	+
<i>U. pumila</i>	+	+	+	-	+	+	-
<i>U. g. 'Crispa Pyramidalis'</i>	-	+	+	-	-	+	-
<i>U. g. 'Pendula'</i>	-	+	+	-	+	+	-
<i>U. g. 'Pyramidalis'</i>	-	+	+	-	-	+	-
<i>U. g. 'Rubra'</i>	-	+	+	-	-	+	-
<i>U. g. 'SVF-Victoria'</i>	-	+	+	-	-	+	-
<i>U. g. 'Albo-Variegata'</i>	-	+	+	-	-	+	-
<i>U. ×hollandica 'Jacqueline Hillier'</i>	-	+	+	-	-	+	-

It is found that studied plants of *Ulmus* can be widely used in various types of plantings. *U. laevis* species can be used in single and group plantings, as a perspective solitaire and when you create alleys and street plantings. To form hedges *U. glabra* and *U. minor* can be used. As solitaires in the foreground *U. minor*, *U. pumila*, *U. g. 'Crispa Pyramidalis'*, *U. g. 'Pendula'*, *U. g. 'Pyramidalis'*, *U. g. 'Rubra'*, *U. g. 'SVF-Victoria'*, *U. g. 'Albo-Variegata'* and *U. ×hollandica 'Jacqueline Hillier'* should be used as they focus on landscape composition by its form of crown and coloring. For group plantations we recommend to use all types and forms. To create alleys it is necessary to consider ar-

chitectonics of plant crown. For creating contrasting compositions the main feature is a selection of plants with bright colored leaves. Among *Ulmus* species diversity it is selected to cultivate with bright colored leaves as: *U. g.* 'Crispa Pyramidalis', *U. g.* 'Rubra' and *U. g.* 'Albo-Variegata'.

Cultivars of *Ulmus* species are quite promising for landscaping but not yet sufficiently widespread and in most cases are found only in botanical gardens and dendrological parks (Fig. 1). That is why studying modern variety, biological and ecological characteristics, reproductive capacity and use of genus representatives is important.

a)



b)

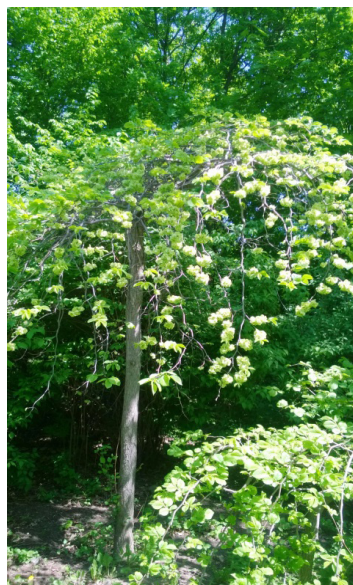


Fig. 1. A weeping form of *U. g.* 'Pendula':

- a) Botanical garden of the NULaESU,
- b) national dendrological Park «Sofiyivka» NAS of Ukraine

By defining complex and seasonal decorativeness of *Ulmus* a significant decorative feature of woody plants is architectonics of trunk and crown as they are seen throughout the year and their decorative properties are the most significant in autumn and winter. Important decorative features of a crown are its size, shape, density and character of placing shoots. As species and forms of *Ulmus* genus are de-

ciduous and from November to April are in leafless condition, this period architectonics of a trunk and crown for the cork form of *U. minor* and weeping form of *U. g.* 'Pendula' is estimated with the highest score ( $A_1=5$ ), other cultivars *U. glabra* Huds. – 4 points, pure species without cultivars are evaluated with 3 points.

Since April by architectonics of a crown the highest score ( $A_1=5$ ) is to: *U. minor*, *U. g.* 'Crispa Pyramidalis', *U. g.* 'Pendula', *U. g.* 'Pyramidalis', *U. g.* 'Rubra', *U. g.* 'SVF-Victoria', *U. g.* 'Albo-Variegata' and *U. ×hollandica* 'Jacqueline Hillier'; *U. laevis*, *U. pumila* and *U. glabra* are evaluated with 4 points.

In forming overall decorative look the most important are leaves, their color, shape, size, way of attaching, duration of leaf formation and texture of leaf plate. All these features are taken into account in the assessment because they greatly enhance the effect of major architectural qualities of the plant. Besides the main color of leaves, there is its significant change in the growing season. During blooming and spring and summer period leaves of *U. g.* 'Rubra', *U. g.* 'Crispa Pyramidalis', *U. g.* 'Albo-Variegata' (Fig. 2) and *U. ×hollandica* 'Jacqueline Hillier' are very decorative and therefore assessed by the highest score ( $A_2=5$ ), other species – 4 points. Autumn coloration plays a special role in the aesthetic perception. Autumn decorativeness of *U. laevis* increases ( $A_2=5$ ) due to yellow-brown color. In all other species and cultivars decorativeness decreases ( $A_2=4$ ) as they become yellow. Due to the fact that representatives of *Ulmus* genus are deciduous trees, the first 3 and last 2 months of the year assessment by this indicator is 0.



A.
B
C

Fig. 2. Polymorphism of lamina cultivars of the genus *U. glabra*:  
 A – *U. g. ,Crispa Pyramidalis'*      B – *U. g. ,Albo-variegata' g.*      C – *U. ,Rubra'*

Flowers of species of *Ulmus* genus are bisexual collected in scutellate inflorescences in leaf axils, perianth is reduced. They bloom before leaves bud in early spring, rarely in autumn. Fruit is a volatile nut, membranous wing petal of which is located around the seed. Flowers are a little expressive so by its decorativeness they are evaluated by the lowest score ( $A_3=1$ ). During the winter period indicators of structure and coloration of branches and shoots are the most important. Bark is reddish-brown, dark brown, dark gray, fractured and estimated by the average score ( $A_4=3$ ), only cortical form of *U. minor* whose bark of perennial branches is ash-black often with pterygoid cork growths receives the highest score for decorativeness ( $A_4=5$ ).

Assessment of decorativeness of representatives of *Ulmus* genus by seasons is carried out with calculations for each month. These observations are given in tab. 2 and give an idea of the dynamics of decorativeness throughout the year.

Tab. 2. The dynamics of decorativeness of the genus *Ulmus* in the course of the year, score

Types and forms of <i>Ulmus</i>	Month											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>U. laevis</i> Pall. 1,51,5			1,5	1,6	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	1,5	1,5
<i>U. pumila</i> L.	1,5	1,5	1,5	1,6	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	1,5	1,5
<i>U. minor</i> Mill.	2,5	2,5	2,5	2,6	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	2,5	2,5
<i>U. glabra</i> Huds.	1,5	1,5	1,5	1,6	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	1,5	1,5

<i>U. g., Crispa Pyramidalis</i> '	1,9	1,9	1,9	2,0	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	1,9	1,9
<i>U. g., Pendula</i> '	2,3	2,3	2,3	2,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,3	2,3
<i>U. g. ,Pyramidalis</i> '	1,9	1,9	1,9	2,0	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	1,9	1,9
<i>U. g. ,Rubra</i> '	1,9	1,9	1,9	2,0	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	1,9	1,9
<i>U. g. ,SVF-Victoria</i> '	1,9	1,9	1,9	2,0	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	1,9	1,9
<i>U. g. ,Albo-Variiegata</i> '	1,9	1,9	1,9	2,0	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	1,9	1,9
<i>U. ×hollandica ,Jacqueline Hillier</i> '	1,9	1,9	1,9	2,0	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	1,9	1,9

As can be seen from tab. 2 the highest decorativeness of representatives of *Ulmus* genus is celebrated throughout the year from April to October and ranges from 1,6 to 3,9 points. According to research results the most decorative species are cortical form of *U. minor* (2,5-3,9 points) and weeping form of *U. g. 'Pendula'* (2,3-2,7 points), Figure 3.

Fig.3. Weeping form of *U. g. 'Pendula'* (Independence Square, Kyiv)

Individual decorativeness of species of *Ulmus* genus and their decorative forms in plantings of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine are evaluated on a 5-point scale of plant decorativeness by Kalinichenko [2003]. On this scale decorativeness of *U. laevis*, *U. pumila* and *U. glabra* are estimated at 3 points (small) – decorative qualities are noticeable but subtle and do not increase decorativeness of plants. Cork form of *U. minor*, *U. g. 'Crispa Pyramidalis'*, *U. g. 'Pyramidalis'* and *U. × hollandica 'Jacqueline Hillier'* are estimated at 4 points (sufficient) – decorative qualities are expressive, plants are well allocated on the general background of plantings. Decorative forms of *U. g. 'Pendula'*, *U. g. 'Rubra'*, *U. g. 'SVF-Victoria'* and *U.*



g. 'Albo-Variegata' are estimated at 5 points (decorativeness is high) – decorative qualities provide plants with attractiveness causing the observer great emotional feeling and admiration. After all computations the total annual indicator of decorativeness of species and forms *Ulmus* is calculated and shown in tab. 3.

Tab. 3. Total decorativeness of representatives of *Ulmus* genus

Types and forms of <i>Ulmus</i>	Area, conventional units	Decorativeness, score
<i>U. laevis</i>	26,6	4
<i>U. pumila</i>	26,5	4
<i>U. minor</i>	38,5	4
<i>U. glabra</i>	26,5	4
<i>U. g. ,Crispa Pyramidalis'</i>	31,3	4
<i>U. g. ,Pendula'</i>	30,1	4
<i>U. g. ,Pyramidalis'</i>	31,3	4
<i>U. g. ,Rubra'</i>	33,1	4
<i>U. g. ,SVF-Victoria'</i>	33,1	4
<i>U. g. ,Albo-Variegata'</i>	33,1	4
<i>U. xhollandica ,Jacqueline Hillier'</i>	33,1	4

According to tab. 3. the total annual indicator of decorativeness of representatives of *Ulmus* L. genus which is the sum of total estimation

in scores for each month and indicated in conventional units is high and is 4 points (26,5-38,5 conventional units).

After analyzing dynamics of decorativeness of species and forms of *Ulmus* during the year it should be noted that this type is characterized by high decorative characteristics. Architectonics of a crown, texture and color of bark which has an ongoing effect during the year are highly decorative. The highest decorativeness is observed in summer period, the lowest one – in winter.

## CONCLUSIONS

It is found that conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine contribute decorativeness of species and cultivars of *Ulmus* genus which confirms the high overall annual indicator of 4 points (26,5-38,5 conventional units). The highest decorativeness of representatives of *Ulmus* genus throughout the year is indicated from April to October and ranges from 1,6 to 3,9 points. The most decorative forms are cortical *U. minor* (2,5-3,9 points) and weeping form of *U. g.* 'Pendula' (2,3-2,7 points).

All studied species and forms of *Ulmus* cultivated on the territory of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine may be widely used in various types of plantations such as: solitaires, groups, alleys, hedges and in the creation of contrasting compositions. They increase artistic expression and attractiveness of landscape architecture due to high decorative qualities. They are durable and undemanding to growing conditions.

## REFERENCES

- Bilous V. I. 2005. *Ornamental horticulture (foundations of floriculture, dendrology and greening)*. Uman.
- Kalinichenko O. A. 2003. *Decorative dendrology*. Kyiv: Higher school.
- Kokhno N. A. 1980. *Trees and shrubs of decorative city plantings of Polesie and Forest-Steppe of USSR*. Kyiv: Scientific thought.
- Kokhno N. A., Kaplunenko N. F., Minchenko N. F. 1986. *Trees and shrubs cultivated in the Ukrainian SSR. Angiosperms: handbook*. Kyiv: Scientific thought.
- Kolesnikov A. I. 1974. *Decorative dendrology*. Moscow: Timber industry.

- Kotielova N. V., Vinogradova O. N. 1974. Evaluation of decorativeness of trees and bushes on the seasons of the year. *Physiology and plant selection and greenery planting of cities*. Moscow.
- Lapin P. I. 1975. *Methods of phenological observations in botanical gardens of the USSR*. Moscow.
- Lapin P. I., Sidneva S. V. 1973. Estimation of prospects of introduction of tree species according to visual observations. *Experience of introduction of woody plants*. Moscow.
- Taran I. V., Agapova A. M. 1981. *Landscape groups for recreational building*. Novosibirsk: Science.
- Vasiliev N. G. 1986. *Elm*. Moscow: Agropromizdat.
- Zayachuk V. Y. 2008. *Dendrology*. Lviv: Apriori.

**Affiliation:**

PhD Student Svitlana Maslovata  
Department of Forestry, Uman National  
University of Horticulture, Ukraine  
*e-mail*: svetlana\_maslovataya@meta.ua

*Thesis supervisor*: Prof. Volodymyr Shlapak



**WRAŻLIWOŚĆ WYBRANYCH POCHODZEŃ  
MODRZEWIA EUROPEJSKIEGO (*LARIX DECIDUA*  
*MILL.*) NA WARUNKI KLIMATYCZNE WYŻYNY  
KIELECKIEJ (CENTRALNA POLSKA)**

SENSITIVITY OF SELECTED PROVENANCES  
OF EUROPEAN LARCH (*LARIX DECIDUA* MILL.)  
TO CLIMATIC CONDITIONS OF KIELECKA UPLAND  
(CENTRAL POLAND)

**Abstrakt.** Celem pracy była ocena wrażliwości populacji modrzewia europejskiego pochodzącej ze Skarżyska-Kamiennej (Wyżyna Kielecka) oraz populacji z Prószkowa (Nizina Dolnośląska), rosnących na powierzchni doświadczalnej w Bliżynie koło Kielc (Wyżyna Kielecka), na temperaturę powietrza oraz opady atmosferyczne. Pochodzenie „Skarżysko” miało wyższą wartość hodowlaną niż pochodzenie „Prószków” [Matras i in. 2006]. Wyniki badań wskazują, że modrzewie obu pochodzeń różnią się corocznym rytmem wielkości przyrostów radialnych. Modrzewie pochodzenia „Skarżysko” oraz „Prószków” wykazywały odmienną wrażliwość na temperaturę października poprzedniego roku oraz opady występujące w lutym i maju. Może to wskazywać na ich różną odporność na wczesne przymrozki oraz przebieg procesu drewnienia pędów, a także na różną odporność na deficyt wody na wiosnę.

**Słowa kluczowe:** *ślój drewna, doświadczenie proveniencyjne, przyrost radialny, temperatura powietrza, opady atmosferyczne*

**Abstract.** The aim of the study was to evaluate the sensitivity of the population of European larch originated from Skarżysko-Kamienna and the population from Prószków (Dolnośląska Lowland) which grow on the provenance plot in Bliżyn near Kielce (Kielecka Upland) to air temperature and precipitation. The Skarżysko provenance had higher breeding value than the Prószków provenance [Matras i in. 2006]. The results of the study show the larch provenances have the different annual rhythm of the size of the radial increments. The larches from Skarżysko-Kamienna and Prószków had

different sensitivity to the temperature in the previous October, the precipitation in February and May. It can indicate their different resistance to early frosts and process of lignification of shoots, and resistance to water shortage in spring.

**Key words:** *tree-ring, provenance plot, radial increment, air temperature, precipitation*

\* Wyniki badań zrealizowane w ramach tematu pn. „Charakterystyka dendroklimatyczna różnych pochodzeń modrzewia w doświadczeniach proveniencyjnych na niżu i wyżynach Polski” zostały sfinansowane z dotacji celowej na naukę przyznanej przez MNiSW.

## WSTĘP

Modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.) zajmuje około 1,7% powierzchni polskich lasów. Główne centra jego występowania znajdują się w Górach Świętokrzyskich, w reglu dolnym Sudetów Wschodnich oraz reglu górnym Tatr. Gatunek ten występuje również w formie rozproszonej w Krainie Karpackiej oraz na pojedynczych stanowiskach w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej i Śląskiej [Boratyński 1986]. Populacje modrzewia z obszaru Polski różnią się pod względem cech wzrostowych, morfologicznych i odpornościowych, co potwierdziły wyniki wielu badań porównawczych prowadzonych na 5 powierzchniach doświadczalnych (Krynica-Zdrój, Bliżyn, Rogów, Siemianice, Sękocin Stary), założonych w 1967 roku w ramach Ogólnopolskiego Doświadczenia Proveniencyjnego [Kulej 2004, Matras i in. 2006, Szeliński i Bolibok 2008, Szaban i in. 2013]. Ideą tego typu badań jest wskazanie populacji najbardziej przydatnych dla gospodarki leśnej w różnych regionach geograficznych. Wyniki badań prowadzonych na powierzchni doświadczalnej w Bliżynie, prowadzonej przez Instytut Badawczy Leśnictwa wskazały, że lokalne pochodzenie ze Skarżyska-Kamiennej (Wyżyna Kielecka) oraz z Prószkowa (Nizina Dolnośląska) różniły się diametralnie cechami wzrostowymi, takimi jak pierśnica, wysokość oraz miąższość pojedynczego drzewa. Modrzewie pochodzenia „Skarżysko” zajmowały pierwsze miejsce pod względem

wartości hodowlanej spośród 23 testowanych pochodzeń, natomiast pochodzenia „Prószków” ostatnie [Matras i in. 2006].

Dotychczas powstało niewiele opracowań dendroklimatycznych opierających się na doświadczeniach proveniencyjnych, w których oceniano adaptację potomstwa różnych pochodzeń modrzewia europejskiego do lokalnych warunków klimatycznych [Oleksyn i Fritts 1991, Oleksyn i in. 1993, Szeligowski 2001, Wilczyński i Kulej 2013]. Znacznie więcej badań dotyczyło lokalnych populacji modrzewia [Feliksik 1992, Feliksik i Wilczyński 1998, Carter i Urbinati 2004, Danek 2009, Wilczyński 2010, Koprowski 2012, Bijak 2013, Wilczyński i in. 2014, Vitas 2015], w których opisywana była przestrzenna zmienność reakcji przyrostowych tego gatunku. Wyniki uzyskane przez tych autorów wskazują, że modrzewie rosnące w różnych regionach geograficznych różnią się wrażliwością na poszczególne elementy klimatyczne. Z reguły nie można ich jednak porównywać ze względu na niejednorodność warunków siedliskowych. W rezultacie wiedza o zmienności wewnątrzgatunkowej modrzewia w zakresie wrażliwości na warunki klimatyczne pozostaje wciąż niepełna.

Celem pracy była ocena wrażliwości na temperaturę powietrza oraz opady atmosferyczne modrzewia testowanego na powierzchni doświadczalnej w Bliżynie (Wyżyna Kielecka). W badaniach uwzględniono potomstwo lokalnego pochodzenia „Skarżysko” oraz pochodzenia „Prószków” (Nizina Dolnośląska), które jest populacją potomną modrzewia sudeckiego.

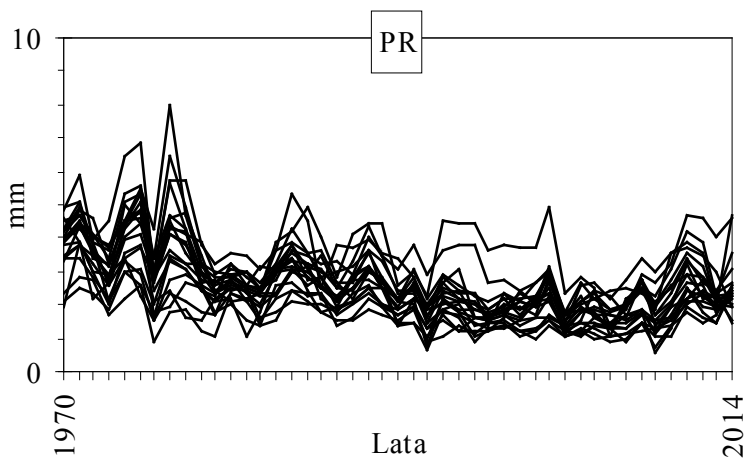
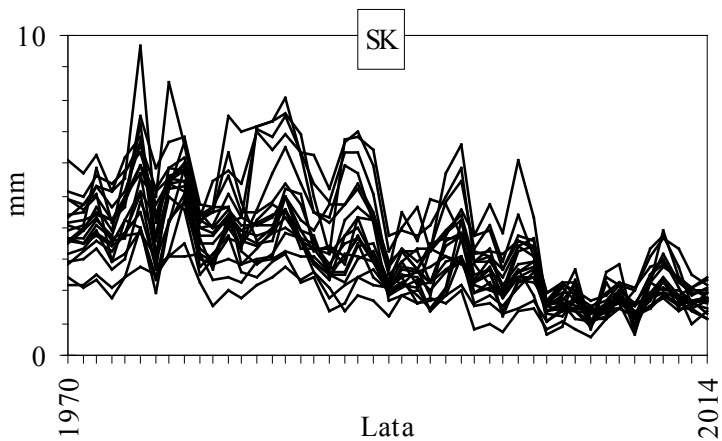
## **MATERIAŁ I METODY**

Na powierzchni doświadczalnej w Bliżynie nawiercono świdrem Presslera po 20 modrzewi pochodzenia „Skarżysko” oraz „Prószków” na wysokości 1 m od powierzchni gruntu. Każdy pobrany wywiert zeskanowano przy użyciu skanera optycznego. Na obrazie graficznym wywiertu pomierzono szerokość słoju rocznych za pomocą programów Coorecorder i CDendro. Każde drzewo było reprezentowane przez chronologiczny ciąg szerokości słoju obejmujący okres 1970–2014. Poprawność datowania słoju sprawdzono programem COFECHA [Holmes 1983]. Szerokości słoju w każdym roku zostały przeliczone na indeksy przyrostowe tzw. czułości roczne (ang. *annual*

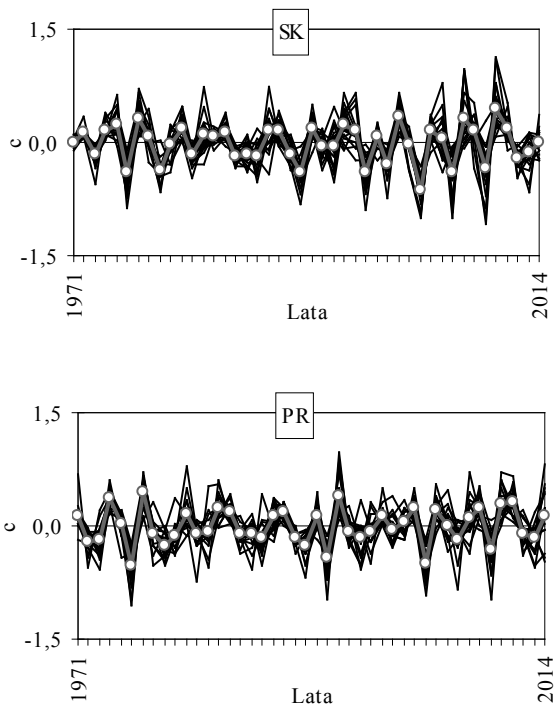
sensitivity), według formuły:  $c_i = 2 \cdot (x_i - x_{i-1}) \cdot (x_i + x_{i-1})^{-1}$ , gdzie:  $x_i$  – szerokość słoja w roku  $i$  [Douglass 1920]. Miało to na celu redukcję zmienności długookresowej oraz uwypuklenie corocznej zmienności wielkość słoików, która jest kształtowana głównie przez warunki meteorologiczne. Każde drzewo było reprezentowane przez serię czułości rocznych. 40 serii czułości włączono do analizy głównych składowych (PCA), aby sklasyfikować modrzewie pod względem rytmu zmian wielkości przyrostów radialnych, a także zidentyfikować elementy klimatyczne unifikujące oraz różnicujące ich rytm przyrostowy. W tym celu korelowano wartości dwóch głównych składowych (PC1 i PC2) z różnymi parametrami klimatycznymi. Ponadto 20 serii drzew każdego pochodzenia uśredniono w celu konstrukcji chronologii czułości. Następnie wartości chronologii czułości, jako zmienne zależne, włączono do analizy regresji wielorakiej – *response function* [Fritts 1976]. Zmiennymi niezależnymi były średnie miesięczne temperatury powietrza oraz miesięczne sumy opadów atmosferycznych. Badano związek między indeksami przyrostowymi i parametrami klimatycznymi dla 13-miesięcznego okna klimatycznego (od września poprzedniego roku do września roku formowania słoja). Powyższą analizę przeprowadzono za pomocą programu RESPO [Holmes 1994]. Dane klimatyczne pochodziły ze stacji meteorologicznej IMGW w Kielcach.

## WYNIKI

Serie szerokości słoików modrzewi obu pochodzeń charakteryzował trend spadkowy, który był efektem starzenia się drzew (ryc. 1). Średnia szerokość słoja drzew pochodzenia „Skarżysko” (3,20 mm) była istotnie ( $p < 0,05$ ) większa niż drzew pochodzenia „Prószków” (2,56 mm). Serie czułości rocznej są pobawione trendu oraz mają wyraźnie wyeksponowaną zmienność z roku na roku (ryc. 2).

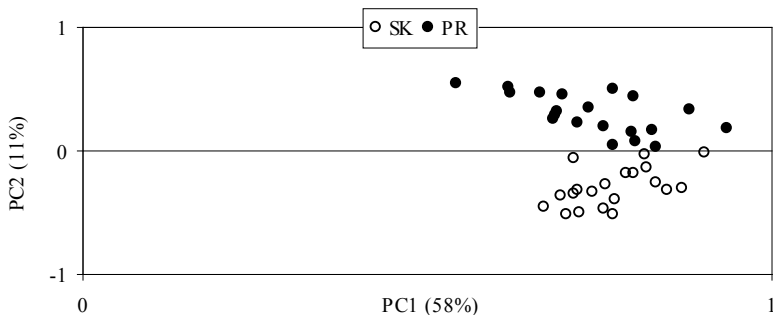


Ryc. 1. Serie szerokości słoików rocznych modrzewi pochodzenia „Skarżysko” (SK) oraz „Prószków” (PR)



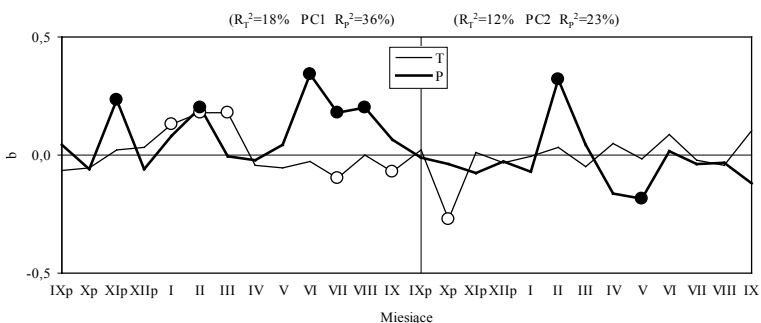
Ryc. 2. Serie czułości rocznej (czarne linie) oraz chronologia czułości (szara linia) modrzewi pochodzenia „Skarżysko” (SK) oraz „Prószków” (PR)

Modrzewie obu pochodzeń charakteryzował odmienny coroczny rytm zmian wielkości przyrostów radialnych, na co wskazała analiza głównych składowych, w której wydzielono dwie grupy serie czułości modrzewi (ryc. 3). Serie modrzewi pochodzenia „Skarżysko” korelowały ujemnie ze składową PC2, natomiast modrzewi pochodzenia „Prószków” dodatnio. PC2 wyjaśniała 11% całkowitej zmienności serie czułości drzew. Ponadto drzewa obu pochodzeń silnie i dodatnio korelowały z pierwszą składową (PC1), która wyjaśniała 58% zmienności serie czułości modrzewi. Składowa PC1 opisuje czynniki, które unifikują rytm przyrostowy modrzewi, natomiast PC2 czynniki, które go różnicują.



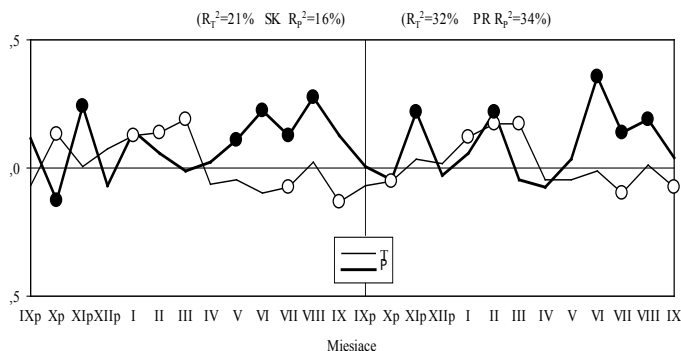
Ryc. 3. Rozrzut serii czułości modrzewi pochodzenia „ Skarżysko” (SK) oraz „Prószków” (PR) według składowych PC1 i PC2

Wyniki analizy *response function* przeprowadzonej dla głównych składowych wskazują, że modrzewie obu pochodzeń podobnie zareagowały na temperaturę w okresie styczeń-marzec oraz w lipcu i wrześniu roku formowania słoja, a także opady w listopadzie poprzedniego roku oraz opady występujące w lutym, czerwcu, lipcu i sierpniu roku formowania słoja (ryc. 4). Modrzewie pochodzenia „Skarżysko” oraz „Prószków” wykazały odmienną wrażliwość na temperaturę października poprzedniego roku oraz opady w lutym i maju roku tworzenia się słoja.



Ryc. 4. Zależność wartości PC1 oraz PC2 od średniej miesięcznej temperatury powietrza (T) oraz miesięcznej sumy opadów atmosferycznych (P) w okresie od września poprzedniego roku (IXp) do września roku formowania słoja (IX); wartości istotne ( $p < 0,05$ ) współczynników regresji response function (b) oznaczono kółkami;  $R^2$  – współczynniki determinacji

Współczynniki regresji wielorakiej (*response function*) obliczone między chronologią czułości modrzewi obu pochodzeń a parametrami klimatycznymi potwierdzają i uzupełniają o nowe informacje wyniki poprzedniej analizy. Na przyrost modrzewi analizowanych pochodzeń istotny i dodatni wpływ miała temperatura w okresie styczeń-marzec, natomiast ujemny temperatura lipca i września roku formowania słoja. Stwierdzono również dodatnią i istotną korelację z opadami występującymi w listopadzie poprzedniego roku oraz opadami w czerwcu, lipcu i sierpniu roku formowania słoja (ryc. 5). Na przyrost modrzewi pochodzenia „Skarżysko” istotny i dodatni wpływ miała temperatura w październiku poprzedniego roku, natomiast na przyrost drzew pochodzenia „Prószków” jej wpływ był ujemny. Opady w lutym i maju miały dodatni wpływ, chociaż wpływ ten nie był istotny jednocześnie dla obu pochodzeń. Ponadto istotny, dodatni wpływ na modrzewie pochodzenia „Skarżysko” miały opady w październiku poprzedniego roku. Współczynniki determinacji wskazały, że większy wpływ na zmienność szerokości słoju modrzewi pochodzenia „Skarżysko” miała temperatura niż opady, natomiast w przypadku modrzewi pochodzenia „Prószków” wpływ obydwu elementów klimatu był podobny (ryc. 5).



Ryc. 5. Zależność chronologii czułości modrzewia pochodzenia „Skarżysko” oraz „Prószków” od średniej miesięcznej temperatury powietrza (T) oraz miesięcznej sumy opadów atmosferycznych (P) w okresie od września poprzedniego roku (IXp) do września roku formowania słoja (IX); wartości istotne ( $p < 0,05$ ) współczynników regresji response function (b) oznaczono kółkami;  $R^2$  – współczynniki determinacji

## DYSKUSJA

Wyniki badań dendroklimatycznych nad modrzewiem rosnącym w warunkach nizin i wyżyn Polski oraz Litwy wykazały, że chłodny i deszczowy przełom lata i jesieni poprzedniego roku ma pozytywny wpływ na przyrost drzew tego gatunku [Oleksyn i Fritts 1991, Feliksik i Wilczyński 1998, Danek 2009, Wilczyński 2010, Koprowski 2012, Wilczyński i in. 2014, Vitas 2015]. Z kolei mroźna i długa zima negatywnie wpływa na jego przyrost [Oleksyn i in. 1993, Wilczyński 2010, Bijak 2013]. Jednakże Koprowski [2012] w swoich badaniach nie uzyskał podobnej zależności. Obfity w opady okres maj-lipiec [Oleksyn i Fritts 1991, Wilczyński 2010], a w niektórych regionach wyłącznie okres czerwca [Feliksik i Wilczyński 1998, Danek 2009; Wilczyński i in. 2014; Vitas 2015] przyczyniają się do odkładania przez modrzewie szerokich słojuów przyrostu rocznego.

Nasze wyniki wskazują, że modrzewie obu pochodzeń intensyfikowały przyrost, gdy listopad poprzedniego roku był deszczowy, zima była ciepła i krótka, luty obfitował w opady, wiosna przychodziła bardzo wcześnie, lato obfitowało w opady, a lipiec i wrzesień był chłodny (w porównaniu do przeciętnych warunków klimatycznych panujących na powierzchni doświadczalnej w Bliżynie). Modrzewie obu pochodzeń odmiennie zareagowały na temperaturę października poprzedniego oraz opady lutego i maja bieżącego roku, co przyczyniło się do różnic w ich rytmie przyrostowym.

Modrzewie sudeckie pochodzenia „Prószków” rosnące na powierzchni doświadczalnej w Bliżynie, w przeciwieństwie do modrzewi lokalnego pochodzenia „Skarżysko”, zmniejszyły przyrost w roku następnym po ciepłym październiku. Można przypuszczać, że ciepła jesień opóźniała u nich proces drewnienia pędów. W rezultacie drzewa pochodzenia „Prószków” były gorzej przygotowane na ujemną temperaturę okresu zimowego. Z drugiej strony, niekorzystny wpływ chłodnej jesieni na przyrost modrzewi pochodzenia „Skarżysko” może świadczyć o ich większej wrażliwości na przymrozki wczesne. Odmienny wpływ temperatury w jesieni na przyrost różnych pochodzeń modrzewia zaobserwowano także na powierzchni doświadczalnej w Krynicy [Wilczyński i Kulej 2013].

Wcześnie rozpoczynająca się wiosna przyspieszała inicjację wielu procesów fizjologicznych. W konsekwencji doprowadzała do wczes-

śniejszych podziałów kambium waskularnego, czyli wydłużenia okresu formowania się słoja. Modrzewie pochodzenia „Prószków” wymagały większych opadów w lutym niż modrzewie pochodzenia „Skarżysko”. W przypadku opadów w maju było odwrotnie. Różna odporność pochodzeń modrzewia na deficyt wody w lutym jest trudna do wytłumaczenia. Może wiązać się to z różną wrażliwością na długość zalegania pokrywy śnieżnej lub na ilość wody dostarczanej do gleby z pokrywy śnieżnej w czasie roztopów wiosennych.

Obfite opady w okresie wegetacyjnym wpływały korzystnie na bilans wodny u modrzewi, co według Majora i Johnsen [2001] przyczynia się do wzrostu komórek kambium [Major i Johnsen 2001]. Deficyt wody okresie czerwiec-sierpień, kiedy modrzew wytwarza ponad 80% szerokości słoja [Lageford 1952, Nadezdin 1971] osłabiał jego przyrost. Z kolei niska temperatura w lipcu obniżała intensywność transpiracji i hamowała utratę wody przez drzewa, co w tym często gorącym miesiącu skutkowało wzmożeniem przyrostu na grubość.

## **WNIOSKI**

Główną przyczyną odmiennego rytmu zmienności wielkości przyrostów radialnych modrzewia pochodzenia „Skarżysko” oraz „Prószków” była ich różna wrażliwość na temperaturę października poprzedniego roku oraz opady lutego i maja roku formowania słoja.

Modrzew pochodzenia „Skarżysko” był mniej odporny na wczesne przymrozki oraz deficyt wody na wiosnę. Ciepła pogoda w jesieni osłabiała proces drewnienia pędów modrzewia pochodzenia „Prószków”, co skutkowało jego słabą odpornością na mrozy zimowe. Przytoczone relacje klimat-przyrost mogły być jedną z przyczyn różnej zdolności przyrostowych, a w konsekwencji wartości hodowlanej badanych pochodzeń.

Modrzewie obu pochodzeń wzmagaly przyrost w latach, w których zima była łagodna oraz okres wegetacyjny zaczynał się wcześnie, a lato było obfite w opady.

## BIBLIOGRAFIA

- Boratyński A. 1986. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. W: Białobok S. [Red.]. Nasze drzewa leśne. Modrzewie. PWN. Poznań. 63–108.
- Douglass A. E. 1920. Evidence of climate effects in the annual rings of trees. *Ecology*, 1: 24–32.
- Fritts H.C. 1976. *Tree Rings and Climate*. Acad. Press. London.
- Holmes R. L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bull.*, 43: 69–78.
- Holmes R. L. 1994. *Dendrochronology program library – user’s manual*. Tucson, Arizona.
- Matras J., Barzdajn W., Kulej M., Żybura H., Szeligowski H., Kowalczyk J. 2006. Badania porównawcze populacyjnej i rodowej zmienności cech hodowlanych wybranych pochodzeń modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill). Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych. Dokumentacja IBL. Warszawa.
- Bijak Sz. 2013. Sygnał klimatyczny w przyroście radialnym wybranych iglastych gatunków drzew. *Leśn. Pr. Bad.*, 74 (2): 101–110.
- Carrer M., Urbinati C. 2004. Age-dependent tree-ring growth response to climate in *Larix decidua* and *Pinus cembra*. *Ecology*, 85: 730–740.
- Danek M. 2009. Wpływ warunków klimatycznych na szerokość przyrostów rocznych modrzewia (*Larix decidua* Mill.) rosnącego w północnej części województwa małopolskiego. *Sylvan*, 153 (11): 768–776.
- Feliksik E. 1992. Wpływ warunków klimatycznych na wielkości przyrostów radialnych modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) występującego w Karpatach. *Sylvan*, 136 (5): 61–67.
- Feliksik E., Wilczyński S. 1998. Wpływ warunków termicznych i pluwialnych na przyrost drewna modrzewi (*Larix decidua* Mill.). *Sylvan*, 142 (3): 85–90.
- Koprowski M. 2012. Long-term increase of March temperature has no negative impact on tree-rings of European larch (*Larix decidua*) in lowland Poland. *Trees*, 26: 1895–1903.
- Kulej M. 2004. Adaptation of larch (*Larix decidua*) of Polish provenances under mountainous conditions of Beskid Sądecki (southern Poland). *J. Forest Scien.*, 50 (12): 559–565.
- Ladefoget K. 1952. The periodicity of wood formation. *Biol. Skr. Kgl. Dan. Vid. Selsk.*, 7.
- Major J. E., Johnsen K. H. 2001. Shoot water relations of mature black spruce families displaying a genotype × environment interaction in growth rate. III. Diurnal patterns as influenced by vapour pressure deficit and internal water status. *Tree Phys.*, 21: 579–587.
- Nadezhdin V. V. 1971. Effect of seed provenance on the height growth of larch in the conifer. *Izd. Nauk.*, Moskwa.
- Oleksyn J., Fritts H.C. 1991. Influence of climatic factors upon tree-rings of

- Larix decidua* and *L. decidua* x *L. kaempferi* from Puławy. Poland. *Trees Struct. Funct.*, 5: 75–82.
- Oleksyn J., Fritts H.C., Hughes M.K. 1993. Tree-ring analysis of different *Pinus sylvestris* provenances, *Quercus robur*, *Larix decidua* and *L. decidua* x *L. kaempferi* affected by air pollution. *Arbor. Kórn.*, 38: 89–109.
- Szeligowski H. 2001. Proweniencyjne różnice w odporności modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) na suszę. *Sylvan*, 145 (6): 65–78.
- Szaban J., Kowalkowski W., Jakubowski M. 2013. Biegefestigkeit vom Holz der europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.) auf der Versuchsfläche der Forstuntersuchungsanstalt LZD in Siemianice. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology*, 84: 217–221.
- Szeligowski H., Bolibok L. 2008. Parametry wzrostu polskich pochodzeń modrzewia w wieku 40 lat na powierzchni doświadczalnej w Rogowie. *Leśn. Pr. Bad.*, 69 (4): 285–290.
- Vitas A. 2015. A Dendroclimatological Analysis of European Larch (*Larix decidua* Mill.) from Lithuania. *Balt. For.*, 20 (2): 65–72.
- Wilczyński S. 2010. Uwarunkowania przyrostu radialnego wybranych gatunków drzew z Wyżyny Kieleckiej w świetle analiz dendroklimatologicznych. *Zesz. Nauk. UR, Kraków, Rozprawy*, 464 (341).
- Wilczyński S., Szymański N., Wertz B., Muter E. 2014. Wpływ wieku na odpowiedź przyrostową drzew na czynnik klimatyczny na przykładzie modrzewia europejskiego. *Stud. i Mat. CEPL w Rogowie*, 40: 256–264.
- Wilczyński S.B., Kulej M. 2013. The influence of climate on the radial increment of larches of different provenances on the basis of the experiment in the Carpathian Mountains in Southern Poland. *Eur. J. Forest Res.*, 132 (5-6): 919–929.

### **Afiliacja:**

mgr inż. Norbert Szymański  
*e-mail*: szymanski.norbert@wp.pl  
dr hab. inż. Sławomir Wilczyński

*e-mail*: rlwilczy@cyf-kr.edu.pl  
Zakład Ochrony Lasu, Entomologii i Klimatologii Leśnej  
Instytut Ochrony Ekosystemów Leśnych / Wydział Leśny  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

*Promotor*: dr hab. inż. Sławomir Wilczyński

# HORTICULTURE



**TRAWY OZDOBNE, TURZYCE I SITY  
W OGRODACH PRZYDOMOWYCH  
NA DWÓCH OSIEDLACH WILLOWYCH SANOKA**  
ORNAMENTAL GRASSES, SEDGES, AND RUSHES  
IN GARDENS IN TWO RESIDENTIAL  
DISTRICTS OF TOWN OF SANOK

**Abstrakt.** Wśród dużej różnorodności materiału roślinnego stosowanego w kompozycjach tworzonych w prywatnych ogrodach odnaleźć można trawy ozdobne. Celem badań była ocena popularności i składu gatunkowego traw i innych zbliżonych pokrojowo gatunków roślin sadzonych w ogrodach przydomowych zlokalizowanych na dwóch osiedlach willowych Sanoka. Obszar badań obejmował 28 ha, a w pracy prezentowane są wyniki wywiadu ankietowego przeprowadzonego na terenie 90 ogrodów oraz wizji lokalnej. Stwierdzono obecność 15 gatunków traw ozdobnych, turzyc i sitów, w tym między innymi *Pennisetum alopecuroides* zastosowana w 62,5% ogrodów, *Miscanthus sinensis* (37,6%) i *Molinia caerulea* (37,5%). Gatunki te sadzone były zwykle na stanowisku słonecznym, w kompozycji z krzewami. Większość materiału roślinnego (94%) zakupiono w szkółkach roślin ozdobnych. Ponad 50% ogrodów zaprojektowali ich właściciele.

**Słowa kluczowe:** trawy ozdobne, turzyce, sity, ogrody przydomowe, rabaty

**Abstract.** Among a great variety of plant material used in compositions of private gardens, there are numerous species representing ornamental grasses. Therefore the aim of the study was to assess species diversity of ornamental grasses, and similarly looking species, used in home gardens in two residential districts of the Sanok town. On the area of 28 ha 90 gardens were selected. For each of visited garden questionnaire was carried out to its owners. Only in 16 of them grasses, sedges and rushes were ascertained, and 15 species were inventoried. The most common species were *Pennisetum alopecuroides* (62.5% of the studied gardens), *Miscanthus sinensis* (37.6%) and *Molinia caerulea* (37.5%). In 87% of gardens studied species were planted in the sunny area, mostly (62%) in compositions with shrubs. Almost all

used plants material (94%) was bought in ornamental plant nurseries. The gardens were composed by their owners in over 50%.

**Key words:** *ornamental grasses, sedges, rushes, home gardens, perennial flower beds*

## WSTĘP

Ogrodnictwo ozdobne stale się rozwija i podlega transformacjom. Co roku na rynku ogrodniczym pojawiają się nowe gatunki i odmiany roślin, które wyznaczają trendy w komponowaniu założeń ogrodowych. Pod koniec XX wieku, nowym kierunkiem w projektowaniu stało się wykorzystanie traw ozdobnych w aranżacjach ogrodowych. Trawy ozdobne zyskują coraz większą popularność, więc są chętnie kupowane przez właścicieli ogrodów i coraz szerzej wykorzystywane w trakcie projektowania terenów zieleni [Szymura i in. 2010]. Do tworzenia takich kompozycji stosowane są gatunki należące do rodziny traw (*Poaceae*), a także turzyce (*Cyperaceae*) i sity (*Juncaceae*), które są uprawiane podobnie jak inne gatunki bylin. Do zalet omawianych grup roślin zalicza się przede wszystkim wysokie walory dekoracyjne, łatwość uprawy, małe wymagania siedliskowe oraz stosunkowo wysoką odporność na choroby i szkodniki [Grounds 2009].

Większość gatunków traw to rośliny światłolubne. Prawidłowa ekspozycja zapewnia właściwe wybarwienie, szybkie krzewienie i obfite kwitnienie. Szczególnie wrażliwe na niedobór światła są odmiany o pstrych liściach lub o czerwonym lub brązowym zabarwieniu. Znane są jednak, również gatunki, które wymagają lekkiego zacielenia i dobrze rosną w świetle rozproszonym [Rak 2009]. Ze względu na wymagania termiczne wyróżnia się dwie grupy traw ozdobnych: ciepłolubne (24-30°C) i tak zwane „chłodnolubne” (do 24°C) [Grabowska i Kubala 2009]. Gatunki należące do rodziny traw mają niewielkie wymagania glebowe, odpowiednie dla nich jest podłoże ubogie i przepuszczalne. Istnieją gatunki określane jako „trawopodobne” tj. turzyce i sity, które wymagają stale wilgotnych gleb gliniastych [Rak 2009]. Większość gatunków turzyce wykazuje dużą tolerancję na warunki siedliskowe. Nadają się na stanowiska zarówno słoneczne

i suche, jak i półcieniste i wilgotne. Z kolei najlepszym stanowiskiem dla sitów jest słoneczne miejsce zlokalizowane na skraju zbiorników wodnych [Urbański 2001].

W nowoczesnych ogrodach trawy stanowią ważny element strukturalny. Nadają lekkości i uspokajają kolorystykę ogrodu. W zależności od pokroju, trawy można stosować pojedynczo, w grupach, na rabatach jednogatunkowych, mieszanych oraz w ogrodach skalnych. Dzięki różnorodności rozmiarów i kształtów uzyskiwany efekt może mieć charakter naturalistyczny lub nowoczesny. Dodatkowo zarówno trawy, turzyce i sity, wprowadzają do ogrodów ruch i dźwięk [Ardle 2007, Grabowska i Kubala 2009].

Zastosowanie gatunków z omawianych grup w ogrodzie zapewni wysokie walory dekoracyjne przez cały rok. Uroda traw zmienia się w ciągu całego okresu wegetacyjnego [Majtkowska i Majtkowski 2007]. Nieliczne gatunki traw dobrze prezentują się już wczesną wiosną. Latem, kwiatostany w miarę dojrzewania zmieniają kształt i barwę. Pozostawione na zimę, zaschnięte, ośnieżone kępy zdobią ogród aż do kolejnego sezonu [Haber 1989, Ardle 2007, Grabowska i Kubala 2009].

Kompozycje z użyciem traw ozdobnych coraz częściej pojawiają się nie tylko na obszarach wiejskich, ale również w miastach. W zieleni miejskiej spotykane są w terenach zieleni otwartej, zieleni o ograniczonej dostępności oraz w zieleni towarzyszącej [Stompor-Chrzan i in. 2014].

Przykładem wykorzystania traw jako zieleni towarzyszącej są ogrody przydomowe na terenie osiedli willowych Sanoka. Miasto jest ośrodkiem przemysłowym, handlowym, kulturalnym i administracyjnym, położonym w województwie podkarpackim. Usytuowane jest na wschodnim skraju obniżenia Dołów Jasielsko-Sanockich, nad rzeką San. Cechą charakterystyczną krajobrazu są strome skarpy. Centralną i najstarszą część miasta stanowi zespół staromiejski, należący do dzielnicy Śródmieście. Obszar otaczający centralną strefę stanowią trzy główne dzielnice: Błonie, Wójtostwo i Posada [Fastnacht 2002].

Celem pracy była ocena popularności oraz doboru gatunkowego traw i gatunków trawopodobnych w ogrodach przydomowych na dwóch osiedlach willowych Sanoka.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w 2010 roku na dwóch osiedlach willowych w Sanoku: Jeruzolima (dzielnica Posada) i Okołowiczówka (dzielnica Wójtostwo), na obszarze obejmującym 28 ha. Przeprowadzono wizję lokalną 90 ogrodów, a z ich właścicielami przeprowadzono wywiad ankietowy. W 16 ogrodach stwierdzono występowanie traw

### KWESTIONARIUSZ ANKIETOWY

Pytania ogólne dotyczące ogrodu:

Status ogrodu	
Adres ogrodu	
Rok założenia ogrodu	
Wielkość ogrodu [m <sup>2</sup> ]	
Czy posiadasz w ogrodzie gatunki traw ozdobnych, turzyc i sitów? Jeśli tak wypełnij pozostałą część kwestionariusza.	TAK/NIE

Dane dotyczące nasadzeń z traw i gatunków trawopodobnych\*

<b>Sposób sadzenia</b>	
Pojedynczo	
Rabaty mieszane	
Rabaty jednogatunkowe	
W połączeniu z krzewami iglastymi i liściastymi	
W ogrodach wodnych	
<b>Stanowisko</b>	
Słoneczne	
Półcieniste	
Cieniste	
<b>Pochodzenie projektu ogrodu</b>	
Profesjonalny projekt	
Kompozycja własna	
Inne	
<b>Źródło pozyskanego materiału roślinnego</b>	
Szkółka roślin ozdobnych	
We własnym zakresie (rozmnażanie, sąsiad)	
<b>Realizacja prac pielęgnacyjnych</b>	
Firma ogrodnicza	
We własnym zakresie	
Oba warianty	
<b>Źródło wiadomości o roślinach</b>	
Książki ogrodnicze	
Czasopisma ogrodnicze	
Sprzedawca	

\* Prawidłową odpowiedź zaznacz znakiem X

Ryc. 1. Kwestionariusz ankietowy

ozdobnych, turzyc i sitów i to właśnie one stanowiły podstawę do prowadzenia dalszej oceny (inventaryzacja). Sporządzono dwumodułowy kwestionariusz ankietowy (ryc. 1). W pierwszej części weryfikowano czy ogród jest własnością prywatną, czy miejscem użyteczności publicznej, rok jego założenia oraz powierzchnię. Druga część kwestionariusza dotyczyła gatunków traw ozdobnych, rodzaju kompozycji, stanowiska, autora projektu (profesjonalna firma/kompozycja własna) oraz źródła pozyskiwania materiału roślinnego, sposobu jego pielęgnacji i stosowanych metod pozyskiwania wiedzy na temat traw.

W każdym z badanych ogrodów przeprowadzono również pobieżną inventaryzację traw i „roślin trawopodobnych”. Uzyskane wyniki przedstawiono w zestawieniach tabelarycznych i na wykresach.

## WYNIKI

Spośród 90 inventaryzowanych założeń ogrodowych, położonych na terenie Sanoka w dzielnicach Jeruzolima i Okołowiczówka, jedynie w 16 (co stanowi 17,8%) występowały kompozycje z wykorzystaniem ozdobnych traw rabatowych i gatunkach o zbliżonym pokroju. Z przeprowadzonych ankiet wynika, iż większość (93,8%) obiektów posiadała status ogrodów prywatnych, a tylko jeden był zlokalizowany przy budynku użyteczności publicznej i do niego przynależał. W 2010 roku 75% założeń stanowiły ogrody funkcjonujące od 2-5 lat, 18,7% poniżej dwóch lat, a jeden istniał od 7 lat. Powierzchnia ogrodów była bardzo zróżnicowana i wynosiła od 400 do 3800 m<sup>2</sup>.

*Tab. 1. Rodzaj kompozycji z traw rabatowych i „roślin trawopodobnych” w badanych ogrodach Sanoka*

Lp.	Sposób sadzenia	Ogrody w %
1.	pojedynczo	6,3
2.	rabaty mieszane	50,0
3.	rabaty jednogatunkowe	0,0
4.	w połączeniu z krzewami iglastymi i liściastymi	62,5
5.	w ogrodach wodnych	18,8

Jak wynika z tabelarycznego zestawienia kompozycji z użyciem traw, turzyc i sitów (tab.1) najczęściej obserwowanym sposobem komponowania traw rabatowych było łączenie ich z krzewami liściastymi i iglastymi (62,5%). Nie stwierdzono występowania rabat utworzonych wyłącznie z traw ozdobnych, tym niemniej w połowie ogólnej liczby ogrodów trawy stosowane były jako element rabat mieszanych.

Analizie poddano również rodzaj stanowiska. Na wystawie słonecznej kompozycje występowały w 87,5 % badanych ogrodów, a 33,3% to stanowiska lekko zacienione. Żadne z założeń nie znajdowało się w pełnym zacienieniu (tab. 2).

Tab. 2. Rodzaje stanowisk występowania traw ozdobnych i „roślin trawopodobnych” w badanych ogrodach

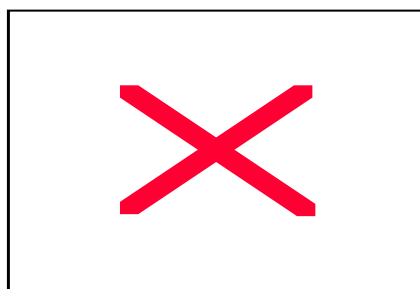
Lp.	Rodzaj stanowiska	Udział stanowisk [%]
1.	słoneczne	87,5
2.	półcieniste	33,3
3.	cieniste	0,0



Ryc. 2. Pochodzenie projektu ogrodu

Projekty ogrodów w ponad połowie przypadków (62,5%) zostały wykonane przez właścicieli (ryc. 2). Tylko 37,5% założeń zostało stworzonych przez profesjonalne firmy projektowe.

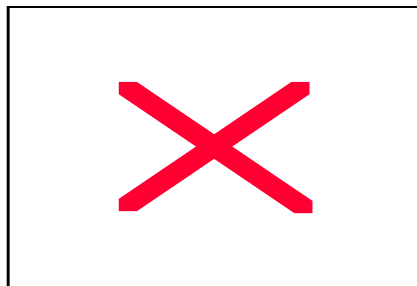
Zdecydowana większość, czyli 93,7% roślin została zakupiona w szkółkach roślin ozdobnych (ryc.3). Pozostałe 6,3% rozmnożono we



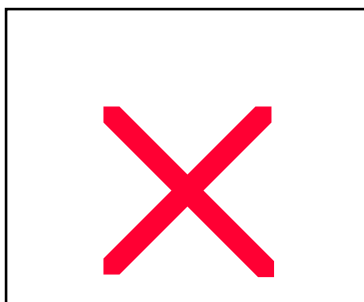
Ryc. 3 Źródło pozyskania materiału roślinnego

własnym zakresie lub pozyskano od sąsiadów lub znajomych.

W trakcie badania ankietowego zapytano właścicieli ogrodów skąd czerpią wiedzę na temat cech dekoracyjnych, wymagań oraz pielęgnacji traw (ryc. 4). Okazało się, że 75% ankietowanych korzysta z czasopism ogrodniczych, 31,2% uzyskuje informacje podczas zakupów od sprzedawców, w sklepach i szkółkach, a 6,2% zadeklarowało, iż korzysta z książek ogrodniczych o tej tematyce. Pielęgnacji we własnym zakresie dokonuje 75% badanych, 6,3% korzysta z usług firm ogrodniczych. W pozostałych 18,8 % pielęgnacja dokonywana jest zarówno przez właścicieli, jak i firmy ogrodnicze (ryc. 5).



Ryc. 4. Źródła wiadomości o trawach rabatowych



Ryc. 5. Realizacja prac pielęgnacyjnych

Analiza ankiet oraz inwentaryzacja badanych obiektów wykazały powszechne występowanie siedmiu rodzajów traw rabatowych, przy czym najliczniej reprezentowany był *Miscanthus* – 25,6% i *Pennisetum* – 19,3%, natomiast spośród gatunków stwierdzonych na terenie analizowanych ogrodów rodzaj *Elymus* występował z najmniejszą frekwencją (0,5%). W badanych ogrodach występowały też gatunki z rodzaju *Carex* i *Juncus*.

Tab. 3. Struktura gatunkowa traw rabatowych oraz gatunków pokrojowo podobnych w badanych ogrodach

Lp.	Nazwa łacińska	Nazwa polska	Występowanie traw w badanych ogrodach	
			Liczba ogrodów	% ogrodów
1.	<i>Carex comans</i> 'Frosted Curls'	turzyca włosowa 'Frosted Curls'	2	12,5
2.	<i>Carex flagellifera</i> 'Coca Cola'	turzyca biczowata 'Coca Cola'	3	18,8
3.	<i>Carex morrowii</i> 'Ice Dance'	turzyca Morrowa 'Ice Dance'	2	12,5
4.	<i>Carex muskingumensis</i>	turzyca palmowa	2	12,5
5.	<i>Elymus arenarius</i>	wydmuchrzyca piaskowa	1	6,3
6.	<i>Festuca gautieri</i>	kostrzewa Gautiera	1	6,3
7.	<i>Festuca glauca</i> 'Blauglut'	kostrzewa sina 'Blauglut'	2	12,5
8.	<i>Festuca glauca</i> 'Azurit'	kostrzewa sina 'Azurit'	3	18,8
9.	<i>Hakonechloa macra</i> 'Aureola'	hakonechloa smukła 'Aureola'	4	25,0
10.	<i>Imperata cylindrica</i> 'Red Baron'	imperata cylindryczna 'Red Baron'	4	25,0
11.	<i>Juncus effusus</i>	sit rozpierzchły	2	12,5
12.	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	miskant cukrowy	1	6,3
13.	<i>Miscanthus sinensis</i> 'Ferner Osten'	miskant chiński 'Ferner Osten'	6	37,5
14.	<i>Miscanthus sinensis</i> 'Goldfeder'	miskant chiński 'Goldfeder'	1	6,3

15.	<i>Miscanthus sinensis</i> 'Gracillimus'	miskant chiński 'Gracillimus'	2	12,5
16.	<i>Miscanthus sinensis</i> 'Strictus'	miskant chiński 'Strictus'	1	6,3
17.	<i>Miscanthus sinensis</i> 'Variegatus'	miskant chiński 'Variegatus'	5	31,3
18.	<i>Miscanthus sinensis</i> 'Zebrinus'	miskant chiński 'Zebrinus'	8	50,0
19.	<i>Miscanthus x giganteus</i>	miskant olbrzymi	2	12,5
20.	<i>Molinia caerulea</i> 'Variegata'	trzęślica modra 'Variegata'	6	37,5
21.	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	rozplenica japońska	10	62,5

Stwierdzono, że w badanych ogrodach znajdowało się dziesięć gatunków traw rabatowych, cztery gatunki turzyc i jeden sit (*Juncus effusus*). Najczęściej występującym w ogrodach gatunkiem okazała się rozplenica japońska (*Pennisetum alopecuroides*) – 62,5%. Drugą w kolejności popularną trawą ozdobną był miskant chiński (*Miscanthus sinensis*) (37,6%) w sześciu odmianach, z czego najpowszechniej wybieraną był *M. sinensis* 'Zebrinus'. Taka różnorodność odmian świadczy o dużej popularności tego gatunku. „Trzecie miejsce” zajęła trzęślica modra (*Molinia caerulea*) (37,5%) w odmianie 'Variegata'. W trakcie wizji terenowej zaobserwowano, że w kompozycjach ogrodowych bardzo rzadko występują gatunki takie jak: wydmuchrzyca piaszkowa (*Elymus arenarius*), kostrzewa Gautiera (*Festuca gautieri*), miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus*). Wśród turzyc najbardziej popularna była turzyca biczwata (*Carex flagellifera* 'Coca Cola') (18,8%).

## DYSKUSJA

Trawy znalazły zastosowanie w życiu ludzi ze względu na łatwość uprawy oraz niewielkie wymagania siedliskowe [Urbański 2001].

Jednakże pojęcie traw rabatowych znane jest dopiero od drugiej połowy XX wieku, a większość znanych i stosowanych we współczesnych ogrodach odmian została uzyskana po 1960 roku [Haber 1989]. Trawy ozdobne i tak zwane „rośliny trawo podobne” uprawiane są głównie ze względu na charakterystyczny pokrój. Wyprostowane nadają kompozycji bardziej formalny wyraz, a przewisające wprowadzają swobodę [Marcinkowski 2002].

Jako cel prezentowanej pracy przyjęto przeprowadzenie analizy występowania traw rabatowych oraz roślin do nich podobnych w ogrodach przydomowych na osiedlach willowych w Sanoku. Prace badawcze w podobnym zakresie były wykonywane w Rzeszowie [Stompor-Chrzan i in. 2014] i dotyczyły wykorzystania traw ozdobnych w zieleni publicznej.

Uzyskane przez nas wyniki pozwalają na stwierdzenie niewielkiej liczby ogrodów, w których występowały kompozycje z zastosowaniem traw rabatowych, turzyc i sitów. Pomimo coraz szerszej dostępności nowych gatunków i odmian na rynku, trawy ozdobne stanowią jedynie uzupełnienie kompozycji ogrodowych [Rak 2009], co potwierdzają wyniki uzyskane z inwentaryzacji badanego obszaru Sanoka. W żadnym z ogrodów nie stwierdzono obecności rabat skomponowanych wyłącznie przy użyciu traw ozdobnych. W większości przypadków (62,5%) trawy, turzyce i sity były sadzone na rabatach wraz z krzewami liściastymi i iglastymi oraz bylinami.

Trawy tworzące okazałe kępy mogą być sadzone pojedynczo [Rak 2009]. Przykładowym gatunkiem nadającym się na tego typu zastosowania jest miskant chiński (*Miscanthus sinensis*). W analizowanych przypadkach w trzech obiektach posadzono w ten sposób odmianę ‘Ferner Osten’.

Łączenie traw z innymi gatunkami roślin wymaga znajomości morfologii i preferencji siedliskowych zestawianych gatunków. Aby uniknąć błędów kompozycyjnych oraz późniejszych trudności pielęgnacyjnych warto skorzystać z usług profesjonalistów zajmujących się projektowaniem i urządzaniem ogrodów [Kingsbury 2007], pomimo iż z przeprowadzonych badań wynika, że 60% kompozycji ogrodowych było wykonanych przez właściciela ogrodu we własnym zakresie, natomiast z usług firmy zajmującej się pielęgnacją korzystało na co dzień jedynie 6,3% ankietowanych, a okazjonalnie 18,8%.

Do założenia ogrodowego dobrze jest kupować rośliny „pewne odmianowo”, pochodzące z renomowanych szkółek i centrów ogrodniczych, gdzie dodatkowo można uzyskać fachowe informacje na ich temat [Skórkowska 2011]. Największą popularnością jako źródła pozyskiwania traw, wśród mieszkańców Sanoka, cieszą się szkółki roślin ozdobnych. Właściciele ogrodów kupują w nich blisko 100% materiału roślinnego. Jednakże tylko 31,2% kupujących wiedzę o roślinach czerpie od szkółkarzy. Większość (75%) sięga po popularne czasopisma ogrodnicze.

Znaczna większość traw to gatunki światłolubne. Odpowiednia ekspozycja słoneczna zapewni im najkorzystniejsze warunki do wzrostu i rozwoju, właściwe wybarwienie oraz zwarty, silny pokrój. Światło, jest również niezbędne do wytworzenia kwiatostanów, które bardzo często stanowią najbardziej dekoracyjny element [Grabowska i Kubala 2006, Rak 2009]. W badanych ogrodach trawy najczęściej sadzone były na stanowisku słonecznym (87,5%). W miejscach cienistych i wilgotnych traw rabatowych nie stosowano, pomimo, iż w niektórych kompozycjach wykorzystano gatunki cienia i wilgociolubne (turzyce i sity).

W badanych obiektach zinwentaryzowano 15 różnych gatunków należących do traw, turzyc i sitów. Najczęściej występującym gatunkiem okazała się rozplenica japońska (*Pennisetum alopecuroides*) (62,5%). Wyróżniają ją okazałe i oryginalne, szczerkowane kwiatostany o zwartym pokroju. Tworzy duże kępy, a jej liście są wąskie, łukowato wygięte [Ardle 2007, Rak 2009, Leyhe 2007]. Często pojawiającym się w badanych założeniach ogrodowych rodzajem był *Miscanthus* sp., najczęściej w odmianie ‘Zebrinus’ oraz ‘Ferner Osten’. Występowały one odpowiednio w 50% oraz 37,5% ogrodów. Stompor – Chrzan i in. [2014] w pracy prezentującej wyniki badań przeprowadzonych na terenie Rzeszowa, twierdzą, iż miskant chiński jest również jedną z najpopularniejszych traw w tym rejonie. Często stosowanym gatunkiem zarówno w Rzeszowie jak i w badanych ogrodach w Sanoku (31,3%) była kostrzewa sina (*Festuca cinerea*) oraz trzęślica modra (*Molinia caerulea*) w odmianie ‘Variegata’ (37,5%), która nie występowała w aranżacjach rzeszowskich. Wydmuchrzyca piaszkowa (*Elymus arenarius*) często pojawiająca się w zieleni miejskiej Rzeszowa, nie występowała na osiedlach willowych w Sanoku. Tym

niemniej współcześnie trawy ozdobne i „rośliny trawopodobne” zajmują ważne miejsce w projektowaniu zieleni [Stompor-Chrzan i in. 2014]. Rabaty powinny być coraz częściej obsadzone trawami ozdobnymi lub trawami w połączeniu z innymi gatunkami bylin. Trawy, sity i turzyce w swoich aranżacjach z powodzeniem stosują znani i cenieni projektanci terenów zieleni tacy jak Piet Oudolf, Mien Ruys czy Noël Kingsbury [Kingsbury 2007]. Warto więc rozważyć zastosowanie tego nowego, dynamicznie rozwijającego się trendu we własnym ogrodzie.

## **WNIOSKI**

1. W 17,8% ogrodów na terenie dwóch losowo wybranych osiedli willowych w Sanoku występowały trawy rabatowe, turzyce i sity, co świadczy o niskiej popularności tej grupy roślin wśród właścicieli ogrodów.
2. W ponad połowie przypadków (62,5%) trawy ozdobne, turzyce i sity sadzono w kompozycjach z krzewami iglastymi i liściastymi oraz z innymi bylinami na rabatach mieszanych (50%). Wśród badanych kompozycji nie znaleziono rabat jednogatunkowych.
3. Trawy i gatunki trawopodobne sadzone były zwykle (87,5%) na stanowiskach słonecznych.
4. Projektowaniem, urządzaniem i pielęgnacją większości wizytowanych ogrodów zajmują się właściciele, a materiał roślinny (93,7%) pochodził ze szkółek roślin ozdobnych.
5. W badanych ogrodach zidentyfikowano jedynie 15 gatunków traw rabatowych, turzyc i sitów.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Ardle J. 2007. Bambusy, trawy – prosta droga do sukcesu. Wyd. Solis. Warszawa.
- Festnacht A. 2002. Słownik historyczno-geograficzny Ziemi Sanockiej w średniowieczu. Towarzystwo Naukowe SOCIETAS VISTULANA. Kraków.
- Grabowska B., Kubala T. 2009. Trawy, turzyce, sity, kosmatki. Officina Botanica. Kraków
- Grounds R. 2009. Trawy ozdobne. Wyd. Klub dla Ciebie. Warszawa.

- Haber Z. 1989. Trawy rabatowe dla naszych parków i ogrodów. Oficyna Wydawnicza ATENA. Poznań
- Kingsbury N. 2007. Projektowanie rabat- kompozycje ogrodowe. Wyd. Muza S.A. Warszawa
- Leyhe U. 2007. Trawy i paprocie. Wyd. Muza S.A. Warszawa
- Majtkowska G., Majtkowski W. 2007. Trawy ozdobne. Wyd. Działkowiec, Warszawa.
- Rak J. 2009. Trawy ozdobne. Uprawa i pielęgnacja. Oficyna Wydawnicza MULTICO. Kraków.
- Skórkowska A. 2011. Sadzenie i pielęgnacja. [W:] Katalog Roślin Drzewa, krzewy, byliny polecane przez Związek Szkółkarzy Polskich. Red. Filipczak J. Agencja Promocji Zieleni. Warszawa
- Stompor-Chrzan E., Pisarek M., Gargała M., Wąsowicz-Duch A. 2014. Powierzchnie trawiaste i trawy ozdobne w zieleni miejskiej Rzeszowa. Architektura Krajobrazu, 3: 34-43.
- Szymura M., Grzywniak S., Wolski K., Szymura T. H., Dradrach A. 2010. Ocena wartości użytkowej wybranych gatunków traw ozdobnych w warunkach Dolnego Śląska. Nauka Przyroda Technika, 4(3), 36: 1-12.
- Urbański P. 2001. Trawy ozdobne, turzyce i sity. PWRiL. Poznań.

### **Afiliacja:**

Monika Batko  
Katedra Roślin Ozdobnych  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
*e-mail*: mbatko@ogr.ur.krakow.pl

*Opiekun naukowy*: dr hab. inż. Bożena Pawłowska



## WPŁYW STYMULATORÓW NA WZROST I ROZWÓJ CZOSNKU OZIMEGO

### THE INFLUENCE OF STIMULATORS ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF WINTER GARLIC

**Abstrakt.** Celem badań było określenie wpływu stymulatorów NanoGro<sup>®</sup>, Lignohumat i FitoDoctor na wzrost i rozwój czosnku ozimego «Ornak». Stymulatory zastosowano w formie zaprawy bezpośrednio przed sadzeniem oraz trzykrotnie w formie dolistnego oprysku roślin. Pomiarów, obejmujące wysokość roślin i liczbę liści, prowadzono trzykrotnie w odstępach miesięcznych. Po zbiorze określono biomasę roślin handlowych oraz wybrane parametry cebul czosnku. Badane stymulatory istotnie przyczyniły się do szybszego rozpoczęcia wegetacji przez rośliny we wszystkich latach jednak z biegiem czasu różnice te zacierają się. Zauważono wpływ stymulatorów na średnią masę główki, jej wysokość i szerokość, jednakże wyniki te nie były powtarzalne w latach. Liczba ząbków w główce okazała się stabilną cechą, na którą nie miało wpływu stosowanie stymulatorów. Nie wykazano istotnego wpływu testowanych preparatów na liczbę liści i biomasę roślin.

**Słowa kluczowe:** *NanoGro<sup>®</sup>, Lignohumat, FitoDoctor, wysokość roślin, liczba liści, skład chemiczny*

**Abstract.** The aim of the study was to determine the influence of stimulators NanoGro<sup>®</sup>, Lignohumat and FitoDoctor on growth and development of winter garlic «Ornak». The stimulators were used in a form of bulbs dressing, directly before sowing and three times spraying plants during cultivation. Measurements, including plant height and number of leaves, were carried out three times at monthly intervals. After harvest plant biomass and selected parameters of garlic bulbs were specified. Tested stimulators had significantly accelerate of plants growing in all investigated years, but these differences gradually decreased. Stimulators affected mean weight of the bulb, its height and width, but the results were not repeatable in next years. The number of cloves was stable not affected by stimulators. There was no significant effect of the tested stimulators on plant biomass and number of leaves.

**Key words:** *NanoGro<sup>®</sup>, Lignohumat, FitoDoctor, plant height, number of leaves, chemical composition*

## WSTĘP

Jedną z najstarszych, wysoce cenionych przez człowieka roślin jest czosnek pospolity (*Allium sativum* L.). Powodem dużego zainteresowania tym gatunkiem jest z pewnością wysoki potencjał leczniczy [Lutomski 2001]. Liczne badania przeprowadzone w renomowanych ośrodkach naukowych potwierdzają korzystny wpływ czosnku na organizm ludzki [Stevinson i in. 2000; Banerjee i Maulik 2002; Bing-Feng i in. 2011].

Wielkotowarowa produkcja czosnku napotyka na wiele trudności. Przede wszystkim należy podkreślić mało zarejestrowanych w Polsce środków zwalczających patogeny i szkodniki. W aktualnym Programie ochrony roślin warzywnych do prewencji tej rośliny rekomendowane są: 4 fungicydy, 7 insektycydów i 1 biopreparat [Robak i in. 2016]. Praktyka pokazuje, iż właściwa lokalizacja plantacji, przestrzeganie kilkuletniego zmianowania, niszczenie resztek poźniwnych oraz stosowanie zdrowego, kwalifikowanego materiału rozmnożeniowego stanowią klucz do efektywnego zapobiegania uszkodzeniom i rozprzestrzeniania się agrofagów [Robak i Szwejska 2008; Nawrocki 2014]. Oprócz prawidłowo przeprowadzonej agrotechniki i ochrony podstawą powodzenia uprawy czosnku jest optymalny przebieg warunków pogodowych. Z uwagi na płytki system korzeniowy czosnek należy do grupy warzyw o wysokich wymaganiach wodnych. Z tego powodu korzystne jest lokalizowanie uprawy w pobliżu rzek lub innych źródeł wody [Doruchowski 2011]. Kilkukrotnie przeprowadzone nawadnianie w okresie suszy i w czasie największego zapotrzebowania na wodę przypadającego na okres od maja do połowy czerwca, czyli najintensywniejszego przyrostu główek, powoduje wzrost plonu [Kaniszewski 2005].

W ostatnich latach w produkcji warzywniczej coraz większą popularność zdobywają preparaty, których skład oparty jest na substancjach biologicznie aktywnych. Ogólnie definiuje się je jako stymulatory, mające za zadanie aktywizować rośliny uprawne do przyspieszonego rozwoju, wpływać na ich metabolizm, indukować tolerancję na niekorzystne warunki stresowe i patogeny. Stymulatory sprzyjają wzrostowi roślin i stanowią alternatywę dla tych upraw, gdzie chemiczne środki ochrony nie są zarejestrowane lub są nieskuteczne. Aplikowane dolistnie mogą w szybki sposób zniwe-

lować objawy niedoborów składników pokarmowych, poprawić wigor oraz ogólną kondycję roślin [Matysiak i Adamczewski 2009; Calvo i in. 2014]. Uwidaczniający się korzystny wpływ stymulatorów na rośliny warzywne sprawił, iż stały się obiektem badań na całym świecie [Skórska 2008; Matysiak i in. 2011; Kocira i in. 2015]. Celem niniejszych badań była ocena wpływu stymulatorów: NanoGro<sup>®</sup>, Lignohumat i FitoDoctor na wzrost i rozwój czosnku ozimego odmiany «Ornak».

## **MATERIAŁ I METODY**

Doświadczenie realizowano w trzech kolejnych sezonach wegetacyjnych: 2012/13 do 2014/15 w Stacji Doświadczalnej Katedry Roślin Warzywnych i Zielarskich w Mydlnikach, Kraków. Badania prowadzono na ozimej odmianie czosnku „Ornak” firmy Polan. Czynnikiem doświadczenia stanowiło zastosowanie stymulatorów: NanoGro<sup>®</sup>, Lignohumat oraz FitoDoctor firmy Agrarius. NanoGro<sup>®</sup> zawiera cząsteczki oligosacharydów impregnowanych siarczanami metali (Fe, Co, Al, Mn, Ni, Ag) w stężeniach nanomolowych. Lignohumat to koncentrat nawozu huminowego z dodatkiem mikroelementów w postaci chelatów. FitoDoctor natomiast, jest preparatem opartym na wyizolowanym ze środowiska przyrodniczego szczepie bakterii *Bacillus subtilis* konkurującej z patogennymi grzybami i bakteriami.

Materiał rozmnożeniowy zaprawiano w roztworach wodnych badanych preparatów o stężeniach: Nano Gro<sup>®</sup> - 1 granula/5dm<sup>3</sup>; Lignohumat - 0,5%; FitoDoctor - 3%, a obiekt kontrolny moczoło w wodzie. Wsadzenie ząbków miało miejsce na przełomie października i listopada, w rozstawie 30 x 10 cm. W okresie wegetacji rośliny trzykrotnie opryskiwano roztworami stymulatorów o stężeniach takich, jak przy zaprawianiu: w odstępach miesięcznych (początek: IV, V, VI). Obiekt kontrolny opryskiwano samą wodą. Doświadczenie założono w układzie jednoczynnikowym, metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach, każde po 60 roślin. W trakcie wegetacji nie stosowano zabiegów ochrony ze względu na brak oznak chorobowych oraz jedynie jednostkowe pojawienie się szkodników. Wszystkie rośliny zasilano saletrą amonową (początek kwietnia) oraz

nawozem uniwersalnym HydroComplex (połowa maja). W okresie wegetacji, na początku kolejnych miesięcy, począwszy od kwietnia przeprowadzono pomiary fitometryczne dotyczące wysokości roślin oraz liczby liści. Podczas pomiaru liczby liści uwzględniano tylko te, powyżej 1 cm długości. Pędy kwiatostanowe usuwano na początku czerwca. Zbiór czosnku przeprowadzono jednorazowo po połowie lipca (17.07.2013; 15.07.2014; 22.07.2015). Zważono biomasę roślin (cebule z korzeniami i liśćmi) oraz podzielono je na rośliny handlowe (zdrowe, nieuszkodzone, łuska cebuli niepękająca) oraz rośliny stanowiące materiał niehandlowy (z pękniętą łuską okrywającą). Pomiary fitometryczne cebul czosnku: długość i szerokość, masę główek handlowych oraz liczbę ząbków w główce wykonano bezpośrednio po zbiorze. Analizę istotności różnic pomiędzy średnimi określono metodą wariancji, testem NIR Fishera przy  $p=0,05$ . Warunki meteorologiczne prowadzonego doświadczenia w okresie od sadzenia do zbioru czosnku ozimego scharakteryzowano na podstawie średnich wartości temperatury i sum opadów w okresie od października 2012 roku do lipca 2015.

## **WYNIKI I DYSKUSJA**

W latach 2012-2015, w których prowadzono badania przebieg pogody był zróżnicowany (Ryc. 1, 2). Wpłynęło to znacznie na rozwój roślin. Pomiędzy poszczególnymi sezonami wegetacyjnymi stwierdzono istotne różnice w rozpoczynaniu wegetacji przez rośliny czosnku (Tab.1). W sezonie 2012/13 w miesiącach grudzień – marzec obserwowano najniższe średnie temperatury powietrza, w porównaniu do przebiegu temperatur w tym okresie w pozostałych sezonach wegetacyjnych (Ryc. 1). Pomiar wykonany w kwietniu wykazał, że rośliny czosnku w 2013 roku dorastały do 5,7-6,6 cm wysokości, podczas, gdy w pozostałych latach do 16,1-18,1 (2014 r.) i 9,8-12,4 cm (2015 r.). We wszystkich latach uprawy (w kwietniu) stwierdzono korzystny wpływ stymulatorów na wysokość roślin na początku sezonu wegetacyjnego (Tab. 1). Pomiar wykonany w maju wykazał znaczną różnicę w wysokości roślin pomiędzy latami badań, która mogła wynikać z korzystniejszego przebiegu opadów w miesiącach kwiecień-maj w latach 2014 i 2015 (Ryc. 2, Tab. 1). W dwóch

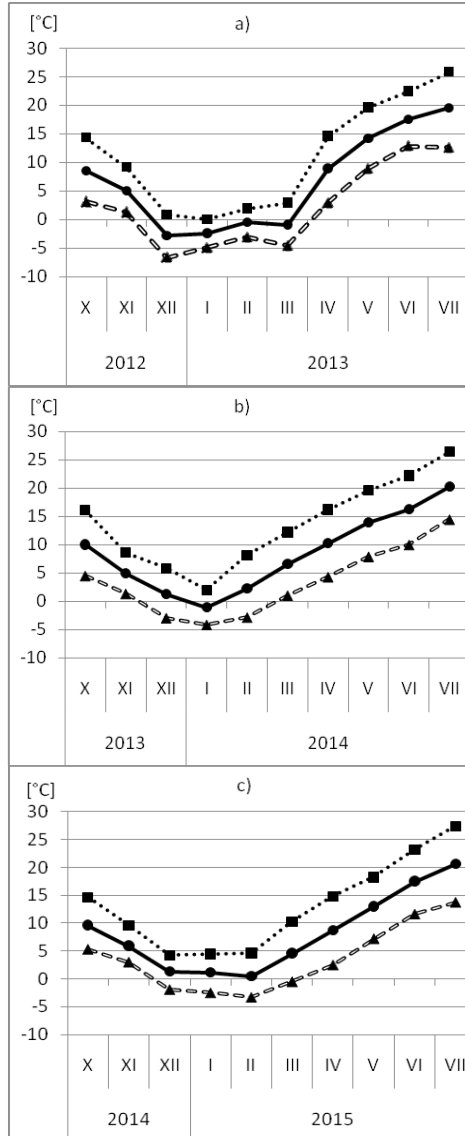
pierwszych latach nie stwierdzono w maju wpływu stymulatorów na wysokość roślin, w 2015 r. obserwowano korzystny wpływ stymulatora FitoDoctor w porównaniu do obiektów z NanoGro®. W czerwcu rośliny dorastały do 72,4-77,7 cm wysokości w 2013 roku, 89,8-92,4 cm w 2014 r. oraz do 80,9-87,1 cm w 2015 roku. Nie stwierdzono wpływu stymulatorów na wysokość roślin, z wyjątkiem 2013 roku, gdzie rośliny opryskiwane Lignohumatem były najwyższe. W lipcu, gdy liście zaczynały już stopniowo zasychać wysokość roślin wahała się od 65,7 do 71,2 cm (2013 r.) oraz od 80,1 do 83,0 cm (2014 r.). W 2013 roku rośliny opryskiwane stymulatorem Lignohumat były o 5,5 cm wyższe od tych, gdzie stosowano FitoDoctor.

Tab. 1. Wpływ stymulatorów na dynamikę przyrostu wysokości roślin w okresie wegetacji (cm)

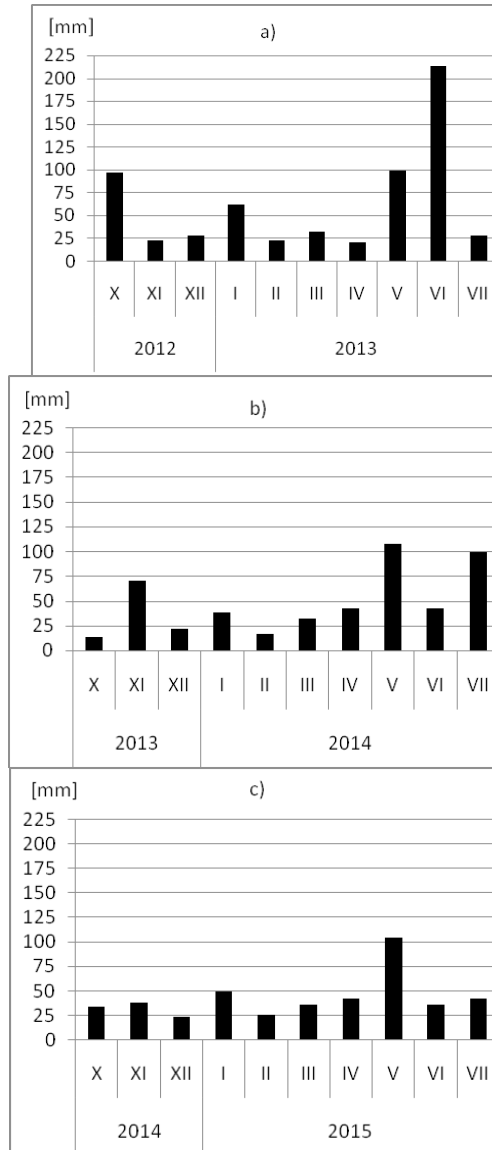
Termin pomiaru		Kontrola	NanoGro®	FitoDoctor	Lignohumat
Kwiecień	2013	5,7 a*	6,1 ab	6,3 ab	6,6 b
	2014	16,1 a	17,8 b	18,1 b	17,4 b
	2015	9,8 a	11,2 b	12,4 c	11,7 bc
Maj	2013	41,3 a	41,6 a	41,0 a	40,2 a
	2014	50,8 a	53,3 a	51,9 a	51,9 a
	2015	70,6 ab	69,8 a	75,6 b	72,4 ab
Czerwiec	2013	73,6 a	73,0 a	72,4 a	77,7 b
	2014	89,9 a	92,4 a	89,8 a	91,9 a
	2015	80,9 a	82,0 a	86,3 a	87,1 a
Lipiec	2013	70,1 bc	66,8 bc	65,7 ab	71,2 c
	2014	81,8 a	83,0 a	81,2 a	80,1 a
	2015	-----**	-----	-----	-----

\*średnie w obrębie wiersza oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy  $p = 0,05$

\*\*z przyczyn losowych dane utracono



Ryc. 1. Temperatura powietrza (°C) w sezonie wegetacyjnym czosnku ozimego; a) 2012/13; b) 2013/14; c) 2014/15 (kwadrat - temperatura maksymalna, koło - temperatura średnia, trójkąt - temperatura minimalna)



Ryc. 2. Suma opadów (mm) w sezonie wegetacyjnym czosnku ozimego:  
 a) 2012/13; b) 2013/14; c) 2014/15

Analizując wpływ stymulatorów na dynamikę przyrostu roślin stwierdzono, iż przyczyniły się one do szybszego wzrostu roślin tylko w początkowym okresie wegetacji (kwietniu), później natomiast wpływ ten stawał się mniej widoczny. Zaprawianie ząbków czosnku jest zatem godną polecenia formą użycia stymulatorów. Wielu autorów potwierdza pozytywny wpływ stymulatorów na rozwój roślin na początku wegetacji. Badania nad wpływem NanoGro® na wschody roślin wykazały, że rośliny uzyskane z nasion zaprawianych stymulatorem odznaczały się większą siłą kiełkowania [Jankowski i in. 2013; Kirichenko i in. 2009]. Dmytryk i in. [2014] odnotowali korzystny wpływ ekstraktów z glonów (m.in. Alga Premium 2) i roztworów z aminokwasami z dodatkiem związków mineralnych (np. AminoHort) traktowanych jako biostymulatory na początkową fazę wzrostu rzeżuchy.

Podczas badań stwierdzono znaczne różnice w ilości wytworzonych przez roślinę liści w poszczególnych sezonach wegetacyjnych. W kwietniu 2013 roku rośliny miały średnio po 3 liście, podczas gdy w 2014 roku po 5,5-5,9 sztuk, a w roku 2015 po 4,9-5,9 sztuk (Tab. 2). W dwóch pierwszych latach nie zaobserwowano wpływu stymulatorów na liczbę tworzonych liści, natomiast w roku 2015 stwierdzono największą liczbę liści na roślinach opryskiwanych stymulatorem FitoDoctor. W maju 2013 roku liczba liści zwiększyła się ponad dwukrotnie. Rośliny, które opryskiwano Lignohumatem cechowały się istotnie większą liczbą liści (6,7 szt.) niż te, które traktowano NanoGro® (6,3 szt.). W pozostałych latach czosnek miał ponad 7 wytworzonych liści w maju. W 2014 roku nie stwierdzono różnic pomiędzy obiektami. W 2015r. czosnek, na którym zastosowano FitoDoctor odznaczał się większą liczbą liści niż w kontroli. Duża liczba liści na roślinie w czerwcu była zbliżona we wszystkich latach badań i wahała się od 6,2 do 7,2 sztuk. W 2013 roku zauważono, iż rośliny po stosowaniu preparatu Lignohumat odznaczały się istotnie większą liczbą liści (7 szt.), w porównaniu do tych, gdzie stosowano stymulator FitoDoctor (6,6 szt.). W czerwcu 2014 roku zauważono, iż czosnek poddany oddziaływaniu stymulatorów, za wyjątkiem Lignohumatu charakteryzował się istotnie większą liczbą liści zdolnych do fotosyntezy w porównaniu do roślin kontrolnych. W tym czasie było stosunkowo chłodno i sucho (Ryc. 1, 2), co mogło wywołać stres roślin,

a to przełożyło się na uwidocznienie korzystnego wpływu stymulatorów na liczbę liści. W 2015 roku w czerwcu nie stwierdzono różnic pomiędzy obiektami. Pod koniec okresu wegetacji, w lipcu 2013 roku nie stwierdzono wpływu stymulatorów na liczbę liści. W 2014 roku natomiast liczba liści w obiektach, gdzie stosowano stymulatory była średnio o 1,5-1,8 sztuk wyższa niż w kontroli.

Tab. 2. Wpływ stymulatorów na liczbę liści czosnku ozimego podczas wegetacji (szt.)

Termin pomiaru		Kontrola	NanoGro®	FitoDoctor	Lignohumat
Kwiecień	2013	3,0 a*	3,0 a	3,1 a	3,1 a
	2014	5,7 a	5,9 a	5,7 a	5,5 a
	2015	5,2 ab	5,3 b	5,9 c	4,9 a
Maj	2013	6,4 ab	6,3 a	6,5 ab	6,7 b
	2014	7,3 a	7,2 a	7,3 a	7,1 a
	2015	7,0 a	7,2 ab	7,5 b	7,3 ab
Czerwiec	2013	6,9 ab	6,8 ab	6,6 a	7,0 b
	2014	6,2 a	7,2 b	7,1 b	6,9 ab
	2015	6,6 a	7,0 a	6,5 a	6,6 a
Lipiec	2013	6,3 a	6,4 a	5,8 a	6,2 a
	2014	6,4 a	7,9 b	8,2 b	8,1 b
	2015	-----**	-----	-----	-----

\*średnie w obrębie wiersza oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy  $p = 0,05$

\*\*z przyczyn losowych dane utracono

Wykazano wpływ stymulatorów na cechy fitometryczne cebuli czosnku, jak jej masa, wysokość i szerokość, jednakże wyniki te nie były powtarzalne w latach badań (Tab. 3). Okazało się, iż dużo większy wpływ na te cechy miał przebieg pogody (Ryc. 1 i 2). Niskie temperatury w okresie zimy w roku 2013 spowodowały późniejsze wznowienie wegetacji czosnku ozimego, skutkiem czego masa główki była w tym roku mniejsza (31,5-37,2 g) oraz mniejsze jej rozmiary jak w pozostałych sezonach (38,6-67,3 g). Według charakterystyki firmy Polan odmiana Ornak odznacza się dużą główką, o masie 60-100 g. i liczbą ząbków 4-8 sztuk [Krakowska Hodowla i Nasiennictwo

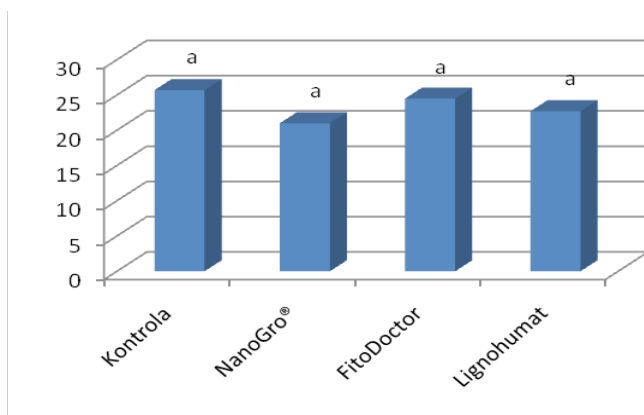
Ogrodnicze POLAN Sp. z o. o.]. W przeprowadzonych badaniach w żadnym z sezonów wegetacyjnych główki czosnku nie osiągnęły maksymalnych rozmiarów. Największe cebule tworzył czosnek w 2014 roku, w którym obserwowano korzystny wpływ wszystkich stymulatorów na masę. Liczba ząbków w główce wahała się od 4,3 do 5,4 sztuk i była cechą niezależną od stosowania stymulatorów, a także mało zmienną w poszczególnych latach badań (Tab. 3).

Tab. 3. Pomiary fitometryczne główki czosnku ozimego

Badana cecha	Rok	Kontrola	NanoGro®	FitoDoctor	Lignohumat
Masa główki (g)	2013	36,6 a*	37,2 a	33,1 a	31,5 a
	2014	57,3 a	67,3 b	64,9 b	65,8 b
	2015	56,4 b	38,6 a	43,0 a	45,0 a
Wysokość główki (mm)	2013	34,2 b	34,6 b	31,1 a	31,3 a
	2014	41,8 a	42,0 a	41,0 a	41,3 a
	2015	45,2 ab	43,9 a	43,1 a	49,5 b
Szerokość główki (mm)	2013	42,4 a	42,3 a	41,0 a	39,9 a
	2014	54,5 b	53,7 ab	53,1 ab	51,5 a
	2015	37,8 b	31,4 a	33,3 ab	34,8 ab
Liczba ząbków w główce (szt.)	2013	4,7 a	4,7 a	4,8 a	4,3 a
	2014	4,8 a	4,4 a	4,6 a	4,7 a
	2015	5,4 a	4,8 a	4,8 a	5,3 a

\*średnie w obrębie wiersza oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy  $p = 0,05$

Nie stwierdzono wpływu badanych stymulatorów na biomasa roślin handlowych czosnku ozimego, która wahała się od 21,0 do 25,7 t·ha<sup>-1</sup> (Ryc. 3). Majkowska-Gadomska i Wierzbička [2006] wykazały istotny wpływ opadów, zwłaszcza w miesiącach determinujących intensywny przyrost cebuli czosnku tj. maj-czerwiec, na plonowanie. Abdel-Razzak i El-Sharkawy [2013] stwierdzili korzystny wpływ stymulatorów na bazie kwasów humusowych jedynie na wielkość plonu pomimo braku statystycznie istotnej różnicy w wysokości roślin i liczbie liści.



Ryc. 3. Wpływ stymulatorów na biomasę roślin handlowych czosnku ( $t \cdot ha^{-1}$ ), średnia z lat badań

## WNIOSKI

Uzyskane dane nie pozwalają w pełni określić celowości stosowania stymulatorów w uprawie czosnku. Wydaje się, że przebieg warunków meteorologicznych w większym stopniu determinuje badane czynniki niż stosowanie stymulatorów. Niemniej jednak, w sytuacjach stresu abiotycznego wpływ ten był korzystny. Celowe wobec tego wydaje się kontynuowanie badań w tym zakresie. Zaobserwowane istotne przyspieszenie wzrostu na początku wegetacji w niniejszych badaniach oraz wyniki Shafeek'a i in. [2015] nad stosunkowo wczesnym aplikowaniem stymulatorów mogą stanowić o przyszłości wykorzystania stymulatorów w uprawie czosnku na wczesny zbiór.

## BIBLIOGRAFIA

Abdel-Razzak H.S., El-Sharkawy G.A. 2013. Effect of biofertilizer and humic acid applications on growth, yield, quality and storability of two garlic (*Allium sativum* L.) cultivars. Asian Journal of Crop Science, 5 (1): 48-64.

- Banerjee S.K., Maulik S.K. 2002. Effect of garlic on cardiovascular disorders: a review. *Nutrition Journal* 1: 1-4.
- Bing-Feng L., Jia-Zhang Q., Xiao-Han D., Jing D., Jian-Feng W., Ming-Jing L., Hong-En L., Xiao-Di N., Yu Z., Yong-Xing A., Xu-Ming D. 2011. Allicin reduces the production of  $\alpha$ -toxin by *Staphylococcus aureus*. *Molecules*, 16 (9): 7958-7968.
- Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil* 383: 3-41.
- Dmytryk A., Rój E., Wilk R., Chojnacka K., Górecki H. 2014. Wpływ nowych biostymulatorów na początkową fazę wzrostu roślin. *Przemysł Chemiczny*, 93 (6): 1020-1025.
- Doruchowski R.W. 2011. Warto uprawiać czosnek. Hortpress Sp. z o. o. Warszawa, 64 ss.
- Jankowski K., Deska J., Truba M., Jankowska J. 2013. Wpływ stymulatora NanoGro na kiełkowność nasion oraz kinetykę wzrostu siewek wybranych gatunków traw oraz roślin motylkowatych. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*. vol. 24, 1 (55): 23-26.
- Kaniszewski S. 2005. Nawadnianie warzyw polowych. Plantpress Sp. z o. o. Kraków: 62-63.
- Kirichenko E.B., Yamskov I.A., Kurilov D.V. 2009. New nanobioregulator of plant growth NANO-Stim: physiological activity and field application. [W:] *The Second Nanotechnology International Forum*. Rusnanotech Moscow, Rosja: 470-471.
- Kocira A., Kocira S., Złotek U., Kornas R., Świeca M. 2015. Effect of NanoGro preparation applications on yield components and antioxidant properties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 24 (11b): 4034-4041.
- Krakowska Hodowla i Nasiennictwo Ogrodnicze POLAN Sp. z o.o. Katalog odmian warzyw i kwiatów 2014-2016.
- Lutomski J. 2001. Fascynacja czosnkiem-wczoraj i dziś. *Postępy Fitoterapii*, 1: 7-14.
- Majkowska-Gadomska J., Wierzbička B. 2006. Wpływ warunków pogodowych na plonowanie czosnku. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio EEE*, vol. XVI: 55-61.
- Matysiak K., Adamczewski K. 2009. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin – kierunki badań w Polsce i na świecie. *Postępy w Ochronie Roślin*, 49 (4): 1810-1816.
- Matysiak K., Kaczmarek S., Krawczyk R. 2011. Influence of sea weed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 10(1): 33-45.

- Nawrocki J. 2014. Choroby czosnku. Hasło Ogrodnicze, 5: 104-109.
- Robak J., Sobolewski J., Łabanowski G., Wrzodak R., Anyszka Z., Golian J., Stępnowska A. 2016. Program Ochrony Roślin Warzywnych 2016. Hortpress Sp. z o. o. Warszawa: 51, 137.
- Robak J., Szwejda J. 2008. Warzywa cebulowe Najgroźniejsze choroby i szkodniki. Hortpress Sp. z o. o. Warszawa, 50 ss.
- Shafeek M.R., Ali A.H., Mahmoud A.R., Hafez M.M., Rizk F.A. 2015. Improving growth and productivity of garlic plants (*Allium sativum* L.) as affected by the addition of organic manure and humic acid levels in sandy soil conditions. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 4 (9): 644-656.
- Skórska E. 2008. Does the Nano-Gro® biostimulator increase tolerance of *Tytus* F<sub>1</sub> cucumber plants in early growth phase to ultraviolet-B radiation? [W:] Biostimulators in modern agriculture "Vegetable Crops" [red. Dąbrowski Z.T.]. Wyd. Wieś Jutra. Warszawa, 7-8.02.2008: 44-53.
- Stevinson C., Pittler MH., Ernst E. 2000. Garlic for treating hypercholesterolemia. A meta-analysis of randomized clinical trials. Annals of Internal Medicine, 133 (6): 420-429.

### **Afiliacja:**

mgr inż. Piotr Bucki  
Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
e-mail: piotr.bucki91@gmail.com

*Opiekun naukowy:* dr inż. Elżbieta Jędruszczak



## **ATRAKCYJNOŚĆ KWIATÓW ROŚLIN ZIELNYCH DLA PSZCZÓŁ SAMOTNIC (*HYMENOPTERA, APOIDEA*)**

### **ATTRACTIVENESS OF FLOWERS OF HERBACEOUS PLANTS FOR WILD BEES (*HYMENOPTERA, APOIDEA*)**

**Abstrakt.** Zapylenie roślin to najważniejsza spośród wielu funkcji, jakie pełnią pszczoły. Naukowcy zwracają uwagę na fakt, że proces ten jest konstytutywny dla rolnictwa i ogrodnictwa. Mimo, że najważniejszą rolę w tym zakresie pełni pszczoła miodna *Apis mellifera* L., to jednak wpływ pszczół samotnic na ten proces jest również znaczący. Celem niniejszych badań było określenie atrakcyjności kwiatów roślin zielnych, które wysiane w sąsiedztwie roślin uprawnych mogłyby przyczynić się do zwiększenia bytowania dzikich pszczół w obrębie upraw. Badania nad atrakcyjnością kwiatów dla pszczół samotnic były prowadzone w latach 2010–2011. Obserwacjami objęto 10 gatunków roślin z 7 rodzin: Crassulaceae, Caryophyllaceae, Lamiaceae, Amaryllidaceae, Apiaceae, Asteraceae, Rutaceae. W wyniku przeprowadzonych odłowów pszczół samotnic udokumentowano występowanie osobników należących do 5 rodzin, w obrębie 10 rodzajów. Najliczniej występowały pszczoły z rodzaju *Lasioglossum*. Największą atrakcyjnością dla pszczół charakteryzowały się kwiaty kopru włoskiego, natomiast najmniej atrakcyjne były kwiaty rozchodnika naskalnego.

**Słowa kluczowe:** *pszczoły, zapylenie, atrakcyjność kwiatów*

**Abstract.** Pollination is the most important from many functions perform by bees. Scientists draw attention to the fact that this process is constitutive for agriculture and horticulture. Although the most important role in this respect play the honeybee (*Apis mellifera* L.) the impact of solitary bees on this process is also significant. The aim of this study was to determinate the attractiveness of herb flowers which sown in the vicinity of farmlands could increase the number of wild bees within the crops. Studies on the attractiveness of flowers for solitary bees were carried out in years 2010-2011. Observation covered 10 species of herbaceous plants from 7 families: Crassulaceae, Caryophyllaceae, Lamiaceae, Amaryllidaceae, Apiaceae, Asteraceae, Rutaceae. During the observation 10 genus of solitary bees belonging to

5 families were noted. The most numerous were bees from *Lasioglossum* genus. The flowers of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), were the most attractive for bees, whereas the least attractive were flowers of stonecrop *Sedum cauticola* Praeger.

**Key words:** *attractiveness of flowers, bees, pollination*

## WSTĘP

Zapylenie jest kluczowym procesem w cyklu wegetacyjnym wszystkich roślin, a w przypadku roślin owadopylnych całkowicie zależnym od owadów. Naukowcy szacują, że wśród roślin uprawianych na owoce, warzywa i nasiona około 75% z nich jest zależne od zapylenia przez obce organizmy [Tuell i in. 2008]. Przyjmuje się, że w Polsce ta liczba wynosi około 20%, czyli 2,7 mln ha upraw. Do roślin tych zaliczamy, m.in.: grykę, słonecznik, lucernę, malinę i inne [Banaszak i in. 2000]. Zapylenie nie tylko konstytuuje zawiązywanie nasion, ale również przyczynia się do zwiększenia potencjału plonowania poprzez zwiększenie ilości owoców, ich wielkości oraz jakości [Wilson i in. 2010].

Do owadów zapyłających zalicza się różne grupy owadów (Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera), jednak niewątpliwie największą rolę w procesie zapylenia roślin przypisuje się błonkówkom (Hymenoptera) [Nowacki 2000, Trzciniński i Piekarska-Boniecka 2012]. Można wśród nich odnaleźć gatunki szkodliwe, np. rośliniarki (Symphyta), jak i gatunki ważne ze względu na pełnione przez nie funkcje regulacyjne względem szkodników, jak i zapylenia roślin, m.in. przedstawiciele owadziarek (Parasitica), pszczoły (Apoidea). W Polsce stwierdzono występowanie około 450 gatunków pszczół. Ich rozwój uzależniony jest od pokarmu kwiatowego. Już w stadium larwy karmione są one mieszaniną nektaru i pyłku, bądź też mleczkiem pszczelim stanowiącym wydzielinę gruczołów gardzielowych. Wszystko to sprawia, że obok pełnionej przez nie roli biocenotycznej oraz wysokiej wartości produktów wytwarzanych przez pszczołę miodną, przypisuje się im znaczącą rolę w procesie zapylenia roślin, w tym także roślin uprawnych [Banaszak i in. 2000].

Głównym zapyłaczem światowych upraw jest pszczoła miodna *Apis mellifera* L. [Tuell i in. 2008]. Wielu badaczy mówi o zjawisku zmniejszania się liczebności pszczoły miodnej przypadającym na połowę lat 80 i trwającym do dziś. Wymieranie pszczół tłumaczy się, m.in. utratą siedlisk, śmiertelnością powodowaną przez parazytoidy (głównie przez *Varroa jacobsoni* (Oudemans, 1904), stosowaniem chemicznych środków ochrony roślin, rozprzestrzenianiem roślin modyfikowanych genetycznie i rozwojem cywilizacyjnym [Banaszak i in. 2000, Tuell i in. 2008, Grelewska 2011]. Produkcja roślinna jest ściśle związana z obfitością i różnorodnością zapyłaczy co sprawia, że spadek liczebności *Apis mellifera* L. kieruje uwagę badaczy na udział dzikich populacji pszczół w procesie zapyłania [Tuell i in. 2008].

Nadrodzina pszczołowate Apoidea, do której należą pszczoły samotnice, wyodrębniona została z rzędu Hymenoptera. Dzięki pszczoły mają szczególne znaczenie w zapyleniu upraw, w obrębie których pszczoła miodna charakteryzuje się niższą efektywnością (lucerna, dyniowate, borówka amerykańska i koniczyna czerwona) [Banaszak i in. 2000, Tuell i in. 2008]. Pszczoły te, zapyłając wiele gatunków dziko rosnących, zapewniają również prawidłowe funkcjonowanie ekosystemów [Banaszak i in. 2000, Majewski 2010, Wilson i in. 2010].

Naukowcy wskazują, że ze względu na pożyteczność pszczół i ich dużą rolę w gospodarce powinny one zostać objęte kompleksową ochroną. Obecnie w Unii Europejskiej dużo uwagi poświęca się ochronie przyrody, w tym również pożytecznej entomofauny, jednak prawodawstwo skupione jest głównie wokół środków ochrony roślin i ich prawidłowego zastosowania. Przynosi to efekty w postaci ograniczania zagrożeń ze strony rolnictwa dla pożytecznej entomofauny [Pruszyński i Pruszyński 2006], jednak ochrona pszczół to znacznie szersze zagadnienie. Banaszak i in. [2000] rekomendują, aby niektóre gatunki pszczół objąć ochroną prawną. Ponadto szczególną opieką powinno się objąć ich naturalne siedliska. Wskazane jest namnażanie i reintrodukcja dzikich pszczół oraz hodowla gatunków gospodarczo istotnych. Tuell i in. [2008] podkreślają, iż w dążeniach do ochrony pszczół na terenach rolniczych, priorytetem jest poznanie dzikich roślin najbardziej atrakcyjnych dla zapyłaczy, a w konsekwencji stworzenie mieszanki roślin zwabiającej błonkówki, co przyczyni

się do polepszenia zapylania upraw zależnych od pszczoł.

Celem pracy było określenie składu rodzajowego pszczoł samotnic występujących na kwiatach roślin zielnych oraz ustalenie najbardziej atrakcyjnych dla pszczoł gatunków roślin, które wysiane w sąsiedztwie upraw mogą przyczynić się do zwiększenia liczebności pszczoł w ich obrębie, co w konsekwencji prowadzi do zwiększenia ilości i jakości plonów.

## **MATERIAŁ I METODY**

Badania nad atrakcyjnością gatunków roślin zielnych dla pszczoł samotnic prowadzono od maja do września 2010 i 2011 r., na terenie Kolekcji Roślin Ozdobnych należącej do Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Obserwacjami objęto 10 gatunków roślin zielnych: rozchodnik naskalny *Sedum cauticola* Praeger, rogownicę kutnerową *Cerastium tomentosum* L., lawendę wąskolistną *Lavandula angustifolia* Mill., czosnek szczypiorek *Allium schoenoprasum* L., koper ogrodowy *Anethum graveolens* L., rumianek pospolity *Matricaria chamomilla* L., rutę zwyczajną *Ruta graveolens* L., lubczyk ogrodowy *Levisticum officinale*, tymianek pospolity *Thymus vulgaris* L. i miętę pieprzową *Mentha × piperita* L.

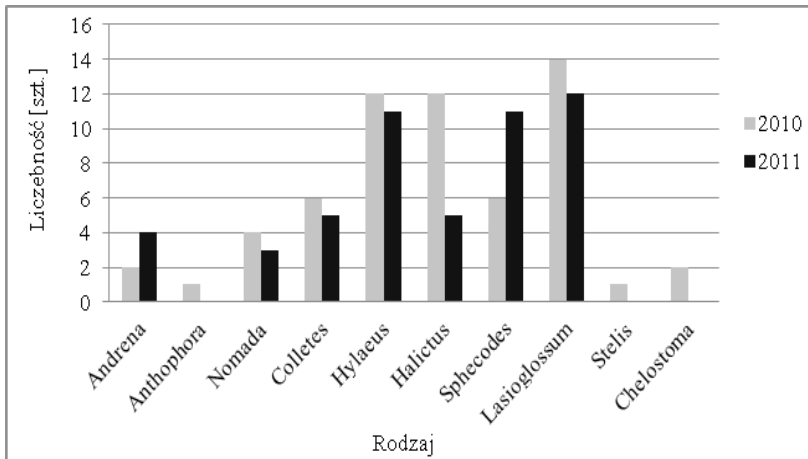
Dorosłe pszczołowate odławiano za pomocą siatki entomologicznej metodą „na upatrzonego”, w ciągu 15 min. z każdego gatunku rośliny. Odłowów dokonywano w dni słoneczne, bezwietrzne, w godzinach rannych i popołudniowych, w warunkach sprzyjających lotom owadów. Z jednej rośliny pobierano po jednej próbie danego dnia.

Odłowione dzikie pszczoły oznaczono do rodzaju za pomocą klucza Celarego [2001]. Udział procentowy wyliczono według wzoru zawartego w pracy Szujeckiego [1980] i na tej podstawie ustalono dominację gatunków posługując się skalą wg Petryszaka [1982]:

>10 % - eudominanty (Ed), > 5,1 % - 10 % - dominanty (D), > 2,1 %- 5 % - subdominanty (Sd), > 1,1 %- 2 % - recedenty (R), < 1 % - subrecedenty (Sr).

## WYNIKI

Z kwiatów roślin zielnych odłowiono 113 osobników Hymenoptera, w tym 62 błonkówki w roku 2010 i 51 w 2011. Wśród nich wyróżniono 10 rodzajów należących do 5 rodzin. W obu latach prowadzenia badań najliczniej występowały pszczoły z rodzaju *Lasioglossum* i *Hylaeus*, co pozwoliło zaklasyfikować je do klasy eudominantów. Do grupy tej zaliczono również rodzaje *Sphecodes* (2011) i *Halictus* (2010). Najmniej liczne były pszczoły z rodzaju *Anthrophora* i *Stelis* (recedenty). Większość wykazanych rodzajów odławiana była w obu latach prowadzenia badań; jedynie *Anthrophora*, *Stelis* i *Chelostoma* zostały odłowione tylko w 2010 roku (Tab. 1, Ryc. 1.).



Ryc. 2. Liczebność poszczególnych rodzajów Apoidea odławianych na kwiatach

Analizując otrzymane wyniki można stwierdzić, iż rodzajami odwiedzającymi najwięcej gatunków roślin zielnych, a jednocześnie najliczniej występującymi, były: *Lasioglossum* (7 gatunków roślin, 26 odłowionych osobników), *Hylaeus* (7 gatunków, 23 osobniki), *Halictus* (7 gatunków, 19 osobników) (Tab. 1).

Tab. 1. Klasy dominacji poszczególnych rodzin i rodzajów Apoidea z uwzględnieniem atrakcyjności kwiatów dla poszczególnych rodzajów

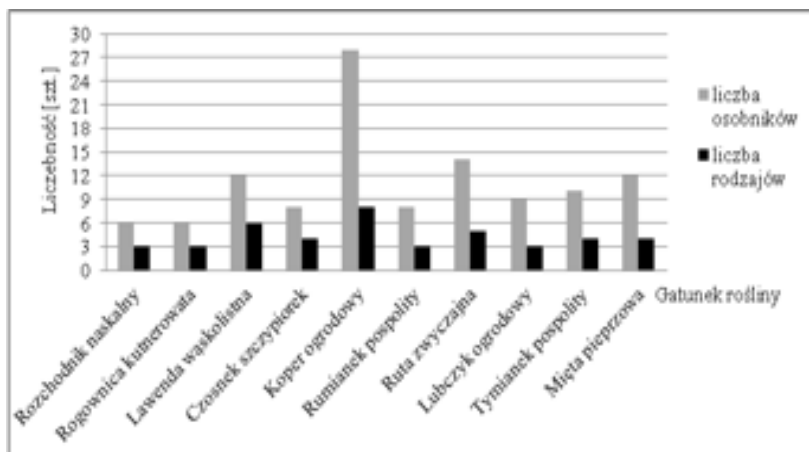
Rodzaj Apoidea	2010				2011			
	Gatunek rośliny	Liczba odłowionych osobników	%	Klasa dominacji	Gatunek rośliny	Liczba odłowionych osobników	%	Klasa dominacji
Andrena (pszczolinka)	Ag	2	3%	Sd	Tv, Rg, Ag	4	8%	D
Anthophora (porobnica)	Sc	1	2%	R	-	0	0%	
Nomada (koczownicica)	Ag, Rg	4	6%	D	Ag, Rg	3	6%	D
Colletes (lepiarka)	Ct, La, Ag, Rg, Tv, Mp	6	10%	D	Ct, Ag, Rg, Tv, Mp	5	10%	D
Hylaeus (samotka)	Ct, La, Ag, Mc, Le, Mp	12	19%	Ed	Ct, La, As, Ag, Mc, Mp	8	16%	Ed
Halictus (smuklik)	Sc, La, As, An, Mc, Tv, Me	14	23%	Ed	Sc, Ct, La, As, Ag, Rg, Lo	11	22%	D

Sphecodes (nęczyn)	As, An, Rg, Lo	6	10%	D	Sc, Ct, La, As, Ag, Rg, Lo	11	22%	Ed
Lasio glossum (pseudo smuklik)	As, Ag, Rg, Lo, Tv, Me	14	23%	Ed	La, Ag, Rg, Lo, Tv	9	18%	Ed
Stelis (szmeronia)	Ag	1	2%	R	-	0	0%	
Chelostoma (noży cówka)	La, Mc,	2	3%	Sd	-	0	0%	
<b>Ogółem</b>		<b>62</b>				<b>51</b>		

*Anethum graveolens* (Ag), *Allium schoenoprasum* (As), *Cerastium tomentosum* (Ct) *Sedum cauticola* (Sc), *Lavandula angustifolia* (La), *Matricaria chamomilla* (Mc), *Ruta graveolens* (Rg), *Levisticum officinale* (Lo), *Thymus vulgaris* (Tv), *Mentha × piperita* (Mp)

Gatunkiem najchętniej odwiedzanym przez dzikie pszczoły, zarówno w roku 2010 jaki i 2011, był należący do rodziny Apiaceae koper ogrodowy *Anethum graveolens* L. Odłowiono z niego 28 osobników, co stanowiło 24,8% ogółu zebranych Hymenoptera. Drugą atrakcyjną dla pszczół rośliną była ruta zwyczajna *Ruta graveolens* L., którą odwiedziło 12,4% spośród odłowionych osobników. Natomiast najmniejszą atrakcyjnością dla pszczół charakteryzowały się kwiaty rozchodnika naskalnego *Hylotelephium cauticola* Praeger i rogownicy kutnerowatej *Cerastium tomentosum* L. (po 6 osobników, 5,3%). Ponadto w 2011 również nielicznie były odwiedzane kwiaty czosnku szczypiorku *Allium schoenoprasum* L. Największe bogactwo rodzajowe obserwowano na kwiatkach kopru ogrodowego (8 rodzajów, 80% wszystkich odłowionych rodzajów), najmniejsze zaś na rozchodniku naskalnym, rogownicy kutnerowatej, rumianku pospolitym i lubczyku ogrodowym (3 rodzaje, 30%) (Ryc. 2).

Ryc. 3. Atrakcyjność poszczególnych gatunków roślin dla Hymenoptera



## DYSKUSJA

Kamiński i Kozik [2014] w obserwacjach nad wpływem pszczół samotnic na proces zapylania badali efektywność zapylania i tworzenia nasion linii kapusty pekińskiej i kapusty głowiastej białej, w zależności od rodzaju i liczby owadów zapylających oraz warunków uprawy. W przeprowadzonych analizach polowych autorzy zaobserwowali zwiększenie wydajności tworzenia nasion kapusty pekińskiej przy wykorzystaniu murarki ogrodowej, wykazując, iż może ona być efektywnym zapylaczem roślin kapustowatych. Z kolei Masierowska [2014] stwierdziła, że dzikie pszczoły, obok pszczoły miodnej, są kluczowymi zapylaczami gryki białej i sarepskiej. Dane te potwierdzają, iż nie tylko pszczoła miodna, ale również dzikie pszczoły mają zasadnicze znaczenie w zapylaniu roślin uprawnych.

Obecność dzikich pszczół w uprawach roślin jest zależna od otaczających je pożytków, w związku z tym kluczowym, jak wskazują niektórzy badacze, czynnikiem jest poznanie roślin atrakcyjnych dla zapylaczy [Tuell i in. 2008, Kelm i in. 2014]. Obserwacje nad atrakcyjnością roślin zielnych dla pszczół prowadziło wielu naukowców, jednak dostępne w literaturze informacje nie dotyczą atrakcyjności badanych przez autorki roślin. Dąbkowska [2013] podaje kilka dziko występujących gatunków roślin zielnych, mogących stanowić pożytek nie tylko dla pszczoły miodnej, ale również

pszczół samotnic. Do gatunków tych autorka zalicza, m.in. koniczynę białą *Trifolium repens* L., koniczynę łąkową *Trifolium pratense* L., wykę ptasią *Vicia cracca* L. oraz krwawnicę pospolitą *Lythrum salicaria* L.

Według Barbir i in. [2015] najbardziej atrakcyjnymi dla pszczół spośród badanych roślin były ogórecznik lekarski *Borago officinalis* L. i facelia wrotyczolistna (błękitna) *Phacelia tanacetifolia* Benth. Niższą atrakcyjnością charakteryzowały się: żmijowiec babkowy *Echium plantagineum* L., nagietek polny *Calendula arvensis* L. i kolendra siewna *Coriandrum sativum* L.. Najmniej atrakcyjne okazały się aksamitka rozpierzchna *Tagetes patula* L. i lobularia nadmorska (smagliczka) *Lobularia maritima* L.

Z kolei Tuell i in. [2008], na podstawie przeprowadzonych badań, do najbardziej atrakcyjnych dla dzikich pszczół roślin zaliczyli: pięciornik krzewiasty *Potentilla fruticosa* L., *Ratibida pinnata* Vent., kłosowiec olbrzymi *Agastache nepetoides* L., różnik przerośnięty *Silphium perfoliatum* L. oraz lobelię wielką *Lobelia siphilitica* L..

W analizach stwierdzono, że spośród badanych rodzin botanicznych roślin najbardziej atrakcyjną dla pszczół samotnic była rodzina Apiaceae. Natomiast Tuell i in. [2008] do najbardziej atrakcyjnych dla dzikich pszczół zaliczają rodziny: Asteraceae, Asclepiadaceae, Campanulaceae, Lamiaceae, Liliaceae, Rosaceae i Scrophulariaceae.

W badaniach Tuell'a i in. [2008] autorzy spośród 1393 odłowionych osobników zanotowali liczne występowanie takich gatunków jak: *Lasioglossum admirandum* (Sandhouse, 1924), (93,6%), *Hylaeus affinis* (Smith, 1853) (71,5%), *Agapostemon virescens* (Fabricius, 1775) (66,5%), *Halictus ligatus* (Say, 1837) (50,4%) i *Xylocopa virginica* (Linnaeus, 1771) (34,3%). Podobny skład rodzajowy dzikich pszczół otrzymały autorki niniejszej pracy.

## WNIOSKI

Największą atrakcyjnością dla dzikich pszczół cechowały się kwiaty kopru włoskiego, który odwiedziło 24% obserwowanych pszczół, natomiast najmniej atrakcyjne były kwiaty rozchodnika naskalnego, na którym zaobserwowano 5,2% pszczół

Wysiewanie roślin należących do rodziny Apiaceae, takich jak np. koper ogrodowy, w pobliżu upraw, przyczyni się do przywabia-

nia wielu gatunków dzikich pszczoł, które z kolei będą pełnić funkcję zapylaczy roślin uprawnych.

Mieszanki roślinne składające się z takich gatunków jak rochodnik naskalny i rogownica kutnerowata nie przyczynią się do zwiększenia bioróżnorodności dzikich pszczoł w rejonie upraw.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Banaszak J., Czechowska W., Czechowski W., Garbarczyk H., Sawoniewicz J., Wiśniowski B. 2000. Zagrożenia i perspektywy ochrony owadów błonkoskrzydłych (Hymenoptera), *Wiadomości Entomologiczne* 18 (2): 177-211.
- Barbir J., Badenez-Perez F.R., Fernandez-Quintanilla C., Dorado J. 2015. The attractiveness of flowering herbaceous plants to bees (Hymenoptera: Apoidea) and hoverflies (Diptera: Syrphidae) in agro-ecosystems of Central Spain. *Agricultural and Forest Entomology* 17: 20-28.
- Celary W. 2001. Dzikie pszczoły (Hymenoptera, Apoidea) w Polsce. Klucz do oznaczania rodzin i rodzajów. [W:] Diagnostyka szkodników roślin i ich wrogów naturalnych IV. J. Boczek (red.), SGGW, Warszawa.
- Celary W., Flaga S. 2015. Pszczoły dziko żyjące (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). Klucz do rozpoznawania rodzin i rodzajów pszczoł wraz z ich charakterystyką. Zespół Parków Krajobrazowych Województwa Małopolskiego, Kraków.
- Dąbkowska T. 2013. Charakterystyka wybranych gatunków ziół i chwastów użytków zielonych. [W:] Trwałe użytki zielone w gospodarstwach ekologicznych, Charakterystyka wybranych gatunków ziół i chwastów użytków zielonych. J. Tyburski, S. Grzegorzczak (red.). Uniwersytet Warmińsko-Mazurski. Olsztyn.
- Grelewska A. 2011. Pszczoł gwałtownie ubywa. *Przyroda Polska* 8: 18 – 19.
- Kamiński P., Kozik E.U. 2014. Efektywność tworzenia nasion linii kapusty pekińskiej i kapusty głowiastej białej w zależności od rodzaju i liczby owadów zapylających oraz warunków uprawy. *Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa* 22: 31-40.
- Kelm M., Strojny T., Michoła P. 2014. Z badań nad dzikimi pszczołami w uprawach rzepaku ozimego. 21 Sympozjum Sekcji Hymenopterologicznej PTE. *Biuletyn Sekcji Hymenopterologicznej* 22: 4-5.
- Masierowska M. 2014. Rola pszczoł (Apoidea) w zapylaniu kwiatów gorczycy białej i gorczycy sarepskiej. 21 Sympozjum Sekcji Hymenopterologicznej PTE. *Biuletyn Sekcji Hymenopterologicznej* 22: 3-4.

- Majewski J. 2010. Pszczelarstwo i jego rola dla rolnictwa polskiego. Roczniki Nauk Rolniczych, Seria G-Ekonomika Rolnictwa 97 (4): 127-134.
- Nowacki J. 2000. Konieczność ochrony owadów, jako niezbędny element ochrony przyrody. Wiadomości Entomologiczne 18 (2): 7-14.
- Petryszak B. 1982. Ryjkowce (Curculionidae, Coleoptera) Beskidu Sądeckiego. UJ, Rozprawa Habilitacyjna: 68.
- Pruszyński S., Pruszyński G. 2006. Ochrona entomofauny w polskim ustawodawstwie ochrony roślin. Wiadomości Entomologiczne 25 (2): 169-177.
- Szujecki A. 1980. Ekologia owadów leśnych. PWN. Warszawa.
- Trzcіński P., Piekarska-Boniecka H. 2012. Hoverflies (Diptera, Syrphidae) in apple orchards with integrated pest management in Wielkopolska region (Poland). Progr. Plant Prot. 52 (4): 975-980.
- Tuell J. K., Fiedler A. K., Landis D., Isaacs R. 2008. Visitation by wild and managed bees (Hymenoptera: Apoidea) to eastern US native plants for use in conservation programs. Environmental Entomology 37 (3): 707-718.
- Wilson J. S., Wilson L. E., Loftis L. D., Griswold T. 2010. The montane bee fauna of north central Washington, USA, with floral associations. Western North American Naturalist: 198-207.

### **Afiliacja:**

Elżbieta Wojciechowicz-Żytko  
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie  
Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa  
Katedra Ochrony Roślin  
e-mail: ewojcie@ogr.ar.krakow.pl

*Opiekun naukowy:* dr hab. inż. Elżbieta Wojciechowicz-Żytko

### **Founding**

Research supported by the Ministry of Science and Higher Education of Poland as the part of statutory activities of Department of Plant Protection, University of Agriculture, DS-3500/WBiO/.



**MICROMYCETES NA LIŚCIACH  
BORÓWKI CZARNEJ *VACCINIUM MYRTILLUS* L.  
I BORÓWKI BRUSZNICY *VACCINIUM  
VITIS-IDEA* L. W ARBORETUM SZKOŁY GŁÓWNEJ  
GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO W ROGOWIE**

MICROMYCETES ON LEAVES OF BILBERRY  
*VACCINIUM MYRTILLUS* L. AND RED BILBERRY  
*VACCINIUM VITIS-IDEA* L. IN THE ROGOW  
ARBORETUM OF THE WARSAW UNIVERSITY  
OF THE LIFE SCIENCES

**Abstrakt.** Badania przeprowadzono w Arboretum Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Rogowie. Obiektem badań były borówka czarna *Vaccinium myrtillus* L. oraz borówka brusznica *Vaccinium vitis-idea* L. Obserwacje stanu zdrowotnego roślin przeprowadzono w maju, lipcu i wrześniu 2012 roku. Liście z objawami chorobowymi pobrano do analiz mykologicznych. Pobrane liście wyłożono w laboratorium na pożywkę PDA. Wyizolowane kolonie grzybów należały do 15 gatunków, wśród których dominowały: *Alternaria alternata*, *Pestalotiopsis sydowiana* oraz *Epicoccum nigrum*.

**Słowa kluczowe:** arboretum, borówka czarna, borówka brusznica, liście, grzyby

**Abstract.** The investigations were carried out in 2012 in the Rogow Arboretum of the Warsaw University of Life Sciences. The studies included bilberry *Vaccinium myrtillus* L. and red bilberry *Vaccinium vitis-idea* L.. The observations were carried out three times in the vegetation period. Leaves with disease symptoms were collected for mycological analysis. In the laboratory, the collected leaves were plated on PDA medium. The colonies of fungi belonged to fifteen species. Among them dominant were: *Alternaria alternata*, *Pestalotiopsis sydowiana* and *Epicoccum nigrum*.

**Key words:** arboretum, bilberry, red bilberry, leaves, fungi

## WSTĘP

Rodzaj *Vaccinium* L. należy do rodziny wrzosowatych *Ericaceae* i obejmuje około 450 gatunków, które w większości występują na półkuli północnej [Burnie 2005]. We florze Polski w stanie dzikim występują borówka czarna *V. myrtillus* L. oraz borówka brusznica *V. vitis-idea* L. [Mirek i in. 2002].

Borówka brusznica nazywana jest także borówką czerwoną. W Polsce występuje pospolicie na całym niżu: w zaroślach, lasach szpilkowych i wrzosowiskach oraz w górach, aż po strefę alpejską. Jest krzewinką dorastającą do 30 cm wysokości. Posiada silnie rozgałęzione, podziemne rozłogi. Ma zimotrwałe, niowłosione, błyszczące, ciemnozielone liście. Owocem jest czerwona jagoda o gorzko-kwaskowatym smaku [Trąba i in. 2012]. Borówka brusznica jest uznawana za roślinę zielarską. Głównym surowcem są liście, które działają moczopędnie, leczą schorzenia układu pokarmowego, niszczą różnego rodzaju mikroorganizmy, wiążą toksyny bakteryjne oraz zmniejszają stany zapalne. Przyjmowanie dużych dawek wyciągów z liści borówki czerwonej może powodować wymioty, czy stany pobudzenia. Owoce stosowane są przede wszystkim jako środek dietetyczny [Ożarowski i Jaroniewski 1987]. Jedną z substancji, która znajduje się w owocach i ze względu na którą warto spożywać je częściej, jest resweratrol. Związek ten jest syntetyzowany przez rośliny w odpowiedzi m.in. na infekcje grzybicze. Ma nie tylko dobry wpływ na układ krwionośny, ale jak wykazują badania *in vitro*, hamuje rozwój procesów nowotworowych [Kopeć i in. 2011].

Borówka czarna pospolicie występuje w Ameryce Północnej, północnej części Azji oraz w północnej i środkowej Europie [van Wyk i Wink 2008]. W Polsce występuje na całym niżu oraz w górach. Duże skupienia borówki czarnej, inaczej czernicy, zwane są jagodziskami i najczęściej spotykane są na południu kraju [Grochowski 1990]. Rośnie na glebach kwaśnych i wilgotnych. Pędy dorastają do 60 cm, liście są wiotkie, nagie, jasnozielone, a jesienią czerwienieją i opadają. Owocem jest jagoda koloru ciemnogrnatowego z woskowym nalotem. Pojedyncze krzewinki mogą żyć nawet przez 30 lat [Trąba i in. 2012]. Owoce borówki czarnej są bogate w związki bioaktywne, pozytywnie wpływające na ludzki organizm. Antocyjany zawarte w jagodach czernicy są silnymi antyoksydantami. Kompleks antocyjanów

występujących w ekstrakcie z *Vaccinium myrtillus*, ma zdolność do usuwania wolnych rodników [Martin-Aragon i in. 1998]. Działanie przeciwnowotworowe borówki czarnej jest związane z obecnością antocyjanów oraz tanin, które stwarzają szanse na miejscowe niwelowanie komórek rakowych [Thomasset i in. 2009]. Garbniki występujące w owocach mają działanie ściągające, zapierające i bakteriobójcze. Ekstrakt polifenoli z owoców jagodowych działa hamująco na rozwój i wzrost bakterii z rodzajów: *Salmonella*, *Escherichia*, *Staphylococcus* i *Listeria* [Puupponen-Pimia i in. 2005]. Wyciągi oraz napary z suszonych jagód są skuteczne w zatruciach pokarmowych, działają przeciwkrwotocznie oraz mają wpływ na poprawę ostrości widzenia. Pozytywnie działają na organizm odtruwając go z metali ciężkich [Ożarowski 1982]. Liście borówki czernicy stosowane są przy niezżytach jelit, zapaleniach dróg moczowych czy kamicy nerkowej. Napary z liści pomagają poprawić krążenie oraz zmniejszają dolegliwości związane z artretyzmem [Ożarowski i Jaroniewski 1987].

Borówka czarna może być kolonizowana przez grzyby powodujące przebarwienia na łodygach i liściach, które wraz z obejmowaniem coraz większych powierzchni tkanek, prowadzą do zamierania krzewinek [Beales i inni 2010, MacKinlay i McIntosh 2010 ].

Celem badań było ilościowe i jakościowe oznaczenie grzybów *Micromycetes* bytujących na liściach borówki czarnej *Vaccinium myrtillus* L. oraz borówki bruszniczy *Vaccinium vitis-idea* L.

## **MATERIAŁ I METODY**

Miejszem badań było Leśne Arboretum Lasów Doświadczalnych SGGW w Rogowie. Badaniami objęto borówkę czarną oraz borówkę brusznicę, rosnące w najmniejszym dziale Arboretum – alpinarium. Liście pobrano w 3 terminach: 25 marzec, 25 lipiec oraz 25 wrzesień 2012 roku. Na materiale roślinnym widoczne były objawy nekrozy i plamistości. Do analiz mykologicznych pobrano z każdego gatunku w trzech terminach po 10 liści żywych i 10 liści opadłych.

Analizy mykologiczne wykonano w laboratorium Katedry Ochrony Roślin Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Z pogranicza tkanki żywej i zamarłej wycięto po 5 fragmentów z objawami chorobowymi o powierzchni

około 0,5 cm<sup>2</sup>. Porażone fragmenty liści poddano powierzchniowej dezynfekcji poprzez 3-minutowe zanurzenie w wodzie destylowanej, następnie 3-minutowe zanurzenie w 70% alkoholu etylowym i ponowne trzykrotne zanurzenie w wodzie destylowanej. Przygotowany materiał roślinny osuszono, a następnie wyłożono po 5 fragmentów na płytkę Petriego z pożywką PDA.

Płytki Petriego zabezpieczono przed zewnętrznymi zanieczyszczeniami, umieszczono w plastikowych pojemnikach i pozostawiono w laboratorium w temperaturze pokojowej. Po 7 dniach od wyłożenia materiału roślinnego, kolonie grzybów odszczepiono na skosy z pożywką glukozowo-ziemniaczaną. Po kolejnych 14 dniach wykonano porównania makro i mikroskopowe z wyodrębnieniem kolonii reprezentatywnych. Według kluczy mykologicznych Booth'a [1971] oraz Domsch'a i in. [1980] dokonano identyfikacji kolonii grzybów do gatunku.

Wyliczono współczynnik podobieństwa S (liczbę Sörensena) dla gatunków Micromycetes bytujących na badanych gatunkach z rodzaju *Vaccinium*:

$$S = 2c/(a + b)$$

gdzie:

- a – liczba gatunków grzybów występujących na borówce czarnej,
- b – liczba gatunków grzybów występujących na borówce brusznicy,
- c – liczba gatunków wspólnych dla obu roślin

Współczynnik podobieństwa został obliczony dla każdego terminu badań.

## WYNIKI

Z liści żywych i liści opadłych pobranych z obu gatunków borówki, wyizolowano 85 kolonii grzybów reprezentowanych przez 15 gatunków, z czego 42 kolonie z liści żywych, a 43 z liści opadłych. W zbiorowisku największy procentowy udział miały: *Alternaria alternata* (25,88%), *Pestalotiopsis sydowiana* (18,82%) oraz *Epicoccum nigrum* (16,47%). W składzie zbiorowiska grzybów obecne były: *Truncatella truncata* (8,24%), *Cladosporium cladosporioides* (4,71%), *Fusarium oxysporum* (4,71%), *Mortierella alpina* (4,71%) oraz *Peni*

Tab. 1. Grzyby wyizolowane z liści żywych i liści opadłych borówki czarnej *V. myrtillus* L. i borówki brusznicy *V. vitis-idea* L.

Gatunek	<i>Vaccinium myrtillus</i>						<i>Vaccinium vitis-idea</i>						Ogółem [szl]	Udział [%]
	I		II		III		I		II		III			
	Ż	O	Ż	O	Ż	O	Ż	O	Ż	O	Ż	O		
<i>Alternaria alternata</i>			1	2	4	1	1	3	1	3	1	5	22	25,88
<i>Botrytis cinerea</i>	1												1	1,18
<i>Chaetomium globosum</i>							1						1	1,18
<i>Cladosporium cladosporioides</i>					2	2							4	4,71
<i>Cladosporium herbarum</i>					1								1	1,18
<i>Epicoccum nigrum</i>	1	1	4	3	1		1		1	1	1	1	14	16,47
<i>Fusarium oxysporum</i>					1							3	4	4,71
<i>Mortierella alpina</i>					1		2	1					4	4,71
<i>Penicillium expansum</i>	1	2	1										4	4,71
<i>Pestalotiopsis sydowiana</i>	2	3	1	2	2	2	2	2	3	1	16		18,82	
<i>Phialophora cyclaminis</i>	1												1	1,18
<i>Phialophora richardsiae</i>							1		1				2	2,35
<i>Phoma medicaginis</i>							1						1	1,18
<i>Sordaria fimicola</i>							2						3	3,53
<i>Truncatella truncata</i>	3						3						7	8,24
Ogółem	6	4	8	8	11	5	6	11	4	4	7	11	85	100

Objaśnienia:

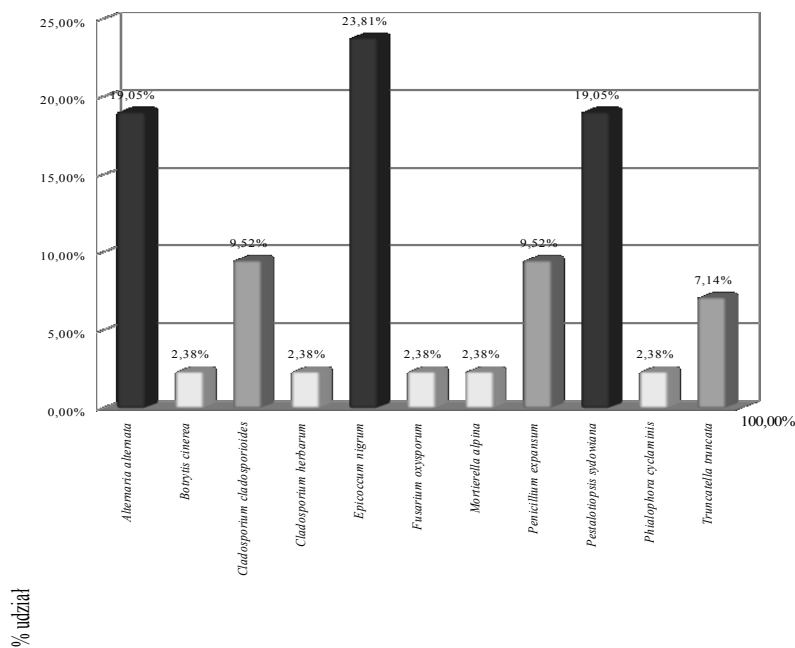
I, II, III – terminy zbioru materiału roślinnego: 25 marzec, 25 lipiec, 25 wrzesień 2012 r.

*cillium expansum* (4,71% całości zbiorowiska). Stwierdzono obecność pojedynczych kolonii grzybów, do których należały: *Sordaria fimicola*, *Phialophora richardsiae*, *Botrytis cinerea*, *Chaetomium globosum*, *Cladosporium herbarum*, *Phialophora cyclaminis* oraz *Phoma medicaginis* (tab.1).

Ż – liście żywe, O – liście opadłe

Z materiału roślinnego pobranego z borówki czarnej wyizolowano łącznie 42 kolonie Micromycetes należących do 11 gatunków, z czego 25 kolonii z liści żywych, a 17 kolonii z liści opadłych. Dominowały: *E. nigrum*, *A. alternata* i *P. sydowiana*. Stanowiły one prawie

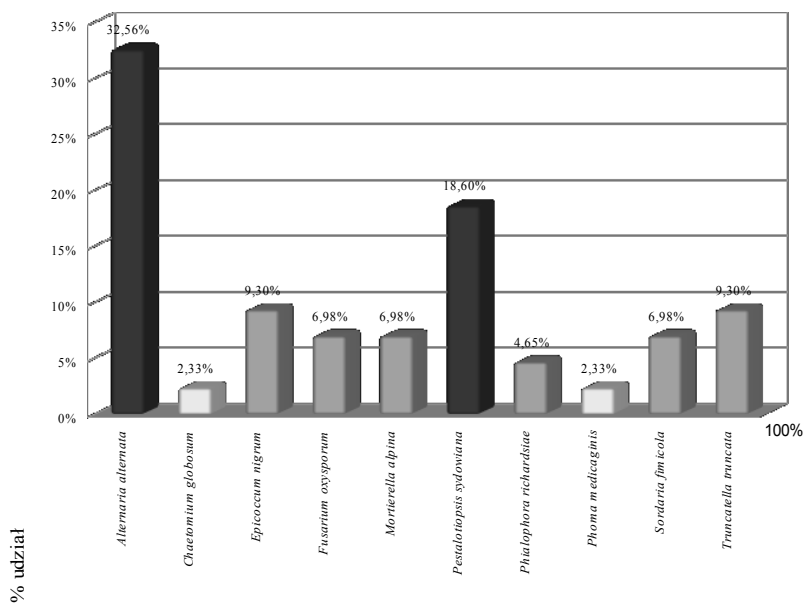
62% zbiorowiska grzybów zasiedlających liście borówki czarnej. Mniej licznie wyizolowano: *C. cladosporioides*, *P. expansum* oraz *T. truncata*, których łączny procentowy udział w zbiorowisku wynosił ponad 26. Wyizolowano także pojedyncze kolonie należące do 5 gatunków grzybów, których łączny udział w zbiorowisku wynosił tylko 12 (tab. 2). W przypadku borówki czernicy najwięcej kolonii grzybów wyizolowano z liści zebranych w lipcu i wrześniu. Na liściach żywych dominował gatunek *E. nigrum*, natomiast na liściach opadłych *P. sydowiana*.



Ryc. 1. Udział poszczególnych grzybów w zbiorowisku zasiedlającym liście borówki czarnej *Vaccinium myrtillus* L.

Z liści borówki brusznicy wyizolowano 43 kolonie grzybów, należących do 10 gatunków. 17 kolonii pochodziło z liści żywych, natomiast 26 kolonii z liści opadłych. Najliczniej występowały *A. alternata* oraz *P. sydowiana*. Łącznie stanowiły one około 52% całego zbiorowiska grzybów zasiedlających liście borówki brusznicy. Mniej licznie występowały: *E. nigrum*, *T. truncata*, *F. oxysporum*, *M. alpina*,

*S. fmicola* oraz *P. richardsiae*, gdzie udział procentowy każdego gatunku w badanym zbiorowisku wahał się między 5 a 10%. Wyizolowano także pojedyncze kolonie *Ch. globosum* i *Ph. medicaginis* (tab. 3). W przypadku borówki brusznicy najwięcej kolonii wyizolowano z liści pobranych w maju i wrześniu. Na liściach żywych tej borówki dominował *P. sydowiana*, natomiast na liściach opadłych *A. alternata*.



Ryc. 2. Udział gatunków grzybów w zbiorowisku zasiedlającym liście borówki brusznicy *Vaccinium vitis-idea* L.

Wyliczono współczynnik Sörensena, podobieństwa jakościowego między zbiorowiskami grzybów bytujących na liściach borówki czarnej oraz borówki brusznicy w trzech terminach prowadzenia badań. Współczynnik ten wynosił 0,4 w marcu, 0,75 w lipcu i 0,53 we wrześniu.

## DYSKUSJA

Micromycetes bytujące w fylloferze roślin mogą wywoływać nekrozy i plamistości, które prowadzą do zamierania oraz opadania liści.

W niniejszych badaniach określono ilościowe i jakościowe występowanie grzybów na liściach borówki czarnej i borówki brusznicy w warunkach Arboretum w Rogowie. W dostępnej literaturze brak jest wyników badań porównawczych. Micromycetes zasiedlające żywe i opadłe liście borówek, tworzyły zbiorowisko grzybów, na który składało się 15 gatunków.

Występowanie *P. sydowiana* na roślinach należących do rodziny wrzosowatych powoduje powstawanie na liściach i łodygach brązowych przebarwień [Hopkins i McQuilken 2000]. Remlein-Starosta [2004] sugeruje, iż grzyb ten może stać się dominującym gatunkiem zasiedlającym rośliny wrzosowate w szkółkach. W Anglii i Francji był uznany za gatunek występujący sporadycznie, który z czasem stał się jednym z głównych patogenów zasiedlających wrzosy, jak i inne rośliny wrzosowate. Rozprzestrzenianie tego patogena najprawdopodobniej spowodowane jest intensywną wymianą roślin z tej rodziny między krajami północnej Europy [McQuilken i Hopkins 2001]. Niniejsze badania wykazały, iż *P. sydowiana* wystąpił w ogólnym zbiorowisku grzybów zasiedlających badane krzewinki borówek, a jego procentowy udział wynosił około 19. *P. sydowiana* pełni dominującą rolę jako nekrotrof powodujący zamieranie liści roślin wrzosowatych, w tym bagna zwyczajnego *Ledum palustre*, chamedafny północnej *Chamaedaphne calyculata* i żurawiny wielkoowocowej *Oxycoccus macrocarpus* [Kowalik i in. 2015].

Według Kućmierza i in. [2013] zawiązki owocowe oraz owoce borówki wysokiej są powszechnie porażane przez *Botrytis cinerea* i *A. alternata*. W niniejszych badaniach *A. alternata* był dominantem w zbiorowisku grzybów zasiedlających liście żywe i opadłe obu borówek, natomiast *B. cinerea* wystąpił sporadycznie na liściach żywych borówki czarnej, stąd można wnioskować, iż oba patogeny stanowią źródło infekcji dla owoców i zawiązków badanych roślin. W kompleksie grzybów szczególnie zagrażających borówce wysokiej wymieniono gatunki z rodzajów *Penicillium* oraz *Fusarium*, które są uważane za toksynotwórcze [Bryk 2010]. W przeprowadzonym doświadczeniu licznie wyodrębniono *P. expansum*, który powoduje pleśń różnych owoców, co sugeruje, że może bytować na liściach, a następnie infekując owoce powoduje ich gnicie. Do kompleksu grzybów powodujących przebarwienia i nekrozy liści wrzo-

sowatych należą gatunki rodzaju *Fusarium* [Kowalik i in. 2011]. Z badanego materiału roślinnego wyodrębniono *F. oxysporum*, zarówno z liści żywych jak i opadłych. W niniejszych badaniach z liści żywych wyodrębniono również *S. fimicola*, który należy do nekrotrofów liści różanecznika [Kowalik 2008].

Z porażonych fragmentów liści wyizolowano *E. nigrum*, który stanowił ponad 16% ogółu zbiorowiska grzybów bytujących na obu badanych borówkach. Grzyb ten był często izolowany z borówki wysokiej w badaniach Szmagary i in. [2006]. Autorzy ci twierdzą, iż niekoniecznie musi on wykazywać działania patogeniczne. Może bytować na roślinie jako saprobiont wspomagający naturalną ochronę biologiczną przed patogenami. Istnieją również doniesienia o chorobotwórczym wpływie *E. nigrum*, m.in. na oberżynę, gdzie powoduje żgorzel siewek [Kućmierz i Sumera 2009].

Uzyskane wyniki w czasie jednorocznych badań na dwóch gatunkach borówki, dają informacje o zagrożeniu tych roślin przez patogeny i saprotrofy bytujące na liściach żywych oraz opadłych, a także w fyllosferze wielu roślin wrzosowatych *Ericaceae*.

## WNIOSKI

1. Wyniki z analiz mykologicznych liści pobranych z borówki czarnej *V. myrtillus* L. i borówki bruszniczy *V. vitis-idea* L. wykazały różnorodność bytujących na nich Micromycetes, które były przyczyną występowania nekroz i plamistości.

2. Materiał roślinny zdominowały: *A. alternata*, *P. sydowiana* oraz *E. nigrum*.

3. Z borówki czarnej wyodrębniono więcej kolonii z liści żywych, natomiast z borówki bruszniczy z liści opadłych.

## BIBLIOGRAFIA

- Beales P. A., Giltrap P. M., Webb K. M., Ozolina A. 2010. A further threat to UK heathland bilberry (*Vaccinium myrtillus*) by *Phytophthora pseudo-syringae*. Plant Pathol. 59 (2): 406.
- Booth C. 1971. The genus *Fusarium*. Comm. Mycol. Inst. Kew, Surrey.
- Bryk H. 2010. Choroby występujące na plantacjach borówki wysokiej. [W:] Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Nauka Praktyce „Intensyfikacja

- uprawy krzewów jagodowych przez wdrażanie najnowszych wyników badań”. Skierniewice ISiK, 20–21 kwietnia 2010: 54–58.
- Burnie G. 2005. Botanica. Rośliny ogrodowe. Könemann.
- Domsch K. H., Gams W., Anderson T. H. 1980. Compendium of Soil Fungi. Acad. Press, London.
- Grochowski W. 1990. Uboczna produkcja leśna. PWN. Warszawa: 327–340.
- Hopkins K. E., McQuilken M. P. 2000. Characteristic of *Pestalotiopsis* associated with hardy ornamental plants in the UK. E. J. Plant Pathol. 106: 77–85.
- Kopeć A., Piątkowska E., Leszczyńska T., Bieżanowska-Kopeć R. 2011. Prozdrowotne właściwości resweratrolu. Żywność Nauka Technologia Jakość 5 (78): 5–15.
- Kowalik M., 2008: Fungi and fungi-like Oomycetes isolated from affected leaves of rhododendron. Acta Mycol. 43, 1: 21–27.
- Kowalik M., Bonio J., Duda-Franiak K. 2015. Micromycetes on Ericaceous plant leaves. Acta Mycol. 50 (1): 1055.
- Kowalik M., Kierpiec B., Bonio J., Żoła M. 2011. Fungi inhabiting spots and necroses on the leaves of azaleas (*Rhododendron*) in the Botanical Garden of the Jagiellonian University. Phytopathologia 62: 41–48.
- Kućmierz J., Nawrocki J., Sojka A. 2013. Grzyby izolowane z chorych zawiązków owocowych i owoców borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.). Fungi isolated from diseased early green fruits and fruits of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). Post. Ochr. Roślin/Prog. Plant Prot. 53 (4): 779–784.
- Kućmierz J., Sumera R. 2009. Grzyby izolowane z nasion oberżyny (*Solanum melongena* L.) oraz patogeniczność wybranych gatunków grzybów dla siewek i próby ich zwalczania. [Fungi isolated from eggplant (*Solanum melongena* L.) seeds, their pathogenicity to seedlings and attempts of their control]. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 49 (1): 219–223.
- MacKinlay L., McIntosh J. 2010. *Phytophthora ramorum* and *P. kernoviae* in Scotland. Botanical Society of Britain and Ireland. 113: 11–12.
- Martin-Aragon S., Basabe B., Benedi J. M. 1998. Antioxidant action of *Vaccinium myrtillus* L. Phytotherapy Research 12: 104–106.
- McQuilken M. P., Hopkins K. E. 2001. Sources, survival and management of *Pestalotiopsis sydowiana* on *Calluna vulgaris* nurseries. Crop Protect. 20: 591–597.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A., Zając M. 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist. Krytyczna lista roślin naczyniowych Polski. Instytut Botaniki PAN im. Władysława Szafera w Krakowie.

- Ożarowski A. (red.) 1982. Ziołolecznictwo. Poradnik dla lekarzy. PZWL. Warszawa: 269.
- Ożarowski A., Jaroniewski W. 1987. Rośliny lecznicze i ich praktyczne zastosowanie. Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych. Warszawa: 105 – 108.
- Puupponen-Pimia R., Nohynek L., Alakomi H., Oksman-Caldentey K. 2005. Bioactive berry compounds – novel tools against human pathogens. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 67, 8-18.
- Remlein-Starosta D. 2004. Pestalotiopsis associated with Erica spp. ornamental plants in nurseries near Poznań – increasing problem. *J Plant Prot. Res.* 44, 4: 307-312.
- Szmagara M., Zalewska E., Machowicz-Stefaniak Z. 2006. Choroby występujące na nadziemnych organach borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.). [W:] Materiały Międzynarodowej Konferencji „Uprawa borówki i żurawiny”. ISiK, Skierniewice, 19–22 czerwca 2006: 86-92.
- Thomasset S., Berty D. P., Cai H., West K., Marzyło T. H., Marsden D., Brown K., Dennison A, Garcea G., Miller A., Hemingway D., Steward W. P., Gescher A. J. 2009. Pilot study of oral anthocyanins for colorectal cancer chemoprevention. *Cancer Prev. Res.* 2: 625-633.
- Trąba Cz., Wolański P., Rogut K. 2012. Rośliny dziko występujące i ich zastosowanie. Przewodnik po wybranych gatunkach. Stowarzyszenie na Rzecz Rozwoju i Promocji Podkarpacia „Pro Carpathia”. Rzeszów: 20 - 23.
- van Wyk B-E, Wink M. 2008. Rośliny lecznicze świata. *MedPharm Polska*: 30.

### **Afiliacja:**

mgr inż. Liliana Drzewiecka

mgr. inż. Joanna Bonio

prof. dr hab. inż. Maria Kowalik

Katedra Ochrony Roślin

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,

e-mail: lila.drzewiecka@gmail.com

Promotor: prof. dr hab. inż. Maria Kowalik



## MONITORING AEROMYKOLOGICZNY PÓL KAPUSTY GŁOWIASTEJ BIAŁEJ

### AEROMYCOLOGICAL MONITORING OF THE WHITE CABBAGE FIELDS

**Abstrakt.** Celem badań było określenie składu gatunkowego grzybów w powietrzu atmosferycznym znad pól uprawnych kapusty głowiastej białej. Badania przeprowadzono w czterech terminach (sierpień, wrzesień, październik, listopad) w roku 2015. Miejsca pomiarowe zlokalizowano w województwie małopolskim w miejscowościach: Chodów, Mydlniki i Proszowice. W badaniach wykorzystano metodę sedymentacyjną Kocha na płytkach Petriego z pożywką PDA. Otrzymano łącznie 28 gatunków grzybów należących do 287 kolonii, najwięcej z powietrza w miejscowości Chodów (19 gatunków wśród 118 kolonii). Drugim co do liczebności stwierdzonych kolonii było stanowisko zlokalizowane w Proszowicach (12 gatunków wśród 97 kolonii). Najmniejszą różnorodnością gatunkową charakteryzowało się powietrze w Mydlnikach (8 gatunków wśród 72 kolonii). Dominującym gatunkiem w badanym powietrzu był *Alternaria alternata*, otrzymano łącznie 125 kolonii, co dało ponad 43% ogółu zbiorowiska grzybów. Drugim, co do liczebności gatunkiem był *Epicoccum nigrum* (53 kolonie, ponad 18%).

**Słowa kluczowe:** monitoring, powietrze atmosferyczne, grzyby, *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. f. *alba*

**Abstract.** The aim of the study was to identify species composition of fungi in the atmospheric air of white cabbage production fields. The study was carried out in four terms (August, September, October, November) in 2015. The measuring points were located in Lesser Poland in: Chodów, Mydlniki and Proszowice. The research was carried out by using Koch's sedimentation method on Petri dish with PDA medium. 28 fungi species belonging to 287 colonies were isolated in total. The largest numbers were in the Chodów air (118 colonies belonging to 19 species). The second site for the number of isolated colonies was Proszowice locality's air (97 colonies belonging to 12 species). The lowest species diversity characterized the air in Mydlniki (72 colonies belonging to 8 species). The dominant fungus in the analyzed air

was *Alternaria alternata*, which formed 125 colonies in total, more than 43% of the whole isolated colonies. The second numerous species was *Epicoccum nigrum* (53 colonies, more than 18%).

**Key words:** monitoring, atmospheric air, fungi, *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. f. *alba*

## WSTĘP

Kapusta głowiasta *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. jest powszechną rośliną warzywną na całym świecie. W Polsce uprawiana jest z przeznaczeniem do przetwórstwa oraz na świeży rynek. Szerokie możliwości jej wykorzystania oraz wysoka wartość odżywcza i właściwości prozdrowotne spowodowały, że jest podstawowym warzywem zajmującym corocznie od 26 do 30 tys. ha krajowych upraw [Kołota i in. 2007, Kusznerewicz i in. 2007, Anyszka 2013, Rokayya i in. 2013].

Kapusta głowiasta biała, mimo, iż uważana za roślinę łatwą w uprawie i wysoko plonującą, często atakowana jest przez patogeny, które powodują straty na różnych etapach uprawy. Postępujący proces chorobowy prowadzić może do zamierania młodych roślin, wpływać negatywnie na wartość handlową produktu lub jego dyskwalifikację. Do najgroźniejszych chorób kapusty należą: kiła kapusty, którą wywołuje *Plasmodiophora brassicae*, czern krzyżowych powodowana przez różne gatunki *Alternaria*, czarna zgnilizna kapustnych, której sprawcą jest bakteria *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, sucha zgnilizna kapustnych wywołana przez *Leptosphaeria* spp., szara pleśń powodowana przez grzyb *Botryotinia fuckeliana* oraz zgnilizna twardzikowa, której sprawcą jest *Sclerotinia sclerotiorum*. Środowiskiem warunkującym rozprzestrzenianie bakterii, grzybów i organizmów grzybopodobnych jest woda glebowa oraz powietrze atmosferyczne, w którym propagule stanowiące źródła infekcji mogą być przenoszone na znaczne odległości [Kołota i in. 2007, Kryczyński i Weber 2010, 2011, Stępniewska-Jarosz i Rataj-Guranowska 2012, Tylkowska 2012, Anyszka 2013].

Powietrze atmosferyczne to rezerwuar różnego rodzaju zani-

eczyszczeń, w tym mykologicznych w postaci zarodników i strzępek grzybni. Zanieczyszczenia te mogą mieć wpływ nie tylko na zdrowie ludzi, ale także roślin. Patogeny przenoszone biernie przez prądy powietrza stanowią zagrożenie dla upraw, stąd konieczność podejmowania badań w zakresie identyfikacji gatunków oraz poszukiwania metod badawczych służących do wykrywania i ograniczania źródeł patogenów. Zagadnienia te są niezwykle ważne dla rozwoju integrowanej ochrony roślin, dążącej do zmniejszenia liczby zabiegów środkami chemicznymi. Badania monitorujące mają również znaczenie prewencyjne, pozwalając na diagnozowanie potencjalnych zagrożeń [Miklaszewska i Grajewski 2005, Frączek i Grzyb 2010, Kryczyński i Weber 2010, Robak 2013, Jędrzycka 2014].

Ideą badań było określenie składu ilościowego i jakościowego Micromycetes w powietrzu pól uprawnych kapusty głowiastej białej *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. f. *alba* w celu ustalenia potencjału zagrożenia infekcjami grzybowymi z powietrza atmosferycznego.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzone w 2015 roku składały się z dwóch etapów. Pierwszy obejmował pobieranie prób powietrza atmosferycznego z nad pól uprawnych kapusty głowiastej białej *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. f. *alba*, a drugi analizę mykologiczną zebranego materiału doświadczalnego. Miejsca poboru powietrza zlokalizowano w województwie małopolskim w miejscowościach: Chodów, Proszowice oraz Mydlniki. Próby pobierano w sierpniu, wrześniu, październiku i listopadzie według terminów podanych w tabeli 1.

Tab. 1. Terminy pobierania prób powietrza atmosferycznego w 2015 roku

Miejscowość	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad
Chodów	3.08	2.09	2.10	6.11
Mydlniki	5.08	3.09	3.10	7.11
Proszowice	4.08	3.09	1.10	8.11

W badaniach wykorzystano metodę sedymentacyjną Kocha, podaną w opracowaniu Weryszko-Chmielewskiej [2007]. Jest to modyfikacja metody grawimetrycznej opartej na zjawisku grawitacji i swobodnym opadaniu zanieczyszczeń mykologicznych na powierzchnię. Powierzchnią chwytną była płytką Petriego z pożywką glukozowo-ziemniaczaną PDA, ustawiona na poziomie gruntu i poddana 10 minutowej ekspozycji w celu pozyskania materiału mykologicznego. Zabezpieczony materiał badawczy poddano 7-dniowej inkubacji w temperaturze pokojowej, a następnie przeszczepiono kolonie na skosy glukozowo-ziemniaczane dla uzyskania akseńicznych kultur grzybów. Kultury w probówkach przyrównano dla otrzymania kolonii reprezentatywnych.

Diagnostyki laboratoryjnej dokonano w oparciu o klucze i opracowania mykologiczne [Westcott 1971, Domsch i in. 1980, Sutton 1980, Ellis i Ellis 1987] oraz kultury wzorcowe, a następnie nazwy gatunków zweryfikowano z bazą Index Fungorum [2016].

Zestawiono tabelarycznie nazwy gatunkowe wraz z liczbą uzyskanych izolatów oraz ich procentowy udział w całości zbiorowiska Micromycetes.

## **WYNIKI I DYSKUSJA**

W wyniku przeprowadzonej analizy mykologicznej otrzymano łącznie 287 izolatów. Oznaczono 28 gatunków grzybów należących do 19 rodzajów.

Największa różnorodność charakteryzowała powietrze w Chodowie, 19 gatunków wśród 118 koloni. Najliczniej występował *Alternaria alternata* i stanowił ponad 38% zbiorowiska grzybów. Licznie wystąpiły: *Cladosporium macrocarpum* (prawie 17%), *Epicoccum nigrum* (11%) oraz *Arthrimum phaeospermum* (prawie 10%). Otrzymano 7 kolonii (prawie 6%) należących do rodzaju *Fusarium* (*F. culmorum*, *F. sporotrichioides*) oraz 5 kolonii *Arthroderma quadridum*. Pozostałe to gatunki sporadycznie występujące (od 3 do 1 kolonii) (tab. 2).

Tab. 2. Grzyby wyizolowane z powietrza w Chodowie

Grzyb	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Suma	Udział [%]
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	37	1	7		45	38,1
<i>Arthrinium phaeospermum</i> (Corda) M.B. Ellis	11				11	9,3
<i>Arthroderma quadrifidum</i> C.O. Dawson & Gentles			5		5	4,2
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link			1		1	0,8
<i>Cladosporium macrocarpum</i> Preuss			20		20	16,9
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries		2			2	1,7
<i>Ilyonectria destructans</i> (Zinssm.) Rossman, L. Lombard & Crous			1	2	3	2,5
<i>Drechslera poae</i> (Baudyš) Shoemaker		1			1	0,8
<i>Epicoccum nigrum</i> Link			9	4	13	11,0
<i>Fusarium culmorum</i> (Wm.G. Sm.) Sacc.			4		4	3,4
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb.		1	2		3	2,5
<i>Humicola fuscoatra</i> Traaen	1				1	0,8
<i>Humicola grisea</i> Traaen	1				1	0,8
<i>Mortierella alpina</i> Peyronel			1		1	0,8
<i>Mortierella parvispora</i> Linnem.			1		1	0,8
<i>Penicillium herquei</i> Bainier & Sartory				2	2	1,7
<i>Penicillium jensenii</i> K.M. Zaleski				1	1	0,8
<i>Scopulariopsis brumptii</i> Salv.-Duval			1		1	0,8
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai		2			2	1,7
Ogółem	50	7	52	9	118	100,0

Mniej kolonii i gatunków wyizolowano z powietrza w Proszowicach (12 gatunków wśród 97 kolonii). Najliczniej występował *A. alternata* i stanowił prawie 45% zbiorowiska grzybów, drugim co do liczebności był *Epicoccum nigrum* (prawie 30%), a kolejnym *Mortierella alpina* (ponad 13%) (tab. 3).

Tab. 3. Grzyby wyizolowane z powietrza w Proszowicach

Grzyb	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Suma	Udział [%]
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	2	40			42	43,3
<i>Epicoccum nigrum</i> Link		28			28	28,9
<i>Humicola fuscoatra</i> Traaen		1			1	1,0
<i>Humicola grisea</i> Traaen		1			1	1,0
<i>Mortierella alpina</i> Peyronel				13	13	13,4
<i>Umbelopsis isabellina</i> (Oudem.) W. Gams	1				1	1,0
<i>Pseudeurotium ovale</i> Stolk			2		2	2,1
<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb.) Vuill.				2	2	2,1
<i>Scolecobasidium terreum</i> E.V. Abbott	1				1	1,0
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary				2	2	2,1
<i>Talaromyces wortmannii</i> C.R. Benj.	2				2	2,1
<i>Alternaria botrytis</i> (Preuss) Woudenberg & Crous			2		2	2,1
<b>Ogółem</b>	<b>6</b>	<b>70</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>97</b>	<b>100,0</b>

Najmniejszą różnorodnością Micromycetes charakteryzowało się powietrze w Mydlnikach. Dominującym gatunkiem był *A. alternata* (ponad 50% całości zbiorowiska), drugim co do liczebności był, jak w poprzednim przypadku, *E. nigrum* (stanowił ponad 17% całości). Kolejnym gatunkiem był *Cladosporium herbarum* (ponad 11%) (tab. 4).

Tab. 4. Grzyby wyizolowane z powietrza w Mydlnikach

Grzyb	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Suma	Udział [%]
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	3	34	1		38	52,8
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link			5	3	8	11,1
<i>Cladosporium macrocarpum</i> Preuss			5		5	6,9
<i>Epicoccum nigrum</i> Link		12			12	16,7
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb.	2				2	2,8
<i>Leptosphaeria maculans</i> (Tul. & C. Tul.) Ces. & De Not.				1	1	1,4
<i>Mortierella alpina</i> Peyronel		2			2	2,8
<i>Trichoderma viride</i> Pers.				4	4	5,6
Ogółem	5	48	11	8	72	100,0

W wyniku przeprowadzonego doświadczenia otrzymano różną liczebność oraz udział procentowy Micromycetes w powietrzu badanych stanowisk. Wspólną cechą powietrza w punktach pomiarowych jest dominacja *A. alternata*, gatunku kosmopolitycznego określanego, jako saprotrof oraz patogen, izolowanego z organów wielu gatunków roślin (z korzeni, liści, kwiatów i nasion). *Alternaria alternata* uważany jest za bardzo trwały i odporny na stresy środowiskowe gatunek, gdyż żywotność jego zarodników osiąga nawet kilka lat. W uprawach kapusty głowiastej jest jednym z komponentów powodujących czerń krzyżowych oraz zgorzele siewek [El-

Morsy i in. 2006, Stępniewska-Jarosz i Rataj-Guranowska 2012, Tylkowska 2012, Anyszka 2013, Robak 2013, Kowalik i Duda 2014, Duda i Bonio 2014, Kowalik i in. 2015]. Najkorzystniejsze warunki dla rozprzestrzeniania tego patogena na polu w Chodowie panowały w sierpniu, natomiast w Proszowicach i Mydlnikach we wrześniu.

Drugim co do liczebności był *Epicoccum nigrum* (53 kolonie). Jest to grzyb pospolity, izolowany z powietrza oraz różnych gatunków roślin [Łukaszewska-Skrzypniak i Rataj-Guranowska 2012, Bonio i Duda 2014, Kowalik i Duda-Franiak 2015]. Przez niektórych autorów uważany jest za gatunek efektywnie hamujący rozwój innych patogenów jako biofungicyd [Zhou i Reeleder 1989, De Cal i in. 2012]. Inni naukowcy opisują go jako patogena wtórnie infekującego rośliny, o słabej patogeniczności [Łukaszewska-Skrzypniak i Rataj-Guranowska 2012].

Liczny udział w powietrzu atmosferycznym miały gatunki rodzaju *Cladosporium*: *C. macrocarpum*, *C. cladosporioides*, *C. herbarum*, często izolowane z powietrza wielu środowisk [Sadowska 2012, Bonio i Duda 2014]. W fitopatologii uważane są za słabe patogeny roślin powodujące objawy chorobowe przy współdziałaniu innych grzybów (np. *A. alternata*). Ich obecność została potwierdzona na roślinach rolniczych, m.in. zbożach, roślinach ozdobnych (azalie, powojniki, magnolie) oraz ziołach [Kryczyński i Weber 2011, Kowalik 2013 a, 2013 b, Duda i Bonio 2014, Kowalik i Duda 2014].

Zanotowano nieznaczny udział grzybów rodzaju *Fusarium* w powietrzu dwóch stanowisk (Chodów i Mydlniki). Według Jędrzycki [2014] głównym źródłem propagul *Fusarium* spp. w powietrzu są tereny rolnicze. *Fusarium culmorum* uznawany jest za patogena wielu roślin, w tym należących do rodziny *Brassicaceae* [Kurzawińska i Rataj-Guranowska 2012]. *Fusarium culmorum* i *F. sporotrichioides* należą do groźnych patogenów zbóż między innymi ze względu na możliwość produkcji mykotoksyn [Abramson i in. 2004, Wiśniewska i in. 2011, Yli-Mattila 2011].

Odnotowano nieznaczny udział takich patogenów kapusty głowiastej, jak *Sclerotinia sclerotiorum*, który jest sprawcą zgnilizny twardzikowej oraz *Leptosphaeria maculans* powodujący suchą zgniliznę kapustnych [Kryczyński i Weber 2011, Anyszka 2013, Robak 2013].

## WNIOSKI

Zanieczyszczenia mykologiczne w powietrzu atmosferycznym są źródłem infekcji dla roślin kapusty głowiaszej białej *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. f. *alba*.

Badania monitorujące zanieczyszczenia mykologiczne powietrza mogą wspomagać decyzje w planowaniu chemicznych zabiegów ochrony roślin, a tym samym wpłynąć na ich ograniczenie.

Otrzymanie licznych kolonii *A. alternata*, jednego ze sprawców czerni krzyżowych świadczy o skuteczności wykorzystanej metody w wykrywaniu tego patogena i może stanowić podstawę do podejmowania dalszych badań.

## BIBLIOGRAFIA

- Abramson D., McCallum B., Tekauz A., Smith D. M. 2004. HT-2 and T-2 toxins in barley inoculated with *Fusarium sporotrichioides*. *Can. J. Plant Sci.*, 84: 1189–1192.
- Anyszka Z. (red.) 2013. *Metodyka integrowanej ochrony kapusty głowiaszej*. Instytut Ogrodnictwa Skierniewice: 5, 25-34.
- Bonio J., Duda K. 2014. Zanieczyszczenia mykologiczne powietrza w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie i Arboretum Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Rogowie. *Episteme* 22, III: 17-24.
- De Cal A., Larena I., Guijarro B., Melgarejo P. 2012. Use of Biofungicides for Controlling Plant Diseases to Improve Food Availability. *Agriculture*, 2: 109-124;
- Domsch K. H., Gams W., Anderson T. H. 1980. *Compendium of Soil Fungi*. Academic Press. London.
- Duda K., Bonio J. 2014. Grzyby bytujące na magnolii Soulange'a (*Magnolia x soulangeana* Soul.-Bod.) w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. *Episteme* 22, III: 41-47.
- Ellis M. B., Ellis J. P. 1987. *Microfungi on Land Plants: An Identification Handbook*. Croom Helm. London.
- El-Morsy E. M., Dohlob S. M., Hyde K. D. 2006. Diversity of *Alternaria alternata* a common destructive pathogen of *Eichhornia crassipes* in Egypt and its potential use in biological control. *Fungal Diversity*, 23: 139-158.
- Frączek K., Grzyb J. 2010. Badania nad rozprzestrzenianiem się aerozolu grzybowego na terenie Krakowa. *Nauka Przyroda Technologie*, 4 (6): 1-7.

- Index Fungorum. 2016. Internet: <http://www.indexfungorum.org/>
- Jędrzycka M. 2014. Aeromycology: studies of fungi in aeroplankton. *Folia Biologica et Oecologica*, 10: 18-26.
- Kołota E., Orłowski M., Biesiada A. 2007. *Warzywnictwo*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu: 219-233.
- Kowalik M. 2013 a. Diversity of fungi colonizing and damaging leaves of pontic azalea *Azalea pontica*. *Acta Mycol.*, 48 (2): 227-236.
- Kowalik M. 2013 b. Fungi colonizing dead leaves of herbs. *Acta Agrobot.*, 66 (1): 61-64.
- Kowalik M., Duda-Franiak K., Rymarczyk M. 2015. Infestation of Micromycetes on the Flowers and Seeds of *Rhododendron* sp. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 5: 252-263.
- Kowalik M., Duda K. 2014. Przyczyny zamierania liści powojnika (*Clematis* L.) *Prog. Plant Prot.*, 54 (4): 389-393.
- Kowalik M., Duda-Franiak K. 2015. Micromycetes on climbing roses leaves (*Rosa* L.) in the Botanic Garden of the Jagiellonian University in Cracow. *Acta Mycol.*, 50 (1):1054, 1-9.
- Kurzawińska H., Rataj-Guranowska M. 2012. *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. [w:] *Kompendium symptomów chorób roślin i morfologii ich sprawców*. Rataj-Guranowska M., Pukacka A. (red.) *Bank Patogenów Roślin i Badania ich Bioróżnorodności*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 76-80.
- Kusznierewicz B., Piasek A., Lewandowska J., Śmiechowska A., Bartoszek A. 2007. Właściwości przeciwnowotworowe kapusty białej. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 6 (55): 20-34.
- Kryczyński S., Weber Z. 2010. *Fitopatologia, tom I, Podstawy Fitopatologii*. PWRiL: 468-469.
- Kryczyński S., Weber Z. 2011. *Fitopatologia, tom II, Choroby roślin uprawnych*. PWRiL: 175-176, 220-222, 276-319.
- Łukaszewska-Skrzypniak N., Rataj-Guranowska M. 2012. *Epicoccum nigrum* Link. [w:] *Kompendium symptomów chorób roślin i morfologii ich sprawców*. Rataj-Guranowska M., Pukacka A. (red.) *Bank Patogenów Roślin i Badania ich Bioróżnorodności*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 68-70.
- Miklaszewska B., Grajewski J. 2005. Patogenne i alergogenne grzyby pleśniowe w otoczeniu człowieka. *Alergia*, 2 (24): 45-50.
- Robak J. 2013. *Metodyka integrowanej ochrony roślin warzywnych przed chorobami*. Instytut Ogrodnictwa Skierniewice, Zakład Ochrony Roślin Warzywnych: 1-36.
- Rokayya S., Li Ch-J, Zhao Y., Li Y., Sun Ch-H. 2013. Cabbage (*Brassica oleracea*)

- cea* L. var. *capitata*) Phytochemicals with Antioxidant and Anti-inflammatory Potential. *Asian Pac. J. Cancer Prev.*, 14 (11): 6657-6662.
- Stępniewska-Jarosz S., Rataj-Guranowska M. 2012. *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. [w:] Kompendium symptomów chorób roślin i morfologii ich sprawców. Rataj-Guranowska M., Pukacka A. (red.) Bank Patogenów Roślin i Badania ich Bioróżnorodności. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 7-11.
- Sutton B. C. 1980. The Coelomycetes. Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata. *Common. Mycol. Inst. England.*
- Sadowska K. 2012. *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) de Vries. [w:] Kompendium symptomów chorób roślin i morfologii ich sprawców. Rataj-Guranowska M., Pukacka A. (red.) Bank Patogenów Roślin i Badania ich Bioróżnorodności. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 42-45.
- Tylkowska K. 2012. *Alternaria brassicae* (Berkeley) Sassardo, *Alternaria brassicicola* (Schweinitz) Wiltshire. [w:] Kompendium symptomów chorób roślin i morfologii ich sprawców. Rataj-Guranowska M., Pukacka A. (red.) Bank Patogenów Roślin i Badania ich Bioróżnorodności. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 12-19.
- Weryszko-Chmielewska E. (red.) 2007. *Aerobiologia*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie: 6-12, 46-54.
- Westcott C. 1971. *Plant Disease Handbook*. Van Nostrand Reinhold Company. New York, Cincinnati, Toronto, London, Melbourne.
- Wiśniewska H., Basiński T., Chełkowski J., Perkowski J. 2011. *Fusarium sporotrichioides* Sherb. toxins evaluated in cereal grain with *Trichoderma harzianum*. *J. Plant Prot. Res.*, 51 (2): 134-139.
- Yli-Mattila T. 2011. Detection of Trichothecene-producing *Fusarium* species in cereals in Northern Europe and Asia. *Agronomy Research*, 9 (Special Issue II): 521-526.
- Zhou T., Reeleder R. D. 1989. Application of *Epicoccum purpurascens* spores to control white mold of snap bean. *Plant Dis.*, 73 (8): 639-642.

### **Afiliacja:**

mgr inż. Klaudia Duda-Franiak,  
Katedra Ochrony Roślin  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
e-mail: k.dudafraniak@wp.eu

*Opiekun naukowy:* prof. dr hab. inż. Maria Kowalik



## WSTĘPNE BADANIA NAD WYSTĘPOWANIEM WCIORNASTKÓW (*THYSANOPTERA*) NA WYBRANYCH GATUNKACH CZOSNKU *ALLIUM* SPP.

### PRELIMINARY RESEARCHES ON THE OCCURRENCE OF THRIPS (*THYSANOPTERA*) ON SELECTED SPECIES OF GARLIC *ALLIUM* SPP.

**Abstrakt.** Celem badań było określenie składu gatunkowego i liczebności wciornastków występujących na sześciu gatunkach czosnku, takich jak: *Allium nevíi*, *A. angulosum*, *A. vavilovii*, *A. ramosum*, *A. galanthum* i *A. nutans*. Badania nad występowaniem wciornastków na czosnku zostały przeprowadzone w 2009 roku na kolekcji *Allium* spp. Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach. W analizowanym sezonie na roślinach czosnku występowały cztery polifagiczne gatunki wciornastków, takie jak *Thrips tabaci* (Lindeman), *Thrips flavus* (Schrank), *Frankliniella intonsa* (Trybom), *Haplothrips aculeatus* (Fabricius) oraz jeden gatunek drapieżny *Aeolothrips intermedius* (Bagnall). Całkowita liczba odłowionych wciornastków w doświadczeniu wynosiła 504 osobniki. W największej liczbie odłowiono wciornastka tytoniowca (*T. tabaci*) (304 osobniki). Również licznie wystąpił gatunek drapieżny *A. intermedius* (149 osobników).

**Słowa kluczowe:** *czosnek, Allium spp., wciornastki, Thysanoptera, gatunki*

**Abstract.** The aim of the study was to determine the species composition and the number of thrips occurring on six garlic species such as: *Allium nevíi*, *A. angulosum*, *A. vavilovii*, *A. ramosum*, *A. galanthum* and *A. nutans*. Research on the occurrence of thrips on the garlic *Allium* spp. was carried out in 2009 on a collection of *Allium* spp. Research Institute of Horticulture in Skierniewice. In the analysed season, four polyphagous thrips species occurred on the garlic plants, such as *Thrips tabaci* (Lindeman), *Thrips flavus* (Schrank), *Frankliniella intonsa* (Trybom), *Haplothrips aculeatus* (Fabricius), as well as one predatory species: *Aeolothrips intermedius* (Bagnall). The total number of thrips caught in the experiment was 504 individuals. The most numerous of collected thrips were onion thrips (*T. tabaci*) (304 individuals). Similarly, large numbers of the predatory species *A. intermedius* were observed (149 individuals).

**Key words:** *garlic, Allium spp., thrips, Thysanoptera, species*

## WSTĘP

Czosnek jest jedną z najbardziej popularnych i najstarszych roślin, które uprawia się jako warzywo, przyprawę i roślinę leczniczą [Zagórska 2003]. Pochodzi on ze stepów Azji Środkowej [Doruchowski 2006], należy do rodziny czosnkowatych (Alliaceae) [Szweykowska i Szweykowski 2007]. Jest również dobrym źródłem witamin i składników mineralnych. Jako środek leczniczy znany jest już od kilku tysięcy lat [Senderski 2015]. Głównym szkodnikiem czosnku jest wciornastek tytoniowiec (*T. tabaci*); występuje on również licznie na cebuli, porze, szczypiorku i warzywach kapustnych, wyrządzając znaczne szkody w okresach suchej i upalnej pogody [Robak i Wiech 2005].

## MATERIAŁ I METODY

W 2009 roku prowadzono badania nad występowaniem wciornastków (Thysanoptera) na 6 gatunkach czosnku: *Allium nevillei*, *A. angulosum*, *A. vavilovii*, *A. ramosum*, *A. galanthum* i *A. nutans*. Rośliny objęte analizą były uprawiane na kolekcji *Allium* należącej do Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach. Rośliny poszczególnych gatunków czosnku rosły na poletkach o wymiarach 2 x 1,5 m. Wciornastki pobierano poprzez otrząsanie kwiatostanów z 10 losowo wybranych roślin z każdego poletka na białą kartkę papieru. Owady były wybierane pędzelkiem do płynu konserwującego (skład płynu konserwującego to: 60% alkoholu, parę kropel gliceryny (10ml/1 kropla) oraz płyn do naczyń). W probówkach umieszczano etykiety, na których zanotowano datę zbioru, numer poletka oraz ilość zebranych wciornastków. Analizy wykonano trzykrotnie w dniach 07.07.2009, 14.07.2009 oraz 21.07.2009. Zebrane wciornastki zostały przygotowane do oznaczeń diagnostycznych zgodnie z preparatyką podaną przez Zawirską [1994]. Przy oznaczaniu gatunków korzystano z klucza Zawirskiej [1994].

## WYNIKI I DYSKUSJA

W sezonie 2009, na roślinach czosnku występowały cztery polifagiczne gatunki wciornastków, takie jak *Thrips tabaci* (Lindeman), *Thrips*

*flavus* (Schrank), *Frankliniella intonsa* (Trybom), *Haplothrips aculeatus*. (Fabricius) oraz jeden gatunek drapieżny *Aeolothrips intermedius* (Bagnall). Zebrano również 4 larwy wciornastków (tab. 1). Podczas badań nad składem gatunkowym wciornastków występujących na porze i cebuli również obserwowano obecność *T. tabaci*, *F. intonsa*, *A. intermedius*, a także innych gatunków wciornastków [Legutowska i Theunissen 2003, Trdan i in. 2005, Pobożniak i in. 2007].

Całkowita liczba odłowionych wciornastków wynosiła 504 osobniki (tab.1). W największej liczebności odłowiono wciornastka tytoniowca (304 osobniki). Również licznie wystąpił gatunek drapieżny *A. intermedius* (149 osobników). Gatunek *T. tabaci* zaliczany jest do szkodników stale zagrażających uprawom roślin warzywnych [Zawirska 1994]; największe szkody wyrządza głównie na cebuli, porze i czosnku [Szejda 2014].

Gatunkiem czosnku najbardziej zasiedlonym przez wciornastki był *Allium nutans*, z którego zebrano łącznie 122 osobniki, w tym *T. tabaci* (60 szt.), *A. intermedius* (43 szt.), *H. aculeatus* (17 szt.) oraz pojedyncze okazy *F. intonsa* (2 szt.) (tab.1). Drugim gatunkiem czosnku, na którym chętniej występowały wciornastki był *Allium angulosum*. Ich łączna liczba wynosiła 110 okazów, *T. tabaci* – 70 szt., *A. intermedius* – 22, *F. intonsa* – 13 oraz *Haplothrips aculeatus* – 5szt. (tab.1). Gatunki *Allium galanthum* i *Allium nevillei* charakteryzowały się zbliżonym stopniem zasiedlenia przez wciornastki, z pierwszego gatunku zebrano łącznie 92 osobniki, natomiast z drugiego 90 osobników. Najliczniej występował na nich *T. tabaci* (odpowiednio 68 i 49 szt.) oraz *A. intermedius* (odpowiednio 23 i 35 szt.) (tab.1). Do grupy najslabiej zasiedlonych przez wciornastki zaliczono dwa gatunki czosnku: *Allium ramosum* i *Allium vavilvoii*, z których zebrano jedynie 47 i 43 okazy Thysanoptera. Z gatunku *A. ramosum* odłowiono 27 osobników *T. tabaci* i 17 okazów *A. intermedius*, natomiast z gatunku *A. vavilvoii* odpowiednio - 30 i 9 sztuk. Na tych dwóch ostatnich gatunkach czosnku odnotowano również pojedyncze osobniki *F. intonsa* (1 i 2 szt.), a na *A. ramosum* także 1 okaz *Thrips flavus* (tab. 1). Podczas doświadczenia odłowiono jedynie 4 larwy, które występowały na trzech gatunkach czosnku: *A. nevillei* (1 szt.), *A. ramosum* (1 szt.) oraz *A. vavilvoii* (2 szt.) (tab. 1).

Tab. 1. Skład gatunkowy i liczebność wciornastków zebranych z różnych gatunków czosnku *Allium* spp.

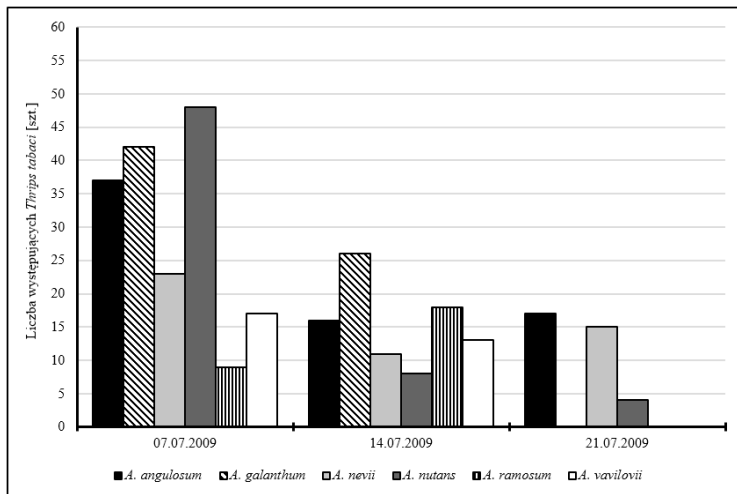
Ogólna liczba wciornastków zebranych z <i>Allium</i> spp.							
Gatunek	<i>Aeolothrips intermedius</i>	<i>Franklinella intonsa</i>	<i>Haplothrips aculeatus</i>	<i>Thrips flavus</i>	<i>Thrips tabaci</i>	Larwa	Całkowita liczba wciornastków
<i>A. angulosum</i>	22	13	5	0	70	0	110
<i>A. galanthum</i>	23	0	0	1	68	0	92
<i>A. nevíi</i>	35	2	3	0	49	1	90
<i>A. nutans</i>	43	2	17	0	60	0	122
<i>A. ramosum</i>	17	1	0	1	27	1	47
<i>A. vavilovii</i>	9	2	0	0	30	2	43
SUMA	149	20	25	2	304	4	504

Na ryc. 1 przedstawiono liczbę okazów wciornastka tytoniowca (*T. tabaci*) zebranych z sześciu gatunków czosnku *Allium* spp. podczas trzech kolejnych terminów obserwacji prowadzonych w okresie od 7 do 21 lipca. Na testowanych gatunkach czosnku największą liczbę osobników *T. tabaci* zebrano 7 lipca. Wyjątek stanowił jedynie gatunek *A. ramosum*, na którym wciornastek tytoniowiec najliczniej wystąpił tydzień później (ryc.1).

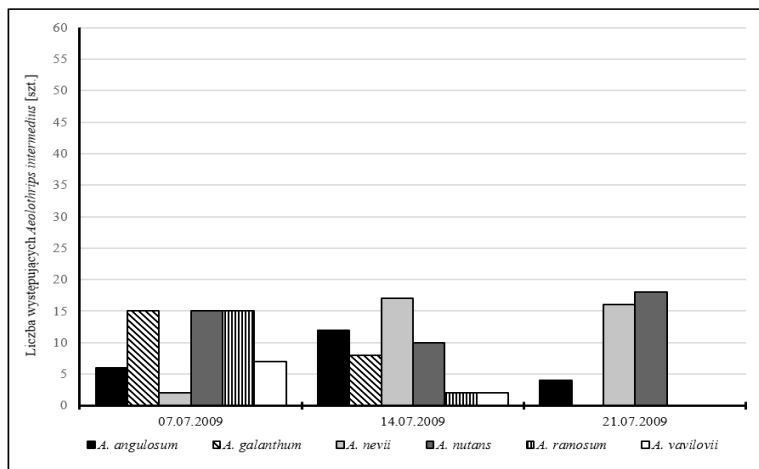
W badaniach prowadzonych na cebuli w 2012 roku przez Pożoźniak i in. [2016] stwierdzono obecność pierwszych osobników *T. tabaci* 17 czerwca, ale maksimum występowania tego wciornastka na odmianach i liniach hodowlanych gatunku *Allium cepa* odnotowano 4 lipca, natomiast na gatunku *Allium fistulosum* 12 lipca. Szafranek i in. [2013] w 2010 roku wykonali doświadczenie na porze, w którym wciornastek tytoniowiec pojawił się na początku lipca i populacja ta utrzymywała się przez cały sezon wegetacyjny na stosunkowo niskim poziomie. W niniejszych badaniach, podczas pierwszej analizy tj. 7 lipca największą liczbę okazów *T. tabaci* (48 sztuk) stwierdzono na

gatunku *Allium nutans* (ryc.1). Nieco mniejszą liczbę wciornastków odnotowano na gatunkach *A. galanthum* i *A. angulosum*, odpowiednio 42 i 37 sztuk (ryc.1). Do gatunków, które charakteryzowały się najmniejszą liczbą zebranych okazów szkodliwego wciornastka należały: *A. ramosum*, *A. vavilovii* oraz *A. nevii* (ryc.1). Z kolei, w dniu 14 lipca najwięcej okazów *T. tabaci* zaobserwowano na gatunku *A. galanthum* (26 osobników), a nieco mniej na *A. ramosum* oraz *A. vavilovii*, odpowiednio – 18 i 13 sztuk (ryc.1). W dniach 14.07 oraz 21.07 z gatunku *A. angulosum* zebrano podobną liczbę okazów wciornastka tytoniowca – odpowiednio 16 i 17 sztuk, natomiast na gatunku *A. nevii* stwierdzono 11 i 15 sztuk tego wciornastka. Najmniej osobników *T. tabaci* odłowiono z gatunku *A. nutans* w dniu 14 oraz 21 lipca (8 i 4 sztuki) (ryc.1). Na gatunkach *A. vavilovii*, *A. ramosum* oraz *A. galanthum* w trzecim terminie obserwacji nie odnotowano obecności wciornastka tytoniowca (ryc.1).

Wciornastek pstrokacz (*Aeolothrips intermedius*) występował w dwukrotnie mniejszej liczebności, aniżeli *T. tabaci*. W dniu 7 lipca na trzech gatunkach czosnku (*A. ramosum*, *A. galanthum* oraz *A. nutans*) zaobserwowano taką samą liczbę osobników (15 sztuk.) (ryc. 2). W tym czasie na roślinach czosnku: *A. vavilovii*, *A. angulosum* i *A. nevii* odnotowano odpowiednio 7, 6 i 2 okazy tego wciornastka (ryc. 2). W dniu 14 lipca stwierdzono największą liczbę *A. intermedius* na czosnku *A. nevii* (17 sztuk) (ryc. 2). W tym czasie na gatunkach: *A. angulosum*, *A. nutans* oraz *A. galanthum* liczba zebranych wciornastków wynosiła odpowiednio 12, 10 i 8 sztuk, a z czosnku *A. vavilovii* oraz *A. ramosum* odłowiono po 2 sztuki tego wciornastka (ryc. 2). W trzecim terminie obserwacji najwięcej osobników wciornastka pstroka zaobserwowano na gatunku *A. nutans* (18 sztuk) oraz *A. nevii* (16 sztuk) (ryc. 2), a nieliczne jego występowanie stwierdzono na czosnku *A. angulosum* (4 sztuki) (ryc. 2). W dniu 21 lipca na trzech gatunkach czosnku: *A. vavilovii*, *A. ramosum* oraz *A. galanthum* nie odnotowano żadnych osobników *A. intermedius* (ryc. 2). Wciornastek pstrokacz jest powszechnie uważany w Europie za jednego z wrogów naturalnych wciornastków, w tym *Thrips tabaci* [Trdan i in. 2005; Jayanthi Mala i Nighot 2013]. Gatunek ten, występujący na czosnku w badaniach przeprowadzonych przez Jayanthi Mala i Nighot [2013] przyczynił się do ograniczenia populacji wciornastków. Na czosnku



Ryc. 1. Liczebność *Thrips tabaci* w kolejnych terminach obserwacji na sześciu gatunkach czosnku (*Allium* spp.)

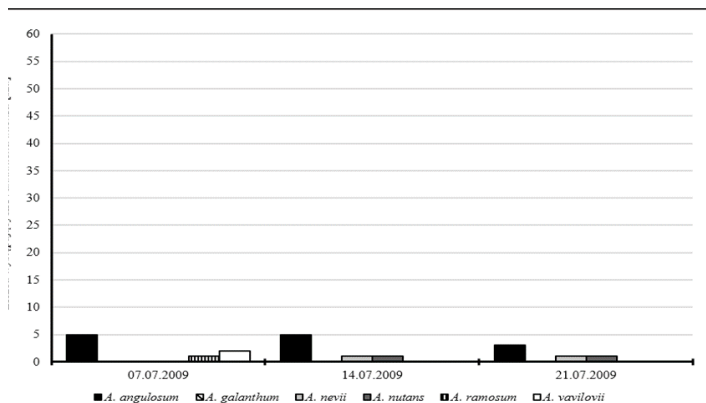


Ryc. 2. Liczebność *Aeolothrips intermedius* w kolejnych terminach obserwacji na sześciu gatunkach czosnku (*Allium* spp.)

stanowił on 20% wszystkich drapieżców, a na cebuli 2% [Jayanthi Mala i Nighot 2013].

Na pięciu badanych gatunkach czosnku: *Allium nevirii*, *A. angulo-*

*sum*, *A. vavilovii*, *A. ramosum* oraz *A. nutans*, wciornastek kwiatowiec (*Frankliniella intonsa*) występował nielicznie (ryc. 3). Prawdopodobnie było to spowodowane tym, że gatunek ten jest charakterystyczny dla roślin kwitnących [Pobożniak i in. 2008] oraz roślin strączkowych [Strassen 2003, Wnuk i Pobożniak 2003]. W doświadczeniu przeprowadzonym w latach 2006 – 2007 na warzywach bobowatych Pobożniak [2011] stwierdziła, iż wraz z ukazywaniem się coraz większej liczby kwiatów liczebność *F. intonsa* systematycznie wzrastała osiągając najwyższą wartość (2440 sztuk). Po zakończeniu okresu kwitnienia roślin liczebność wciornastka kwiatowca spadała. Na gatunku *A. angulosum* w trzech kolejnych terminach obserwacji odnotowano odpowiednio: 5,5 i 3 sztuki tego gatunku wciornastka (ryc. 3). W dniu 7 lipca z gatunku *A. vavilovii* oraz *A. ramosum* liczba zebranych osobników wynosiła odpowiednio 2 i 1 okaz tego wciornastka (ryc. 3). Pojedyncze osobniki *F. intonsa* zaobserwowano, także na gatunku *A. nevilii*, i na czosnku *A. nutans* w dniach 14 i 21 lipca (ryc. 3). Jedynym testowanym gatunkiem czosnku, na którym *F. intonsa* nie wystąpił w żadnym terminie obserwacji był *A. galanthum* (ryc. 3).



Ryc. 3. Liczebność *Frankliniella intonsa* w kolejnych terminach obserwacji na sześciu gatunkach czosnku (*Allium* spp.)

## WNIOSKI

Dominującym gatunkiem wciornastka na sześciu testowanych gatunkach czosnku (*Allium* spp.) był wciornastek tytoniowiec (*Thrips tabaci*). Najbardziej zasiedlanym przez *T. tabaci* gatunkiem czosnku był *A. nutans*. Na gatunkach takich jak: *A. vavilovii*, *A. ramosum* oraz *A. galanthum* w trzecim terminie obserwacji (tj. w ostatniej dekadzie lipca) nie odnotowano żadnych osobników wciornastka tytoniowca.

Spośród wszystkich oznaczonych wciornastków, zebranych z sześciu gatunków czosnku objętych doświadczeniem, najmniej licznie występował *Thrips flavus*.

Gatunek *Aeolothrips intermedius* może pozytywnie wpływać na ograniczanie liczebności polifagicznych gatunków wciornastków.

## BIBLIOGRAFIA

- Doruchowski R.W. 2006. Warto uprawiać czosnek. Hortpress Sp. z o.o. Warszawa: 11.
- Jayanthi Mala B. R. Nighot P. 2013. Natural enemy complex of *Thrips tabaci* Lindeman in onion and garlic. *Pest Management in Horticultural Ecosystems* 19(1): 121 – 122.
- Legutowska H. Theunissen J. 2003. Thrips species in leeks and their under-sown intercrops. *IOBC/WPRS Bulletin* 26(3): 177 – 182.
- Pobożniak M. 2011. Dynamika populacji *Frankliniella intonsa* (Thysanoptera) na warzywach bobowatych. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 51(3): 1060 – 1061.
- Pobożniak M. Bisaga A. Bussler M. 2008. Atrakcyjność kwiatów drzew i krzewów dla wciornastków Thysanoptera w Ogrodzie Botanicznym w Krakowie. [W:] „Fauna Miast – Ochronić Różnorodność Biotyczną w Miastach” (Indykiewicz P. Jerzak L. Barczak T.). Wydawnictwo SAR „Pomorze”, Bydgoszcz: 373 – 382.
- Pobożniak M. Leśniak M. Chuda A. Adamus A. 2016. Field assessment of the susceptibility of onion varieties to thrips attack – preliminary results. *Polish Journal of Entomology/Polskie Pismo Entomologiczne* 85(1): 91 – 93.
- Pobożniak M. Palacz A. Rataj A. 2007. The occurrence and species composition of thrips (Thysanoptera) on onion. *Communications in agricultural and applied biological sciences* 72(3): 487 – 493.
- Robak J. Wiech K. 2005. Choroby i szkodniki warzyw cebulowych. *Plantpress Sp. z o. o. Kraków*: 52ss.

- Senderski M.E. 2015. Prawie wszystko o ziołach i ziołolecznictwie. Wydawnictwo Mateusz E. Senderski 672 ss.
- Strassen R. 2003. Die Terebranten Thysanopteren Europas. Die Tierwelt Deutschlands 74. Goecke and Evers, Keltern: 277 ss.
- Szafranek P. Rybczyński D. Nawrocka B. 2013. Dynamika populacji wciornastka tytoniowca (*Thrips tabaci* Lind.) na porze uprawianym współrzędnie z ziołami. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 53(4): 717 – 720.
- Szwejdka J. 2014. Szkodliwa entomofauna występująca na uprawach roślin warzywnych w Polsce w latach 1861 – 2008. Progress in Plant Protection 54(1): 61 – 65.
- Szweykowska A. Szweykowski J. 2007. Botanika Systematyka. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa: 636 ss.
- Trdan S. Andjus L. Raspudić E. Kač M. 2005. Distribution of *Aeolothrips intermedius* Bagnall (Thysanoptera: Aeolothripidae) and its potential prey Thysanoptera species on different cultivated host plant. Journal of Pest Science 78: 217 – 219.
- Wnuk A. Pobożniak M. 2003. The occurrence of thrips (Thripidae, Thysanoptera) on different cultivars of pea (*Pisum sativum* L.). Journal of Plant Protection Research 43(2): 77 – 85.
- Zagórska I. 2003. Encyklopedia Zdrowia Czosnek. Skarbnica Wiedzy. Warszawa: 79 ss.
- Zawirska I. 1994. Wciornastki – Thysanoptera. s. 145 – 174. [W:] „Diagnostyka szkodników roślin i ich wrogów naturalnych” (J. Boczek, red.). Wyd. SGGW, Warszawa: 328 ss.

**Afiliacja:**

mgr inż. Dominika Grabowska

Katedra Ochrony Roślin

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

e-mail: dominika.grabowska05@gmail.com

Opiekun naukowy/promotor: dr hab. inż. Maria Pobożniak



## WSTĘPNE BADANIA NAD WYSTĘPOWANIEM WCIORNASTKÓW (*THYSANOPTERA*) NA KOPRZE OGRODOWYM *ANETHUM GRAVEOLENS* L.

### PRELIMINARY RESEARCHES ON THE OCCURENCE OF THRIPS (*THYSANOPTERA*) ON DILL *ANETHUM GRAVEOLENS* L.

**Abstrakt.** Badania nad występowaniem wciornastków (*Thysanoptera*) na koprze *Anethum graveolens* L. prowadzono w 2009 na terenie Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach. W doświadczeniu wykorzystano odmianę 'Smaragd'. Podczas prowadzenia badań zebrano dwa gatunki wciornastków, w tym jeden gatunek polifagiczny wciornastek tytoniowiec *Thrips tabaci* (Lindeman) (174 osobniki) oraz drugi gatunek drapieżny *Aeolothrips intermedius* (Bagnall) (31 osobników). Obydwa gatunki występowały na koprze od 9 lipca do 2 września. Największą liczbę osobników *T. tabaci* zebrano 16 lipca i wynosiła ona 53 osobniki/10 roślin, natomiast *A. intermedius* 9 lipca (10 osobników/10 roślin).

**Słowa kluczowe:** *Koper, wciornastki, Thysanoptera, Anethum graveolens*

**Abstract.** The research on the occurrence of thrips (*Thysanoptera*) on the dill species *Anethum graveolens* L. was carried out in 2009 on the premises of Research Institute of Horticulture in Skierniewice. The 'Smaragd' cultivar was used in the experiment. Two species of thrips were collected during the research, including one polyphagic species: *Thrips tabaci* (Lindeman) (174 individuals) and another predatory species: *Aeolothrips intermedius* (Bagnall) (31 specimens). Both species occurred from 9<sup>th</sup> July to 2<sup>nd</sup> September. The greatest number of individuals of *T. tabaci* were collected on July 16<sup>th</sup> and amounted to 53 individuals per 10 plants, while for *A. intermedius* the corresponding date was July 9 (10 individuals per 10 plants).

**Key words:** *dill, thrips, Thysanoptera, Anethum graveolens*

## WSTĘP

Koper ogrodowy (*Anethum graveolens* L.) był znany już w Palestynie i Egipcie, natomiast informacje o nim są dostępne w pracach starożytnych i greckich pisarzy [Pisulewska i Janeczko 2008]. *A. graveolens* należy do rodziny selerowatych (Apiaceae) [Janas 2013, Grzesik i in. 2013]. Koper to roślina lecznicza, przyprawowa, miiododajna i efektownie wyglądająca na rabatach kwiatowych. Jest to również znane zioło aromatyczne o dużych wartościach smakowych, które zawiera wiele związków bioaktywnych o różnorodnych właściwościach [Grzesik i in. 2013]. Koper posiada charakterystyczny aromat spowodowany zawartością olejków eterycznych [Orłowski 2000, Janas 2013]. Głównymi składnikami owoców kopru ogrodowego (w stadium dojrzałości woskowej) są karwon (53,3%) oraz limonen (35,86%). Zawierają one również kumaryny, flawonoidy i sole mineralne. Wyciągi z owoców wykorzystywane są jako lek wiatropędny i przeciwskurczowy. Koper ma również zastosowanie kulinarne, cała roślina zawiera olejek eteryczny, który nadaje potrawom zapach i smak, natomiast rośliny z wykształconymi kwiatostanami stosowane są jako przyprawa do kiszenia [Pisulewska i Janeczko 2008]. Rośliny z rodziny selerowate są atakowane przez różne agrofagi [Grzesik i in. 2013], w tym również przez wciornastki [Webb 2004], które uznawane są za szkodniki głównie w rolnictwie, ogrodnictwie i leśnictwie [Lewis 1997], [Trdan i in. 2007]. Są to owady, które uszkadzają rośliny poprzez żerowanie [Robak i Wiech 1998]. W dotychczasowej literaturze brak jest informacji na temat występowania i szkodliwości wciornastków na koprze. Celem pracy było zbadanie jakie gatunki wciornastków żerują na koprze.

## MATERIAŁ I METODY

Badania nad występowaniem wciornastków (Thysanoptera) na koprze ogrodowym *Anethum graveolens* L. prowadzono w 2009 na terenie Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach. W doświadczeniu łanowym wykorzystano odmianę ‘Smaragd’ pochodzącą z PNOS Ożarów Mazowiecki. Jest to odmiana bardzo plenna. Rośliny kopru są sztywne, silnie ulistnione, o wysokości 30 – 35 cm w fazie zbioru na zielono, a około 75 cm podczas zakwitania. Liście są niewielkie, zielone i bard-

zo aromatyczne, ze średnim nalotem woskowym. To średnio późna odmiana, która charakteryzuje się odpornością na suszę [Plantpress 2008]. Jest to roślina o owocach wysoce olejkodajnych, co potwierdza ich duża aromatyczność. Surowiec zawiera również dużą ilość garbników [Kawecka – Radomska 2007]. Nasiona wysiano 17 czerwca. Powierzchnia uprawy wynosiła 100 m<sup>2</sup>. Wciornastki zbierano z 10 losowo wybranych roślin w 5 powtórzeniach po przekątnej pola. Wciornastki odławiano z roślin poprzez ich otrząsanie w okresie od 9 lipca do 2 września. Owady były wybierane pędzelkiem do płynu konserwującego. Skład płynu konserwującego to: 60% alkoholu, parę kropel gliceryny (10ml/1 kropla) oraz płyn do naczyń. W probówkach umieszczano etykiety, na których zanotowano datę zbioru, numer poletka oraz ilość zebranych wciornastków. Do wykonania preparatów mikroskopowych, owady z probówek, z płynu konserwującego przełożono do szalek Petriego, które zawierały kwas mlekowy (80%), na okres 4-5 dni. Kwas mlekowy powoduje prześwietlenie ciała owadów, przyczynia się do tego, że cechy diagnostyczne stają się dobrze widoczne w trakcie oznaczania wciornastków. Następnie owady umieszczano w szalkach wypełnionych gliceryną przez kolejne 2-3 dni. Gliceryna wpływa na uelastycznienie ciała owadów. Następnie wykonano półtrwałe preparaty, używając kropli płynu Hainz'a o składzie: 95 ml 80% kwasu mlekowego, 50 ml destylowanej wody, 25 ml 1,5% fenolu, 10 ml gliceryny, 10 g alkoholu poliwinylowego, 10 g wodzianu chloralu. Na szkiełku podstawkowym w kropli płynu Hainz'a, za pomocą igły preparacyjnej umieszczano po jednym osobniku, którego następnie układano na stronie grzbietowej. Skrzydła rozkładano tak, aby cechy diagnostyczne były widoczne. Zebrane wciornastki zostały przygotowane do oznaczeń diagnostycznych zgodnie z preparatyką podaną przez Zawirską [1994]. Przy oznaczaniu korzystano z klucza Zawirskiej [1994].

## **WYNIKI I DISKUSJA**

Podczas prowadzenia badań nad występowaniem wciornastków na koprze ogrodowym *Anethum graveolens* L. w 2009 roku zebrano dwa gatunki wciornastków, w tym jeden gatunek polifagiczny wciornastek tytoniowiec *Thrips tabaci* (Lindeman) oraz drugi gatunek dra-

pieżny wciornastek pstrokacz *Aeolothrips intermedius* (Bagnall) (tab. 1).

W tab. 1 przedstawiono całkowitą liczbę wciornastków zebranych w ciągu całego sezonu wegetacyjnego i wynosiła ona 205 osobników. Gatunkiem, który dominował w uprawie kopru był *T. tabaci* (174 sztuk wciornastków), natomiast liczba *A. intermedius* wynosiła 31 osobników (tab. 1). W latach 2011 – 2012 Łuczak i in. [2014] również oceniali liczebność wciornastków (Thysanoptera) na roślinie należącej do rodziny Apiaceae - marchwi jadalnej (*Daucus carota* L. ssp. *sativus*), na której również najliczniej występującym gatunkiem był *Thrips tabaci*. W doświadczeniu tym wciornastek tytoniowiec stanowił 47,7% wszystkich odłowionych wciornastków. *T. tabaci* zaliczany jest do jednych z najgroźniejszych szkodników warzyw. Jego szkodliwość i zwalczaniem na kapuście zajmowali się Shelton i North [1987], Shelton i in. [1998] oraz Van de Steene i Tirry [2003]. W Polsce podobne badania wykonała Legutowska [1997] (Polska centralna), Pobożniak i Wiech [2005] oraz Pobożniak [2005] (południowa Polska). Do najbardziej zasiedlanych i uszkodzanych warzyw przez *T. tabaci* należą: por, na którym wciornastek tytoniowiec największą liczebność osiągnął w październiku [Szafranek i in. 2013], cebula, na której maksymalną liczbę wciornastków odnotowano w 2012 roku na początku lipca, natomiast w 2013 roku na początku sierpnia [Pobożniak i in. 2007, 2016], groch [Pobożniak 2009], a także soczewica i soja [Pobożniak 2011]. Na grochu (*Pisum sativum* L.) największą liczebność osiągnął gatunek *T. tabaci* (557 okazów) w pierwszej dekadzie czerwca [Pobożniak i Gaborska 2010].

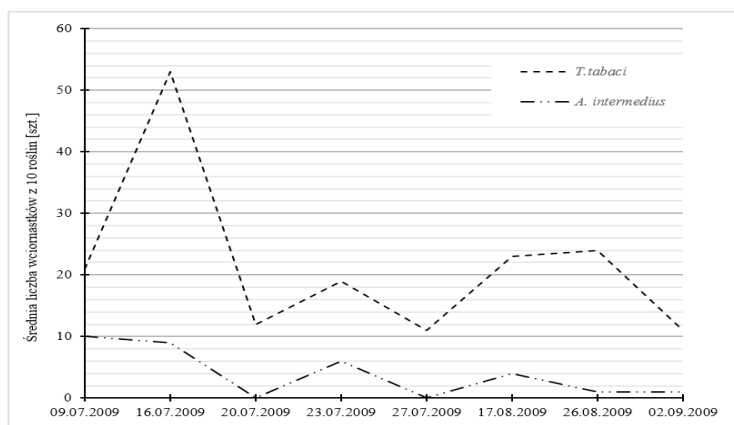
Tab. 1. Ogólna liczba wciornastków Thysanoptera zebranych z kopru *Anethum graveolens* L.

Gatunek wciornastka	Ogólna liczba wciornastków
<i>Aeolothrips intermedius</i>	31
<i>Thrips tabaci</i>	174
SUMA	205

Koper ogrodowy najliczniej zasiedlany był przez wciornastka tytoniowca. Pierwsze osobniki *T. tabaci* (21 sztuk/10 roślin) odłowiono 9 lipca (ryc. 1). Największą liczbę osobników wciornastka tytoni-

owca zebrano 16 lipca i wynosiła ona 53 osobniki/10 roślin. Następnie jego liczebność gwałtownie spadła i do końca sezonu utrzymywała się na poziomie od 11 do 24 osobników/10 roślin. Ostatnie osobniki *T. tabaci* zebrano z kopru 2 września.

Drapieżny gatunek *A. intermedius* wystąpił w mniejszej liczbie niż polifag *T. tabaci*. Pierwsze osobniki wciornastka pstrokacza, także zebrano z kopru 9 lipca (10 osobników/10 roślin). W ciągu całego sezonu wegetacyjnego jego liczba ulegała wahaniom od 0 do 10 osobników/10 roślin. W dniach 20 i 27 lipca nie stwierdzono obecności osobników *A. intermedius* (ryc. 1). W Europie *A. intermedius* jest uważany za najbardziej pospolitego drapieżnego wciornastka [Trdan i in. 2005]. W doświadczeniu na roślinach z rodziny Fabaceae takich jak: groch, soczewica, fasola oraz soja Pobożniak [2011] odnotowała także liczne występowanie tego gatunku. Natomiast na grochu (*Pisum sativum* L.) autorka zaobserwowała odwrotną sytuację, gdzie *A. intermedius* był bardziej liczny (876 okazów) niż *T. tabaci* (557 osobników) [Pobożniak i Gaborska 2010]. Liczna obecność *A. intermedius* prawdopodobnie związana była z obfitością pokarmu, gdyż gatunek ten jest zoofagiem, którego larwy mogą nakłuwać i wysysać larwy wciornastka tytoniowca oraz tkanki roślinne kwiatów [Zawirska 1994].



Ryc. 1. Dynamika populacji *Thrips tabaci* oraz *Aeolothrips intermedius* na koprze *Anethum graveolens* L.

## WNIOSKI

Na odmianie 'Smaragd' kopru (*Anethum graveolens* L.) stwierdzono występowanie dwóch gatunków wciornastków. Najliczniej reprezentowanym gatunkiem polifagicznym był *Thrips tabaci*, natomiast gatunkiem drapieżnym *Aeolothrips intermedius*.

Liczna obecność szkodliwego gatunku *T. tabaci* na koprze prawdopodobnie może doprowadzać do uszkodzenia tej rośliny.

## BIBLIOGRAFIA

- Grzesik M. Janas R. Górnik K. 2013. Instrukcja uprawy kopru ogrodowego (*Anethum graveolens* L.) na nasiona metodami ekologicznymi. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice: 3,7.
- Janas R. 2013. Ocena możliwości poprawy zdrowotności nasion kopru ogrodowego i włoskiego uprawianego w systemach ekologicznych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych*. Vol 58. nr 3: 226.
- Kawecka – Radomska M. 2007. Zawartość olejku eterycznego oraz garbników w owocach kilku odmian kopru ogrodowego *Anethum graveolens* L. *Annales Universitatis Mariae Curie Skłodowska Lublin – Polonia*. Vol. XVII (1): 35 - 38.
- Legutowska H. 1997. Thrips on cabbage crops in Poland. *Biul. Warzyw*. 47: 55–62.
- Lewis T. 1997. Thrips as crop pests. CABI, Wallingford: 740.
- Łuczak I. Gaborska M. Pobożniak M. Świdorski A. Kruczek M. 2014. Occurrence of phytophagous thrips (Thysanoptera) and harmfulness of *Thrips tabaci* Lind. in carrot (*Daucus carota* L. ssp. *sativus*) cultivation. Występowanie roślinożernych wciornastków (Thysanoptera) oraz szkodliwość *Thrips tabaci* Lind. w uprawie marchwi jadalnej (*Daucus carota* L. ssp. *sativus*). *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*. 54 (2): 198, 199, 200.
- Orłowski M. 2000. Polowa uprawa warzyw. Wydawnictwo BRASIKA, Szczecin: 386.
- Pisulewska E. Janeczko Z. 2008. Krajowe Rośliny Olejkowe. „Know-How” Piotr Kaczmarczyk. Kraków: 98 – 99.
- Plantpress. 2008. Odmiany Warzyw – Uprawy polowe 2009 – 2010. Plantpress Sp. z o. o. Kraków: 161.
- Pobożniak M. 2005. Thrips species on white cabbage. *Electr. J. Pol. Agric. Univ. Hortic*. 8 (4): 60. <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue4/>

- art-60.html [Accessed: 19.12.2005].
- Pobożniak M. 2009. Wstępna ocena podatności odmian grochu na zasiedlenie i żerowanie wciornastków. Preliminary estimation of susceptibility of various pea cultivars (*Pisum sativum* L.) to thrips (Thysanoptera) infestation and feeding. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin.* 49 (3): 1215 – 1219.
- Pobożniak M. 2011. The occurrence of thrips (Thysanoptera) on food legumes (Fabaceae). *Journal of Plant Diseases and Protection.* 118 (5): 185 – 193.
- Pobożniak M. Gaborska M. 2010. Wstępna analiza gatunków wciornastków zasiedlających groch. *Prog. Plant Protection/ Post. Ochr. Roślin.* 50 (4): 1730 - 1731.
- Pobożniak M. Leśniak M. Chuda A. Adamus A. 2016. Field assessment of the susceptibility of onion varieties to thrips attack – preliminary results. *Polish Journal of Entomology/Polskie Pismo Entomologiczne.* 85 (1): 95 – 98.
- Pobożniak M. Palacz A. Rataj A. 2007. The occurrence and species composition of thrips (Thysanoptera) on onion. *Communications in agricultural and applied biological sciences.* 72 (3): 487 – 493.
- Pobożniak M., Wiech K. 2005. Monitoring and occurrence of thrips (Thysanoptera) on white cabbage and white cabbage undersown with white clover. *Integrated Control in Field Vegetable Crops IOBC wprs Bulletin.* 28 (4): 7 – 13.
- Robak J. Wiech K. 1998. *Choroby i szkodniki warzyw.* Wydawnictwo PLANTPRESS Sp. z o. o., Kraków: 40.
- Shelton A. M. North R. C. 1987. Injury and control of onion Thrips (Thysanoptera: Thripidae) on edible podded peas. *J. Econ. Ent.* 80 (6): 1325 – 1350.
- Shelton A. M. Wilsey W. T. Schmaedick M. A. 1998. Management of onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cabbage by using plant resistance and insecticides. *J. Econ. Entomol.* 91: 329 – 333.
- Szafranek P. Rybczyński D. Nawrocka B. 2013. Population dynamic of onion thrips (*Thrips tabaci* Lind.) occurring on leek intercropping with herbs. *Dynamika populacji wciornastka tytoniowca (Thrips tabaci Lind.) występującego na porze uprawianym współrzędnie z ziołami.* *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin.* 53 (4): 717 – 720.
- Trdan S. Andjus L. Raspudić E. Kač M. 2005. Distribution of *Aeolothrips intermedius* Bagnall (Thysanoptera: Aeolothripidae) and its potential prey Thysanoptera species on different cultivated host plant. *J. Pest. Sci.* 78: 217 – 219.

- Trdan S. Valič N. Žnidarčič D. 2007. Field efficacy of deltamethrin in reducing damage caused by *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) on early white cabbage. *J Pest Sci*: 80: 217 – 223.
- Van de Steene F. Tirry L. 2003. Monitoring the flight activity and damage of *Thrips tabaci* (Lind.) in different varieties of white and red cabbage. *Integrated Control in Field Vegetable Crops*. IOBC wprs Bulletin. 26 (3): 33 – 37.
- Webb S. E. 2004. Insect Management for Celery and Parsley. Entomology & Nematology Department document ENY-463. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.
- Zawirska I. 1994. Wciornastki – Thysanoptera. s. 145-174. W: „Diagnostyka szkodników roślin i ich wrogów naturalnych” (J. Boczek, red.). Wyd. SGGW, Warszawa: 328.

### **Afiliacja:**

mgr inż. Dominika Grabowska  
Katedra Ochrony Roślin  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail*: dominika.grabowska05@gmail.com

*Opiekun naukowy/promotor*: dr hab. inż. Maria Pobożniak

## **FUNGISTATYCZNA AKTYWNOŚĆ WYBRANYCH OLEJKÓW ETERYCZNYCH W STOSUNKU DO PATOGENÓW WYOSOBNIONYCH Z CHORYCH SADZONEK PELARGONII (*PELARGONIUM* SPP.)**

### FUNGISTATIC ACTIVITY OF SELECTED ESSENTIAL OILS IN RELATION TO PATHOGENS FROM INFECTED CUTTINGS *PELARGONIUM* (*PELARGONIUM* SPP.)

**Abstrakt.** Wyizolowano mikroorganizmy zasiedlające sadzonki pelargonii, zidentyfikowano wyosobnione izolaty grzybowe i organizmy grzybopodobne oraz oceniono w warunkach *in vitro* wpływ wybranych olejków (kminkowy, cytrynowy, mandarynkowy i drzewa herbacianego) na wzrost liniowy grzybni: *Cylindrocladium scoparium*, *Phytophthora cryptogea* i *Ph. nicotianae* var. *nicotianae*. Jako standardowy preparat chemiczny zastosowano Previcur Energy 840 SL. Spośród wyizolowanych mikroorganizmów zasiedlających rośliny pelargonii najczęściej występowały gatunki rodzajów: *Phytophthora*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Cylindrocladium* i *Alternaria*. Najwyższą skutecznością w stosunku do *C. scoparium*, *Ph. cryptogea* i *Ph. nicotianae* var. *nicotianae* charakteryzował się olejek kminkowy zastosowany w stężeniu 1%.

**Słowa kluczowe:** olejki eteryczne, pelargonie, *Cylindrocladium scoparium*, *Phytophthora* spp.

**Abstract.** The aim of the study was to isolate microorganisms that inhabit the cuttings of pelargonium, identification of fungal isolates as well as to evaluate the influence of some essential oils (*Carum carvi* L. essential oils, *Citrus limon* L. essential oils, *Citrus reticulatae aetheroleum* essential oils, essential oil of tea tree) in *in vitro* circumstances on the linear growth of the mycelium: *Cylindrocladium scoparium*, *Phytophthora cryptogea*, *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*. Previcur Energy 840 SL was used as a standard chemical protection. The most numerous isolated fungi were: *Phytophthora*, *Botrytis*, *Cylindrocladium* and *Alternaria*. The highest efficiency in relation to *C. scoparium*, *Ph. cryptogea* and *Ph. nicotianae* var. *nicotianae* characterized by *Carum carvi* L. essential oil (concentration 1%).

**Key words:** essential oils, pelargonium, *Cylindrocladium scoparium*, *Phytophthora* spp.

## WSTĘP

Rośliny ozdobne odgrywają ważną rolę w życiu człowieka, zaspakajają jego potrzeby kulturowe. Pozytywnie wpływają na psychikę i poprawiają samopoczucie przebywających w ich otoczeniu ludzi. Rośliny produkują tlen, stanowią barierę dla kurzu i hałasu, obniżają temperaturę i zwiększają wilgotność powietrza, przez co pozytywnie oddziałują na mikroklimat. Postęp cywilizacji, rozwój aglomeracji spowodował coraz powszechniejsze wypieranie roślinności z miast, ich miejsce zajmują wybetonowane ulice, place, parkingi. Często jedynym miejscem, gdzie można uprawiać rośliny jest niewielkiej powierzchni balkon, na którym sadzone są rośliny najczęściej sezonowe oraz stosunkowo odporne na niesprzyjające warunki środowiska lub nieodpowiednią pielęgnację. Nasadzenia głównie komponowane są z sezonowych roślin ozdobnych takich, jak: *Pelargonium x hederifolium* i *Pelargonium x peltatum* [Pawłowska i Szewczyk-Taraneck 2010].

Niezmienna atrakcyjność pelargonii, łatwość w uprawie i pielęgnacji, obfitość kwitnienia od wiosny aż do późnej jesieni i jej walory dekoracyjne sprawiają, że znajduje ona wszechstronne zastosowanie: na rabaty i kwietniki, do obsadzania pojemników i elementów dekoracyjnych, jako rośliny okrywowe na zboczach i powierzchniach poziomych oraz jako rośliny doniczkowe do dekoracji wnętrz. Pelargonie bluszczolistne najlepiej jednak prezentują się w skrzynkach balkonowych i okiennych, w skrzynkach podwieszanych lub w wysokich donicach. Pelargonie doskonale prezentują się w grupie innych gatunków roślin, choć mogą być dla nich dekoracyjnym dodatkiem lub zbędnym elementem, który zakłóca kompozycję [Hofmann 2008]. O walorach pelargonii decyduje sposób uprawy oraz zdrowotność materiału. Na te elementy z kolei mają wpływ czynniki nieinfekcyjne, takie, jak: odpowiednie podłoże, nawożenie, nadmiar lub niedobór wody, zanieczyszczenie powietrza i inne oraz czynniki infekcyjne: wirusy, bakterie, grzyby i organizmy grzybobopodobne [Kućmierz i Pilch 2008].

Metoda chemiczna od wielu lat jest jednym z najczęstszych sposobów ochrony roślin ozdobnych w Polsce. Pomimo wielu wad uważana jest za najbardziej efektywną. Od kilkunastu lat nasilają się tendencje do zastępowania chemicznych środków ochrony roślin in-

nymi, w tym pochodzenia naturalnego, jak olejki eteryczne co wynika z wielu ich zalet. Stosowanie preparatów pochodzenia naturalnego umożliwia wyeliminowanie, bądź zmniejszenie ilości środków chemicznych, ochronę środowiska naturalnego przez słabsze oddziaływanie tych środków i łatwiejszą biodegradację w środowisku. Ponadto niepokojącą tendencją jest coraz częściej spotykana odporność patogenów na preparaty chemiczne oraz możliwość skażenia zasobów wodnych [Burgieł 2005, Kurzawińska 2008].

Celem badań było określenie składu gatunkowego zasiedlającego chore sadzonki pelargonii oraz ocena w warunkach *in vitro* wpływu wybranych olejków: kminkowy, cytrynowy, mandarynkowy i z drzewa herbacianego na wzrost liniowy grzybni: *Cylindrocladium scoparium*, *Phytophthora cryptogea* i *Ph. nicotianae* var. *nicotianae*.

## **MATERIAŁY I METODY**

Sadzonki pelargonii bluszczolistnej pochodziły z prywatnego gospodarstwa ogrodniczego w województwie śląskim. Doświadczenia laboratoryjne przeprowadzono w Katedrze Ochrony Roślin Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie w latach 2014-2015. Z porażonych 2. miesięcznych sadzonek pelargonii pobrano zbrunatniałe podstawy łodyg i korzenie. Po umyciu ich pod bieżącą wodą, pocięto je na fragmenty 0,5-1,0cm. W celu odkażenia poszczególne fragmenty umieszczono w naczyniu ze sterylną wodą destylowaną na około 10 minut, następnie przeniesiono do naczynia z alkoholem 70% na 1 minutę. Fragmenty roślin ponownie przepłukano w sterylnej wodzie destylowanej przez 10 minut. Odkażone części roślin osuszono w sterylnej bibule. Fragmenty roślin wyłożono po 4 sztuki na zestaloną pożywkę glukozowo-ziemniaczaną (PDA), uprzednio rozlaną do szalek Petriego. Po okresie inkubacji, który wynosił 2-7 dni w temperaturze 22°C-23°C odszczepiano kolonie na skos z pożywką glukozowo-ziemniaczaną. Izolaty grzybów przejrano makro- i mikroskopowo oraz wybrano reprezentację tego zbiorowiska. Kolonie wyszczepiono na pożywkę i zidentyfikowano w oparciu o dostępne klucze mykologiczne [Booth 1971, Fassatiova 1983, Marcinkowska 2010].

Badanie wpływu olejków (kminkowy, cytrynowy, mandarynkowy i drzewa herbacianego) na wzrost liniowy grzybni patogenów wyko-

nano w warunkach *in vitro* metodą zatrutych podłoży [Kowalik i Krechniak 1961]. Wymienione olejki zostały wyprodukowane przez firmę „ETJA” z Elbląga. Do płynnej pożywki glukozowo-ziemniaczanej (PDA) dodano olejek kminkowy, cytrynowy, mandarynkowy w stężeniach: 0,01%, 0,1% oraz 1% oraz olejek z drzewa herbacianego w stężeniach 0,75%, 1,5%, 2,25%. Jako standardowy preparat chemiczny zastosowano Previcur Energy 840 SL (propamokarb w formie chlorowodoru propamokarbu, fosetyl) w stężeniach 0,1%, 0,2%, 0,3%. Tak przygotowane podłoże rozlewano do szalek Petriego i po zestaleniu się pożywki wykładano krążki inokulum o średnicy 5 mm przerośniętego 14-dniową grzybnią. Kontrolę stanowiły kolonie grzybów wyszczepionych na szalkach Petriego wyłącznie z pożywką glukozowo-ziemniaczaną. Doświadczenie założono w pięciu powtórzeniach. Od 3 dnia po inokulacji codziennie (aż do zarośnięcia całej powierzchni szalki w kombinacji kontrolnej) mierzono średnice kolonii. Obliczono średnią średnicę pomiarów i indeks tempa wzrostu linowego grzybni [Burgieł 1984]. Aktywność fungistatyczną badanych preparatów obliczono na podstawie procentu zahamowania wzrostu grzybni na pożywce z preparatem w stosunku do wzrostu na pożywce kontrolnej, według wzoru Abbotta [Burgieł i Smągłowski 2008]. Uzyskane wyniki poddano obliczeniom statystycznym metodą analizy wariancji. Istotność różnic między kombinacjami oceniono na podstawie testu Duncana, przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$  (STATISTICA Version 10).

## WYNIKI

Po wyjęciu chorych pelargonii z podłoża stwierdzono objawy zarówno na podstawie łodygi, jak i systemie korzeniowym. Podstawa łodygi była przewężona, zbrunatniała, niekiedy czerniała, a korzenie zredukowane i czerniały. Rośliny takie więdły i zamierały.

W wyniku przeprowadzonej analizy mykologicznej chorych roślin pelargonii bluszczolistnej wyosobniono ogółem 110 kolonii grzybów i organizmów grzybopodobnych. Izolaty należały do 11 rodzajów i 13 gatunków (tab.1). Najliczniej wyosobnionymi koloniami były organizmy grzybopodobne rodzaju *Phytophthora*, których procentowy udział wynosił 24,5 ogółu wyosobnień. W obrębie tego

rodzaju zidentyfikowano 2 gatunki: *Phytophthora cryptogea* i *Ph. nicotianae* var. *nicotianae* (tab.1). Na drugim miejscu pod względem liczebności był rodzaj *Fusarium*, który reprezentowany był przez *F. avenaceum* oraz *F. oxysporum* (tab.1). Kolejne miejsce pod względem liczebności zajmowały *Botrytis cinerea* i *Cylindrocladium scoparium* (każdy po 11,8%), *Alternaria alternata* (10%), *Cylindrocarpon radicola* (9,1%), *Pythium ultimum* (8,2%) oraz *Rhizoctonia solani* (5,5%) - tab. 1.

Tab. 1. Mikroorganizmy wyizolowane z chorych roślin pelargonii bluszczolistnej

L.p.	Gatunek	Liczba izolatów	%
1	<i>Phytophthora cryptogea</i> Pethybr. & Laff	19	17,2
2	<i>Botrytis cinerea</i> Pers.	13	11,8
3	<i>Cylindrocladium scoparium</i> Morgan	13	11,8
4	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	11	10,0
5	<i>Cylindrocarpon radicola</i> Gerlach & L. Nilsson	10	9,1
6	<i>Pythium ultimum</i> Trow	9	8,2
7	<i>Fusarium avenaceum</i> (Corda ex. Fr.) Sacc	8	7,3
8	<i>Phytophthora nicotianae</i> var. <i>nicotianae</i> Breda de Haan	8	7,3
9	<i>Rhizoctonia solanii</i> Kuhn	6	5,5
10	<i>Fusarium oxysporum</i> (Schlecht) Snyder. et Hans	6	5,5
11	<i>Trichoderma viride</i> Pers. ex Gray	3	2,7
12	<i>Pestalotiopsis sydowniana</i> (Bres.) B. Sutton	2	1,8
13	<i>Verticillium albo-atrum</i> Reinke & Berthold	2	1,8
14	Razem	110	100,0

Oceniając wpływ testowanych olejków eterycznych na wzrost liniowy grzybni *Cylindrocladium scoparium* stwierdzono najwyższą skuteczność działania olejku kminkowego w stężeniu 0,1% oraz 1%

- wynosiła ona odpowiednio 72,9% oraz 72,3%. Olejek cytrynowy w stężeniu 0,1% i 1% oraz olejek mandarynkowy w stężeniu 0,01% i 1% powodował stymulację wzrostu *C. scoparium*. Natomiast olejek z drzewa herbacianego hamował wzrost liniowy grzybni *C. scoparium* od 52,35% (w stężeniu 1,50%) do 72,39% (w stężeniu 2,25%). Istotnie najwyższą skuteczność testowanych preparatów na wzrost liniowy grzybni *Ph. cryptogea* stwierdzono w kombinacjach z zastosowaniem olejku kminkowego w stężeniach 0,1% oraz 1%. Równie wysoką skuteczność stwierdzono w kombinacji olejku cytrynowego w stężeniu 1%. Ograniczyły one wzrost grzybni patogena w 100%. W kombinacji z zastosowaniem olejku mandarynkowego w stężeniu 1% odnotowano zahamowanie wzrostu grzybni na poziomie 26,7%. Olejek z drzewa herbacianego hamował wzrost liniowy grzybni najskuteczniej (71,51%) przy zastosowaniu najwyższego stężenia (71,51%). Standardowy preparat Previcur Energy 840 SL w każdym z zastosowanych stężeń w stosunku do *Ph. cryptogea* powodował stymulację wzrostu tego patogena [tab. 2].

Tab. 2. Skuteczność in vitro badanych preparatów w stosunku do *Cylindrocladium scoparium*, *Phytophthora cryptogea*, *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*

Preparaty i ich stężenia [%]		Zahamowanie wzrostu liniowego grzybni [%]		
		<i>Phytophthora cryptogea</i>	<i>Phytophthora nicotianae</i> var. <i>nicotianae</i>	
<i>Cylindrocladium scoparium</i>				
	0,01	15,60 c	0,00 e	10,20 f
	0,1	72,90 a	100,00 a	74,00 a
Olejek kminkowy	1	72,30 a	100,00 a	90,40 a
	0,01	-22,40 e	7,10 e	40,40 c d e
	0,1	-10,60 d e	57,10 c	33,40 d e
Olejek cytrynowy	1	5,00 c d e	100,00 a	36,90 d e
	0,01	-15,60 e	0,00 e	53,50 b c
	0,1	22,40 c	0,00 e	45,50 c d
Olejek mandarynkowy	1	-11,50 d e	26,70 d	39,00 e

Olejek z drzewa herbacianego	0,75	54,41 b	18,76 d	54,41 c d e
	1,5	52,35 b	9,96 d e	52,35 c d e
	2,25	72,39 a	71,51 b c	72,39 b
Previcur Energy 840 SL	0,1	2,06 d	- 4,34 e	2,06 f
	0,2	0,92 d	- 3,17 e	0,92 f
	0,3	-1,37 d	- 4,81 e	-1,37 f

\*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy  $\alpha=0,05$  (Test Duncana)

Spośród testowanych olejków eterycznych najwyższą skuteczność w zahamowaniu wzrostu grzybni *Ph. nicotianae* var. *nicotianae* stwierdzono w kombinacji z zastosowaniem olejku kminkowego w stężeniach 1% oraz 0,1% odpowiednio - 90,4% oraz 74%. Niższą skuteczność działania stwierdzono w kombinacjach z: olejkami cytrynowym i mandarynkowym. Olejek z drzewa herbacianego hamował wzrost liniowy grzybni *Ph. nicotianae* var. *nicotianae* od 52,35% (w stężeniu 1,5%) do 72,39% (w stężeniu 2,25%). Najśłabsze działanie zanotowano w kombinacji z zastosowaniem preparatu Previcur Energy 840 SL. Zastosowany w stężeniu 0,3% powodował niewielką stymulację wzrostu grzybni tego patogena [tab.2].

## DYSKUSJA

Uzyskane wyniki badań wskazują, że chore sadzonki pelargonii bluszczolistnej zasiedlone były głównie przez *Ph. cryptogea*, *B. cinerea*, *C. scoparium*, *A. alternata*, *C. radicola*, *P. ultimum*, *Ph. nicotianae* var. *nicotianae*, *F. avenaceum*, *R. solanii*, *F. oxysporum*. Podobne wyniki uzyskała Kurzawińska i in. [2013]. Według Łabanowskiego i in. [2004] *Ph. cryptogea* jest głównym sprawcą fytoftorazy pelargonii. Wśród patogenów występujących w szkółkach pojemnikowych oraz w uprawie roślin pod osłonami, gatunki *Phytophthora* są najgroźniejszymi czynnikami chorobotwórczymi, powodującymi zgniliznę podstawy pędu i korzeni oraz zarazę wierzchołków pędów. Są one rozprzestrzeniane z materiałem roślinnym, glebą lub podłożem oraz z wodą [Orlikowski i in. 2012].

Olejki eteryczne to substancje roślinne o wysokiej aktywności biologicznej, mające bogaty skład chemiczny. Olejki oraz ich skład-

niki słabo rozpuszczają się w wodzie [Burgieł 2005, Lahlou 2004]. Przeciwbakteryjne właściwości olejku kminkowego oraz kminu rzymskiego wykazali Iacobellis i in. [2005]. Z przeprowadzonych badań wynika iż, olejek kminkowy w stężeniu 0,1% i 1% powodował inhibicję wzrostu *Ph. cryptogea* w 100%. Burgieł [2005] podaje, iż pełną inhibicję wzrostu *Pythium* spp. oraz *F. sulphureum* w warunkach *in vitro* powodowały olejki miętowy, kminkowy i tymiankowy. Wysoką skutecznością w stosunku do *Fusarium* spp. charakteryzują się olejki: eukaliptusowy, lawendowy i rozmarynowy [Burgieł 2005]. Natomiast Burgieł i Smągłowski [2008] dowiedli, iż olejek z drzewa herbacianego powodował inhibicję wzrostu *B. cinerea* i *F. culmorum*.

Uzyskane wyniki badań w warunkach *in vitro* wskazują, że olejek cytrynowy (w stężeniu 1%) skutecznie hamował wzrost liniowy grzybni *Ph. cryptogea*. Wyniki badań Messgo-Moumene i in. [2014] wskazują, że olejek cytrynowy najskuteczniej hamował wzrost liniowy grzybni *Ph. infestans*.

Na świecie prowadzone są również badania nad wykorzystaniem w ochronie roślin takich olejków, jak: olejek z tymianku, anyżu, kamfory, oregano czy też olejku manuka. Olejki z tymianku, anyżu i kamfory wykazały zahamowanie wzrostu patogenów *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *F. oxysporum* f. sp. *betae* wyizolowanych z buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L) w warunkach *in vitro* [Abdalla i in. 2009]. Yasinauskiene i in. [2006] wykazali, iż olejek z oregano w największym stopniu hamował wzrost *Xanthomonas versicatoria*. Olejek manuka został wykorzystany przez Górskiego i in. [2010] w badaniach nad ograniczeniem wzrostu grzyba *Trichoderma harzianum*.

## WNIOSKI

Chore sadzonki pelargonii bluszczolistnej zasiedlone były głównie przez gatunki rodzajów: *Phytophthora*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Cylindrocadium*, *Alternaria*, *Cylindrocarpon*, *Pythium* i *Rhizoctonia*.

Aktywność fungistatyczne testowanego preparatu zależała od jego stężenia i gatunku grzyba czy organizmu grzybopodobnego. Najskuteczniejszym w hamowaniu wzrostu liniowego grzybni *C. scoparium*, *Ph. cryptogea* i *Ph. nicotianae* var. *nicotianae* okazał się olejek kminkowy w stężeniu 1%.

## BIBLIOGRAFIA

- Abdalla M. Shabana M.Y. Ismaiel A.A. El-Nady I.A. 2009. Effect of plant extracts and essential oils on fungal pathogens causing damping-off and root rot diseases in sugar beet. *The Journal of Agricultural Science, Mansoura University*. 34 (8): 9107 - 9116.
- Booth C. 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute. Kew. Surrey. England.
- Burgieł J. Z. 1984. Wpływ wybranych herbicydów na występowanie i rozwój patogenów powodujących choroby podsuszkowe pszenicy ozimej. Cz. II. Rozwój patogenów *Acta Agraria et Silvestria*, s. Agraria, XXIII: 187-196.
- Burgieł J. Z. 2005. Czy preparaty roślinne zastąpią syntetyczne pestycydy? W: *Ochrona środowiska naturalnego w XXI wieku - nowe wyzwania i zagrożenia*. Fundacja Na Rzecz Wspierania Badań Naukowych Wydział Ogrodniczy Akademii Rolniczej w Krakowie, 116-125.
- Burgieł J. Z. Smągłowski M. 2008. Fungistatyczne właściwości olejku z drzewa herbacianego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 529: 13-18.
- Górski R. Kozłowska M. Góra K. 2010. Analiza porównawcza wpływu naturalnych olejków eterycznych na ograniczenie wzrostu grzyba *Trichoderma harzianum* występującego w uprawie pieczarki dwuzarodnikowej (*Agaricus bisporus*). *Progress in Plant Protection*, 50 (1): 352-356.
- Hofmann C. 2008. Pelargonie najpiękniejsze odmiany rozmnażanie i pielęgnacja, choroby i szkodniki. KDC. Warszawa.
- Iacobellis S. N. Cantore Lo P. Capasso F. Senatore F. 2005. Antibacterial Activity of *Cuminum cyminum* L. and *Carum carvi* L. Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 57-61.
- Kowalik R. Krechniak E. 1961. Szczegółowa metodyka biologicznych i laboratoryjnych badań środków grzybobójczych. [W:] *Materiały do Metodyki Biologicznej Oceny Środków Ochrony Roślin*. red. Węgorek W. Biuletyn Instytutu Ochrony Roślin. Poznań, 63-66.
- Kućmierz J. Pilch B. 2008. Szara pleśń (*Botryotinia fuckeliana*, stadium konidialne *Botrytis cinerea*) na pelargoniiach (*Pelargonium* spp.). *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 531: 87-93.
- Kurzawińska H. 2008. Metoda biologiczna w integrowanej ochronie roślin warzywnych przed chorobami. [W:] *Zrównoważone rolnictwo a bezpieczna żywność*. red. Cieślak E. Wydawnictwo Naukowe PTTŻ. Warszawa, 53-62.
- Kurzawińska H. Nadziakiewicz M. Nawrocki J. 2013. Grzyby saprotroficzne z ryzosfery pelargonii (*Pelargonium* spp.) i ich wpływ na wzrost

- niektórych patogenów tej rośliny. *EPISTEME*, I. 20: 123-132.
- Lahlou M. 2004. Methods to Study the Phytochemistry and Bioactivity of Essential Oils. *Phytotherapy Research*, 18: 435-448.
- Marcinkowska J. 2010. Oznaczanie rodzajów ważnych organizmów fitopatogenicznych (*Fungi*, *Oomycota*, *Plasmodiophorida*). Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- Messgo-Moumene S. Li Y. Bachir K. Houmani Z. Bouznad Z. Chemat F. 2014. Antifungal power of citrus essential oils against potato late blight causative agent. *Journal of Essential Oil Research*, 1-8.
- Łabanowski G. Orlikowski L. B. Soika G. Wojdyła A. 2004. Ochrona roślin rabatowych i balkonowych. Plantpress. Kraków.
- Orlikowski L. B. Ptaszek M. Trzewik A. Orlikowska T. Szkuta G. Meszka B. Skrzypczak C. 2012. Zagrożenie upraw ogrodnich przez gatunki rodzaju *Phytophthora*. *Progress in Plant Protection*, 52(1): 92-100.
- Pawłowska B. Szewczyk-Taranek B. 2010. Zastosowanie roślin ozdobnych w dekoracjach ogródków kawiarnianych Krakowa. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 551: 239-245.
- Yasinauskienė M. Radu iene J. Zitikaitė I. Survilienė E. 2006. Antibacterial activities of essential oils from aromatic and medicinal plants growth of phytopathogenic bacteria. *Agronomy Research*. 4 (Special issue): 437-440.

### **Afiliacja:**

prof. dr hab. inż. Halina Kurzawińska  
Katedra Ochrony Roślin  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
e-mail: hkurzawinska@ogr.ur.krakow.pl

mgr inż. Marcelina Machura  
Katedra Ochrony Roślin  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
e-mail: marcelinamachura@wp.pl

*Opiekun naukowy/promotor:* dr hab. Jacek Nawrocki

## ANOMALIE W UŻYŁKOWANIU SKRZYDEŁ TRZECH KAST PSZCZOŁY MIODNEJ

### ANOMALIES IN WING VENATION OF HONEY BEE WORKERS, DRONES AND QUEENS

**Abstrakt.** U pszczoły miodnej wyróżnia się trzy kasty: trutnie, robotnice i matki pszczele. Różnice między nimi widoczne są w budowie skrzydeł, każda kasta posiada charakterystyczny układ użyłkowania. Skrzydła są podatne na występowanie błędów rozwojowych, które mogą się objawiać występowaniem dodatkowych lub niekompletnych żyłek. Celem badań było porównanie kast pod względem występowania anomalii użyłkowania. Przednie skrzydła 309 robotnic, 386 trutni oraz 305 matek umieszczono w ramkach do przeźroczy. Ramki zeskanowano, przeprowadzono wizualną ocenę obrazów skrzydeł, policzono skrzydła o nietypowym układzie użyłkowania i opisano anomalie. Wyniki pokazały, iż znaczna część owadów posiadała anomalie użyłkowania, najwięcej zmian zaobserwowano u matek. Większość anomalii miała niewielką skalę. Zmiany nie występowały symetrycznie na obu skrzydłach. Najwięcej anomalii zaobserwowano w komórkach kubitalnych, drugiej komórce medialnej oraz komórce marginalnej.

**Słowa kluczowe:** *pszczola miodna, polimorfizm, użyłkowanie skrzydeł, anomalie, asymetria*

**Abstract.** In honey bees there are three castes: drones, workers and queens. Differences between them can be observed in wing construction - each caste has a distinctive wing venation pattern. Wings are prone to the developmental disorders. They can manifest themselves as anomalies such as additional or deficient veins. The aim of this study was to compare three honey bee castes in terms of occurrence of anomalies in wing venation. Fore wings of 309 workers, 389 drones and 305 queens were mounted in the photographic frames. Frames were scanned and visually inspected, wings with anomalies were counted and anomalies were described. The results showed that majority of the bees had anomalies in wing venation pattern, most frequently they occurred in queens. Most of the anomalies were the minor anomalies. Anomalies did not appear symmetrically on both wings.

They were observed frequently in submarginal cells, second medial cell and marginal cell.

**Key words:** *honey bee, polymorphism, wing venation, anomalies, asymmetry*

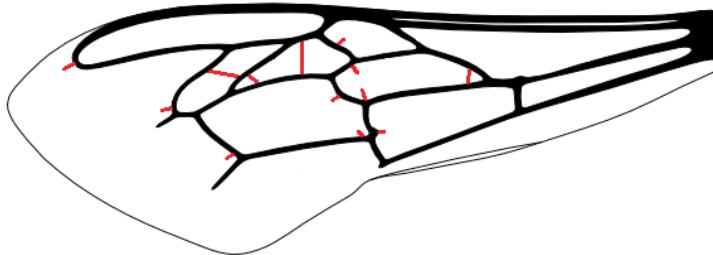
## WSTĘP

Pszczoła miodna (*Apis mellifera* L.) jest owadem eusocjalnym, tworzy wysoce zorganizowane społeczności zwane rodzinami pszczelimi. Występuje w niej wyraźny polimorfizm kastowy objawiający się występowaniem 3 postaci osobników dojrzałych. Diploidalne samice dzielą się na dwie kasty społeczne - liczne robotnice, wykonujące większość prac w gnieździe, oraz zwykle występujące pojedynczo matki pszczele, odpowiedzialne za składanie jaj oraz integrowanie rodziny poprzez feromony. Haploidalne samce, zwane trutniami, pełnią jedynie funkcje rozrodcze. Kasty pszczoły miodnej różnią się pod względem budowy ciała, rozmiarów, oraz funkcji pełnionych w rodzinie pszczelej [Hrassnigg i Crailsheim 2005]. Występujące pomiędzy nimi różnice spowodowane są m.in. warunkami, w których rozwijają się larwy osobników każdej z kast [Engels i Imperatriz-Fonseca 1990].

Do narządów, w których budowie obserwowane są wyraźne różnice pomiędzy trzema postaciami pszczoły miodnej, zalicza się skrzydła. Robotnice, trutnie i matki różnią się rozmiarem i barwą skrzydeł, liczbą haczyków łączących skrzydła, a także stopniem pokrycia powierzchni skrzydeł przez szczecinki. Wśród przyczyn występowania innej budowy skrzydeł u robotnic, trutni i matek pszczelich wymienia się zróżnicowanie potrzeb poszczególnych kast odnośnie prędkości, pokonywanych dystansów, dynamiki i częstości lotów. Cechy te mogą decydować o skuteczności robotnic w dostarczaniu rodzinie pokarmu, a także sukcesie rozrodczym trutni. Rozmiar skrzydeł silnie związany jest z masą i rozmiarami ciała osiąganymi przez te owady - masywne trutnie do sprawnego lotu wymagają większych skrzydeł. Wyraźne różnice występują w obrębie użytkowania skrzydeł. Każda z kast posiada charakterystyczny dla siebie układ

użyłkowania: długość, rozmieszczenie żyłek oraz kąty występujące między nimi. U matek żyłki są też wyraźnie grubsze [Demianowicz i Gromisz, 1998]. Kasty różnią się także pod względem częstości występowania zaburzeń rozwojowych, mogących się objawiać m.in. deformacjami w budowie skrzydeł.

Skrzydła są narządem podatnym na zaburzenia rozwojowe [Zhou i in. 2009]. Jednym z ich objawów mogą być zmiany w charakterystycznym dla danego gatunku lub kasty układzie żyłek na powierzchni skrzydła. Zaburzenia te mogą powodować zarówno czynniki środowiskowe, w tym temperatura [Zhou i in. 2009], dostępność i jakość pokarmu [Goetze 1959] oraz zanieczyszczenie środowiska [Graham i in. 1993], jak i genetyczne, do których zalicza się konsekwencje chowu wsobnego [Rasmuson 1960] i hybrydyzację [Smith i in. 1997]. W niektórych publikacjach zasugerowano, iż część obserwowanych zaburzeń jest wynikiem regresji i polega na odtwarzaniu żyłki, która zanikła w toku ewolucji [Mazeed 2011]. Zaburzenia w układzie użyłkowania nie są uważane za dziedziczne ze względu na swój losowy, wywołany czynnikami środowiskowymi charakter [Goetze 1959], jednak Baehrman [1963] sugerował, iż pojawiające się w kolejnych pokoleniach anomalie mogą mieć podłoże genetyczne. Zmiany w układzie użyłkowania mogą mieć postać pojawiających się zalążków nowych żyłek lub pełnych dodatkowych żyłek, czasem dzielących komórki na nowe pólka. Kolejnym typem zaburzeń w układzie użyłkowania są niepełne żyłki, a czasem wręcz ich całkowity zanik [Smith i in. 1997, Zhou i in. 2009] (ryc. 1).



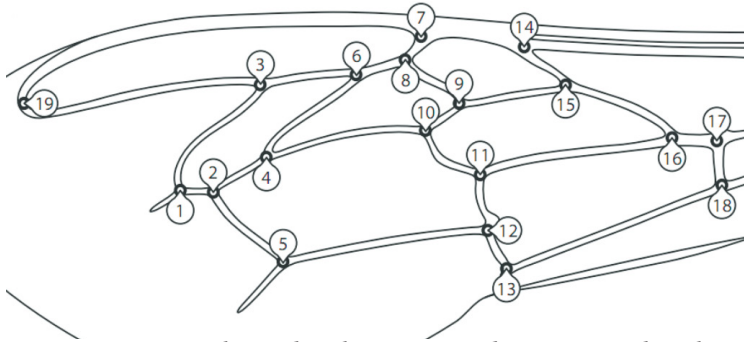
Ryc. 1. Umieszczenie najczęściej występujących anomalii w użyłkowaniu przedniego skrzydła pszczoły miodnej

Występowanie dużych zmian w układzie użyłkowania może wpływać negatywnie na funkcjonowanie owadów. Obecność niekompletnych lub dodatkowych żyłek może prowadzić do zaburzeń krążenia hemolimfy w skrzydle, a przez to obniżać napięcie jego błon. Odbija się to na jakości wykonywanych przez pszczoły lotów, utrudniając wykonywanie podstawowych funkcji, takich jak zbieranie pokarmu czy lot godowy.

Celem badań było porównanie trzech postaci pszczoły miodnej - robotnic, trutni oraz matek - pod względem występowania anomalii w układzie użyłkowania. Opisano najczęstsze u danej kasty typy i miejsca występowania zaburzeń w układzie użyłkowania. Oceniono także symetryczność występowania anomalii na skrzydłach po obu stronach ciała, porównano skrzydła lewe i prawe pod względem częstości występowania zmian w użyłkowaniu.

## **MATERIAŁ I METODY**

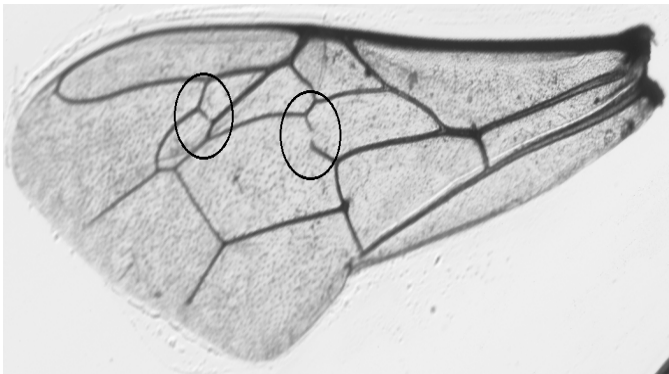
Z Pasieki Doświadczalnej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie w Garlicy Murowanej oraz z Pasieki Hodowlanej Jerzego Kubeczka pobrano 1000 osobników z podgatunku pszczoła miodna kraińska (*Apis mellifera carnica*). W ich skład wchodziło 309 robotnic, 386 trutni oraz 305 matek pszczelich. Wypreparowano przednie skrzydła owadów i umieszczono je parami w ramkach do przeźroczy w kropli 70% alkoholu etylowego. Ramki zeskanowano przy pomocy skanera Nikon Coolscan 5000 ED w rozdzielczości 4000 dpi. Uzyskane zdjęcia zapisano w formacie PNG, w nazwach pliku uwzględniono czy skrzydło pochodzi z lewej czy prawej pary, przy czym prawe skrzydła obrócono, aby uzyskać jednolity materiał do porównań. Przeprowadzono wizualną ocenę obrazów skrzydeł, przez co wyodrębniono skrzydła o nietypowym układzie użyłkowania. Policzono osobniki z nietypowym użyłkowaniem przynależne do poszczególnych kast. Oznaczono miejsca występowania anomalii, do ich opisania wykorzystano oznaczenia punktów charakterystycznych, wyznaczanych na powierzchni skrzydła w miejscu przecięcia żyłek. Zastosowano rozmieszczenie i kolejność stosowaną przez Gerulę i in. [2009] (ryc. 2.).



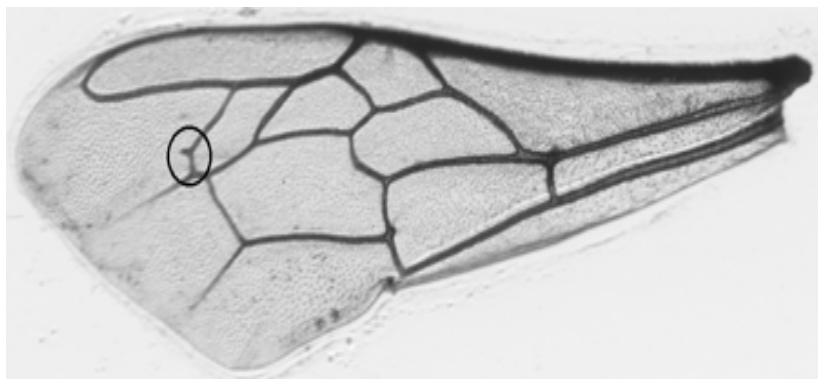
Ryc. 2. Oznaczenia punktów charakterystycznych na powierzchni skrzydła

Zmiany w układzie użyłkowania sklasyfikowano pod względem typu: dodatkowa żyłka lub niepełna/brakująca żyłka, policzono także komórki utworzone przez powstanie nowych żyłek.

Anomalie podzielono także pod względem skali - zmiany o znaczącym stopniu stanowiły braki żyłek, duże ubytki w ich długości oraz dodatkowe żyłki tworzące nowe komórki (ryc. 3.), jako niewielkie anomalie oznaczono niewielkie załączki dodatkowych żyłek (ryc. 4.). Sprawdzone także symetryczność występowania zmian w użyłkowaniu skrzydeł poprzez porównanie skrzydeł prawych oraz lewych. Policzono na ilu skrzydłach lewych, a na ilu prawych wystąpiły wymienione anomalie.



Ryc. 3. Przykład skrzydła z niewielkimi zmianami w użyłkowaniu - załączkiem dodatkowej żyłki odchodzącej od drugiej poprzecznej żyłki kubitalnej.



Ryc. 4. Przykład skrzydła ze znacznymi zmianami w użyłkowaniu: dodatkowa żyłka w obrębie trzeciej komórki kubitalnej dzieląca ją na dwie komórki oraz niekompletna pierwsza żyłka powrotna

## WYNIKI

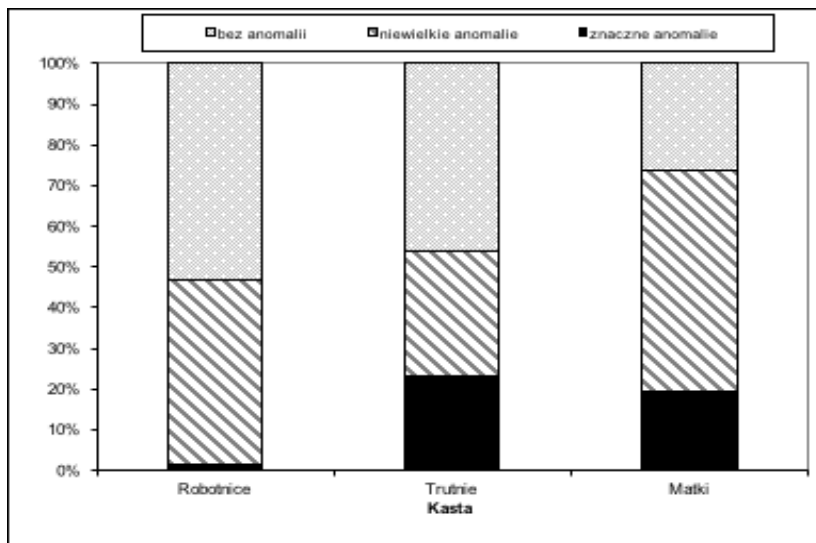
Znacząca część badanych owadów posiadała zaburzenia w układzie użyłkowania przednich skrzydeł, w przypadku trutni i matek pszczelich osobniki takie stanowiły ponad połowę populacji. Najwięcej zmian zaobserwowano u matek pszczelich - aż 73,77% osobników posiadało zaburzenia w układzie użyłkowania skrzydeł (tab. 1.). Większość anomalii miała jednak niewielką skalę, jedynie do 23% odchyleń stanowiły dodatkowe komórki, żyłki niekompletne oraz brakujące, oznaczone jako anomalie o znacznych rozmiarach (ryc. 5).

Tab. 1. Liczba osobników, u których zaobserwowano anomalie w użyłkowaniu skrzydeł

Kasta	Liczba wszystkich osobników	Liczba osobników z anomaliami	Procent osobników z anomaliami [%]
Robotnice	309	145	46,92
Trutnie	386	209	54,14
Matki pszczele	305	225	73,77

Najwięcej osobników ze znacznymi anomaliami wystąpiło u trutni, w przypadku robotnic było ich zaledwie 5 na 145 osobników z anomaliami. U matek pszczelich zdecydowanie przeważały nie-

wielkie anomalie. Najmniej osobników normalnych, bez zaburzeń użytkowania, znajdowało się w grupie matek (ryc. 5).



Ryc. 5. Porównanie robotnic, trutni i matek pszczelich pod względem procentu osobników nie posiadających zaburzeń w użytkowaniu oraz posiadających niewielkie i znaczne anomalie.

Trzy postaci pszczoły miodnej różniły się znacząco pod względem umiejscowienia zaobserwowanych zaburzeń w układzie użytkowania skrzydeł. Najwięcej anomalii stwierdzono w okolicach 3 komórek kubitalnych (punkty: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10) oraz w pobliżu zewnętrznej krawędzi skrzydła (punkty: 19, 1, 2, 3). Liczne nowe żyłki pojawiały się u robotnic i matek w okolicach żyłki 1-3 (druga poprzeczna żyłka kubitalna). U trutni najczęściej dodatkowych żyłek pojawiło się w połowie drugiej odciętej żyłki sektorальной (8 - 9). U matek najliczniejsze były dodatkowe żyłki na końcu komórki marginalnej (przy punkcie 19). U trutni niepełne lub brakujące żyłki pojawiały się pomiędzy pierwszą komórką medialną a drugą komórką kubitalną (odcinek między punktami 10 - 11), u matek często niepełna była druga poprzeczna żyłka kubitalna (1 - 3) (tab. 2.). Najczęściej na skrzydle występowała więcej niż jedna anomalia. Średnia liczba deformacji na jedno skrzydło wyniosła odpowiednio: 1,7 dla robotnic,

1,56 dla trutni oraz 1,81 dla matek. Maksymalna liczba deformacji na jednym skrzydle wyniosła 5. Obecność anomalii występujących w tym samym miejscu u więcej niż jednego osobnika stwierdzono łącznie w 7 punktach bądź żyłkach. Do grupy „inne” włączono miejsca występowania anomalii które wystąpiły pojedynczo - m.in. załączek dodatkowej żyłki przy pierwszej żyłce kubitalnej (5 - 12) (tab. 2.).

Tab. 2. Liczba skrzydeł, na których pojawiły się dodatkowe, niepełne lub brakujące żyłki w danym miejscu

	Dodatkowe żyłki								Żyłki niepełne lub ich brak			
	1-3	2 - 5	4 - 6	8 - 9	10 - 11	12	19	in ne	1 - 3	9 - 10	10 - 11	in ne
Robotnice	125	18	8	60	44	26	53	0	0	0	2	0
Trutnie	49	28	22	159	60	23	20	5	4	7	44	0
Matki pszczele	153	5	67	3	58	47	179	6	33	0	1	1

Powstanie dodatkowych żyłek może prowadzić do utworzenia nowych komórek poprzez podzielenie już występujących. Szczególnie licznie wystąpiły one u trutni (tab. 3.) w obrębie oraz okolicach 2 i 3 komórki kubitalnej. U wszystkich kast najczęściej nowych komórek powstawało poprzez podział drugiej komórki kubitalnej (tab. 3.).

Tab. 3. Liczba skrzydeł z dodatkowymi komórkami utworzonymi przez dodatkowe żyłki w danym miejscu

	2	2 komórka kubitalna	3 komórka kubitalna	inne
Robotnice	0	3	0	3
Trutnie	3	23	10	3
Matki pszczele	0	30	0	1

Badane osobniki nie wykazywały symetrii pod względem zaburzeń użytkowania na obu skrzydłach, liczba par skrzydeł posiadających te same odkształcenia była niewielka (tab. 4.). Pozostałe pary skrzydeł posiadały zwykle 1 - 2 odkształcenia tego samego typu występujące w tym samym miejscu, jednak różniły się budową pozostałej części skrzydła. Anomalie często różniły się pod względem rozmiarów pomiędzy stronami ciała. U robotnic i trutni minimalnie przeważały osobniki posiadające anomalie tylko na jednym skrzydle, stanowiąc odpowiednio 60% i 58,9% wszystkich osobników z nietypowym użytkowaniem. Zaburzenia na jednym skrzydle wystąpiły zaledwie u 28,4% osobników z anomaliami w grupie matek (tab. 4.). Liczba skrzydeł prawych i lewych posiadających zaburzenia użytkowania nie różniła się istotnie, lewe skrzydła z zaburzeniami stanowiły 51% zaś prawe 49% wszystkich skrzydeł z anomaliami u wszystkich kast (tab. 4.). Średnia liczba anomalii na skrzydłach prawych wyniosła: 1,61 (robotnice), 1,62 (trutnie) oraz 1,79 (matki), podczas gdy na skrzydłach lewych: 1,8 (robotnice), 1,49 (trutnie) i 1,84 (matki).

Tab. 4. Porównanie kast pod względem symetryczności występowania anomalii użytkowania skrzydeł

	Pary skrzydeł o tych samych odkształceniach	Osobniki z anomaliami tylko na jednym skrzydle	Skrzydła prawe z anomaliami	Skrzydła lewe z anomaliami
Robotnice	9	87	99	102
Trutnie	26	123	145	150
Matki pszczele	17	64	163	171

## DYSKUSJA

Zanotowana wyższa liczba anomalii u matek niż u trutni jest zaskakująca w świetle niektórych wcześniejszych badań [Smith i in. 1997]. Haploidalne samce pszczoły miodnej, trutnie, wykazują większą asymetrię ciała oraz liczbę anomalii w budowie skrzydeł niż diploidalne samice, w tym matki. Tłumaczono to wyższą stabilnością orga-

nizmów diploidalnych, a także innym przebiegiem ekspresji genów u organizmów haploidalnych [Smith i in. 1997], w tym częstszym ujawnianiem genów recesywnych [Baehrman 1963]. Badane trutnie posiadały jednak liczniejszą grupę osobników ze znacznymi anomaliami.

W badaniach prowadzonych m.in. także na pszczołach rasy kraińskiej (*Apis mellifera carnica*) zaobserwowano, iż niektóre regiony skrzydła są bardziej podatne na czynniki powodujące wykształcenie nietypowego wzoru użyłkowania. Dodatkowe żyłki najczęściej występowały w okolicach komórki marginalnej oraz trzeciej komórki kubitalnej na skrzydle przednim, a komórki radialnej na skrzydle tylnym [Mazeed 2011]. Potwierdzają to otrzymane wyniki - anomalie przy zewnętrznej krawędzi skrzydła (punkty: 1, 3, 19) stanowiły 47% wszystkich anomalii, a w przypadku matek pszczelich i robotnic - większość zaobserwowanych zmian w użyłkowaniu. Liczne zmiany w kształcie użyłkowania występują w centralnej części skrzydła: w obrębie 3 komórek kubitalnych oraz 2 komórek medialnych [Mazeed 2011]. Aż 65,8% wszystkich stwierdzonych w przeprowadzonych badaniach anomalii znajdowało się w obrębie tych 5 komórek.

Uzyskane wyniki częściowo pokrywały się z tymi uzyskanymi w podobnych badaniach [Łopuch i Tofilski, 2016] - wszystkie kasty posiadały zniekształcenia w obrębie żyłek 1 - 3, 2 - 4, 4 - 6, 4 - 10, 10 - 11, 11 - 12 oraz 12 - 13, stwierdzono też jednak anomalie w obrębie punktów, co nie wystąpiło w prezentowanych badaniach. W badaniach Łopuch i Tofilskiego [2016] najwięcej anomalii stwierdzono u trutni, w grupie tej zaledwie 20% osobników nie posiadało anomalii, za to zdecydowanie przeważały w tej grupie niewielkie anomalie. W otrzymanych wynikach najwięcej osobników z anomaliami, choć głównie niewielkimi, zaliczało się do matek. Uzyskanie wyniku różniły się także odnośnie liczby osobników mających anomalie tylko na jednym skrzydle: u Łopuch i Tofilskiego [2016] trutnie i matki wykazywały się większą liczbą osobników posiadającą nietypowe użyłkowanie na obu skrzydłach, podczas gdy w uzyskanych wynikach robotnice i trutnie posiadały minimalnie więcej osobników z anomaliami tylko na jednym skrzydle.

Anomalie w układzie użyłkowania najczęściej są wynikiem błędów rozwojowych spowodowanych niewłaściwymi warunkami

rozwoju pszczoł lub słabego materiału genetycznego, będącego konsekwencją na przykład chowu wsobnego. Zaobserwowana duża liczba zaburzeń w układzie użytkowania skrzydeł może świadczyć o obecności chowu wsobnego, co w konsekwencji może doprowadzić do zmniejszenia produktywności i liczebności hodowanych rodzin. Niektóre prace sugerują jednak, iż pewne anomalie mogą być odbiciem pozytywnych cech owadów. Goetze [1959] zaobserwował, że małe zalążki nowych żyłek na końcu komórki marginalnej występują najczęściej u dobrze rozwiniętych, silnych pszczoł wychowywanych w optymalnych warunkach rozwojowych. W grupie badanych matek najwięcej tego typu zalążków wystąpiło właśnie w tym rejonie, co może sugerować, iż liczne zaburzenia w układzie żyłek nie mogą jednoznacznie potwierdzić złej jakości badanych matek.

## **WNIOSKI**

1. Robotnice, trutnie i matki pszczoły miodnej różnią się pod względem częstości, skali i miejsc występowania anomalii w układzie użytkowania skrzydeł.

2. Anomalie najczęściej występowały u matek pszczelich a nie u trutni jak można byłoby oczekiwać na podstawie wcześniejszych badań.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Baehrman R. 1963. Zur Vorkommen von Anomalien im Fluegelaeder der Honigbiene. Arch. f. Bienenkunde 40: 49-58.
- Demianowicz A., Gromisz M. 1998. Morfologia pszczoły [W]: Pszczelnictwo, praca zbiorowa pod redakcją J. Prabuckiego, Albatros, Szczecin
- Engels W., Imperatriz-Fonseca V.L., 1990. Caste development, reproductive strategies, and control of fertility in honey bees and stingless bees. Social insects: an evolutionary approach to castes and reproduction: 167-230
- Gerula D., Tofilski A., Węgrzynowicz P., Skowronek W. 2009. Computer-assisted discrimination of honey bee subspecies used for breeding in Poland. Journal of Apicultural Science 53(2): 105-114.
- Goetze G. 1959. Die Bedeutung des Fluegelgeaeders fuer die zuechterische Bedeutung der Honigbiene. Zeitschrift fuer Bienenforschung 4: 141-

148.

- Graham, J.H., Freeman, D.C. & Emlen, J.M. 1993. Developmental stability: a sensitive indicator of populations under stress. *Environmental Toxicology and Risk Assessment*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia: 136–158.
- Hrassnigg N., Crailsheim K. 2005. Differences in drone and worker physiology in honeybees (*Apis mellifera*). *Apidologie* 36(2): 255–277.
- Łopuch S., Tofilski A. 2016. The relationship between asymmetry, size and unusual venation in honey bees (*Apis mellifera*), *Bulletin of Entomological Research*, available on CJO2016. doi:10.1017/S0007485315000784.
- Mazeed A.M.M. 2011. Anomalies and asymmetry of wing venation pattern in Carniolan and Egyptian bee populations in Egypt, *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci.*, 4(1): 149- 161
- Rasmuson, M. 1960. Frequency of morphological deviants as a criterion of developmental stability. *Hereditas* 46(3–4), 511–535.
- Smith D.R., Crespi B.J., Bookstein, F.L. 1997. Fluctuating asymmetry in the honey bee, *Apis mellifera*: effects of ploidy and hybridization. *Journal of Evolutionary Biology* 10(4): 551–574.
- Zhou, B. & Zhu, X. 2009. The effect of temperature on hind wing vein of *Apis cerana cerana* during Sealed Brood's Development. Available online at [www.apimondia.com/congresses/2009/Biology/Posters](http://www.apimondia.com/congresses/2009/Biology/Posters)

**Afiliacja:**

mgr inż. Anna Nawrocka

Katedra Sadownictwa i Pszczelnictwa

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

e-mail: sansevieria90@wp.pl

*Opiekun naukowy:* dr hab. Adam Tofilski, prof. UR

## FUNGISTATYCZNE WŁAŚCIWOŚCI WYBRANYCH OLEJKÓW WOBEC PATOGENÓW RÓŻY

### FUNGISTATIC PROPERTIES OF SELECTED ESSENTIAL OIL AGAINST TO PATHOGENS ROSE

**Abstrakt.** Celem pracy było określenie składu gatunkowego mikroorganizmów zasiedlających chore rośliny róży `Satchmo` oraz ocena wpływu olejku cytrynowego i mandarynkowego na wzrost liniowy grzybni *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* i *Botrytis cinerea* w warunkach *in vitro*. Jako standardowy preparat chemiczny zastosowano Signum 33 WG. Aktywność fungistatyczna testowanych olejków zależała od ich stężenia i gatunku grzyba. Najskuteczniej wzrost liniowy grzybni badanych patogenów róży ograniczył olejek cytrynowy.

**Słowa kluczowe:** olejek cytrynowy, olejek mandarynkowy, róża, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*

**Abstract.** Conducted investigation aims at determination the typical composition of fungi occurred on diseased rose `Satchmo` and the *in vitro* effect of lemon and mandarin oil on the mycelium linear growth of *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* and *Botrytis cinerea*. As standard chemical preparation Signum 33 WG was applied. Fungistatic activity test preparations depend on their concentration and fungal species. Among all the tested natural preparations under *in vitro* conditions the most effective in reduction of above mentioned pathogens mycelium linear growth turned to be lemon oil.

**Key words:** lemon oil, mandarin oil, rose, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*

## WSTĘP

W naszym kraju najczęściej stosowanym i najbardziej skutecznym sposobem ochrony roślin ozdobnych jest stosowanie fungicydów. Od wielu lat nasilają się tendencje do ich zastępowania innymi preparatami, w tym pochodzenia naturalnego. Te ostatnie są bezpieczniejsze dla środowiska oraz łatwiej ulegają biodegradacji [Wolski i Ludwiczuk 2001; Orlikowski i in. 2002]. Stwierdzono niepokojący wzrost odporności patogenów na preparaty chemiczne. Zaobserwowano również możliwość skażenia zasobów wodnych przez stosowane fungicydy [Kurzawińska 2008].

Celem niniejszej pracy było określenie składu gatunkowego mikroorganizmów zasiedlających chore rośliny róży odmiany `Satchmo` oraz ocena w warunkach *in vitro* wpływu olejku cytrynowego i mandarynkowego na wzrost liniowy patogenów róży *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* i *Botrytis cinerea*. Jako standardowy fungicyd zastosowany został Signum 33 WG.

## MATERIAŁ I METODY

Materiałem były chore rośliny róży wielokwiatowej odmiany `Satchmo`, pochodzące z prywatnego gospodarstwa ogrodniczego w okolicach Krakowa. Z roślin z widocznymi oznakami chorobowymi pobrano pędy z kwiatami i podstawy łodyg, które pocięto na fragmenty wielkości około 0,5-1,0 cm. Materiał płukano w sterylnej wodzie destylowanej, następnie dezynfekowano w 70% roztworze alkoholu etylowego przez 1 minutę (łagodnie wstrząsając), płukano w sterylnej wodzie destylowanej i osuszano w sterylnej bibule filtracyjnej. Odkążone fragmenty roślin wyłożono do szalek Petriego na zestaloną pożywkę glukozowo-ziemniaczną (PDA). Po okresie inkubacji, wynoszącym 2-7 dni w temperaturze 22-23°C, kolonie odszczepiono na skosy z pożywką glukozowo-ziemniaczną. Następnie wyrosłe izolaty grzybów zidentyfikowano w oparciu o dostępne klucze mykologiczne i opracowania monograficzne [Rifai 1966; Booth 1971; Domsch i in. 1980; Kwaśna i in. 1991; Marcinkowska 2010].

Do dalszych badań wybrano *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* i *Botrytis cinerea*, których patogeniczność w stosunku do róży przeprowadzono w oddzielnym doświadczeniu. Izolaty te cha-

rakteryzowała wysoka chorobotwórczość w stosunku do tej rośliny.

Wpływ olejku cytrynowego i mandarynkowego na wzrost liniowy grzybni *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* i *Botrytis cinerea* oceniano w warunkach *in vitro*, metodą zatrutych podłoży Kowalika i Krechniaka (1961). W doświadczeniu zastosowano olejek cytrynowy i olejek mandarynkowy w stężeniu: 0,01; 0,1; 1,0%. Standardowym preparatem chemicznym był Signum 33WG (s.a. piraklostrobina 6,7% + boskalid 26,7%), zastosowany w stęż.: 0,01; 0,02; 0,03%. Do płynnej, schłodzonej do 40°C pożywki PDA dodano odpowiednie ilości preparatów, po czym rozlewano ją do szalek Petriego. Po zestaleniu pożywki wykładano krążki inokulum, przeorośnięte czternastodniową grzybnią patogena. Kontrolę stanowiły kolonie grzybów wyszczepione na szalkach Petriego wyłącznie z pożywką glukozowo-ziemniaczaną. Doświadczenie zakładano w pięciu powtórzeniach. Od drugiego dnia inokulacji, co dwa dni (aż do zarośnięcia całej powierzchni szalek w kombinacji kontrolnej) mierzono średnicę kolonii. Uzyskane wyniki wykorzystano do obliczenia średniej średnicy pomiarów, a następnie do obliczenia indeksu tempa wzrostu liniowego grzybni [Burgiel 1984]. Miarą aktywności preparatu był procent zahamowania wzrostu grzybni na pożywce z preparatem w stosunku do wzrostu na pożywce kontrolnej, w oparciu o wzór Abbota [Borecki 1984]. Uzyskane wyniki poddano obliczeniom statystycznym metodą analizy wariancji. Istotność różnic między kombinacjami oceniono na podstawie testu Duncana, przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$ .

## WYNIKI

Na chorych pędach róży widoczna była nekroza koloru brunatnego, w niektórych przypadkach czarnego, podstawa łodygi była zbrunatniała, nieco przewężona, a płatki kwiatowe róży pokryte szarym nalotem grzybni.

Ogółem z chorych roślin róży wyosobniono 63 izolaty, w tym 52 kolonie grzybów i organizmów grzybopodobnych oraz 11 kolonii bakteryjnych (tab. 1). Kolonie grzybów i organizmów grzybopodobnych należały do 13 rodzajów taksonomicznych, które były reprezentowane przez 13 gatunków (tab. 1). Najliczniej wyosobnionymi

były: *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* (każdy po 19.1%), *Botrytis cinerea* (15,4%), *Trichoderma polysporum* (7,7%), *Phytophthora megasperma* i *Cladosporium cladosporioides* (każdy po 5,7%) - tab. 1. Do mniej licznie wyizolowanych gatunków należały: *Cylindrocladium scoparium*, *Cylindrocarpon radicola*, *Thanatephorus cucumeris*, *Verticillium albo-atrum* (każdy po 3,9%) - tab. 1.

Tab. 1. Mikroorganizmy wyizolowane z chorych fragmentów róży `Satchmo`

L.p.	Gatunek	Ilość	Procent
1	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	10	19,1
2	<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl.	10	19,1
3	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. ex Nocca and Balb.	8	15,4
4	<i>Trichoderma polysporum</i> (Link) Rifai	4	7,7
5	<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) de Vries	3	5,7
6	<i>Phytophthora megasperma</i> Drechsler	3	5,7
7	<i>Acremonium butyri</i> (van Beyma) Gams	2	3,9
8	<i>Coniothyrium fuckelii</i> Sacc.	2	3,9
9	<i>Cylindrocarpon radicola</i> Wollenweber	2	3,9
10	<i>Cylindrocladium scoparium</i> Morgan	2	3,9
11	<i>Pestalotia</i> spp. de Not.	2	3,9
12	<i>Thanatephorus cucumeris</i> (A.B. Frank) Donk	2	3,9
13	<i>Verticillium albo-atrum</i> Reinke & Berthold	2	3,9
	<b>Razem</b>	<b>52</b>	<b>100,0</b>
	Bakterie	11	

Aktywność fungistatyczna, wyrażona procentem zahamowania wzrostu grzybni, zależała od badanego środka, jego stężenia i testowanego patogena. Oceniając wpływ badanych preparatów na wzrost liniowy grzybni *Alternaria alternata* stwierdzono najwyższą skuteczność działania w kombinacjach z zastosowaniem standardowego środka chemicznego Signum 33WG (w każdym stężeniu). Procent zahamowania wzrostu grzybni badanego patogena był bardzo wysoki i wynosił 91,33% - w stężeniu najwyższym (0,03%) oraz kolejno w niższych stężeniach ponad 90% (tab. 2).

Niższą skutecznością działania odznaczał się olejek cytrynowy. W stężeniu 0,1% w największym procencie ograniczał wzrost liniowy grzybni *A. alternata* (prawie 60%). W pozostałych stężeniach (0,01% i 1,0%) preparat ten również hamował statystycznie istotnie wzrost liniowy grzybni tego patogena (tab. 2). Najsłabsze, ale istotne statystycznie działanie, zanotowano w kombinacji z olejkiem mandarynkowym (tab. 2). Istotnie najwyższą skuteczność w zahamowaniu wzrostu liniowego grzybni *Botrytis cinerea* wykazał standardowy preparat chemiczny Signum 33 WG (we wszystkich trzech stężeniach) – ponad 90% (tab. 2). Olejek cytrynowy równie skutecznie ograniczył wzrost liniowy grzybni tego patogena. Najwyższe zahamowanie wzrostu grzybni było w stężeniu 0,1% oraz 1,0% i wynosiło ono ponad 90%, natomiast w stężeniu najniższym – prawie 90% (tab. 2). Olejek mandarynkowy również, w statystycznie istotny sposób, hamował wzrost liniowy grzybni *B. cinerea*. W stężeniu 1,0% było najwyższe i wynosiło ponad 90%; w stężeniu 0,1% - ponad 60%. W najniższym zaś stężeniu skuteczność działania olejku mandarynkowego wynosiła – ponad 50% (tab. 2).

Oceniając wpływ testowanych preparatów na wzrost liniowy grzybni *Fusarium oxysporum* stwierdzono istotnie najwyższą skuteczność działania w kombinacjach z zastosowaniem olejku cytrynowego. Skuteczność tego środka była najwyższa w stężeniu 1,0% i wynosiła prawie 84% (tab. 2). W najniższym zastosowanym stężeniu olejek cytrynowy hamował wzrost grzybni *F. oxysporum* w 74,12% (tab. 2). Równie wysoką skuteczność w zahamowaniu wzrostu liniowego grzybni tego patogena wykazał olejek mandarynkowy: od 76,07% (w stężeniu 1,0%) do 72,34% ( w stężeniu 0,1%) (tab. 2). Najsłabsze, ale statystycznie istotne działanie w zahamowaniu wzrostu liniowe-

go *F. oxysporum* stwierdzono w kombinacji z standardowym preparatem chemicznym Signum 33 WG (tab. 2).

Tab. 2. Skuteczność badanych preparatów w stosunku do patogenów w warunkach in vitro

Preparat i stężenie	Grzyb		
	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
Olejek cytrynowy 0,01%	39,34b	89,85a	74,12b
Olejek cytrynowy 0,1%	59,60a	90,48a	75,95b
Olejek cytrynowy 1,0%	48,93a	90,48a	83,56a
Olejek mandarynkowy 0,01%	25,01b	55,72b	74,18b
Olejek mandarynkowy 0,1%	26,40b	60,08ab	72,34b
Olejek mandarynkowy 1,0%	12,75b	90,60a	76,07b
Signum 33WG 0,01%	90,20a	90,60a	62,72c
Signum 33WG 0,02%	90,86a	90,60a	63,41c
Signum 33WG 0,03%	91,33a	90,60a	60,16c

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy  $\alpha=0,05$  testu Duncana

## DYSKUSJA

Na podstawie wyników otrzymanych z przeprowadzonych analiz mykologicznych chorych roślin róż stwierdzono najliczniejsze zasiedlanie tych organów przez *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* i *Botrytis cinerea*.

*A. alternata* jest gatunkiem kosmopolitycznym. W literaturze przedmiotu przedstawiane są nowe informacje o objawach chorobowych tego patogena [Kurzawińska i in. 2008; Stępniewska-Jarosz i Rataj-Guranowska 2012].

Rataj-Guranowska [2012b] podaje, iż *F. oxysporum* bywa endofitem, który kolonizuje korzenie roślin. Wiele jego szczepów posiada właściwości chorobotwórcze, dzięki czemu poraża bardzo dużo gatunków roślin nago- i okrytozalążkowych. Jak podaje Rataj-Guranowska [2012a] *B. cinerea* jest najbardziej rozpowszechnionym patogenem na świecie, występuje na ponad 230 gatunkach roślin-gospodarzy, w tym na prawie wszystkich roślinach dwuliściennych (warzywa, rośliny ozdobne, cebulowe, drzewa, owoce, uprawy szklarniowe).

Wszystkie testowane preparaty statystycznie istotnie, w stosunku do kontroli, ograniczyły wzrost liniowy zastosowanych patogenów. Spośród naturalnych preparatów olejek cytrynowy najskuteczniej hamował wzrost liniowy grzybni *F. oxysporum* i *B. cinerea*. Nieco słabszym działaniem charakteryzował się olejek mandarynkowy.

Badania substancji pochodzenia naturalnego (olejek cytrynowy i mandarynkowy), są pionierskimi, stąd uzyskane dane można porównać z wynikami badań skuteczności działania preparatów zawierających olejki cytrusowe, jak Biosept Active, oparty na wyciągu z grejpfruta oraz Prev-Am 060 SL, którego substancją aktywną jest olejek pomarańczowy. Biosept Active oprócz bezpośredniego działania na patogeny wzmacnia system odpornościowy rośliny, dlatego też należy go stosować profilaktycznie [Orlikowski i in. 2001; Wolski i Ludwiczuk 2002; Kurzawińska 2008]. Synergistyczne działanie tego preparatu w ograniczaniu wzrostu i rozwoju patogenów spowodowane jest obecnością licznej grupy związków chemicznych, takich jak: alifatyczne aldehydy, monoterpeny (limonen) czy nutkaton [Caccioni et al. 1998; Kurzawińska 2008]. Ekstrakt z grejpfruta przyczynia się do kurczenia strzępek oraz odwodnienia zarodników konidialnych [Orlikowski i in. 2002; Kurzawińska 2008]. Środek ten wykorzystywany do zaprawiania nasion, zabezpiecza rośliny przed patogenami powodującymi zgorzel w momencie wschodów i początkowej fazie wzrostu [Pięta 2004]. Według Kurzawińskiej i in. [2010] Biosept Active bardzo silnie ograniczył wzrost grzybni *F. oxysporum* wyizolowanego z cebul lachenalii. Podobne wyniki otrzymały Kurzawińska i Duda-Surman [2009] oraz Świerczyńska [2010]. Skrzypczak i Orlikowski [2003], jak również Nawrocki [2008] potwierdzają bardzo wysoką skuteczność preparatu opartego na wyciągu z grejpfruta w ochronie

roślin ozdobnych. Z wyników badań Orlikowskiego i in. [2002] wynika, że dodanie niewielkiej ilości wyciągu z grejpfruta do pożywki PDA przyczynia się do ograniczenia procesu kiełkowania zarodników *F. oxysporum* i *B. cinerea*. Również Kurzawińska i in. [2008] stwierdzili, iż Biosept Active skutecznie ograniczył wzrost grzybni zarówno *B. cinerea*, jak i *A. alternata*.

Preparat zawierający olej z pomarańczy jest stosowany w formie koncentratu rozpuszczalnego w wodzie i przeznaczony jest głównie do ochrony profilaktycznej. Jak dowodzi Kurzawińska i in. [2012] preparat Prev-AM 060 SL w bardzo dużym procencie ograniczył wzrost liniowy grzybni *A. alternata*, *G. avenacea* i *P. sydowiane*, patogenów zasiedlających chore pędy bukszpanu, a spowodowane to było jego silnym działaniem fungistatycznym w stosunku do tych patogenów.

## WNIOSKI

Chore rośliny róży odmiany `Satchmo` zasiedlone były głównie przez patogeny *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* i *Botrytis cinerea*.

Zastosowany w doświadczeniu olejek cytrynowy i mandarynkowy statystycznie istotnie hamowały wzrost liniowy grzybni patogenów wyodrębnionych z róży. Aktywność fungistatyczna olejków zależała od ich stężenia i gatunku grzyba.

Spośród testowanych preparatów naturalnych, olejek cytrynowy najskuteczniej ograniczał wzrost liniowy grzybni badanych patogenów róży.

## BIBLIOGRAFIA

- Booth C. 1971. The genus *Fusarium*. Common. Mycol. Instit. Kew, Surrey England.
- Borecki Z. 1984. Fungicydy stosowane w ochronie roślin. PWN. Warszawa.
- Burgiel Z. 1984. Wpływ wybranych herbicydów na występowanie i rozwój patogenów powodujących choroby podsuszkowe pszenicy ozimej. Cz. II. Rozwój patogenów Acta Agr. Silv. Ser. Agr. XXIII: 187-196.
- Caccioni D.R.L., Guizzardi M., Biondi D.M., Renda A., Ruberto G. 1998 Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. Int. J. Food Microbiology., 43: 73-79.

- Domsch K.H., Gams W., Anderson T.H. 1993. Compendium of Soil Fungi, Academic Press (London) LTD. 149-158.
- Kowalik R., Krechniak E. 1961. Szczegółowa metodyka biologicznych laboratoryjnych badań grzybobójczych. Biuletyn Ochrony Roślin. Poznań, 63-66.
- Kurzawińska H. 2008. Metoda biologiczna w integrowanej ochronie roślin warzywnych przed chorobami. W: E. Cieślík. Zrównoważone rolnictwo a bezpieczna żywność. Żywność Nauka Technologia Jakość, 53-62.
- Kurzawińska H., Duda-Surman J., Muras P. 2008. Fungistatyczna aktywność wybranych preparatów biologicznych w stosunku do grzybów patogennych wyizolowanych z liści stewartcji pseudokameliowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 529: 53-57.
- Kurzawińska H., Duda-Surman J. 2009. Skuteczność preparatów naturalnych w zwalczaniu fitopatogenów zasiedlających nasiona stewartcji kameliowatej (*Stewartia pseudocamellia* Max.). Postępy w Ochronie Roślin/Prog. Plant Prot., 43(3): 1512-1515.
- Kurzawińska H., Kapczyńska A., Daniel N. 2010. Grzyby izolowane z cebul lachenalii oraz patogeniczność wybranych gatunków i próby ich zwalczania. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 551: 149-155.
- Kurzawińska H., Nadziakiewicz M., Muras P. 2012. Mikozy – narastające zagrożenie dla bukszpanu oraz przydatność niektórych naturalnych substancji w ich zwalczaniu. Postępy w Ochronie Roślin/Prog. Plant Prot., 52(3): 634-637.
- Kwaśna H., Chełkowski J., Zajkowski P. 1991. Grzyby (*Mycota*). Polska Akademia Nauk. Instytut Botaniki. tom XXII. Warszawa-Kraków.
- Marcinkowska J. 2010. Oznaczanie rodzajów ważnych organizmów fitopatogenicznych (Fungi, Oomycota, Plasmodiophorida). Wydawnictwo SGGW. Warszawa. pp. 216.
- Nawrocki J. 2008. Wpływ wybranych preparatów na zdrowotność i plon bulw mieczyka ogrodowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 529: 103-108.
- Orlikowski L.B., Skrzypczak Cz., Harmaj J. 2001. Biological activity of grapefruit extract in the control of *Fusarium oxysporum*. J. Plant Protec. Research, 41 (4):420-426.
- Orlikowski L.B., Skrzypczak Cz., Wojdyła A., Jaworska-Marosz A. 2002. Wyciągi roślinne i mikroorganizmy w ochronie roślin przed patogenami. Zesz. Nauk. AR. Kraków. 387 (82): 19-32.
- Pięta D. 2004. Wybrane zagadnienia z fitopatologii. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie. Lublin. pp. 84.
- Rataj-Guranowska M. 2012a. *Botrytis cinerea* Pers.. [W]: M. Rataj-Gura-

- nowska, Pukacka A. (red.). Kompendium symptomów chorób roślin i morfologii ich sprawców. Bogucki Wydawnictwo Naukowe. Poznań, 38-41.
- Rataj-Guranowska M. 2012b. *Fusarium oxysporum* Schlecht. Emend. Snyder & Hansen. [W]: M. Rataj-Guranowska, Pukacka A. (red.). Kompendium symptomów chorób roślin i morfologii ich sprawców. Bogucki Wydawnictwo Naukowe. Poznań, 94-99.
- Rifai M.A. 1966. A revision of the genus *Trichoderma*. Mycol. Papers. 116: 1-56.
- Skrzypczak Cz., Orlikowski L.B. 2003. Zastosowanie wyciągu z grejpfruta w ochronie roślin ozdobnych przed patogenami. Folia Hort.. Supplement 1: 553-555.
- Stępniewska-Jarosz S., Rataj-Guranowska M. 2012. *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. [W]: M. Rataj-Guranowska, Pukacka A. (red.). Kompendium symptomów chorób roślin i morfologii ich sprawców. Bogucki Wydawnictwo Naukowe. Poznań, 7-11.
- Świerczyńska I. 2010. Wpływ wybranych biopreparatów na wzrost kilku gatunków grzybów z rodzaju *Fusarium* w warunkach laboratoryjnych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. 55(4): 158-161.
- Wolski T., Ludwiczuk A. 2001. Środki pochodzenia naturalnego w ochronie roślin. Ochrona Roślin, 11/12: 5-7.
- Wolski T., Ludwiczuk A. 2002. Naturalne pestycydy i ich zastosowanie w ochronie roślin. Przemysł Chemiczny, 81 (6): 370-373.

### **Afiliacja:**

mgr inż. Anna Pogodzińska  
Katedra Ochrony Roślin  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
e-mail: am.pogodzinska@gmail.com

prof. dr hab. Halina Kurzawińska  
Katedra Ochrony Roślin  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
e-mail: h.kurzawinska@ogr.ur.krakow.pl

*Opiekun naukowy/promotor:* dr hab. Jacek Nawrocki

## WYBRANE ZAGADNIENIA REAKCJI DRZEW NA ZABIEGI PIELEGNACYJNE

### SELECTED ISSUES CONCERNING TREE RESPONSE TO TREATMENT EFFORTS

**Abstrakt.** Na podstawie kilkunastoletnich badań własnych autora i obserwacji reakcji drzew na wybrane zabiegi pielęgnacyjne, opisano wpływ obecnych na rynku preparatów powierzchniowych oraz środków impregnujących na gojenie się ran powstałych po cięciu i innych uszkodzeniach drzew. Zidentyfikowano gatunki grzybów odpowiedzialnych za pleśnienie drewna w obrębie rżazów z wyciekami soku ksylemowego i zaproponowano metodykę leczenia takich ran. Zbadano reakcje starych drzew owocowych na niektóre instalacje stosowane w chirurgii i określono wpływ różnych rodzajów cięcia na poprawę żywotności okazów, co ma znaczenie w zachowaniu starych alei tego typu. Opracowanie jest wskazaniem dla osób zajmujących się cięciem i chirurgią drzew, co do sposobu wykorzystania wybranych praktyk arborystycznych oraz proponuje nowe rozwiązania w dziedzinie leczenia roślin drzewiastych.

**Słowa kluczowe:** *arborystyka, cięcie, chirurgia, pleśnienie drewna, zabezpieczanie ran, impregnaty*

**Abstract.** Based on the author's multi-year research and observations on the reaction of trees to selected care treatments, this paper describes the impact of various surface preparations and impregnating agents available on the market for healing wounds caused after cutting and other damage to trees. It identifies the species of fungi responsible for wood mould within kerfs and xylemleaks and proposes a methodology for the treatment of such wounds. We studied the reactions of older fruit trees to certain systems used in surgery and determined the effects of different types of cutting to improve the vitality of the specimens, which is important in maintaining older avenues of this type. This study is intended for those involved with tree cutting and surgery and recommends ways of using selected arboricultural practices and offers new solutions in the treatment of woody plants.

**Key words:** *arboriculture, cutting, surgery, wood mould, wound protection, impregnates*

## WSTĘP

Gwałtowne przemiany w zakresie metod pielęgnacji i leczenia drzew przypadły na XX wiek. Wraz ze wzrostem świadomości wykonawców i możliwości diagnostycznych, metody przeprowadzanych zabiegów ulegały modyfikacji. Obecnie stosuje się zasadę indywidualnego podejścia do każdego drzewa i wykorzystanie biologicznych mechanizmów obronnych drzew w zabiegach pielęgnacyjnych. Temat chirurgii i leczenia drzew pomijany jest przy drzewach owocowych, które są także pozbawione jakiegokolwiek ochrony prawnej. Stare, przydrożne aleje owocowe stanowią natomiast cenne dla pomologii źródło genów w tworzeniu nowych odmian, a także podnoszą walory krajobrazu. W celu zachowania tego dziedzictwa, należy dostrzec potrzebę zaadaptowania znanych dotąd metod leczenia dla potrzeb gatunków sadowniczych. Krajowy rynek oferuje kilka różnych preparatów powierzchniowych do zabezpieczania ran drzew po cięciu, uszkodzeniach i szczepieniu. Każdy z nich posiada swoje zalety i wady. Ubogo wygląda natomiast oferta preparatów przeznaczonych do zabezpieczania starych czy też rozległych ran. Godnym rozpatrzenia był więc wpływ na fizjologię drzew owocowych popularnych preparatów impregnujących typu drewnochron i olej do drewna, które można wykorzystać do zabezpieczenia wyschniętego drewna. Oprócz grzybów powodujących zgnilizny drewna, powierzchnia ksylemu jest także zasiedlana przez grzyby powodujące jego powierzchniową destrukcję, tzw. „pleśnienie drewna”, przed którym warto chronić odsłonięte tkanki, aby uniknąć ewentualnego spowolnienia procesu gojenia się rany, bowiem obserwuje się, że gatunki opisane jako sprawcy, mogą wpływać na osłabienie kalusowania. Pogląd na zastosowanie chirurgii dla drzew owocowych jest przez wielu wciąż postrzegany jako ekstrawagancja, jednak wykonanie nawet standardowych zabiegów, skutecznie przedłuża życie, a często wyraźnie poprawia witalność drzew, które przeznaczone pierwotnie do osiągnięcia możliwie najlepszego plonu, obecnie posiadają znaczną wartość dendrologiczną. Kilkudziesięcioletnie drzewa owocowe wykazują korzystne reakcje na zastosowanie wiązań sztywnych, żywych wiązań, kanałów odpływowych, żywych podpór oraz naszczepów. Większość z nich jest także zdolna do skutecznej regeneracji po wykonaniu cięć zgodnych ze sztuką arborystyczną. Dotyczy to m.in.

silnych cięć, takich jak: odmładzanie, prześwietlanie, redukcja czy korekcja korony [Pieniżek 1981, Chachulski 2011, Szewczyk 2012].

## PRZEGLĄD LITERATURY

Hudler i Jensen-Tracy [1992] na podstawie badań nad sosnami i kłonami twierdzą, że preparaty powierzchniowe (tu zastosowano Lac Balsam i Binab) nie wpływają na dynamikę kalusowania, pomimo tego, że producenci poświadczają ich korzystny wpływ w tym aspekcie. Udowodniono natomiast, że preparaty te skutecznie zabezpieczają drewno przed atakami szkodników oraz patogenów. Peterson i Helmer [1992] także wskazują na ograniczanie rozwoju patogenów w drewnie po zabezpieczeniu preparatem powierzchniowym Nectec. Zabezpieczanie ran po cięciu drzew jest w opinii większości specjalistów konieczne, aby uniknąć infekcji ranowych, jednak w literaturze brak porównań skuteczności większości preparatów powierzchniowych dostępnych na rynku polskim. Jeśli chodzi o ubytki wgłębne, zaleca się ich doczyszczanie wyłącznie do martwego drewna twardego w dbałości o nienaruszenie żywych tkanek, co spowodowałoby zniszczenie barier fenolowych. Wnętrz ubytków, które posiadają drewno w fazie zaawansowanego rozkładu nie należy impregnować [Chachulski 2009]. Innego postępowania wydają się wymagać rozległe rany po cięciu, które fragmentarycznie posiadają twarde lub po prostu wyschnięte drewno. Istnieją impregnaty, których korzystny wpływ wykazano, jak Imprex, lecz błędną praktyką jest dodawanie do nich środków smołopochodnych, np. Abizolu, który ogranicza wymianę gazową i zwiększa wilgotność drewna pod powierzchnią rządu [Chachulski 2011]. Nie opisano dotąd natomiast wpływu na fizjologię drzew najpopularniejszych impregnatów na rynku, czyli drewnochronu i oleju do drewna. Powyższe środki mają zabezpieczać drewno przed wnikaniem zarówno hub jak i grzybów strzępkowych powodujących powierzchniowy rozkład ligniny i celulozy [Andres i in. 2015]. Kwaśniewska, Przybył i Cofta [2014] w grupie sprawców pleśnienia drewna w budownictwie wymieniają: *Aspergillus niger*, *Chaetomium globosum*, *Penicillium cyclopuim*, *Trichoderma viride* i *Peciliomyces varioti*, natomiast Kuczyńska-Cichocka [2008] wymienia *Chaetomium globosum*, *Corticium laeve* i *Peniophora gigantea*, jednakże

w publikacjach nie znajdują się przesłanki odnośnie grzybów powodujących pleśnienie drewna na powierzchni ran u drzew.

W celu poprawy statyki i zwiększenia bezpieczeństwa, w obrębie ubytków i ostrych rozwidleń konarów, zakłada się wiązania sztywne i elastyczne. O ile te drugie nie stanowią żadnego zagrożenia dla drzewa, pierwsze stwarzają ryzyko związane z powstaniem martwic i wniknięciem patogenów w obrębie odwiertów koniecznych do ich zainstalowania [Szewczyk 2012]. Różne gatunki, w zależności od zdolności do kompartmentalizacji, wykazują rozbieżną tolerancję względem tego typu zabiegów. Istnieje także możliwość wzmożenia obiegu wody i składników pokarmowych ponad uszkodzeniem przy jednoczesnym wzmocnieniu mechanicznym drzewa. Jest to osiągalne dzięki szczepieniom mostowym, które z biegiem czasu przekształcają się w żywe wiązania, zespalające łączone fragmenty drzewa, czy też przyspieszające gojenie się rany [Pieniżek 1981]. Powyższa metoda sprawdza się znakomicie w przypadku drzew owocowych, ale może być również używana w chirurgii drzew ozdobnych. Pieniżek [1981] opisał także metodykę przeszczepiania starych drzew, szczególnie przydatną dla gatunków sadowniczych. Operacja ta pozwala na szybsze odtworzenie utraconej przez drzewo korony. Modyfikacją metod opartych na wszczepianiu obcych organów, o której warto wspomnieć, jest także możliwość instalacji żywych podpór, jednak nie znaleziono na ten temat doniesień naukowych. Jest to szczególnie przydatne we wzmocnieniach pochylonych drzew. Alternatywne metody chirurgii z wykorzystaniem szczepień mostowych, choć od wieków praktykowane wśród wytrawnych sadowników, są dzisiaj nieco zapomniane i zasługują na przywołanie we współczesnej literaturze, choćby ze względu na szeroki wachlarz zastosowań.

## **MATERIAŁ I METODY**

Badania przeprowadzano na pojedynczych okazach drzew w województwach łódzkim i małopolskim. Większość z nich znajduje się na terenie miast Radomska i Krakowa. Do badań nad wpływem impregnatów wykorzystano 49 drzew, głównie jabłoni i przedstawicieli innych rodzajów sadowniczych w różnym wieku i stanie zdrowotnym. Szczepy grzybów zasiedlających rany po cięciu pozys-

kano z tradycyjnego sadu w Radomsku z jabłoni odmian ‚Close’, ‚Spartan’, ‚Hibernal’ i ‚Jonatan’ w wieku od 30 do 47 lat. Opisane w pracy instalacje chirurgiczne zamontowano na jabłoni odmiany ‚Boskoop’ pochodzącej z 1954 roku, zlokalizowanej w miejscowości Kolonia Dobryszycze (woj. łódzkie). Drzewo posiada pień o obwodzie pierśnicowym 245 cm i około 10 metrów wysokości, co czyni go jednym z najokazalszych przedstawicieli rodzaju *Malus* w Polsce [Rudnicki 2015]. Problemem tego okazu jest miąższość pnia, która u nasady wynosi 80%, a na wysokości pierśnicy już tylko 20%, co stwarza ryzyko wyłamania jabłoni. W celu wzmocnienia pnia założono 3 wiązania sztywne złożone z prętów gwintowanych o średnicy 16 mm, podkładek i nakrętek oraz u nasady ubytku umieszczono metalową rurkę wentylacyjno-odpływową odpowiedzialną za utrzymywanie niskiej wilgotności wewnątrz pnia. W celu odciążenia korony przeprowadzono cięcie redukcyjne, które pozbawiło drzewo około 40% aparatu asymilacyjnego. Celem połączenia skrajnych brzegów ubytku, w pień wszczepiono jednoroczny okulant jabłoni odmiany ‚Golden Delicious’. Od przeprowadzenia zabiegów do czasu obserwacji reakcji drzewa upłynęły 2 lata. Wyżej opisane drzewo zostało również włączone do grupy roślin, na których testowano wpływ impregnatów (karty techniczne użytych środków zamieszczono w tab. 1). Zabezpieczenia drewnochronem i olejem do drewna firmy Altax ran wszystkich drzew prowadzono od 2008 do 2015 roku. Badania dają szeroki pogląd na wpływ poszczególnych środków na różne typy ran. Grzyby, które zasiedlały rany po cięciu drzew pobrano 16 stycznia 2016 r. W laboratorium Katedry Ochrony Roślin WBiO UR w Krakowie grzyby strzępkowe wyłożono na pożywkę PDA, po 2 tygodniach przeszczepiono na skosy i 29 lutego zidentyfikowano gatunki. Do badań nad szczepieniami wykorzystano pochodzące z 1978 roku: gruszę ‚Konferencja’ oraz jabłoń ‚Hibernal’. Drzewa rosną w prywatnym wielogatunkowym sadzie tradycyjnym w Radomsku. Szczepień dokonano w marcu 2015 roku – obserwacji po upływie jednego roku. Dla gruszy zastosowano żywą podporę dla zniszczonego i pochylego pnia, w postaci dwuletniej siewki gruszy kaukaskiej pochodzącej z Garlicy Murowanej (woj. małopolskie). Jabłoń po ogłowieciu przeszczepiono zrazami ‚Antonówki Zwyczajnej’ o długości 3 oczek. Do szczepień wykorzystano metodę kożuchówki. Miejsca

szczepień owinięto taśmą szkółkarską i zabezpieczono pastą Funaben Plus 03 PA. Preparat ten został także przetestowany jako środek do zabezpieczania ran po cięciu. Inne produkty, które wykorzystano do tego badania to: Funaben Eko, Koro-Derma, Dendromal, Sztuczna Kora i Lac Balsam. Obserwacji ran pokrytych powyższymi środkami dokonywano w ciągu sezonu wegetacyjnego w roku 2015, aż do wiosny 2016 roku.

Tab. 1. Skład chemiczny drewnochronu i oleju do drewna

Produkt	DREWNOCHRON	OLEJ DO DREWNA
Producent	Drewnochron®	Altax®
Skład produktu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- benzyna ciężka hydroodsiarczona (niskowrząca frakcja naftowa obrabiana wodorem);</li> <li>- oksym ketonu etylowometylowego;</li> <li>- ksylen;</li> <li>- benzyna ciężka obrabiana wodorem;</li> <li>- toliloffuanid;</li> <li>- tebukonazol;</li> <li>- permetryna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- benzyna ciężka obrabiana wodorem (niskowrząca frakcja naftowa obrabiana wodorem);</li> <li>- oksym butan-2-onu;</li> <li>- 2-etylokapronian cyrkonu</li> </ul>

## WYNIKI I DYSKUSJA

Test wpływu preparatów powierzchniowych na wygląd i zamykanie ran po cięciu drzew można opisać jedynie jako obserwację, gdyż nie zakładano w tym przypadku regularnego doświadczenia z powtórzeniami. Środkami pokrywano różne typy ran. Na świeżych ranach suchych trwałą powłokę tworzyły Funaben Plus 03 PA oraz Lac Balsam. Pozostałe środki odpadały po pewnym czasie (Koro-Derma, Dendromal) lub były zasiedlane przez grzyby strzępkowe (po zastosowaniu preparatu Sztuczna Kora). Na świeżych ranach z wyciekami soku ksylemowego żaden ze środków nie utrzymywał odpowiedniej struktury, ani nie tworzył dobrej izolacji dla grzybów strzępkowych, choć najlepsze wyniki otrzymano po użyciu Funabenu Plus 03 PA.

Na martwych ranach suchych większość środków spełniała zadanie ochronne, lecz najtrwalszy okazał się Lac Balsam, a tuż po nim Funaben Plus 03 PA. Martwe rany zainfekowane powierzchniowo przez grzyby strzępkowe okazały się trudne do utrzymania w czystości po zastosowaniu wszystkich wymienionych środków, poza Lac Balsamem, który jako jedyny tworzył trwałą powłokę nieprzerastającą przez grzyby. Podobnie działo się na martwych ranach ze zgnilizną suchą. Żaden ze środków nie sprawdził się natomiast w zabezpieczeniu martwych ran z mokrą zgnilizną drewna – powłoki odpadały i były przerastane przez grzyby.

W trakcie badań testowano preparaty impregnujące – drewnochron i olej do drewna firmy Altax do zabezpieczania poszczególnych typów ran (tab. 2).

Tab. 2. Wpływ drewnochronu i oleju do drewna na poszczególne typy ran

	Reakcja	
	pozytywna	negatywna
I. Olej do drewna Altax®		
Rany suche i czyste	90%	10%
Rany suche i zainfekowane na powierzchni	4%	96%
Świeże rany po cięciu	25%	75%
II. Drewnochron®		
Rany suche i czyste	100%	0%
Rany suche i zainfekowane na powierzchni	97%	3%
Świeże rany po cięciu	0%	100%

W przypadku powierzchni zabezpieczonych olejem do drewna: 10% ran suchych i czystych uległo powierzchniowej infekcji pomimo zastosowania oleju, na ranach suchych i zainfekowanych na powierzchni - na 96% ran grzyby przerosły warstwę oleju, a w 75% świeżych ran po cięciu obserwowano prawdopodobny wpływ środka

na spadek intensywności kalusowania. W przypadku powierzchni zabezpieczonych drewnochronem: na ranach suchych i czystych nie obserwowano negatywnego wpływu środka na fizjologię drzewa, na ranach suchych i zainfekowanych na powierzchni tylko 3% ran wykazało w późniejszym czasie symptomy infekcji grzybowych (jednak prawdopodobnie wskutek spękań drewna), natomiast dla próby zabezpieczono drewnochronem tylko kilka świeżych ran po cięciu, a potem zaprzestano tego proceduru ze względu na powstawanie martwic. Najlepsze efekty w walce z patogenami drewna dawał zatem drewnochron, ale był wyraźnie toksyczny dla żywych tkanek drzewa. Olej do drewna nie powoduje tak znaczących nekroz, choć obserwuje się, że w kontakcie z żywymi strukturami drewna hamuje przyrost tkanki kalusowej. Ponadto nie tworzy on tak solidnej powłoki jak drewnochron, a naniesiony na drewno jest czasem zasiedlany przez grzyby strzępkowe. Oba środki są przydatne w chirurgii drzew, ale każdy z nich przynosi oczekiwane korzyści tylko na pewnych typach ran.

Tab. 3. Wykaz grzybów zdiagnozowanych na ranach

L.p.	Grzyb	Liczba identyfikacji
„Pleśnienie drewna”		
1	<i>Cladosporium herbarum</i>	5
2	<i>Alternaria alternata</i>	6
3	<i>Alternaria mali</i>	2
4	<i>Hemicola fuscoatra</i>	2
5	<i>Arthroderma curreyi</i>	2
6	<i>Epicoccum nigrum</i>	1
7	<i>Aureobasidium pullulans</i>	1
8	<i>Trichoderma viride</i>	1
9	<i>Phialophora cyclaminis</i>	1
„Pleśnienie kory”		
10	<i>Thanatephorus cucumeris</i>	3
11	<i>Chrysosporium asperatum</i>	1
12	<i>Mortierella alpina</i>	1
13	<i>Neonectria cinnabarina</i>	1

Laboratoryjna identyfikacja grzybów mikroskopowych, potencjalnych patogenów zebranych z ran, na których zaobserwowano tzw. pleśnienie drewna lub kory, wykazała 13 gatunków (tab. 3).

Na większości szalek znajdował się gatunek *Cladosporium herbarum* o grzybni odpowiadającej wizualnie grzybni, która pokrywa rany w naturze. Często obserwowano też obecność grzybów z rodzaju *Alternaria*, które charakteryzują się podobnym do *Cladosporium* sposobem rozprzestrzeniania się. Za głównego sprawcę pleśni występującej na korze uznano *Thanatephorus cucumeris*. Nie zidentyfikowano natomiast na żadnej szalce grzyba *Chaetomium globosum*, na obecność którego w pleśnieniu drewna w budynkach powoływali się autorzy wspomniani w przeglądzie literatury.

Na podstawie przeprowadzonych badań terenowych, jako metodę leczenia ran zakażonych przez grzyby strzępkowe poleca się dezynfekcję powierzchni drewna denaturatem, bądź środkiem odkażającym, np. Huwa-San. Następnie brzegi rany należy pokryć preparatem powierzchniowym, np. Funaben, natomiast wewnątrz rany zabezpieczyć, w zależności od stopnia destrukcji drewna, drewnochronem lub olejem do drewna. Skutecznym fungicydem zwalczającym grzyby strzępkowe okazuje się także Topsin M500 SC.

Rozpatrując wpływ poszczególnych instalacji chirurgicznych na badane drzewa owocowe, należy podkreślić, że wybrane do tego celu okazy znajdowały się w dobrej kondycji fizjologicznej i może to tłumaczyć na ogół zadowalające wyniki doświadczeń. Szara Reneta, na której zainstalowano wiązania sztywne, częściowo zalała felce z podkładkami, na których oparte jest wzmocnienie. Kalus obrósł też otwór wywiercony pod rurkę wentylacyjno-odpływową, a wewnątrz pnia pozostaje w całości suche. Nie licząc nieuniknionych apoptoz ksylemu w obrębie obcych ciał, należy uznać, że instalacja metalowych przedmiotów została przez drzewo zniesiona dobrze, a wprowadzone w odzimek elementy w pełni spełniają swoją rolę. Gorsze efekty przyniosło założenie żywego wiązania w obrębie głównego otworu ubytku. Zostało ono odrzucone przez jabłoń, ale za przyczynę należy przyjąć infekcję w miejscu szczepienia spowodowaną przez raka gruzełkowego. Błędem było zastosowanie jako wiązania jabłoni odmiany 'Golden Delicious' wrażliwej na tą chorobę. Nie można jednak uznać, że żywe wiązania nie są warte stosowania, bowiem grusza

kaukaska, którą wszczepiono w roli żywej podpory w pień 38-letniej gruszy odmiany ‚Konferencja‘, przyjęła się i z powodzeniem uzupełnia niedobory wody i składników pokarmowych schorowanego drzewa. Pełnym sukcesem okazała się także operacja przeszczepiania znajdującej się w tym samym wieku jabłoni odmiany ‚Hibernal‘, która przyjęła wszystkie zrazy wszczepione w rżaz po ogłowieniu drzewa i obecnie odtwarza z nich utraconą koronę. Wracając do tematu pielęgnacji Szarej Renety z Kolonii Dobryszyce, trzeba podkreślić fakt pozytywnej reakcji na przeprowadzoną w 2014 roku redukcję korony. Większość rżazów, z wyjątkiem rany impregnowanej drewnochronem bezpośrednio po cięciu, zdołała wytworzyć wałki tkanki przyrannej. Drzewo zregenerowało część korony tworząc z pąków śpiących pędy przybyszowe. Wskutek zmniejszenia wilgotności w koronie, ograniczyło się występowanie brunatnej zgnilizny drzew ziarnkowych. Nie doszło do infekcji kory. Ulistnienie nadal jest bujne. Jakość owoców zwiększyła się w związku ze zmniejszeniem ilości plonu. Sprawnie przeprowadzone cięcie redukcyjne nie jest większym problemem nawet dla ponad 60-letniej jabłoni. Pozwala to na postawienie tezy, że żywotne drzewa ziarnkowe dobrze reagują na utratę nawet kilkudziesięciu procent asymilujących pędów. Zakłada się, że większość jabłoni i grusz o podobnej gospodarce fizjologicznej w tym wieku zareagowałaby podobnie. W kanon względnie bezpiecznych zabiegów dla starych drzew owocowych można zatem wpisać, oprócz rozważnej redukcji zasięgu korony, cięcie prześwietlające oraz rozsądne odmładzanie.

## **WNIOSKI**

Nakładanie preparatów powierzchniowych na całą powierzchnię ran po cięciu daje zamierzony efekt wyłącznie, gdy nie występuje tzw. „płacz drzew” oraz przed nastąpieniem rozkładu drewna.

Najlepsze właściwości do zabezpieczania większości ran po cięciu drzew posiadają środki Funaben Plus 03 Pa i Lac Balsam.

Drewnochron chroni odkryte drewno przed patogenami i tworzy solidną powłokę, ale jest toksyczny dla żywych tkanek – można go stosować tylko na martwe drewno.

Olej do drewna nie powoduje zamierania żywych tkanek, ale

ogranicza kalusowanie i tworzy powłokę, którą są w stanie przerosnąć grzyby strzępkowe, jeśli wcześniej występowały na ranie – dobrze sprawdza się w impregnacji suchego, czystego drewna, nawet w pobliżu żywych tkanek.

Ciemnoszarzielona zbita grzybnia charakterystyczna dla zjawiska „pleśnienia drewna” na ranach po cięciu drzew jest efektem zasiedlania ran przez *Cladosporium herbarum* wraz z zespołem towarzyszących mu grzybów strzępkowych.

Sprawcą „białej pleśni” występującej w okresach wysokiej wilgotności na korze drzew jest *Thanatephorus cucumeris* – teleomorfa od *Rhizoctonia solani*.

Stare drzewa owocowe, pod warunkiem wydolnej gospodarki fizjologicznej, są w stanie pozytywnie reagować na usunięcie nawet 1/3 aparatu fotosyntetycznego.

Dzięki zdolności do kompartmentalizacji, jabłonie dobrze znoszą ingerencje chirurgiczne w postaci instalacji wiązań sztywnych i rur wentylacyjnych.

Do stosowania żywych wiązań zaleca się używanie kultywarów odpornych na choroby kory.

Gatunki drzew ziarnkowych łatwo przyjmują szczepienia mostowe i radzą sobie z regeneracją po przeszczepianiu koron.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Andres B. Dąbrowska P. Lisiecka E. Mielnik A. Mróz A. Wójcik A. 2015. Microbiological research of the collection of book cabinets in the Władysław Grabski Library. *Annals of Warsaw University of Life Sciences. Forestry and Wood Technology* 91, 2015: 7-12.
- Chachulski Z. 2009. Co dalej z chirurgią drzew. *PTChD* 16, Warszawa: 2-3.
- Chachulski Z. 2011. Pielęgnowanie i leczenie drzew starszych. *LIBRA\_PRINT*, Warszawa: 60-79; 82-96.
- Hudler G.W. Jensen-Tracy S. 1992. Lac Balsam as a treatment to hasten wound closure and minimize discoloration and decay. *Journal of Arboriculture* 28: 264-269.
- Kuczyńska-Cichocka M. 2008. Degradacja drewna spowodowana przez grzyby. *Profesjonalny parkiet*. Wydawnictwo prywatne: 2.
- Kwaśniewska P.W. Przybył A.K. Cofta. G. 2014. Analiza właściwości fungistatycznych alkaloidów - potencjalnych środków ochrony drewna. *Mate-*

- riały Konferencji Młodych Naukowców w Gdańsku: 78 (poster).
- Peterson J. L. Helmer D. B. 1992. A wound treatment system to suppress cankers and wood rot in trees. *Journal of Arboriculture* 18: 155-160.
- Pieniążek S.A. 1981. *Sadownictwo*. PWRiL, Warszawa: 343-345; 345-351.
- Rudnicki E. 2015. Techniki leczenia i pielęgnacji drzew z analizą przypadku okazu *Malus*. Materiały Ogólnouczeniowej Sesji Kół Naukowych 2015. Wydawnictwo UR, Kraków: 88.
- Szewczyk G. 2012. *Arborystyka*. Wydawnictwo UR, Kraków: 43-99; 160-163.

**Afiliacja:**

inż. Ernest Rudnicki  
Katedra Dendrologii i Architektury Krajobrazu  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail*: ernrud@poczta.fm

*Opiekun naukowy*: dr hab. inż. Małgorzata Frazik-Adamczyk

**WPŁYW EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW  
NA WZROST I ROZWÓJ TRUSKAWKI  
'HONEOYE' I PODKŁADKI CZEREŚNI 'GISELA 5'**  
INFLUENCE OF EFFECTIVE MICROORGANISMS  
ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF 'HONEOYE'  
STRAWBERRY AND GISELA 5 SWEET CHERRY ROOTSTOCK

**Abstrakt.** Badania przeprowadzono w celu oceny wpływu efektywnych mikroorganizmów (EM) na wzrost i rozwój roślin truskawki odmiany 'Honeoye' oraz podkładki czereśni GiSelA- 5. Rośliny truskawek podlewano, co 10 dni roztworami preparatu zawierającego efektywne mikroorganizmy (w stężeniu 1% i 3%) natomiast podkładkę czereśni podlewano, co dwa dni tym samym preparatem w stężeniu 0,2%. Efektywne mikroorganizmy znacznie wpłynęły na zwiększenie średnicy szyjki korzeniowej i korzeni, liczbę liści oraz kwiatostanów truskawki w porównaniu do kontroli. Stwierdzono zwiększenie długości korzeni po podlewaniu 1% roztworem EM oraz zwiększenie masy korzeni po podlewaniu preparatem 3% EM. Rośliny truskawki traktowane preparatem wykazały znacznie większą zawartość skrobi w korzeniach. Stwierdzono większą średnicę pędu podkładki czereśni po zastosowaniu preparatu EM. Istotny procentowy przyrost wysokości i średnicy obserwowano u roślin traktowanych preparatem podczas początkowego i ostatniego terminu pomiaru.

**Słowa kluczowe:** *bionawóz, kultury probiotyczne, skrobia, Fragaria x ananassa, Prunus avium*

**Abstract.** Presented study was conducted to evaluate the effect of effective microorganisms (EM) application on growth and development of 'Honeyoe' strawberry and GiSelA- 5 sweet cherry rootstock. Strawberry plants were treated with biofertilizer (1% and 3% concentration) every 10 days, while sweet cherry rootstock was treated with 0.2% concentration every two days. Biofertilizer significantly increased the diameter of the root crown and roots, number of leaves and inflorescence of strawberry. Concentration of 1% increased significantly the length of roots, while higher concentration (3%)

- roots weight. Treated strawberry plants exhibited significantly higher content of the starch in the roots. Sweet cherry rootstock did not exhibit the increase of the investigated features after applying of the biofertilizer. The enhanced percentage of height and diameter was noted for plants treated with the biofertilizer in the first and last term of measurements.

**Key words:** *biofertilizer, probiotic culture, starch, Fragaria x ananassa, Prunus avium*

## WSTĘP

Efektywne mikroorganizmy (EM) to kompozycja mikroorganizmów stosowana do produkcji bionawozów, nawozów organicznych, środków poprawiających kondycję gleby, jak i roślin [Kowalska 2011]. Preparaty zawierają w swoim składzie głównie kultury mikrobiologiczne. Efektywne mikroorganizmy (EM) mogą wpływać na zwiększenie aktywności biologicznej gleby i ograniczenie procesów gnilnych, zwiększenie zawartości próchnicy, poprawę przyswajalności trudnodostępnych związków, zwiększenie efektu fotosyntezy, hamowanie rozwoju fitopatogenów oraz poprawę jakości plonu. Preparaty zawierające EM są polecane między innymi do poprawienia żyzności i urodzajności gleby, do polepszenia procesu kiełkowania, ukorzeniania, kwitnienia, a także poprawy jakości owoców. Preparaty w zależności od potrzeb mogą być stosowane doglebowo, jako opryskiwanie roślin lub w formie zapraw do nasion. Najpowszechniej stosowane są w uprawach zbóż, ziemniaków, buraków cukrowych, warzyw oraz roślin leczniczych. Stosowane są także w ogrodnictwie proekologicznym. Wykazanie pozytywnego wpływu efektywnych mikroorganizmów na rośliny zależy w dużej mierze od stosowanego preparatu oraz gatunku roślin [Janas 2009, Truba i in. 2012]. Stosunkowo mniej jest doniesień na temat wykorzystania EM w uprawach sadowniczych [Zydlík i Zydlík 2008, Kowalska 2011]. Współczesne metody prowadzenia plantacji truskawek wymagają sadzonki bardzo dobrej jakości, o silnym wzroście. Zastosowanie efektywnych mikroorganizmów na etapie produkcji sadzonek roślin pozwala uzyskać na plantacji obfite kwitnienie i owocowanie. W przypadku roślin po-

chodzących z kultur *in vitro* ich system korzeniowy jest wyjąłowany i dlatego stosowanie efektywnych mikroorganizmów po wprowadzeniu roślin do warunków naturalnych wpływa korzystnie na stan fizjologiczny tych roślin.

Celem doświadczenia było zbadanie wpływu efektywnych mikroorganizmów (EM) na wzrost i rozwój truskawki odmiany 'Honeyoe' oraz słabo rosnącej podkładki czereśni 'GiSelA- 5'.

## **MATERIAŁ I METODY**

Badania prowadzono w Mykanowie, w województwie śląskim oraz w Katedrze Sadownictwa i Pszczelnictwa UR w Krakowie w 2013 roku. Do badań wykorzystano młode rośliny truskawki odmiany 'Honeyoe' otrzymane przez rozłogi oraz podkładkę GiSelA- 5 pochodzącą z kultur *in vitro*. Truskawka odmiany 'Honeyoe' często jest stosowana w uprawach sterowanych. Odmiana ta charakteryzuje się średnio zwartym pokrojem rośliny o mocnym ulistnieniu. Natomiast podkładka GiSelA-5 uważana jest za jedną z najlepszych słabo rosnących podkładek dla czereśni, skutecznie ogranicza wzrost drzew, poprawia wielkość i jakość plonu owoców. Ze względu na duże trudności w rozmnażaniu podkładka ta jest często uzyskiwana metodą mikrorozmnażania [Sitarek 2004, Dziedzic 2012].

W badaniach wykorzystano preparat EmFarma Plus firmy ProBiotics™ Polska, zawierający głównie probiotyczne kultury mikrobiologiczne, melasę z trzciny cukrowej, rewitalizowaną wodę, sól kamienną i kompleks minerałów.

Pojawiające się rozłogi pierwszego stopnia truskawki 'Honeyoe' odcinano w momencie pojawienia się u nich zawiązków korzeni i umieszczano w pojemniku oraz okrywano wilgotnym materiałem, aby nie uległy przeschnięciu. Doświadczenie założono w 3 kombinacjach, po 20 sztuk roślin w każdej kombinacji:

- 1) Kontrola – rośliny moczone przez godzinę w wodzie i podlewane tylko wodą,
- 2) EmFarma w 1% stężeniu – rośliny moczone przez godzinę w 1% roztworze preparatu EmFarma i podlewane tym samym roztworem co 10 dni,
- 3) EmFarma w 3% stężeniu – rośliny moczone przez godzinę w

3% roztworze preparatu EmFarma i podlewane tym samym roztworem co 10 dni.

Materiał umieszczano w wielodoniczkach wypełnionych mieszanką torfu, włókna kokosowego i perlitu w stosunku 2:1:1 i przytwierdzono do podłoża metalową spinką. Paletki osłonięte białą włókniną umieszczono pod konstrukcją cieniującą. Rośliny po około 10 dniach się ukorzeniły i podjęły wzrost. Pod koniec okresu wegetacyjnego wykonano następujące pomiary: średnicy korony truskawki (mm), liczby liści i kwiatostanów (szt.), długości systemu korzeniowego - najdłuższego korzenia (cm), średnicy korzenia (mm), masy systemu korzeniowego (g), jak również przeprowadzono analizy laboratoryjne na zawartość suchej masy w systemie korzeniowym (%), zawartość cukrów rozpuszczalnych ( $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  p.s.m.) oraz zawartość skrobi ( $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  p.s.m.).

Ukorzone podkładki czereśni 'GiSelA- 5' pochodzące z mnożenia *in vitro* po aklimatyzacji w komorze fitotronowej zostały wysadzone w kwietniu do doniczek P9 i umieszczone w szklarni. Podkładki czereśni podzielono na 2 kombinacje (po 20 sztuk doniczek w każdej):

1) **Kontrola** – podlewanie roślin wodą,

2) **EmFarma w 0,2% stężeniu** – podlewanie roślin roztworem EmFarma co drugi dzień.

Pomiary roślin wykonano w trzech terminach:

przed wysadzeniem do doniczek P9 (kwiecień)

po 4 miesiącach uprawy (sierpień)

po zrzuceniu liści przez rośliny (październik)

Wykonane pomiary dotyczyły: wysokości (cm) i średnicy pędów (mm), długości pędów bocznych (cm), procentu roślin z rozgałęzieniami, liczby korzeni, średnicy korzenia (mm), masy systemu korzeniowego (g). Przeprowadzono również analizy laboratoryjne na zawartość suchej masy (%), zawartość cukrów rozpuszczalnych ( $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  p.s.m.) oraz skrobi ( $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  p.s.m.) w korzeniach podkładki 'GiSelA- 5'.

Uzyskane wyniki obliczono statystycznie metodą analizy wariacji w układzie jedno- i dwuczynnikowym. Do określenia istotności różnic pomiędzy średnimi wartościami posłużono się testem HSD Tukey'a, przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$ .

## WYNIKI I Dyskusja

### Truskawka

W przypadku truskawki odmiany ‚Honeoye’ wykazano istotny wpływ preparatu (EmFarma) na badane parametry roślin: średnicę korony truskawki, liczbę liści i kwiatostanów (Tab. 1). Bez względu na zastosowane stężenie EM odnotowano zwiększenie średnicy korony oraz liczby liści i kwiatostanów truskawki w porównaniu do roślin z kombinacji kontrolnej. Preparat zastosowany w niższym stężeniu (1%) wpłynął na większą długość systemu korzeniowego truskawki w porównaniu do pozostałych kombinacji (Tab. 1). Podobne wyniki dla tej odmiany truskawki dotyczące zwiększenia liczby liści po zastosowaniu preparatu uzyskali Glinicki i in. [2011]. W badaniach nad różą i gerberą wykazano, że preparat EM miał pozytywny wpływ na ich kwitnienie. Uzyskano istotne różnice w wielkości średnicy kwiatów u róży, a u gerbery zaobserwowano o 30% większą liczbę kwiatostanów w porównaniu z kontrolą [Górski i Kleiber 2010].

Tab. 1. Średnie parametry wzrostu truskawki ‚Honeoye’ w zależności od zastosowanego podlewania

Kombinacja	Średnica korony [mm]	Liczba liści [szt.]	Liczba kwiatostanów [szt.]	Długość system korzeniowego [cm]	Średnica korzeni [mm]	Masa system korzeniowego [g]
KONTROLA	8,1 b*	5,2 b	1,2 b	16,3 b	2,0 a	7,9 b
EmFarma 1%	8,7 a	6,6 a	2,2 a	19,9 a	1,9 a	8,2 ab
EmFarma 3%	8,5 a	6,3 a	2,7 a	16,5 b	2,1 a	8,8 a

\*Średnie wartości w obrębie danej cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie przy  $\alpha=0,05$

Analizy laboratoryjne nie wykazały statystycznie istotnych różnic pomiędzy kontrolą, a zastosowanymi stężeniami preparatu pod względem zawartości suchej masy w korzeniach truskawki. Natomiast stwierdzono istotne podwyższenie zawartości cukrów i skrobi w korzeniach truskawki traktowanych preparatem (Tab. 2). W przypadku wiśni dzwonkowatej (*Prunus campanulata*) po zastosowaniu efektywnych organizmów uzyskano zwiększenie zawartości skrobi w korzeniach roślin [Chen i Cheng 2013].

Tab. 2. Zawartość suchej masy, cukrów prostych, skrobi w korzeniach truskawki 'Honeoye'

Kombinacja	Zawartość suchej masy w korzeniach [%]	Zawartość cukrów rozpuszczalnych w korzeniach [mg•100 g <sup>-1</sup> p.s.m.]	Zawartość skrobi w korzeniach [mg•100 g <sup>-1</sup> p.s.m.]
KONTROLA	20,6 a*	8,6 b	9,6 b
EmFarma 1%	19,9 a	10,8 a	18,8 a
EmFarma 3%	20,8 a	11,1 a	15,6 a

\*średnie wartości dla każdej kombinacji badanych czynników oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie przy  $\alpha=0,05$

### Podkładka czereśni

Przeprowadzone pomiary wykazały, że podkładki czereśni po zastosowaniu preparatu cechowały się istotnie większą średnicą pędu (średnio dla trzech terminów). W obydwu kombinacjach doświadczenia (kontrola i EM) obserwowano w poszczególnych terminach pomiaru istotne zwiększenie wartości ocenianych parametrów roślin (wysokości i średnicy pędu oraz długości pędów bocznych) (Tab.3). W podobnych badaniach nad podkładką jabłoni M9 uzyskano pozytywne działanie efektywnych mikroorganizmów w odniesieniu do części nadziemnej podkładek [Zydlík i Zydlík 2008].

Tab. 3. Średnie parametry wzrostu podkładki czereśni 'GiSeLA- 5' w zależności od terminu i rodzaju podlewania (woda, EM)

Kombinacja	Termin	Wysokość pędu [cm]	Średnica pędu [cm]	Długość pędów bocznych [cm]
Kontrola	I	18,52 c*	2,23 c	11,87 b
	II	32,33 b	8,59 b	24,95 b
	III	57,27 a	9,82 a	46,27a
Średnia dla kombinacji		36,03 a	6,88 b	27,7a

EM	I	16,97 c	2,06 c	18,58 b
	II	36,27 b	8,66 b	28,37ab
	III	60,84 a	10,36 a	18,19 b
Średnia dla kombinacji		38,03 a	7,01a	21,71a
Średnia dla terminu	I	17,74 c	2,14 c	15,23b
	II	34,30 b	8,61b	26,66a
	III	59,06 a	10,09a	32,23a

\*średnie wartości dla każdej kombinacji badanych czynników oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie przy  $\alpha=0,05$

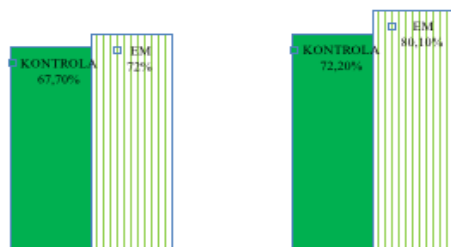
Zastosowanie preparatu wpłynęło korzystnie na zwiększenie masy korzeni oraz zawartość suchej masy w korzeniach. Natomiast nie odnotowano podniesionej zawartości cukrów prostych oraz skrobi w korzeniach roślin traktowanych efektywnymi mikroorganizmami (Tab.4). Badania nad podkładką jabłoni dowiodły, że zdecydowanie lepiej korzeniły się rośliny po zastosowaniu preparatu. Korzenie rosły szybciej uzyskując przy tym również większą masę. System korzeniowy opryskiwany preparatem wpłynął na dużą liczbę włóśników korzeniowych [Zydlík i Zydlík 2008].

Tab. 4. Parametry wzrostu systemu korzeniowego oraz zawartość suchej masy, cukrów prostych i skrobi w korzeniach podkładki czereśni ,GiSelA- 5'

Kombinacja	Suma korzeni [szt.]	Masa korzeni [g]	Zawartość suchej masy w korzeniach [%]	Zawartość cukrów rozpuszczalnych w korzeniach [mg·100 g <sup>-1</sup> p.s.m.]	Zawartość skrobi w korzeniach [mg·100 g <sup>-1</sup> p.s.m.]
KONTROLA	15,03a*	3,50 b	19,15 b	15,37a	7,30 a
EM	13,42 b	3,72a	19,55 a	14,98 b	7,30 a

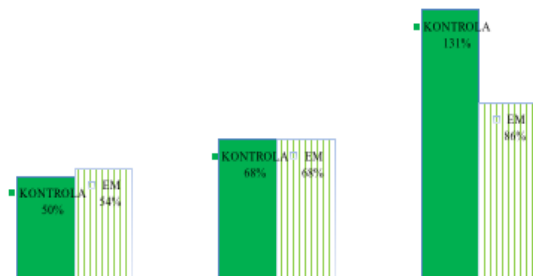
\*średnie wartości w obrębie danej cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie przy  $\alpha=0,05$

Porównanie wysokości oraz średnicy pędu podkładki 'GiSelA- 5' w I oraz w III terminie pomiaru wykazało większy przyrost procentowy badanych parametrów w kombinacji z preparatem (Ryc.1).



Ryc. 1. Przyrost procentowy wysokości i średnicy pędu podkładki 'GiSelA- 5' (porównanie I z III terminem pomiaru)

Obliczono udział procentowy rozgałęzionych okulantów w kolejnych terminach pomiarów w obydwu kombinacjach. Stwierdzono, że rośliny podlewane preparatem znacznie słabiej rozgałęziały się w porównaniu do roślin z kontroli (Ryc.2). W przypadku podkładki 'GiSelA- 5' można uznać taką odpowiedź rośliny za korzystną, ze względu na fakt, że silne rozgałęzienie drzewek owocowych wciąż przysparza szkółkarzom wielu kłopotów i dąży się do uzyskiwania krótkich okulantów z kilkoma pędami bocznymi (4 – 5 sztuk) [Jau-mień i in. 2004].



Ryc. 2. Procent roślin wykazujących rozgałęzienie podkładki 'GiSelA- 5' w kolejnych terminach pomiaru

## WNIOSKI

Preparat EmFarma korzystnie wpłynął na średnicę korony, liczbę liści, liczbę kwiatostanów oraz zwiększył zawartość cukrów rozpuszczalnych i skrobi w systemie korzeniowym truskawki 'Honeye'.

Podkładki czereśni 'GiSelA- 5' pochodzące z kombinacji z preparatem cechowały się istotnie większą średnicą pędu i większą wysokością.

Odnotowano korzystny wpływ preparatu na masę korzeni oraz zawartość suchej masy w korzeniach podkładki czereśni.

Lepsze efekty rozgałęziania podkładki uzyskano po podlewaniu wodą niż po zastosowaniu preparatu.

## BIBLIOGRAFIA

- Chen I.Z., Cheng C.Y., 2013. Effect of effective microorganisms an growth media on the growth of potted Taiwan cherry seedlings (*Prunus campanulata* Maxim). [online], <http://www.emturkey.com.tr/TR/dosya/1-536/h/effect-of-effective-microorganisms-an-growth-media-on-t-.pdf> (26.02.2016).
- Dziedzic E. 2012. Zastosowanie kultur in vitro w produkcji materiału szkółkarskiego czereśni. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego, seria rozprawy 362: 34-49.
- Glinicki R., Sas-Paszt L., Jadczyk-Tobjasz E. 2011. The effect of microbial inoculation with EM-Farming inoculum on the vegetative growth of three strawberry cultivars. Horticulture and Landscape Architecture 32: 3-14.
- Górski R., Kleiber T. 2010. Effect of effective microorganisms (EM) on nutrient contents in substrate and development and yielding of rose (*Rosa x hybrida*) and gerbera (*Gerbera jamesonii*). Ecological Chemistry and Engineering, 17 (4): 505-513.
- Janas R. 2009. Możliwości wykorzystania efektywnych mikroorganizmów w ekologicznych systemach produkcji roślin uprawnych. Problemy Inżynierii Rolniczej 3:111-119.
- Jaumień F., Dziuban R., Nowakowski R. 2004. Rozgałęzienie drzew jabłoni w szkółce. Szkółkarstwo, 55(3): 54-59.
- Kowalska J. 2011. Efektywne mikroorganizmy w rolnictwie ekologicznym. Sprawozdanie z realizacji zadania Nr PKre-029-6-3/11(150), wyko-

nanego w Instytucie Ochrony Roślin, w Państwowym Instytucie Badawczym w Poznaniu.

Sitarek M. 2004. Uprawa czereśni karłowych, Plantpress, Kraków.

Truba M., Jankowski K., Sosnowski J. 2012. Reakcja roślin na stosowanie preparatów biologicznych. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, s. 53.

Zydlik P., Zydlik Z. 2008. Impact of biological effective microorganisms (EM) preparations on some physico-chemical properties of soil and the vegetative growth of apple-tree rootstocks. Nauka Przyr. Technol. (2)1:1-7.

**Afiliacja:**

mgr inż. Izabela Sachryń

Katedra Sadownictwa i Pszczelnictwa

Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

*e-mail:* jerazabel@gmail.com

dr hab. inż. Ewa Dziejcz

Katedra Sadownictwa i Pszczelnictwa

Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

*e-mail:* e.dziejcz@ogr.ur.krakow.pl

*Opiekun naukowy/promotor:* dr hab. inż. Ewa Dziejcz

Agnieszka STĘPIEŃ  
Marta JAŹDŹYK  
Anna MACIEJEWSKA  
Aleksander OWCZAREK  
Renata GALEK  
Henryk BUJAK  
Stanisław SĘKTAS

EPISTEME  
30/2016, t. II  
s. 299–308  
ISSN 1895-4421

## **OPTYMALIZACJA MIKROROZMNAŻANIA WYBRANEGO GENOTYPU RHODODENDRON L.**

### **OPTIMIZATION OF *IN VITRO* MICROPROPAGATION FOR SELECTED GENOTYPE OF *RHODODENDRON L.***

**Abstrakt.** Celem eksperymentu było określenie wpływu regulatorów wzrostu na efektywność mikrorozmnażania wybranego mieszańca różanecznika otrzymanego w Arboretum Leśnym im. Prof. Białoboka w Sycowie, uzyskanego z siewek powstałych w wyniku swobodnego przepylenia się krzewów. Eksplantaty wtórne w postaci fragmentów pędów z 4-5 liśćmi różanecznika zostały wyłożone na pożywkę standardową ze zróżnicowanymi dawkami regulatorów wzrostu ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ): 4,0 2iP + 0,2 IAA + 0,1 TDZ; 4,0 2iP + 1,0 IAA; 8,0 2iP + 1,0 IAA; 4,0 zeatyna + 1,0 IAA. Doświadczenie założono w 3 powtórzeniach, umieszczając w każdym naczyniu hodowlanym po 10 roślin. Pomiary wykonano po czterech, ośmiu i dwunastu tygodniach wzrostu. Na pożywce uzupełnionej 4,0 2iP + 1,0 IAA rośliny charakteryzowały się największą wysokością oraz liczbą nowo powstałych pędów przybyszowych. Najwyższy współczynnik rozmnażania uzyskano na pożywce zawierającej 4,0 2iP + 1,0 IAA.

**Słowa kluczowe:** *mikropropagacja, pożywka A1, regulatory wzrostu, pędy przybyszowe, współczynnik*

**Abstract.** The aim of this study was to determine the effects of different plant growth regulators on the efficiency of hybrid micropropagation of the own collection Arboretum Leśne im. Prof. Stefana Białoboka in Syców, obtained from seedlings resulting from self-pollination the bushes. The fragment of shoots with 4-5 leaves were placed on the basic medium supplemented with different combinations of plant growth regulators ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ): 4.0 2iP + 0.2 IAA + 0.1 TDZ, 4.0 2iP + 1.0 IAA, 8.0 2iP + 1.0 IAA, 4.0 zeatin + 1.0 IAA. The experiment was established in three replications, placing in each culture vessel of 10 plants. The measurements were made after the following

periods of growth: four, eight and twelve weeks. The highest multiplication index as well as plant growth and number of new adventitious shoots were obtained on media with 4.0 2iP and 1.0 IAA.

**Key words:** *micropropagation, Al medium, growth regulators, adventitious shoots, multiplication index*

## WSTĘP

*Rhododendron* L. jest cenną rośliną z rodziny wrzosowatych (*Ericaceae*), powszechnie wykorzystywaną do celów ozdobnych. Pierwotnie uprawiana była w ogrodach angielskich jako krzew ozdobny [Taylor 2014]. Według niektórych ujęć taksonomicznych do rodzaju *Rhododendron* należy obecnie ponad 1000 gatunków [Argent 2006]. Zasadniczym walorem dekoracyjnym są jej kwiaty, które w zależności od odmiany mogą być żółte, czerwone, różowe, fioletowe oraz pomarańczowe [Seneta i Dolatowski 2008]. Rośliny z rodziny wrzosowatych, w tym także różaneczniki mogą wchodzić w symbiozę z grzybami, tworząc mikoryzę erikoidalną. Umożliwia to adaptację do życia w skrajnie niekorzystnych warunkach siedliskowych [Werner 2001].

Wiele nowo rejestrowanych odmian różanecznika charakteryzuje się odpornością na niskie temperatury [Peng i in. 2008]. W Polsce uprawa jest utrudniona ze względu na ich dość specyficzne wymagania siedliskowe. Rośliny najlepiej czują się posadzone w półcieniu na glebach kwaśnych i umiarkowanie wilgotnych [Seneta i Dolatowski 2008]. Obserwuje się duży postęp w hodowli tego gatunku związany z otrzymaniem coraz szerszego zakresu zmienności cech morfologicznych, długości terminu kwitnienia oraz odporności na różne warunki środowiska [Gerdemann 2005].

Różaneczniki są rozmnażane zarówno wegetatywnie jak i generatywnie z nasion. Wegetatywnie rozmnaża się je wykorzystując pędy półzdrewniałe oraz zielne - z odkładów poziomych lub powietrznych, poprzez podział krzewów matecznych a także mikrorozmnażanie [Czekalski 1991]. Mikrorozmnażanie umożliwia szybkie mnożenie cennych genotypów roślin, również odmian mieszańcowych tego gatunku. Badania wykazały, że większość gatunków z rodzaju *Rhododendron* może być rozmnażana z powodzeniem metodą kultur

pędowych [Czekalski 2006]. Jako eksplantaty pierwotnie do inicjacji kultur wykorzystuje się fragmenty merystemów oraz pąki kwiatowe. Rośliny rozmnażane z tych typów kultur charakteryzują się dużą stabilnością genetyczną [Tomsone i Gertnere 2003, Tomsone i in. 2004].

Celem doświadczenia było określenie wpływu regulatorów wzrostu na rozwój mieszańca uzyskanego w Arboretum Leśnym im. Prof. Stefana Białoboka w Sycowie w kulturze *in vitro*.

## **MATERIAŁY I METODY**

Materiał badawczy stanowił mieszaniec różanecznika, a do doświadczeń wykorzystano eksplantaty wtórne otrzymane z kultur pąków kwiatowych. Jako pożywkę podstawową do indukcji i stabilizacji kultur zastosowano pożywkę Andersona [1984], z modyfikacjami (Al) zaproponowanymi przez Bojarczuk [1995]. Indukcję kultur przeprowadzono na podłożu Al + 15,0 2iP + 4,0 IAA oraz Al + 4,0 2iP + 0,5 2,4-D, a stabilizację kultur na pożywce Al + 6,0 2iP + 0,23 IAA oraz z dodatkiem 12,0 2iP + 0,5 IAA + 0,15 TDZ.

Doświadczenie zostało założone w trzech powtórzeniach (jako powtórzenie potraktowano jedno naczynie hodowlane), w każdym z nich umieszczono po 10 eksplantatów. Eksplantat wyjściowy stanowił pęd zawierający od 4 do 5 liści. Doświadczenie założono na standardowej pożywce Andersona [Anderson 1984] zmodyfikowanej (Al) przez Bojarczuk [1995] zawierającej 3% sacharozy, zestalonej 0,8% agarem (Sigma) o pH 5,0. Eksplantaty wykładano na pożywkę standardową (Al) oraz z dodatkiem takich regulatorów wzrostu jak ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ): 4,0 2iP (2-izopentyloadenina) + 0,2 IAA (kwas indolilo-3-ocutowy) + 0,1 TDZ (thidiazuron), 4,0 2iP + 1,0 IAA, 8,0 2iP + 1,0 IAA oraz 4,0 zeatyna + 1,0 IAA. Kultury prowadzono przez trzy kolejne pasaże – 4, 8 oraz 12 tygodni przy fotoperiodzie 16/8 (dzień/noc) oraz natężeniu światła 3000 ( $\mu\text{mol kwantów} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) zmierzonym za pomocą luxomierza. Do założenia kultury drugiego i trzeciego pasażu podobnie jak do pierwszego wykorzystano 4-5 listne fragmenty pędów. Po każdym z okresów uprawy roślin wykonano pomiary i obserwacje: wysokości całej rośliny (cm), długości (cm) i liczby (szt.) pędów bocznych, długości (cm) i liczby (szt.) pędów przybyszowych oraz określono ogólną liczbę pędów.

Podczas przeprowadzonych pasaży określano także liczbę wszystkich żywych roślin (szt.) w celu wyznaczenia współczynnika rozmnażania. Pasażując uzyskane nowe rośliny na świeże podłoże przycinano je do 4-5 listnych fragmentów pędów.

Po 5 miesiącach uzyskane rośliny poddano aklimatyzacji. Na początku rośliny płukano w celu usunięcia resztek pożywki. Następnie moczone je w naczyniu przez 5 minut z 0,1% roztworem środka grzybobójczego – SWITCH (Syngenta). Otrzymane rośliny kultywowane na tych samych podłożach co w warunkach *in vitro* wysadzano w tunelu foliowym oraz w fitotronie ( $t = 18^{\circ}\text{C}$ , wilgotność – 65%) do skrzynek wypełnionych na dnie 2 cm warstwą piasku płukanego oraz mieszaniną torfu kwaśnego i piasku w stosunku 5:1. Ilość żywych roślin liczono raz w tygodniu przez miesiąc. Po miesiącu sprawdzono stopień ukorzenia sadzonek.

W celu zweryfikowania hipotezy zerowej o braku wpływu regulatorów wzrostu na mikrorozmnażanie różanecznika przeprowadzono jedno- i dwuczynnikową analizę wariancji za pomocą programu Statistica 10.0. W przypadku wystąpienia istotnych różnic wartości średnie pogrupowano testem Duncana ( $p=0,05$ ).

## WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że dodatek do pożywki zastosowanych w doświadczeniu regulatorów wpłynął pozytywnie na rozwój cztero- i dwunastotygodniowych eksplantatów pędowych różanecznika. Różne dawki wpłynęły istotnie na wszystkie cechy z wyjątkiem długości pędów przybyszywych (Tab.1,2).

Różnice w wartościach średnich po 4 tygodniach kultury stwierdzono dla takich cech jak: wysokość oraz długość pędów bocznych. Najwyższe rośliny uzyskano na pożywce standardowej (A1) oraz z dodatkiem 4,0 2iP + 1,0 IAA oraz 8,0 2iP + 1,0 IAA. Najkrótsze pędy boczne miały rośliny rosnące na pożywce z dodatkiem 4,0 2iP + 1,0 IAA, zaś najdłuższe na pożywce standardowej oraz zawierającej 4,0 2iP + 0,2 IAA + 0,1 TDZ, 8,0 2iP + 1,0 IAA i 4,0 zeatyna + 1,0 IAA (Tab.1).

Dwukrotny wzrost koncentracji 2iP przy stałym stężeniu 1,0 IAA spowodował 55% większy przyrost pędów bocznych w trakcie

4 tygodniowej kultury. Podobne zależności miały miejsce w doświadczeniu dotyczącym mikrorozmnażania *Rhododendron* L. [Bojarczuk 1995], w którym zaobserwowano, że najsilniejszy wpływ na rozwój kultury wśród zastosowanych cytokinin miały 2iP oraz zeatyna. Bojarczuk [1995] w swoim doświadczeniu wykazała, że na efektywne namnażanie pędów wpływ miało odpowiednie stężenie regulatorów wzrostu, wynoszące ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ): 15,0 2iP oraz 4,0 IAA. Najlepsze efekty w przypadku liczby pędów bocznych miała pożywka z dodatkiem 8,0 IAA. Najwyższe rośliny otrzymano na podłożu Al + 4,0 IAA. W doświadczeniu przeprowadzonym przez Vejsedovę [2008], stosując pożywkę z dodatkiem 8,0 2iP + 1,0 IAA, otrzymano rośliny z dużą liczbą pędów bocznych. Analizując długość rośliny oraz liczbę pędów bocznych najlepsze wyniki otrzymano na pożywce uzupełnionej 6,0 2iP + 1,0 IAA.

Tab. 1. Analiza wpływu różnych dawek regulatorów wzrostu na wysokość całej rośliny, długość oraz liczbę pędów bocznych analizowanych eksplantatów różanecznika (*Rhododendron* L.) po 4, 8 i 12 tygodniach

regulatory wzrostu ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ )	Wysokość całej rośliny (cm)			Długość pędów bocznych (cm)			Liczba pędów bocznych (szt.)		
	I-4	II-8	III-12	I-4	II-8	III-12	I-4	II-8	III-12
kontrola	2,5 ab	2,4	2,3	0,7 ab (ABC)	0,4 DE	0,7 b (ABC)	2,2	2,1	1,6 ab
Al + 4,0 2iP + 0,2 IAA + 0,1 TDZ	2,3 b	2,3	2,3	0,7 ab (ABC)	0,5 DE	0,7 b (ABC)	1,5	1,7	1,3 b
Al + 4,0 2iP + 1,0 IAA	2,7 a	2,5	2,1	0,5 b (BCDE)	0,6 CDE	0,7 b (ABC)	2,3	2,1	1,4 b
Al + 8,0 2iP + 1,0 IAA	2,6 a	2,6	2,1	0,9 a (A)	0,4 E	0,6 b (BCD)	1,4	1,3	1,3 b

Al + 4,0 zeatyna + 1,0 IAA	2,2 b	2,4	2,4	0,7 ab (ABC)	0,5 DE	0,9 a (A)	1,3	1,4	1,9 a
Średnia (cm)	2,5	2,4	2,2	0,7	0,5	0,7	1,7	1,7	1,5

a,b,c ... grupy jednorodne na podstawie testu Duncana dla analizy jednoczynnikowej ( $p=0,05$ ) - pasaż

A,B,C... grupy jednorodne na podstawie testu Duncana dla analizy dwuczynnikowej ( $p=0,05$ ) – interakcja pożywka-pasaż

I,II,III – numer pasaży

4,8,12 – tydzień prowadzenia kultury

Tab. 2. Analiza wpływu różnych dawek regulatorów wzrostu na ogólną liczbę pędów, długość oraz liczbę pędów przybyszowych analizowanych eksplantatów różanecznika (*Rhododendron L.*) po 4, 8 i 12 tygodniach

Pożywka i regulatory wzrostu (mg · l <sup>-1</sup> )	Długość pędów przybyszowych (cm)			Liczba pędów przybyszowych (szt.)			Ogólna liczba pędów (szt.)		
	I - 4	II - 8	III - 12	I-4	II-8	III- 12	I-4	II-8	III- 12
kontrola	0,9	1,1	1,5	1,1 B	0,8 BCD	1,0 a (B)	3,2 BC	3,2 BC	2,6 a (CD)
Al + 4,0 2iP + 0,2 IAA + 0,1 TDZ	1,1	0,9	1,0	1,8 A	0,9 BC	0,5 b (CD)	3,3 BC	3,2 BC	1,8 b (E)
Al + 4,0 2iP + 1,0 IAA	1,0	1,4	1,2	2,1 A	1,2 B	0,4 b (D)	4,4 A	3,7 AB	1,8 b (E)
Al + 8,0 2iP + 1,0 IAA	1,0	1,1	1,1	1,7 A	1,2 B	0,5 b (CD)	3,1 BCD	3,8 AB	1,8 b (E)
Al + 4,0 zeatyna + 1,0 IAA	1,0	1,0	1,4	1,7 A	0,7 BCD	0,4 b (D)	3,0 BCD	3,1 BC	2,3 ab (DE)
średnia	1,0	1,1	1,2	1,7	1,0	0,6	3,4	3,4	2,1

a,b,c ... grupy jednorodne na podstawie testu Duncana dla analizy jednoczynnikowej ( $p=0,05$ )- pasaż

A,B,C... grupy jednorodnie na podstawie testu Duncana dla analizy dwuczynnikowej ( $p=0,05$ )- interakcja pożywka-pasaż  
I,II,III – numer pasażu  
4,8,12 – tydzień prowadzenia kultury

Po 8 tygodniach prowadzenia kultury nie stwierdzono wpływu zastosowanych dawek regulatorów na wzrost na rozwój analizowanych cech u rośliny. Średnia wysokość roślin nie przekroczyła 2,5 cm, a długość pędów bocznych wyniosła 0,5 cm. Średnia liczba pędów bocznych u analizowanych roślin wyniosła 1,7. Pędy przybyszowe analizowanych eksplantatów były nieliczne oraz stosunkowo krótkie (Tab.2).

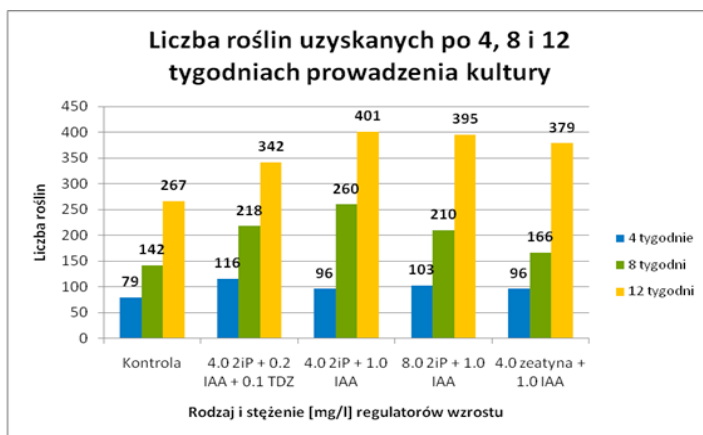
Po 12 tygodniach prowadzenia kultury zaobserwowano istotne różnice dla czterech cech: długości oraz liczby pędów bocznych, liczby pędów przybyszowych oraz ogólnej liczby pędów (Tab.1,2). Pożywka z dodatkiem 4,0 zeatyna + 1,0 IA okazała się najlepsza dla rozwoju pędów bocznych. Pożywka bez regulatorów wzrostu okazała się najlepsza dla liczby regenerujących pędów przybyszowych i ogólnej liczby pędów (Tab.1,2).

Stwierdzono istotny wpływ składu pożywki oraz czasu trwania kultury dla takich średnich wartości cech jak: długość pędów bocznych, liczba pędów przybyszowych oraz ogólna liczba pędów (Tab. 1,2). Po 4 tygodniach wzrost stężenia 2iP z  $4,0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  do  $8,0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  przy stałym stężeniu IAA wynoszącym odpowiednio  $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  prowadzi do wydłużenia pędów bocznych. (Tab.1). Dodatek do pożywki regulatorów wzrostu wpłynął na rozwój pędów przybyszowych. Najmniej pędów przybyszowych posiadały rośliny po 12 tygodniach rosnące na pożywce z 4,0 2iP + 1,0 IAA oraz 4,0 zeatyna + 1,0 IAA (Tab.2).

W doświadczeniu przedstawionym w niniejszej pracy do pożywek dodawano regulatory wzrostu w ilości ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ): 4-8 2iP, 0,2-1,0 IAA, 0,1 TDZ i 4 zeatyny. Na wysokość roślin korzystnie wpłynęło dodanie do pożywki 2iP (w stężeniu 4-8  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) i IAA (w stężeniu  $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), ale tylko w pierwszych 4 tygodniach prowadzenia kultury. W kolejnych tygodniach, prowadząc uprawę przyciętych eksplantatów na tych samych podłożach uzyskiwano podobne przyrosty jak w pierwszych 4 tygodniach. A zatem eksplantaty tak samo reagowały w wyniku prowadzenia długoterminowej kultury (Tab1,2).

Dobre rezultaty uzyskano także na pożywce standardowej (bez regulatorów wzrostu). Zastosowaną pożywką była pożywka Andersona [1984] zmodyfikowana przez Bojaczruk [1995] – Al. W mikrorozmnażaniu różaneczników stosuje się także inne pożywki, np. według Murashige i Skooga – MS [1962], Andersona – AN [1984], McCowna i Llyoda – WMP [1983], Economou i Reada – EK [1984].

Po każdym pasażu rośliny liczone, gdzie następnie cięto je na wzór eksplantatu wyjściowego (pęd zawierający od 4 do 5 liści). W wyniku cięcia roślin przybywało (Rys.1). Na rysunku 1 przedstawiono liczbę uzyskanych roślin po kolejnych pasażach. Po 12 tygodniach trwania kultury najwięcej roślin uzyskano na pożywce z 4,0 2iP + 1,0 IAA (401 szt.) oraz z 8,0 2iP + 1,0 IAA (395 szt.). Najmniej roślin uzyskano na pożywce standardowej.



Ryc. 1. Liczba roślin uzyskanych po 4, 8 i 12 tygodniach prowadzenia kultury.

Po 5 miesiącach prowadzenia kultury na pożywkach rośliny zostały poddane aklimatyzacji. Najlepiej aklimatyzowały się rośliny uzyskane na pożywce Al z dodatkiem 1,0 IAA + 4,0 zeatyna. W tunelu foliowym uzyskano 41% zaklimatyzowanych roślin, a w fitotronie 73%. Korzystny wpływ zeatyny zaobserwowali też Doina i Fira [2007] którzy wśród roślin uzyskanych w obecności tej cytokiny obserwowali najwięcej zaaklimatyzowanych roślin (89%).

## WNIOSKI

Badany genotyp różanecznika z powodzeniem może być rozmnażany za pomocą kultur pędowych *in vitro*

Największą liczbę pędów otrzymano w początkowym etapie kultury na pożywce A1 z 4,0 2iP + 1,0 IAA

Uzyskane wyniki długoterminowej kultury wykazały, że rośliny najintensywniej namnażały się oraz wytwarzały najwięcej pędów na pożywce A1 z dodatkiem 4,0 2iP + 1,0 IAA oraz 8,0 2iP + 1,0 IAA

## BIBLIOGRAFIA

- Anderson W.C. 1984. A revised tissue culture medium for shoot multiplication of Rhododendron. American Society for Horticultural Science, 109: 343-347.
- Argent G.C.G. 2006. Rhododendrons of Subgenus Vireya. Royal Horticultural Society, London.
- Bojarczuk K. 1995. Regeneracja wybranych gatunków i odmian różaneczników z sadzonek pędowych i z kultur *in vitro*. PLANTPRESS, Kraków.
- Czekalski M. 1991. Różaneczniki. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- Czekalski M. 2006. Postęp w rozmnażaniu różaneczników za pomocą sadzonek pędowych. X Ogólnopolska konferencja Szkółkarska-Aktualne Problemy w Szkółkarstwie Ozdobnym, Puławy, 118-126.
- Doina C. Fira Al. 2007. Tissue culture and ex-vitro acclimation of Rhododendron sp. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture, 64: 39-43.
- Economou A.S. Read P.E. 1984. In vitro shoot proliferation of Minnesota Deciduous Azaleas. HortScience 19 (1): 60-61.
- Gerdemann J. 2005. Breeding Vireya Rhododendrons for Cold Hardiness. Journal American Rhododendron Society, 59(2): 1-11.
- McCown B. H. Lloyd G. B. 1983. A survey of the response of Rhododendron to in vitro culture. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 2: 77-85.
- Murashige T. Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, 15: 473-497.
- Peng Y. Arora R. Li G. Wang X. Fessehaie A. 2008. Rhododendron catawbiense plasma membrane intrinsic proteins are aquaporins, and their overexpression compromises constitutive freezing tolerance and cold acclimation ability of transgenic Arabidopsis plants. Plant, Cell & Environment, 31: 1275-1289.

- Seneta W. Dolatowski J. 2008. Dendrologia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Taylor J.M. 2014. Visions of loveliness: Great flower breeders of the past. Ohio University Press, Athens.
- Tomson S. Gertner D. 2003. In vitro shoot regeneration from flower and leaf explants in Rhododendron. *Biologia Plantarum*, 46: 463-465.
- Tomson S. Gertner D. Novikova D. 2004. The influence of thidiazuron on shoot regeneration and proliferation of Rhododendrons in vitro. *Acta Universitatis Latviensis. Biology*, 676: 239-242.
- Werner A. 2001. Mikoryza erikoidalna. *Erica Polonica. Rocznik Roślin Wrzosowatych*, 12: 83-94.
- Vejsadová H. 2008. Growth regulator effect on in vitro regeneration of Rhododendron cultivars. *Horticultural Science*, 35: 90-94.

### **Afiliacja:**

mgr inż. Agnieszka Stępień, mgr inż. Marta Jażdżyk  
mgr inż. Anna Maciejewska, mgr inż. Aleksander Owczarek  
dr hab. inż. Renata Galek, prof. dr hab. Henryk Bujak

Katedra Genetyki Hodowli Roślin i Nasiennictwa  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
*e-mail*: agnieszka.stepien@up.wroc.pl

Stanisław Sęktas  
Arboretum Leśne im. Prof. Stefana Białoboka  
przy Nadleśnictwie Syców  
*e-mail*: stanislaw.sektas@poznan.lasy.gov.pl

*Opiekun naukowy/promotor*: dr hab. inż. Renata Galek

**OCENA MORFOLOGICZNA I MOLEKULARNA  
MIESZAŃCÓW MIĘDZYGATUNKOWYCH *VACCI-  
NIUM CORYMBOSUM* L. X *VACCINIUM MYRTILLUS*  
MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR EVALUATION  
OF INTERSPECIFIC HYBRIDS BETWEEN *VACCINIUM*  
*CORYMBOSUM* L. AND *VACCINIUM MYRTILLUS***

**Abstrakt.** Borówka czarna charakteryzuje się wieloma unikalnymi cechami tj. bardzo wysoką zawartością antocyjanów oraz wysokim stopniem tolerancji na suszę. Cechy te z punktu widzenia hodowli mogłyby istotnie ulepszyć obecne odmiany borówki wysokiej. Opracowanie mieszańców borówka wysoka x borówka czarna jest jednym z wymogów stawianych przez obecny rynek. Potwierdzenie, bądź wykluczenie mieszańcowego charakteru populacji osobników pochodzących z zapylenia kwiatów borówki wysokiej pyłkiem borówki czarnej było celem niniejszej pracy. Opracowano markery morfologiczne, które pozwoliły wytypować prawdopodobne mieszańce do badań genetycznych. Do badań tych wykorzystano 20 starterów RAPD, które wygenerowały 46 specyficznych markerów dla borówki czarnej (forma ojcowska). W wyniku badań nie potwierdzono charakteru mieszańcowego dla żadnego osobnika z badanej populacji, jak również dwóch odmian tj.: 'KazPliszka' i '14P'.

**Słowa kluczowe:** *borówka czarna, borówka średnia, borówka wysoka, mieszańce międzygatunkowe, Vaccinium corymbosum, Vaccinium myrtillus*

**Abstract.** Bilberry is characterized by many unique features, ie. higher content of anthocyanin and a higher degree of tolerance to drought compare to highbush blueberry. These features could significantly improve the current varieties of highbush blueberry. Creation of hybrids highbush blueberry x bilberry is one of the requirements of the current market. Confirmation or exclusion of hybrid character of the subject population from the pollination of flowers highbush blueberry with the pollen of bilberry was the objective of this thesis. The aim of this study was to select some morphological markers to helped predict the likely hybrid for genetic test as well as molecular

markers. In these studies used 20 RAPD primers, which generated 46 specific markers for bilberry (paternal form). As a results have not confirmed the hybrid character of the subject with any of the test population as well as the average of two varieties i.e.: 'KazPliszka "and" 14P ".

**Key words:** *bilberry, highbush blueberry, half-high blueberry, interspecific hybrid, Vaccinium corymbosum, Vaccinium myrtillus*

## WSTĘP

Coraz większą grupę współczesnych odmian borówek uprawnych stanowią mieszańce międzygatunkowe. Powstają one głównie na drodze krzyżowań odmian uprawnych z dzikimi formami innych gatunków. Tworzenie takich odmian może odbywać się drogą pośrednią lub bezpośrednią. Droga pośrednia to taka, gdzie krzyżuje się odmianę uprawną z krzyżówką innej odmiany uprawnej i dzikiego gatunku. Znane są również odmiany borówek, które powstały przy udziale kilku gatunków [John 2005]. Hodowla nowych uprawnych odmian borówek z udziałem dzikich gatunków ma coraz większe znaczenie ze względu na możliwości ulepszenia parametrów odmian tj. smak, wartości prozdrowotne owoców czy odporność krzewów na czynniki stresowe. Wymienione cechy można polepszyć dzięki wykorzystaniu w procesie hodowlanym borówki czarnej jako jednego z gatunków rodzicielskich. Znanych jest wiele mieszańców międzygatunkowych borówek w tym naturalne np.: mieszaniec *Vaccinium x intermedium* Ruthe, który pochodzi ze skrzyżowania borówki czarnej i borówki brusznicy [Cleal i in. 1998]. Mieszańce te są jednak nieplodne, ale wytwarzają owoce [Ritchie 1955], które cechują się bogatszym składem antyoksydantów, gdyż dziedziczone są po obydwu formach rodzicielskich, co wpływa na lepsze właściwości prozdrowotne owoców w porównaniu do form rodzicielskich [Lätti i in. 2011]. Obecnie popularne są odmiany mieszańcowe borówki wysokiej z borówką wąskolistną. Mieszańce te powstają łatwo zarówno w naturze, jak i przy udziale człowieka ze względu na tetraploidalny charakter obydwu gatunków rodzicielskich [Janick i Paull 2008]. Znane są dwie grupy tych mieszańców. Pierwsza to grupa odmian

szwedzkich są to np.: odmiany 'Emil' i 'Putte', drugą grupę stanowią odmiany wyhodowane w Stanach Zjednoczonych w University of Minnesota są to m.in. 'Chippewa', 'Northcountry', 'Northblue', 'Polaris' [Janick i Paull 2008]. Mimo, iż owoce tych mieszańców zawierają wyższą zawartość antocyjanów od owoców borówki wysokiej, wciąż nie mogą dorównać owocom borówki czarnej. Wyniki badań potwierdziły, że ogólna zawartość antocyjanów w owocach borówki czarnej jest 2,5 razy wyższa w porównaniu do owoców odmiany 'Northblue' będącej mieszańcem b. wysokiej i b. wąskolistnej [Riihinen i in. 2008]. Kluczową kwestią przy tworzeniu płodnych odmian borówek jest stopień ploidalności danych gatunków. Dwie odmiany tj. 'KazPliszka' i nie zarejestrowana odmiana '14P' borówki średniej wykazuje cechy pośrednie między borówką wysoką, a borówką czarną, jednak inne cechy ich budowy sugerują zgoła inną przynależność genetyczną. Do identyfikacji mieszańców o domniemanym pokrewieństwie z borówką czarną niezbędne jest opracowanie markerów morfologicznych i molekularnych ułatwiających ich identyfikację i potwierdzenie tożsamości genetycznej.

## **MATERIAŁ I METODY**

### **Ocena cech morfologicznych uzyskanych mieszańców odmian *V. corymbosum* L. (2n=4x) x *V. myrtillus* L. (2n=2x).**

Do badań morfologicznych wykorzystano 104 rośliny uzyskane z nasion otrzymanych po zapyleniu wykastrowanych i zaizolowanych kwiatów 5 odmian borówki wysokiej tj.: 'Jersey', 'Croatan', 'Chandler', 'Toro' i 'Darrow' pyłkiem borówki czarnej zebrany z 5 stanowisk naturalnych w miejscowości Dobra. Zapylenie dokonywano w maju 2013 roku, a nasiona wysiano w październiku tego samego roku. Ocenę morfologiczną roślin przeprowadzono w 3 terminach od momentu wysiewu nasion tj.: po 9, 11, 14 miesiącach. Ocenie poddano takie cechy jak: obecność ząbków na brzegach blaszki liściowej zębrowanie pędów, brak, bądź obecność drobnych włosków na górnej stronie blaszki liściowej oraz cechy mniej istotne m.in. cechy charakterystyczne dla zaburzeń rozwojowych występujących u mieszańców międzygatunkowych np. albinotyzm częściowy i całościowy. Ocena morfologiczna miała na celu wyłonienie najbard-

ziej prawdopodobnych mieszańców, które kolejno poddano analizie molekularnej. Skala punktów dla każdej z czterech określonych cech wahała się od 0 do 1, jednak notę końcową dany osobnik otrzymywał po przemnożeniu każdej noty przez uprzednio ustalony przelicznik wagowy. Wartości przeliczników wg. istotności cech specyficznych dla borówki czarnej: obecność ząbków na brzegach blaszki liściowej – 2, żebrowanie pędów – 1,25, brak drobnych włosków na wierzchniej warstwie liści - 1,75, cechy mniej istotne dla analizy – 1,5. Maksymalną liczbę punktów jaką mógł uzyskać dany osobnik to 6,5.

#### Molekularna weryfikacja mieszańcowego charakteru roślin

Do analizy wybrano po 5 osobników z każdej z 5 populacji potencjalnych mieszańców. Każda populacja była reprezentacją roślin powstałych z zapylenia konkretnej odmiany borówki wysokiej. W badaniach molekularnych uwzględniono także genotypy mateczne tj. 'Jersey', 'Croatan', 'Chandler', 'Toro' i 'Darrow' oraz genotypy borówki czarnej z 5 stanowisk borówki czarnej, z których pobrano pyłek do zapylenia odmian borówki wysokiej.

W badaniach uwzględniono również 4 odmiany borówki średniej ('Putte', 'Polaris', 'KazPliszka' i niezarejestrowaną odmianę oznaczoną symbolem '14P'). Materiał roślinny w postaci młodych liści pobrano i natychmiast zamrożono w ciekłym azocie. Materiał przetrzymywano w zamrażarce w -80°C do czasu izolacji DNA.

Kolejno przeprowadzono:

- izolację DNA przeprowadzano wg. procedury Rogers i Bendich (1985),

- ocenę jakości wyekstrahowanego DNA dzięki rozdzielaniu elektroforetycznemu DNA w 1% żelu agarozowym. Po ocenie wizualnej elektroforegramów przygotowywano odpowiednie rozcieńczenia prób DNA zależnie od intensywności prążków genomowego DNA.

- odpowiednio rozcieńczone próby DNA poddawano reakcji PCR z udziałem 20 starterów RAPD. Reakcja była prowadzona w probówkach typu Eppendorf o objętości 200 µl, w termocyklerze Eppendorf Mastercycler Gradient według programu::

1. Wstępna denaturacja 93°C/5 min.

2. 40 cykli złożonych z:

- denaturacji 93°C/30 s

- przyłączenia starterów – 42 °C/1 min
- elongacji 68°C/2 min 30 sek.
- Końcowa elongacja 72°C/5 min.
- przeprowadzono elektroforezę produktów PCR w 1% żelu agarozowym,
- wykonano analizę profili prążkowych RAPD-PCR metodą 0-1 (brak prążka – 0, jego obecność -1),
- Analizę bioinformatyczną wykonywano z użyciem programów wchodzących w skład pakietu Phylip v.3.69
- Macierz dystansu genetycznego została użyta przy sporządzeniu dendrogramów metodą Neighbor Joining oraz UPGMA z analizą wiarygodności Bootstrap. Do zobrazowania dendrogramów wykorzystano program MEGA v.4.1.

Tab. 1. Lista i sekwencje użytych starterów RAPD

Symbol startera	Sekwencja startera (5' → 3')	Symbol startera	Sekwencja startera (5' → 3')	Symbol startera	Sekwencja startera (5' → 3')
OPA01	CAGGCCCTTC	OPA08	GTGACG-TAGG	OPA15	TTCCGA-ACCC
OPA02	TGCCGAGCTG	OPA09	GGGTAAC-GCC	OPA16	AGC-CAGCGAA
OPA03	AGTCAGCCAC	OPA10	GTGATCG-CAG	OPA17	GACC-GCTTGT
OPA04	AATCGGGCTG	OPA11	CAATCGC-CGT	OPA18	AGGT-GACCGT
OPA05	AGGGGTCTTG	OPA12	TCGGC-GATAG	OPA19	CAAAC-GTCGG
OPA06	GGTCCCTGAC	OPA13	CAG-CACCCAC	OPA20	GTTGC-GATCC
OPA07	GAAACGGGTG	OPA14	TCTGT-GCTGG		

## WYNIKI

Ocena cech morfologicznych uzyskanych mieszańców.

W pierwszym pomiarze najlepszy wynik (3,7) uzyskała roślina pochodząca z populacji mieszańców odmiany 'Jersey' oznaczona numerem 4 oraz pojedynek oznaczony numerem 12 reprezentujący populację mieszańców z 'Darrow' (3,4). Po dokonaniu kolejnych pomiarów wartości te spadały, co sugerowało, że jest mało prawdopodobne, żeby te rośliny były faktycznie mieszańcami. Jeden osobnik otrzymał najlepszy wynik w trakcie drugiego pomiaru (nr. 6 z populacji mieszańców odmiany 'Jersey'), a jedna roślina (nr. 13 z populacji odmiany 'Jersey') najlepszą ocenę uzyskała po trzecim pomiarze, ale niestety wzrost noty dla tego osobnika dotyczył cechy żebrowania pędów - cechy, która dla starszych osobników jest mało specyficzna. W obrębie populacji mieszańców odmiany 'Croatan' stwierdzono obecność rośliny typu variegata (ryc. 1 a,b,c – kolejne etapy rozwoju), siewki albinotycznej z populacji mieszańców odmiany 'Toro' (ryc. 1 e), która w efekcie zamarała i 3 siewki o trzech liściach pierwotnych (jest to cecha która występuje zarówno u odmian borówki wysokiej, jej mieszańców z borówką wąskolistną i borówki czarnej [obserwacje własne]).

Spośród 5 populacji potencjalnych mieszańców do badań molekularnych pozwalających na weryfikację mieszańcowego charakteru wybrano po 5 najwyżej ocenionych roślin z każdej odmiany.



Ryc. 1. Zaburzenia rozwojowe występujące u roślin powstałych ze skrzyżowania

*V. corymbosum* x *V. myrtillus*. (a-c)- kolejne etapy rozwoju siewki typu 'variegata', (d) – siewka z trzema liśćmi pierwotnymi oraz (e) – siewka albinotyczna.[Fot. Rafał Szyrszeń]

Ocena molekularna roślin wyselekcjonowanych w etapie oceny morfologicznej.

Ocenie charakteru mieszańcowego, poddano populację roślin F1 i ich form rodzicielskich - 5 odmian borówki wysokiej oraz 5 roślin borówki czarnej pochodzących z 5 różnych stanowisk. W analizie dodatkowo wykorzystano 2 odmiany borówki średniej tj. 'KazPliszka' i '14P' o nieznanym pochodzeniu. By potwierdzić najbardziej prawdopodobną tożsamość genetyczną dla tych odmian wyniki porównywano z 2 odmianami borówki średniej o znanym pochodzeniu. Analizę przeprowadzono w oparciu o 20 starterów RAPD, dla których łącznie uzyskano 304 fragmenty DNA, z czego 287 (94,4%) było fragmentami polimorficznymi (tab. 2). Wartością diagnostyczną do weryfikacji mieszańcowego charakteru cechowały się markery specyficzne dla formy ojcowskiej tj. borówki czarnej, które nieobecne były u form matecznych. U 15 badanych starterów RAPD zaobserwowano markery, które miały wartość diagnostyczną. Największą ich liczbę uzyskano z użyciem starterów OPA9 i OPA19. Jednak startery te generowały bardzo liczne prążki (27), dlatego o wiele lepszymi starterami RAPD do oceny mieszańcowego charakteru byłyby takie, gdzie uzyskano niewiele produktów PCR, ale wyrazistych. Przykładem jest starter OPA12.

W oparciu o uzyskane wyniki analizy produktów PCR wykonano dendrogramy obrazujące stopień pokrewieństwa badanych populacji osobników z zapylenia krzyżowego (odmian *V. corymbosum* x *V. myrtillus*) z formami rodzicielskimi oraz odmian borówek średnich wziętych do analizy.

Na podstawie analizy dendrogramów wykazano, że: (ryc. 2 i 3)

- genotypy borówki czarnej z 5 stanowisk utworzyły odrębną grupę, która jest odległa w stosunku do odmian borówki wysokiej,

Tab. 2. Sekwencje starterów RAPD wraz z opisem uzyskanych produktów amplifikacji

Starter	Sekwencja (5' → 3')	Liczba prążków			Polimorfizm [%]	Zakres wielkości prążków [pz]	
		całkowita	polimorficznych	Specyficznych dla <i>V. myrtilus</i>		min	max
OPA01	CAGGCCCTTC	10	8	1	80	450	3100
OPA02	TGCCGAGCTG	4	0	0	0	700	1500
OPA03	AGTCAGCCAC	5	1	0	20	400	1700
OPA04	AATCGGGCTG	9	8	2(1)*	88,9	500	2000
OPA05	AGGGGTCTTG	8	8	1	100	600	2250
OPA06	GGTCCCTGAC	22	22	3(2)*	100	700	4000
OPA07	GAAACGGGTG	14	13	0	92,9	400	2700
OPA08	GTGACGTAGG	17	17	3(3)*	100	450	2650
OPA09	GGGTAACGCC	27	27	6(3)*	100	300	2500
OPA10	GTGATCGCAG	18	18	2(1)*	100	400	1850
OPA11	CAATCGCCGT	22	22	3(3)*	100	275	2500
OPA12	TCGGCGATAG	16	16	4(1)*	100	250	2100
OPA13	CAGCACCCAC	10	8	2	80	450	1550
OPA14	TCTGTGCTGG	4	3	0	75	1050	2100
OPA15	TTCCGAACCC	14	13	0	93	250	2000
OPA16	AGCCAGCGAA	16	16	4(4)*	100	525	3500
OPA17	GACCGCTTGT	17	16	2(1)*	94,1	500	3100
OPA18	AGGTGACCGT	23	22	4(2)*	95,7	350	2800
OPA19	CAAACGTCCG	27	27	5(2)*	100	300	2700
OPA20	GTTGCGATCC	22	22	4	100	650	3000
Całkowita liczba prążków		304	287	46	-	-	-
Średnio na starter		15,2	14,35	2,3	-	-	-

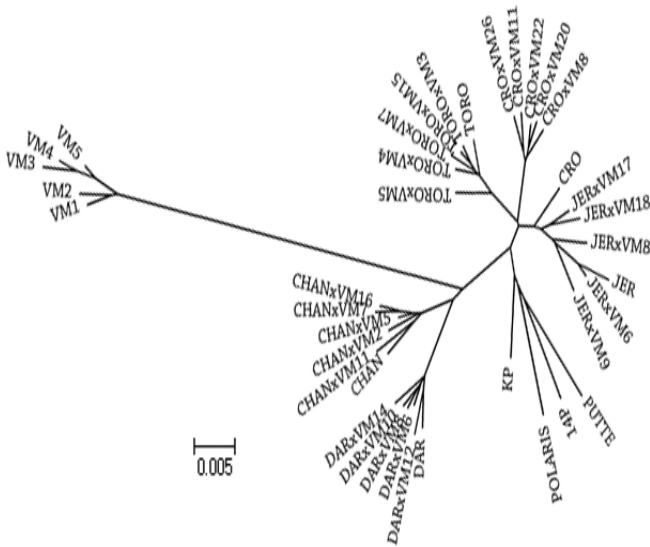
0)\* - specyficznych dla części roślin ojcowskich

badanych osobników z zapylenia krzyżowego (*V. corymbosum* x *V. myrtillos*) oraz odmian borówki średniej,

- nie potwierdzono żadnego osobnika mieszańcowego z badanej populacji potencjalnych mieszańców *V. corymbosum* x *V. myrtillos*,

- potwierdzono wysoki stopień pokrewieństwa dla odmian 'KazPliszka' i '14P' o nieznanym jak dotąd pochodzeniu z odmianami borówki średniej 'Polaris' i 'Putte',

- większość osobników populacji F1 (*V. corymbosum* x *V. myrtillos*) występowało w bliskim położeniu z formami matecznymi, co sugeruje, iż mogły powstać w wyniku samozapylenia pyłkiem osiadłym na pędach z usuniętych kwiatów nie nadających się do kontrolowanego zapylenia ze względu na zaawansowany stopień rozwoju.



Ryc. 2. Dendrogram uzyskany metodą NJ w oparciu o markery RAPD obrazujący podobieństwo genetyczne odmian 'KazPliszka', '14P', 'Polaris', 'Putte' z borówką czarną, badanymi odmianami borówki wysokiej oraz roślinami powstałymi z zapylenia krzyżowego (*V. corymbosum* x *V. myrtillos*).

## DYSKUSJA

Nie znaleziono danych literaturowych opisujących próby stworzenia mieszańca *V. corymbosum* x *V. murtillus*. By otrzymać mieszańca między borówką wysoką i borówką czarną należy wykonać wiele setek zapyleń. Próby na gatunkach *V. ashei* (6x) i *V. darrowii* (2x) potwierdziły to [Sharpe i Darrow 1959]. Zapylono 7687 kwiatów otrzymując łącznie 563 siewki. Uzyskano jedynie 5 osobników mieszańcowych (średnio jeden mieszańiec przypadał na 1537 zapylnych kwiatów). Nie jest jasne dlaczego otrzymano w 1955 roku (próby w Gainesville) znaczną liczbę siewek nie mieszańcowych mimo stosunkowo niewielkiej w porównaniu do innych lat liczby zapylnych kwiatów, dlatego nie można jednoznacznie określić co było tego przyczyną. Późniejsze opisy doświadczeń mające na celu tworzenie mieszańców międzygatunkowych były wykonywane w bardziej kontrolowanych warunkach tj. w szklarniach, dlatego nie obserwowano znaczącej liczby siewek nie mieszańcowych [Chavez-Velasquez 2008]. W doświadczeniu z *V. corymbosum* i *V. myrtillus* można jedynie domniemywać, iż powodem dużej liczby siewek nie mieszańcowych mógł być nagromadzony na pędach pyłek obecnych na plantacji doświadczalnej odmian borówki wysokiej kwitnących wcześniej. Inną przyczyną mógł być pyłek osypany na kwiatostany w momencie usuwania otwartych kwiatów nie dających szans na kontrolowane zapylenie. Lepsze wyniki uzyskano krzyżując *V. corymbosum* (4x) z *V. darrowii* (2x) [Sharpe i Darrow 1959]. Na 1678 zapylnych kwiatów otrzymano 31 płodnych tetraploidanych mieszańców. Zdziwiającym faktem jest brak spodziewanych triploidalnych mieszańców. Jest to skutek eliminacji triploidalnych zarodków [Sharpe i Darrow 1959]. Mechanizm ten jest oparty głównie na zaburzeniach bielma, które nie spełnia swojej funkcji, co w efekcie prowadzi do zamierania zarodków w nasieniu. Jak podają autorzy płodność otrzymanych mieszańców jest wynikiem licznych gamet niezredukowanych (2n) u gatunku *V. darrowii*. Nie zbadano dotąd procentowego udziału gamet niezredukowanych u borówki czarnej.

## WNIOSKI

Markery morfologiczne okazały się pomocne do wytypowania roślin z populacji mieszańców do oceny molekularnej.

Markery molekularne RAPD pozwoliły określić tożsamość genetyczną odmian borówek średnich tj. 'KazPliszka' i '14P'.

Stworzenie mieszańca międzygatunkowego *V. corymbosum* x *V. myrtillus* jest trudne ze względu na konieczność wykonania setek prób.

Po ocenie cech morfologicznych trudno potwierdzić tożsamość genetyczną odmian borówek średnich o nieznanym pochodzeniu tj. 'KazPliszka' i '14P'.

## BIBLIOGRAFIA

- Chavez D.J. 2008. Hybridization of various races of *Vaccinium darrowii* with cultivated highbush blueberry, *V. arboreum*, and *V. fuscatum*. A thesis presented to the graduate school of The University of Florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science. University of Florida.
- Chavez D. J., Lyrene P. M. 2009. Interspecific crosses and backcrosses between diploid *Vaccinium darrowii* and tetraploid southern highbush blueberry. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 134(2), 273–280.
- Cleal H.B.R, Rich T.C.G., Jermy A.C. 1998. Plant Crib - *Vaccinium*. www.bsbi.org.uk. Internet , 15.01.2016
- Janick J., Paull R. E. (red.). 2008. The encyclopedia of fruit & nuts. Cambridge University Press, Cambridge.
- John J.B.S. 2005. Germplasm release of Pink lemonade a pink-fruited blueberry selection. United States Department of Agriculture - www.ars.usda.gov. Internet, 11.01.2016.
- Lätti A.K., Riihinen K.R., Jaakola L. 2011. Phenolic compounds in berries and flowers of a natural hybrid between bilberry and lingonberry (*Vaccinium* × *intermedium* Ruthe). *Phytochemistry*, 72(8), 810-815.
- Riihinen K., Jaakola L., Karenlampi S., Hohtola A. 2008. Organ-specific distribution of phenolic compounds in bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and 'northblue' blueberry (*Vaccinium corymbosum* x *V. angustifolium*). *Food Chemistry* 110, 156–160.
- Ritchie J.C. 1955. A natural hybrid in *Vaccinium*. *Genetic studies in Vaccini-*

- um intermedium*. New Phytologist. 54(3), 320-335.
- Rogers S.O., Bendich A.J. 1985. Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues. Plant Molecular Biology 5, 69-76.
- Sharpe R.H., Darrow G.M. 1959. Breeding blueberries for the Florida climate. Florida state Horticultural Society, 308-310.

**Afiliacja:**

mgr inż. Rafał Szyszeń  
Katedra Sadownictwa i Pszczelnictwa  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail*: rafalszyszen@mixbox.pl

*Opiekun naukowy/promotor*: dr hab. inż. Monika Bieniasz

## **BIOLOGICZNA OCENA PREPARATÓW BLACKJAK I POLYVERSUM WP STOSOWANYCH DO OCHRONY BROKUŁU PRZED KIŁĄ KAPUSTY**

### **BIOLOGICAL EVALUATION OF BLACKJAK AND POLYVERSUM WP FOR CLUBROOT CONTROL IN BROCCOLI**

**Abstrakt.** Brokuł należy do gatunków często atakowanych przez pierwotniaka *Plasmodiophora brassicae*, wywołującego kiłę kapusty. Ze względu na dążenie do redukcji stosowania chemicznej ochrony przed chorobami w uprawie warzyw, istotna jest ocena możliwości aplikacji środków pochodzenia biologicznego do zwalczania patogenów. Przeprowadzono badania polowe mające na celu określenie skuteczności działania preparatów BlackJak i Polyversum WP wykorzystanych do ochrony brokułu przed kiłą kapusty. Oceniane preparaty stosowano w trzech kombinacjach. Zaobserwowano mniej objawów porażenia u roślin poddanych zabiegom w stosunku do kontroli. Aplikacja mieszaniny obu preparatów na system korzeniowy przed sadzeniem roślin, a następnie dolistnie w postaci oprysku okazała się zabiegiem najbardziej ograniczającym liczbę roślin porażonych przez *P. brassicae*.  
**Słowa kluczowe:** brokuł, *Plasmodiophora brassicae*, kiła kapusty, *Pythium oligandrum*, leonandryt

**Abstract.** Broccoli crops are frequently attacked by protozoan pathogen *Plasmodiophora brassicae*, responsible for clubroot. In view of trend to reduce using of chemicals for diseases control in vegetable crops, the evaluation of biocontrol agents is of a great importance. The field experiment has been conducted in order to evaluate BlackJak and Polyversum WP effectiveness for clubroot control in broccoli. Three combinations of treatments have been applied to the plants. The reduction of clubroot symptoms has been observed in treated plants with comparison to untreated control. Mixing of tested agents applied on roots before planting and subsequently as foliar spray highly reduced the number of plants infected by *P. brassicae*.

**Key words:** broccoli, *Plasmodiophora brassicae*, clubroot, *Pythium oligandrum*, leonardite

## WSTĘP

Kiła kapusty stanowi jedno z największych zagrożeń w uprawach roślin kapustowatych, do których należy także brokuł. Jest chorobą odglebową powodowaną przez pierwotniaka *Plasmodiophora brassicae* Woronin [Gao i Xu 2014]. Organizm ten wytwarza zarodniki pływkowe, które poruszają się w środowisku wodnym, co ułatwia ich rozprzestrzenianie na dużą skalę. Źródłem infekcji są także zarodniki przetrwalnikowe zachowujące żywotność w glebie do 8 lat, nawet bez obecności roślin żywicielskich [Gidelska i Robak 2011]. Rozprzestrzenia niu się choroby sprzyja wysoka temperatura i wilgotność oraz lekko kwaśny odczyn gleby [Robak i in. 2014]. Aktualne badania wskazują, że *P. brassicae* wykazuje największą zdolność infekcyjną w glebie o temperaturze wahającej się od 20 do 25°C i pH wynoszącym 5,0-6,5 [Gossen i in. 2013]. Istnieje wiele doniesień, które określają zasadowy odczyn gleby jako czynnik limitujący występowanie kiły kapusty [Crute i in. 1981, Dixon 2006, Donald i Porter 2004, Myers i Campbell 1985, Webster i Dixon 1991b]. Jednakże w niektórych przypadkach nie udało się ograniczyć występowania choroby wyłącznie poprzez podniesienie pH gleby [Knox i in. 2014, McDonald i in. 2004]. Niejednokrotnie czynnikiem mającym większe znaczenie w powstrzymaniu rozwoju patogena była temperatura gleby [Colhoun 1953, Gossen i in. 2013]. Badania Gossen i in. [2013] wskazują, iż temperatura gleby poniżej 15°C znacznie ogranicza rozwój *P. brassicae* bez względu na odczyn podłoża. Według aktualnej wiedzy na redukcję porażenia roślin przez sprawcę kiły kapusty wpływa interakcja czynników takich, jak: temperatura, wilgotność i typ gleby, dostępność składników pokarmowych oraz ilość inokulum patogena w glebie [Gossen i in. 2014, Knox i in. 2014].

Obecnie w celu ochrony upraw przed kiłą kapusty wprowadza się integrowane metody obejmujące szereg zabiegów agrotechnicznych oraz ograniczone stosowanie fungicydów [Donald i Porter, 2009]. Kluczową rolę odgrywa utrzymywanie właściwego zmianowania [Wal lenhammar 1996], a także usuwanie chwastów z rodziny Brassicaceae mogących stanowić rezerwuar dla patogena [Colhoun, 1953]. Ograniczenie ilości inokulum *P. brassicae* w glebie można osiągnąć wprowadzając do płodozmianu tak zwane rośliny „chwytnie” [Murakami i in. 2000, Murakami i in. 2001, Robak i in. 2014]. W tej roli

sprawdzają się odporne na kiłę kapusty gatunki z rodziny Brassicaceae, do których należą m.in.: rzepak ozimy odmiany: Mendel F1 i Alister F1, rzodkiew oleista odmiana Romesa, rzodkiew czarna odmiana Murzynka oraz kapusta pekińska odmiana Bilko F1 [Yamagishi i in 1986, Robak i in. 2014]. Stosowane mogą być także podatne rośliny żywicielskie takie, jak: gorczyca biała oraz rzepak ozimy odmiana Pamela, jak również rośliny nieżywicielskie (np. rajgras roczny) [Robak i in. 2014]. Pożądaną alternatywą dla fungicydów w ochronie przed kiłą kapusty są środki pochodzenia biologicznego. Według Young i in. [1991] funkcję inhibitora w stosunku do *P. brassicae* pełni należący do fenoli kwas gentyzynowy, którego obecność stwierdzono w glebie. Obiektem zainteresowania badaczy jest działanie niektórych substancji na przyspieszenie kiełkowania za rodników przetrwalnikowych sprawcy kiły kapusty, jako potencjalnej metody redukcji jego inokulum w podłożu [Ohi i in. 2003]. Aktywność stymulującą kiełkowanie przetrwalników *P. brassicae* przejawia ekstrakt z liści *Posidonia australis*, co prowadzi do ograniczenia występowania choroby [Hata i in. 2002]. Podobne działanie zauważono w przypadku zastosowania między innymi kwasu kawowego i korilaginy [Ohi i in. 2003]. Ważną alternatywą dla stosowania fungicydów do zwalczania *P. brassicae* mogą być mikroorganizmy glebowe. Niwa i in. [2007] po analizie skutków wieloletniego wzbogacania gleby w materię organiczną zawierającą dużą ilość wapnia, stawia tezę, iż mikrobiota zasiedlająca glebę, wraz z obecnością wapnia pełni kluczową rolę w zmniejszeniu występowania kiły kapusty. Gao i Xu [2014] wskazują na możliwość wykorzystania bakterii *Bacillus megaterium* i *Clostridium tyrobutyri* cum oraz drożdży *Saccharomyces cerevisiae* łącznie z zabiegiem sterylizacji termicznej gleby w celu ograniczenia infekcji kapusty chińskiej przez *P. brassicae*. Peng i in. [2011], prowa dząc badania w komorze fitotronowej z zastosowaniem *Bacillus subtilis* oraz *Gilocladium ca tenulatum* stwierdzili, że organizmy te zmniejszają nasilenie występowania kiły kapusty. Jednak w przypadku dużego nasilenia choroby w warunkach szklarniowych działanie badanych organizmów było słabsze w porównaniu z działaniem fungicydów. Jak donosi Narisawa i in. [1998] endofityczny gatunek grzyba *Heterocomium chaetospira*, zasiedlający korę korzeni kapusty chińskiej pozwala ograniczyć rozwój *P. brassicae*. Ograniczenie występowania

nia kiły kapusty osiągnięto również wykorzystując substancję pochodzącą z izolatów *Phoma glome rata*, pełniącą funkcję inhibitora auksyn, dzięki czemu przeciwdziała tworzeniu się narośli na korzeniach [Arie i in. 1998].

## **MATERIAŁ I METODY**

Badania prowadzono w latach 2014-2015 na terenie stacji doświadczalnej Katedry Roślin Warzywnych i Zielarskich w Mydlnikach (Kraków). Doświadczenie założono metodą losowanych bloków, w 3 powtórzeniach. Rośliną testową był brokuł odmiany Monaco F1. W pierwszym roku doświadczenia rozsadę brokołu wysadzano w drugiej połowie czerwca, natomiast w drugim roku w trzeciej dekadzie maja. Na każde poletko wysadzano 15 roślin w rozstawie 67,5 × 40cm. W doświadczeniu zastosowano trzy kombinacje zabiegów z użyciem preparatów BlackJak (25% zawiesina leonardrytu) oraz Polyversum WP (106 oospor *Pythium oligandrum* w 1g preparatu). Dawki preparatów oraz sposoby aplikacji były uzależnione od danej kombinacji. W kombinacji I rozsadę przed sadzeniem moczo no w roztworze BlackJak, który zastosowano w dawce 0,25 l·ha<sup>-1</sup>, a następnie rośliny opryskiwano po 2 i 3 tygodniach od wysadzenia roztworem tego samego preparatu, który zastosowano w dawce 2 l·ha<sup>-1</sup>. W kombinacji II rozsadę przed wysadzeniem moczo no w roztworze mieszaniny preparatów BlackJak (dawka 0,25 l·ha<sup>-1</sup>) oraz Polyversum WP (w stężeniu 0,05%). W kombinacji III stosowano dwa rodzaje zabiegów: moczenie rozsady przed sadzeniem w roztworze mieszaniny preparatów BlackJak (0,25 l·ha<sup>-1</sup>) i Polyversum WP (0,05%) oraz opryskiwanie roślin 2 tygodnie po wysadzeniu roztworem mieszaniny BlackJak (2 l·ha<sup>-1</sup>) i Polyversum WP (200 ml·ha<sup>-1</sup>). W stosunku do roślin stanowiących kontrolę nie stosowano zabiegów. W początkowym okresie po wysadzeniu stosowano dodatkowo nawadnianie poletek, w celu stworzenia optymalnych warunków dla rozwoju *P. brassicae*. Uprawę brokołu prowadzono z zachowaniem ogólnie przyjętych zaleceń uprawowych obejmujących zabiegi agrotechniczne oraz nawożenie. Oceny porażenia korzeni kiłą kapusty dokonywano bezpośrednio po zbiorze roślin. W pierwszym roku doświadczenia zbiór miał miejsce w trzeciej dekadzie sierpnia,

natomiast w drugim roku rośliny zebrano w pierwszej dekadzie sierpnia. Objawy porażenia kiłą kapusty oceniano posługując się zmodyfikowaną skalą Williamsa (Robak 1991), gdzie: 0 - brak objawów porażenia (narośli); 1 - małe, pojedyncze narośla na korzeniach bocznych; 2 - większe narośla na korzeniach bocznych; 3 - narośla na korzeniach bocznych i korzeniu głównym; 4 - duża narośl na szyjce korzeniowej, brak korzeni głównych. Następnie dla każdego powtórzenia (każdej kombinacji) obliczono indeks porażenia roślin korzystając ze wzoru:

$$I_p = \frac{\sum(n \times a) \times 100}{N \times b}$$

gdzie:

*I<sub>p</sub>* - indeks porażenia wyrażony w procentach

*n* - liczba roślin porażonych w danym stopniu skali

*a* - stopień skali

*N* - ogólna liczba ocenianych roślin

*b* - najwyższy stopień skali

Uzyskane dane poddano obliczeniom statystycznym dla wykazania istotności różnic między poszczególnymi kombinacjami. Istotność różnic między średnimi oceniono na podstawie testu Duncana ( $p=0,05$ ).

## **WYNIKI I DISKUSJA**

Analizy zdrowotności przeprowadzone po zbiorze roślin, zarówno w pierwszym jak i drugim roku doświadczenia wykazały, że zastosowanie do ochrony preparatów BlackJak oraz Polyversum WP wpłynęło na ograniczenie występowania objawów kiły kapusty na systemie korzeniowym roślin brokułu w porównaniu z kombinacją kontrolną (tab.1). Różnice w stopniu porażenia pomiędzy kombinacjami, w których stosowano zabiegi ochronne, a kombinacją kontrolną były statystycznie istotne jedynie w pierwszym roku doświadczenia, a najslabiej porażone były rośliny w kombinacji gdzie stosowano tylko preparat BlackJak (tab. 1). W drugim roku doświadczenia nie zanotowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy kombinacjami,

co mogło być wynikiem niekorzystnych dla rozwoju *P. brassicae* warunków pogodowych, zwłaszcza zbyt wysokiej temperatury powietrza. Już wczesne badania Monteith'a [1924] i Wellmana [1930] wskazywały, że temperatura gleby powyżej 35°C hamuje rozwój *P. brassicae*. W późniejszych badaniach potwierdzano, że ograniczenie rozwoju kiły kapusty następuje w temperaturze powyżej 30°C [Gossen i in. 2012, Sharma i in. 2011]. Pomimo braku statystycznie istotnych różnic w drugim roku badań również wystąpiła tendencja mniejszego porażenia roślin przez *P. brassicae* w przypadku stosowania testowanych preparatów. Kombinacja zabiegów, w której stosowano mieszaninę preparatów BlackJak i Polyversum WP do zaprawiania rozsady przed sadzeniem, a następnie w postaci oprysków najsilniej ograniczała rozwój objawów kiły kapusty na korzeniach brokuła (tab. 1). W przypadku stosowania tych zabiegów notowano najmniejszą liczbę prażonych roślin w obu latach badań. Korzystne działanie preparatów w tej kombinacji mogło być spowodowane wzbogaceniem gleby w substancje humusowe, które mają dodatni wpływ na rozwój roślin. Szczególnie wysoką aktywność biologiczną wykazują kwasy humusowe pochodzące z leonardytu, który zawarty jest w preparacie BlackJak. Kwasy humusowe działając bezpośrednio na rośliny stymulują ich funkcje życiowe oraz podnoszą efektywność wykorzystania substancji pokarmowych [Akinremi i in. 2000]. W badaniach Chaiwon i in. [2013] uzyskano zwiększenie suchej masy siewek oraz wzrost pobierania makroelementów u roślin jarmużu, poprzez dodanie do podłoża promieniowców oraz leonardytu w stężeniu 15%. Substancje humusowe podnoszą również aktywność mikroorganizmów, które stają się konkurencyjne dla wielu patogenów ograniczając ich rozwój [Abdel-Monaim i in. 2012]. Stymulujące działanie kwasów humusowych w stosunku do pożytecznych mikroorganizmów glebowych potwierdził Abdel Monaim i in. [2012] stosując kombinację bakterii promujących wzrost roślin (PGPR) z kwasami humusowymi w celu ograniczenia porażenia siewek pomidora przez *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Zabieg z wykorzystaniem PGPR bez dodatku kwasów humusowych okazał się mniej efektywny w zwalczaniu tego patogena.

Antagonistyczne działanie *Pythium oligandrum*, będącego składnikiem preparatu Polyversum WP, w stosunku do *P. brassicae* nie było

do tej pory badane. Istnieją natomiast doniesienia na temat skutecznego wykorzystania *P. oligandrum* do zwalczania wielu innych patogenów roślin uprawnych [Benhamou 1999, Berry i in. 1993, Jones i Deacon 1995, Madsen i de Neergaard 1999, Weber i Matak 1999]. Szereg doświadczeń potwierdza możliwość stosowania metody biologicznej wykorzystującej różne gatunki grzybów do zwalczania kiły kapusty [Jaschke i in. 2010, Kurowski i in. 2009, Narisawa i in. 1998, Timila 2011]. Lahlali i Peng [2014] wykorzystali biofungicyd oparty na *Clonostachys rosea* w celu ochrony rzepaku przed kiłą kapusty. Najbardziej efektywne okazało się 2- krotne zastosowanie preparatu - w czasie wysiewu nasion oraz po 7-14 dniach od siewu. Według badaczy uzyskane wyniki wskazują na konieczność utrzymania wysokiej dawki biopreparatu w glebie podczas pierwotnej i wtórnej infekcji roślin przez *P. brassicae*. Opryskanie poletek mieszaniną preparatów BlackJak i Polyversum WP 2 tygodnie po sadzeniu mogło również wpłynąć na ograniczenie infekcji wtórnej roślin brokułu przez sprawcę kiły kapusty.

Tab. 1. Wpływ zastosowanych preparatów na porażenie korzeni brokułu przez *P. brassicae*

Kombinacja zabiegów Ip [%] Pr[%]			2014		2015	
			Ip [%]	Pr[%]		
I	BlackJak	moczenie rozsady+ opryskiwanie	11,11a	41,89a	13,89a	33,30a
II	BlackJak+ Polyversum	moczenie rozsady	14,44a	48,89a	13,89a	40,00a
III	BlackJak+ Polyversum	moczenie rozsady+ opryskiwanie	14,44a	35,55a	9,45a	26,40a
IV	Kontrola	brak	35,56b	68,87a	19,40a	40,00a

Średnie oznaczone tymi samymi literami  
w kolumnach nie różnią się istotnie przy  $P=0,05$   
Ip - indeks porażenia  
Pr - procent porażonych roślin

## WNIOSKI

Wyniki z przeprowadzonych badań wskazują, iż preparaty BlackJak i Polyversum WP zastosowane do ochrony brokołu ograniczały rozwój kiły kapusty (*P. brassicae*).

Najniższe porażenie korzeni stwierdzono w kombinacji, w której do ochrony stosowano mieszaninę preparatów BlackJak i Polyversum WP w formie zaprawiania i dwukrotnego opryskiwania.

Preparaty BlackJak oraz Polyversum WP stosowane w różnych kombinacjach mogą być zalecane do praktyki ogrodniczej i poszerzać asortyment preparatów przeznaczonych do ochrony przed *Plasmodiophora brassicae*.

## BIBLIOGRAFIA:

- Abdel-Monaim M. F., Abdel-Gaid M. A., El-Morsy M. E. M. A. 2012. Efficacy of rhizobacteria and humic acid for controlling Fusarium wilt disease and improvement of plant growth, quantitative and qualitative parameters in tomato. *International Journal Phytopath.*, 1(1): 39-48.
- Akinremi O. O., Janzen H. H., Lemke R. L., Larney F. J. 2000. Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. *Can. J. Soil Sci.*, 80(3): 437-443.
- Arie T., Kobayashi Y., Okada G., Kono Y., Yamaguchi I. 1998. Control of soil-borne clubroot disease of cruciferous plants by epoxydon from *Phoma glomerata*. *Plant Path.*, 47: 743-748.
- Benhamou N., Rey P., Picard K., Tirilly Y. 1999. Ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction between the mycoparasite *Pythium oligandrum* and soilborne plant pathogens. *Phytopath.*, 89(6): 506-517.
- Berry L. A., Jones E. E., Deacon J. W. 1993. Interaction of the mycoparasite *Pythium oligandrum* with other *Pythium* species. *Biocontrol Sci. Technol.*, 3(3): 247-260.
- Chaiwon F., Santasup C., Sringarm K., Shutsrirung A. 2013. Antioxidant activity, vitamin C content and growth of chinese kale in response to high humus seedling media and beneficial microorganisms. *CMU. J. Nat. Sci.*, 12(2): 79-89.
- Colhoun J. 1953. Observations on the incidence of club-root disease of *Brassicae* in limed soils in relation to temperature. *Ann. Appl. Biol.*, 40(4): 639-644.
- Crute I. R., Buczacki S. T., Karen S. 1981. A solution culture method for

- observing the development of clubroot symptoms on young Brassica plants. *Ann. Appl. Biol.*, 99: 241–245.
- Dixon G. R. 2006. The biology of *Plasmodiophora brassicae* Wor. - A review of recent advances. *Acta Hort.*, 706: 271–282.
- Donald C., Porter I. 2009. Integrated control of clubroot. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28 (3): 289–303.
- Donald E. C., Porter I. J. 2004. A sand-solution culture technique used to observe the effect of calcium and pH on root hair and cortical stages of infection by *Plasmodiophora brassicae*. *Australas. Plant Pathol.*, 33: 585–589.
- Gao Y., Xu G. 2014. Development of an Effective Nonchemical Method against *Plasmodiophora brassicae* on Chinese Cabbage. *International J. Agronomy*, 2014: 1-5.
- Gidelska A., Robak J. 2011. Nowe możliwości zwalczania kiły kapusty (*Plasmodiophora brassicae*) z zastosowaniem ekstraktów roślinnych. *Nowości Warzywnicze*, 53: 21-27.
- Gossen B. D., Adhikari K. K. C., McDonald M. R. 2012. Effects of temperature on infection and subsequent development of clubroot under controlled conditions. *Plant Pathol.*, 61(3): 593-599.
- Gossen B. D., Deora A., Peng G., Hwang S. F., McDonald M. R. 2014. Effect of environmental parameters on clubroot development and the risk of pathogen spread. *Can. J. Plant Pathol.*, 36(1): 37-48.
- Gossen B. D., Kasinathan H., Cao T., Manolii V. P., Strelkov S. E., Hwan, S. F., McDonald M. R. 2013. Interaction of pH and temperature affect infection and symptom development of *Plasmodiophora brassicae* in canola. *Can. J. Plant Pathol.*, 35(3): 294-303.
- Hata S., Sumi Y., Ohi M. 2002. Dry powder and extract of *Posidonia australis* Hook. F., a species of seagrass, stimulate the germination of the pathogen *Plasmodiophora brassicae* and control clubroot of Chinese cabbage. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 71(2): 197-202.
- Jäschke D., Dugassa-Gobena D., Karlovsky P., Vidal S., Ludwig-Müller J. 2010. Suppression of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) development in *Arabidopsis thaliana* by the endophytic fungus *Acremonium alternatum*. *Plant Pathol.*, 59(1): 100-111.
- Jones E. E., Deacon J. W. 1995. Comparative physiology and behaviour of the mycoparasites *Pythium acanthophoron*, *P. oligandrum* and *P. mycoparasiticum*. *Biocontrol Sci. Technol.*, 5(1): 27-40.
- Knox O. G. G., Oghoro C. O., Burnett F. J., Fountain, J. M. 2015. Biochar increases soil pH, but is as ineffective as liming at controlling clubroot. *J. of Plant Pathol.*, 97(1): 149-152.

- Kurowski T. P., Majchrzak B., Kowalska E. 2009. The effectiveness of the biological control of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) in brassicaceae plants. *Phytopathologia*, 52: 5-12.
- Lahlali R., Peng G. 2014. Suppression of clubroot by *Clonostachys rosea* via antibiosis and induced host resistance. *Plant Pathol.*, 63(2): 447-455.
- Madsen A. M., de Neergaard E. 1999. Interactions between the mycoparasite *Pythium oligandrum* and sclerotia of the plant pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*. *E. J. of Plant Pathol.*, 105(8): 761-768.
- McDonald M. R., Kornatowska B., McKeown A. W. 2004. Management of clubroot of Asian Brassica crops grown on organic soils. *Acta Hort.*, 635: 25-30.
- Monteith J. L. 1924. Relation of soil temperature and soil moisture to infection by *Plasmodiophora brassicae*. University of Wisconsin-Madison.
- Murakami H., Tsushima S., Akimoto T., Murakami K., Goto I., Shishido Y. 2000. Effects of growing leafy daikon (*Raphanus sativus*) on populations of *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). *Plant Pathol.*, 49(5): 584-589.
- Murakami H., Tsushima S., Akimoto T., Shishido Y. 2001. Reduction of spore density of *Plasmodiophora brassicae* in soil by decoy plants. *J. General Plant Pathol.*, 67(1): 85-88.
- Myers D. F., Campbell R. N. 1985. Lime and the control of clubroot of crucifers: effects of pH, calcium, magnesium and their interactions. *Phytopath.*, 75: 670-673.
- Narisawa K., Shimura M., Usuki F., Fukuhara S., Hashiba T. 2005. Effects of pathogen density, soil moisture, and soil pH on biological control of clubroot in Chinese cabbage by *Heteroconium chaetospora*. *Plant Dis.*, 89(3): 285-290.
- Narisawa K., Tokumasu S., Hashiba T. 1998. Suppression of clubroot formation in Chinese cabbage by the root endophytic fungus, *Heteroconium chaetospora*. *Plant Pathol.*, 47(2): 206-210.
- Niwa R., Kumei T., Nomura Y., Yoshida S., Osak M., Ezawa T. 2007. Increase in soil pH due to Ca-rich organic matter application causes suppression of the clubroot disease of crucifers. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(3): 778-785.
- Ohi M., Kitamura T., Hata S. 2003. Stimulation by caffeic acid, coumalic acid, and corilagin of the germination of resting spores of the clubroot pathogen *Plasmodiophora brassicae*. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 67(1):170-173.
- Peng G., McGregor L., Lahlali R., Gossen B. D., Hwang S. F., Adhikari K. K., McDonald M. R. 2011. Potential biological control of clubroot on

- canola and crucifer vegetable crops. *Plant Pathol.*, 60(3): 566-574.
- Robak J. 1991. Zmienność patotypów *Plasmodiophora brassicae* Wor. występujących w Polsce i ich patogeniczność w stosunku do odmian i linii hodowlanych *Brassica oleracea*. *Praca habilitacyjna nr 6. Instytut Warzywnictwa, Skierniewice*, 61 ss.
- Robak J., Czubatka A., Czajka A. 2014. Integrowana ochrona roślin kapusztowatych przed kiłą (*Plasmodiophora brassicae*). *Prog. Plant Prot./ Post. Ochr. Roślin* 54(1): 19-24.
- Sharma K., Gossen B. D., McDonald M. R. 2011. Effect of temperature on cortical infection by *Plasmodiophora brassicae* and clubroot severity. *Phytopathol.*, 101(12): 1424-1432.
- Timila R. D. 2011. Evaluation of some *Trichoderma* spp. for clubroot disease management. *Nepal Agriculture Research Journal*, 11: 97-102.
- Wallenhammar A. C. 1996. Prevalence of *Plasmodiophora brassicae* in a spring oilseed rape growing area in central Sweden and factors influencing soil infestation levels. *Plant Pathol.*, 45(4): 710-719.
- Weber Z., Matak J. 1999. Effectiveness of Polyversum in the protection of barley and some cruciferous plants against diseases. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Biological Sci.* 47, 2-4: 221-224.
- Webster, M. A., Dixon G. R. 1991. Boron, pH and inoculum concentration influencing colonization by *Plasmodiophora brassicae*. *Mycol. Res.*, 95: 74-79.
- Wellman F. L. 1930. Clubroot of crucifers. *Technical Bulletin USDA* 18: 1-31.
- Young C. C., Cheng K. T., Waller G. R. 1991. Phenolic compounds in conducive and suppressive soils on clubroot disease of crucifers. *Soil Biology and Biochemistry*, 23(12): 1183-1189.

### **Afiliacja:**

mgr inż. Dorota Tekielska  
Katedra Ochrony Roślin  
Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
e-mail: d.tekielska@gmail.com

prof. dr hab. inż. Stanisław Mazur  
Katedra Ochrony Roślin  
Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
e-mail: smazur@ogr.ar.krakow.pl

mgr inż. Martyna Cieślińska  
Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

*Opiekun naukowy:* prof. dr hab. inż. Stanisław Mazur

## WPŁYW ŚCIOŁEK SYNTETYCZNYCH NA ZAWAR- TOŚĆ BARWNIKÓW ROŚLINNYCH W LIŚCIACH I OWOCACH TRZECH ODMIAN POMIDORA GRUN- TOWEGO (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.)

### THE EFFECT OF SYNTHETIC MULCHES ON CONTENT OF PLANTS PIGMENTS IN LEAVES AND FRUITS OF THREE TOMATO CULTIVARS (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.)

**Abstrakt.** Ściółkowanie gleby wpływa korzystnie na mikroklimat gleby i powietrza w otoczeniu rośliny uprawnej. W 2014 i 2015 roku przeprowadzono doświadczenie połowe dotyczące wpływu ściółkowania gleby folią polietylenową czarną, czerwoną oraz białą na zawartość barwników roślinnych: chlorofilu a i b oraz karotenoidów w liściach i karotenoidów w owocach trzech odmian pomidora gruntowego: Awizo F<sub>1</sub>, Barlo F<sub>1</sub> i Intrigo F<sub>1</sub>. Kontrolę stanowiły poletka bez ściółkowania. Rozsadę posadzono na miejsce stałe w rozstawie 80×50 cm. Analizy chemiczne liści wykonano w lipcu, a owoców w sierpniu. Największą zawartość chlorofilu a i b w liściach odmiany Awizo F<sub>1</sub> oznaczono na folii białej, a u odmiany Barlo F<sub>1</sub> na folii czerwonej. Rodzaj zastosowanej ściółki nie wpłynął w sposób istotny na poziom chlorofilu b i karotenoidów w liściach u odmiany Intrigo F<sub>1</sub>. Największą zawartość karotenoidów w owocach Awizo F<sub>1</sub> i Barlo F<sub>1</sub> oznaczono na folii białej, u odmiany Intrigo F<sub>1</sub> na kontroli.

**Słowa kluczowe:** *chlorofil a, chlorofil b, karotenoidy, pomidor gruntowy, folia polietylenowa*

**Abstract.** The field experiment was conducted in the year 2014 and 2015. There were applied synthetic mulches. Transplants of tomato: Awizo F<sub>1</sub>, Barlo F<sub>1</sub> and Intrigo F<sub>1</sub> were planted in the field in spacing 80×50 cm. The influence of synthetic mulches: black polyethylene foil, red plastic foil and white plastic foil on the content of plants pigments: chlorophyll a and b, carotenoids in the tomato leaves and fruits were investigated. Not mulched

plots were controls treatments. The chemical analyses of leaves were performed in July and tomato fruits in August. The highest content of chlorophyll *a* and *b* in the leaves of Awizo F<sub>1</sub> cultivar was determined in white foil, and Barlo F<sub>1</sub> cultivar in red foil. The type of mulches did not affect significantly the level of chlorophyll *b* and carotenoids in the leaves in Intrigo F<sub>1</sub> cultivar. The highest content of carotenoids in fruits Awizo F<sub>1</sub> and Barlo F<sub>1</sub> cultivars was determined in white foil, and Intrigo F<sub>1</sub> cultivar was in control.

**Key words:** *chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, field tomato, polyethylene foil*

## WSTĘP

Pomidor (*Lycopersicon esculentum* Mill.) należy do rodziny psiankowatych (*Solanaceae*) i jest rośliną ciepłolubną oraz wymaga dużo światła i nie toleruje stanowisk zacienionych [Rumpel 2007]. Pomidor tworzy dobrze rozwinięty system korzeniowy, w związku z tym jego wymagania wodne są umiarkowane [Durau 2015]. W uprawie polowej istnieje możliwość regulowania składu chemicznego owoców pomidora przez dobór odmiany i prowadzone zabiegi agrotechniczne [Martyniak-Przybyszewska 2000]. Ściółki syntetyczne wykorzystuje się powszechnie do ograniczania zachwaszczenia w uprawie warzyw oraz do poprawy mikroklimatu wokół rośliny, przyczyniają się one do zwiększenia plonu i jego jakości [Lamont 1993, 2005]. Folia polietylenowa czarna, biało-czarna i przezroczysta należą do ściółek syntetycznych, które popularnie stosuje się w ogrodnictwie [Schales 1990]. Inne folie kolorowe wykorzystywane na świecie do ściółkowania gleby to: żółta, niebieska, czerwona, aluminiowa i brązowa [Gough 2001]. Kolor folii ściółkującej wpływa na świeżość i suchą masę rośliny uprawnej oraz na liczbę jej liści [Decoteau i in. 1986]. Rośliny rosnące na folii polietylenowej czarnej i biało-czarnej charakteryzują się większą liczbą liści na pędzie oraz tworzą więcej zawiązków owoców [Decoteau 2008]. Wiele badań wykazuje, że temperatura i wilgotność pod ściółką syntetyczną wpływa korzystnie na fenologię i wzrost plonu rośliny uprawnej [Bhella 1988]. Czarna folia polietylenowa, która pokrywa powierzchnię gleby, zwiększa jej temperaturę w

ciągu dnia średnio o 3-4°C [Siwek i Libik 2005]. Badania Diaz-Perez i Batal [2002] wykazały, że zaletą stosowania folii czarnej polietylenowej jest zwiększenie liczby owoców pomidora w porównaniu do kontroli, natomiast w doświadczeniu Loy i in. [1998] na folii czerwonej zaobserwowano o 20% wyższy plon wczesny i ogólny owoców w porównaniu do plonu roślin z folii czarnej. Zabieg ściółkowania zapewnia ponadto utrzymanie dobrej struktury gleby i również lepsze wykorzystanie składników pokarmowych przez rośliny [Siwek i in. 2010]. Wykorzystanie ściółek syntetycznych przyczynia się również do podnoszenia bilansu promieniowania, który zależy od rodzaju zastosowanego materiału. Ściółka może transmitować, absorbować lub odbijać część promieniowania słonecznego. Folia ściółkująca może transmitować promieniowanie z jednego zakresu długości fali, jednocześnie całkowicie absorbując lub odbijając inną długość fali [Loy i in. 1989]. To ważna właściwość ściółek, gdyż udowodniono, że refleksja odbicia promieniowania z powierzchni ściółki syntetycznej wpływa bezpośrednio na nadziemny wzrost roślin [Decoteau i in. 1988]. Dzięki barwnikom fotosyntetycznym może zachodzić absorpcja energii słonecznej, z której każdy barwnik pochłania światło o określonej długości fali. Rośliny wyższe posiadają chlorofil *a* i *b*, które różnią się od siebie jedną grupą chemiczną w strukturze. W chlorofilu *a* jednym z podstawników pierścienia pirolowego jest grupa metylowa, a w chlorofilu *b* jest grupa formylowa. Chlorofil *a* absorbuje światło czerwone o długości fali około 662 nm oraz światło fioletowo-niebieskie o długości fali 430 nm, natomiast chlorofil *b* absorbuje światło pomarańczowoczerwone o długości fali 642 nm i światło niebieskie o długości fali 453 nm [Pokorska i in. 2011].

Celem doświadczenia było określenie wpływu rodzaju zastosowanej ściółki syntetycznej na zawartość barwników roślinnych trzech odmian pomidora gruntowego. Do badań wybrano odmiany różniące się cechami morfologicznymi: wzrostem i pokrojem rośliny, wielkością owoców oraz ich kształtem.

## **MATERIAŁ I METODY**

Doświadczenia polowe założono w 2014 i 2015 roku w Stacji Badawczo-Dydaktycznej Katedry Ogrodnictwa Uniwersytetu Przyrod-

niczego we Wrocławiu. Trzy jednoczynnikowe doświadczenia, każde dotyczące innej odmiany pomidora, prowadzono metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach. W badaniach porównywano wpływ następujących ściółek syntetycznych: folii polietylenowej czarnej, białej i czerwonej na zawartość barwników roślinnych u odmian pomidora: Awizo F<sub>1</sub> (pomidor karłowy, przemysłowy, wczesny), Barlo F<sub>1</sub> (pomidor samokończący, wczesny, palikowy) i Intrigo F<sub>1</sub> (pomidor drobnoowocowy, średnio wczesny, wysokorosnący). W doświadczeniu badano wpływ ściółkowania gleby na zawartość chlorofilu *a*, chlorofilu *b* i karotenoidów w liściach oraz karotenoidów w owocach tych odmian. Kontrolę stanowiły poletka bez ściółkowania.

Rozsadę pomidora przygotowano w szklarni według ogólnie przyjętych zasad dla tego gatunku. Podłożem do produkcji rozsady był substrat torfowy, przygotowany z torfu wysokiego. Zaprawione nasiona wysiano 8 kwietnia do skrzynek wysiewnych, natomiast siewki pikowano 24 kwietnia do doniczek o średnicy 8 cm. Po 3 tygodniach od przepikowania roślin, dokarmiano je 0,4% roztworem nawozu wieloskładnikowego Florovit. Pod każdą roślinę stosowano 200 ml roztworu. Na 4 dni przed posadzeniem pomidora na polu zostały rozłożone folie, w pasach o szerokości 2,5 m. Odmiany pomidora posadzono 25 maja w rozstawie 80 × 50 cm. Odmiana Barlo F<sub>1</sub> i Intrigo F<sub>1</sub> były prowadzone przy palikach – Barlo F<sub>1</sub> na jeden pęd główny, a Intrigo F<sub>1</sub> na dwa pędy. Awizo F<sub>1</sub> jest odmianą karłowatą i uprawiany był bez podpór. Analiza chemiczna liści odmian pomidora gruntowego została wykonana 12 sierpnia. W tym celu z każdej rośliny rosnącej na ściółkach syntetycznych zebrano po jednym liściu z połowy wysokości rośliny. Liście były w pełni wykształcone, zdrowie i nieuszkodzone. Oznaczono chlorofil *a* i *b* oraz karotenoidy według metody prowadzonej przez Arnon [1956], która polega na dokładnym roztarciu świeżego materiału (naważono 0,4g w trzech powtórzeniach) gdzie roztworem ekstrakcyjnym jest 80% aceton. Odważony materiał roślinny przenoszono do moździerza, następnie dodano szczyptę piasku i CaCO<sub>3</sub> oraz 10ml 80% acetonu. Zawartość moździerza ucierano do momentu całkowitego roztarcia materiału roślinnego, następnie przenoszono ilościowo do sączka Schotta, w którym następowało sączenie. Przesącz ilościowo przenoszony był do kolbki miarowej (50ml) i uzupełniany 80% acetonem. Odczytu

dokonano spektrofotometrycznie (Spectroquast Pharo 100 Merch) przy długości fali 663 nm (chlorofil *a*), 645 nm (chlorofil *b*) i 470 nm (karotenoidy) wobec wzorca zerowego (80% aceton). 24 sierpnia przeprowadzono zbiór owoców pomidora przeznaczonych do analizy chemicznej. Zebrano po 8 w pełni dojrzałych owoców Awizo F<sub>1</sub> i Barlo F<sub>1</sub> z każdego obiektu oraz po 30 sztuk owoców drobnoowocowych odmiany Intrigo F<sub>1</sub> z każdego obiektu, w celu oceny zawartości karotenoidów metodą kolorymetryczną w ekstrakcie (spektrofotometryczną) w mg·g<sup>-1</sup> suchej masy. Odważono do próbek 2g suchego materiału roślinnego w trzech powtórzeniach, następnie dodano 9,5ml H<sub>2</sub>O, 8ml rektyfikatora oraz 10ml heksanu. Po 6 godzinach ekstrakcji próbki wytrząsano, a następnie odwirowano w wirówce (MPW – 350R Med. Instruments) w 5°C w 8 tys. obrotów/1 min. Pobierano heksan z górnej warstwy i odczytywano dane przy długości fali 450 nm na spektrofotometrze wobec próby zerowej (heksan).

Wyniki zostały poddane analizie statystycznej testem Tukeya dla poziomu istotności  $\alpha=0,05$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

Ilość światła przepuszczanego przez ściółkę syntetyczną zależy od sposobu ułożenia jej na polu, koloru oraz od jej właściwości optycznych [Brault i in. 2002]. Kolor zastosowanej ściółki wpływa na środowisko świetlne rośliny uprawnej. Ściółki jaśniej zabarwione (czerwone, białe) odbijają więcej światła, ale posiadają niższy stosunek dalekiej czerwieni (far-red) względem światła czerwonego (red light). Wzrost natężenia światła powoduje rozwój roślin oraz zwiększa wydajność fotosyntezy, a stosunek dalekiej czerwieni do światła czerwonego jest istotny dla regulacji procesów fizjologicznych roślin [Decoteau 2008].

Wyniki prezentowanych badań wykazały, że zastosowanie ściółkowania wpłynęło na zawartość barwników roślinnych w badanych odmianach pomidora gruntowego. Warto zaznaczyć, że warunki pogodowe w 2014 roku nie sprzyjały plonowaniu pomidora. Niska temperatura i opady atmosferyczne spowodowały pojawienie się w sierpniu choroby grzybowej zarazy ziemniaka (*Phytophthora infestans*). Rok 2015 sprzyjał wzrostowi i plonowaniu pomidora

gruntowego ze względu na korzystne warunki pogodowe przez cały okres wegetacji roślin. W 2014 roku zawartość chlorofilu *a* i *b* oraz karotenoidów w liściach odmiany Awizo F<sub>1</sub> w sposób istotny zależała od rodzaju zastosowanej ściółki (tab. 1).. Największą zawartość chlorofilu *a* i karotenoidów w liściach w 2014 roku zaobserwowano na folii białej i czerwonej, natomiast chlorofilu *b* na folii białej. W drugim roku badań zawartość barwników roślinnych również zależała od rodzaju zastosowanej ściółki syntetycznej. Uprawa na folii białej sprzyjała gromadzeniu chlorofilu *a*, *b* i karotenoidów w liściach oraz karotenoidów w owocach odmiany Awizo F<sub>1</sub>. Zawartość chlorofilu *a*, chlorofilu *b* i karotenoidów w liściach była odpowiednio większa o 7,2%, 28,2% i 34,7% w porównaniu do pierwszego roku doświadczenia. Poziom karotenoidów w owocach na folii białej był o 82,0% większy w porównaniu do folii czerwonej w drugim roku badań.

Kolor ściółki syntetycznej wpływa na ilość liści produkowanych przez roślinę. Badania Decoteau [1989] wykazały, że rośliny pomidora rosnące na folii białej i aluminiowej wytwarzały więcej liści w porównaniu do roślin rosnących na folii czerwonej i czarnej. Liście odpowiedzialne są za proces fotosyntezy, który prowadzi do lepszego rozwoju rośliny oraz zwiększania jej plonu.

W pierwszym oraz w drugim roku doświadczenia zawartość barwników roślinnych w odmianie Barlo F<sub>1</sub> w sposób istotny zależała od rodzaju zastosowanej ściółki (tab. 2).. W obu latach badań w liściach odmiany Barlo F<sub>1</sub> oznaczono najwięcej chlorofilu *a* i *b* oraz karotenoidów na folii czerwonej. Porównywalną ilość chlorofilu *a* stwierdzono w liściach pomidora rosnącego bez ściółkowania, a karotenoidów w pomidorach z zastosowaniem folii białej lub w kontroli. W drugim roku poziom chlorofilu *a*, chlorofilu *b* i karotenoidów w liściach był odpowiednio większy o 17,0%, 12,8% i 52,5% w porównaniu z rokiem pierwszym.. Średnia zawartość karotenoidów w owocach Barlo F<sub>1</sub> w roku 2015 była trzykrotnie większa w porównaniu do roku 2014.

Tab. 1. Zawartość barwników roślinnych dla odmiany Awizo F<sub>1</sub> w 2014 i 2015 roku

Rodzaj zastosowanej ściółki syntetycznej	Liście			Owoce
	Chlorofil a [mg·g <sup>-1</sup> ś.m.]	Chlorofil b [mg·g <sup>-1</sup> ś.m.]	Karotenoidy [mg·g <sup>-1</sup> ś.m.]	Karotenoidy [mg·100g <sup>-1</sup> s.m.]
	2014 rok			
Folia czarna	0,71	0,24	1,35	12,92
Folia czerwona	1,12	0,31	2,32	23,95
Folia biała	1,25	0,64	2,44	10,19
Kontrola	0,81	0,39	1,74	10,89
Średnia	0,97	0,39	1,96	14,49
NIR α=0,05	0,15	0,12	0,63	0,70
	2015 rok			
Folia czarna	0,83	0,39	2,95	35,75
Folia czerwona	1,16	0,50	1,75	37,75
Folia biała	1,44	0,73	3,76	68,69
Kontrola	0,75	0,37	2,10	39,87
Średnia	1,04	0,50	2,64	-
NIR α=0,05	0,46	0,09	0,78	5,75

Tab. 2. Zawartość barwników roślinnych dla odmiany Barlo F<sub>1</sub> w 2014 i 2015 roku

Rodzaj zastosowanej ściółki syntetycznej	Liście			Owoce
	Chlorofil a [mg·g <sup>-1</sup> ś.m.]	Chlorofil b [mg·g <sup>-1</sup> ś.m.]	Karotenoidy [mg·g <sup>-1</sup> ś.m.]	Karotenoidy [mg·100g <sup>-1</sup> s.m.]
2014 rok				
Folia czarna	0,60	0,32	1,74	9,84
Folia czerwona	1,12	0,66	2,50	16,33
Folia biała	0,91	0,46	2,29	11,25
Kontrola	1,11	0,45	1,39	15,97
Średnia	0,94	0,47	1,98	13,35
NIR $\alpha=0,05$	0,15	0,10	0,50	1,35
2015 rok				
Folia czarna	0,60	0,40	2,28	53,86
Folia czerwona	1,54	0,71	3,58	26,73
Folia biała	0,91	0,55	2,92	64,68
Kontrola	1,36	0,47	3,30	33,25
Średnia	1,10	0,53	3,02	-
NIR $\alpha=0,05$	0,57	0,12	0,56	4,51

Zawartość chlorofilu a oraz karotenoidów w liściach i w owocach odmiany Intrigo F<sub>1</sub> w 2014 roku sposób istotny zależała od rodzaju zastosowanej ściółki (tab. 3). Większą zawartością chlorofilu a charakteryzowały się liście roślin ściółkowanych w porównaniu z kontrolą. Zastosowane w doświadczeniu folie spowodowały istotnie większą akumulację karotenoidów w owocach pomidora Intrigo F<sub>1</sub> w porównaniu do kontroli. Zastosowane w doświadczeniu ściółki syntetyczne nie różnicowały zawartości chlorofilu b w liściach w

pierwszym roku doświadczenia. W drugim roku doświadczenia użycie ściółek syntetycznych zmieniło w sposób istotny zawartość tego składnika w liściach pomidora. Największy poziom chlorofilu b oznaczono na folii polietylenowej czarnej. Największa zawartość karotenoidów w owocach pomidora została oznaczona w kontroli. Nie stwierdzono istotnego wpływu ściółkowania na ilość chlorofilu a i karotenoidów w liściach pomidora odmiany Intrigo F<sub>1</sub>. Ilość barwników chlorofilowych w liściach w obu latach badań były podobne, więcej karotenoidów zawierały liście odmiany Intrigo F<sub>1</sub> w 2015 roku.

Średnia zawartość karotenoidów w owocach odmiany Awizo F<sub>1</sub> dla lat badań (tab. 4) wykazała, że największy poziom tego barwnika oznaczono w drugim roku prowadzenia doświadczenia i był on o 214,2% większy w porównaniu do roku pierwszego. Największą średnią zawartość tego barwnika roślinnego oznaczono na folii białej. Największa średnia zawartość karotenoidów w owocach odmiany Barlo F<sub>1</sub> wystąpiła również na folii białej. Średnia zawartość karotenoidów w owocach odmiany Intrigo F<sub>1</sub> w drugim roku prowadzenia doświadczenia była pięciokrotnie większa w porównaniu do roku pierwszego. Największy średni poziom tego barwnika oznaczono w kontroli.

Pomidory przeznaczone do bezpośredniego spożycia oraz pomidory przemysłowe powinny charakteryzować się odpowiednim wybarwieniem, które stanowi istotną cechę jakościową. Barwa owoców jest zależna od zawartości barwników takich jak likopen (barwnik czerwony) oraz β-karoten (barwnik żółtopomarańczowy) [Zdravkovic i in. 2007]. Występują one w zróżnicowanych ilościach w skórce jak i w miąższu owoców [Jabłońska-Rys i in. 2009]. Zawartość barwników zmienia się w trakcie dojrzewania owoców oraz zależy od sposobu uprawy, warunków atmosferycznych, przede wszystkim od temperatury i nasłonecznienia [Brandt i in. 2006, Hallmann i in. 2007]. Jak podaje Pinel i in. [2012] średnia zawartość β-karotenu w owocach pomidora wynosi 0,415 mg·100 g<sup>-1</sup> w świeżej masie. Według Grajek [2007] zawartość β-karotenu w owocach pomidora mieści się w przedziale 0,21-0,89 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m., a w pomidorach typu cherry 0,92-1,05 mg·100 g<sup>-1</sup> w św. m.

## WNIOSKI

Zastosowane w doświadczeniu ściółki syntetyczne modyfikowały zawartość barwników w liściach i owocach odmian pomidora.

Najwięcej chlorofilu *a* i *b* oraz karotenoidów w liściach odmian Awizo F<sub>1</sub> i Barlo F<sub>1</sub> oznaczono w obiektach, gdzie zastosowano folię polietylenową białą lub czerwoną. U odmiany Intrigo F<sub>1</sub> zależność ta nie była statystycznie potwierdzona.

Stwierdzono istotny wpływ zastosowanych w doświadczeniu ściółek syntetycznych, na zawartość karotenoidów w owocach badanych odmian pomidora. Na podstawie średnich dwuletnich w owocach odmian Awizo F<sub>1</sub> i Barlo F<sub>1</sub> oznaczono największą zawartość karotenoidów, gdy w uprawie stosowano folię białą.

Tab. 3. Zawartość barwników roślinnych dla odmiany Intrigo F1 w 2014 i 2015 rr.

Tab. 4. Wpływ rodzaju ściółki na zawartość karotenoidów w owocach [mg·100g<sup>-1</sup> s.m.] badanych odmian pomidora, średnia dla lat 2014-2015

Rodzaj zastosowanej ściółki syntetycznej	Liście			Owoce
	Chlorofil a [mg·g <sup>-1</sup> ś.m.]	Chlorofil b [mg·g <sup>-1</sup> ś.m.]	Karotenoidy [mg·g <sup>-1</sup> ś.m.]	Karotenoidy [mg·100g <sup>-1</sup> s.m.]
	2014 rok			
Folia czarna	1,08	0,58	1,60	15,34
Folia czerwona	1,15	0,56	2,70	16,08
Folia biała	1,18	0,64	2,50	15,40
Kontrola	0,95	0,48	1,64	7,84
Średnia	1,09	0,57	2,11	13,67
NIR α=0,05	0,10	n.i.	0,56	1,02
	2015 rok			
Folia czarna	1,20	0,63	3,03	61,39
Folia czerwona	1,44	0,53	3,31	36,82
Folia biała	1,45	0,53	3,49	62,87

Kontrola	1,13	0,52	2,52	110,34
Średnia	1,31	0,55	3,09	-
NIR $\alpha=0,05$	n.i.	0,07	n.i.	2,97

Rodzaj zastosowanej ściółki syntetycznej	Awizo F <sub>1</sub>	Barlo F <sub>1</sub>	Intrigo F <sub>1</sub>
Folia czarna	24,34	31,85	38,37
Folia czerwona	30,85	21,53	26,45
Folia biała	39,44	37,97	39,14
Kontrola	25,38	24,61	59,09
Średnia dla lat:			
2014	14,49	13,35	13,67
2015	45,52	44,63	67,86
NIR $\alpha=0,05$ dla:Lat	5,07	1,54	3,55
rodzaju ściółki	2,58	2,09	1,40

## BIBLIOGRAFIA

- Arnon D.J. 1956. Chlorophyll absorption spectrum and quantitative determination. *Biochemical and Biophysical Acta*, 20: 449-461.
- Bhella H.S. 1988. Tomato response to trickle irrigation and black polyethylene mulch. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 113: 543-546.
- Brandt S., Pek Z., Barna E., Lugasi A., Helyes L. 2006. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 568-572.
- Brault D., Stewart K.A., Jenni S. 2002. Optical properties of paper and polyethylene mulches used for the weed control in lettuce. *HortScience*, 37: 87-91.
- Decoteau D.R., Daniels D.D. 1986. Colored plastic mulches and tomato morphogenesis. *Proceedings of the National Agricultural Plastics Congress*, 19: 240-248.
- Decoteau D.R. 1989. Mulch surface color affects of fresh-market tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114(2): 216-219.
- Decoteau D.R. 2008. The emergence and early development of colored reflective plastic mulch technology in agriculture. *Research Signpost*

37/661 (2).

- Decoteau D.R., Daniels D.D., Kasperbauer M.J., Hunt P.G. 1988. Plastic mulch color effects on reflected light and tomato plant growth. *Scientia Horticulture*, 34: 169-175.
- Diaz-Perez J.C., Batal K.D. 2002. Colored plastic film mulches affect tomato growth and field changes in root-zone temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127: 127-135.
- Durau B. 2015. Przegląd rozwiązań nawodnień stosowanych w polowej uprawie pomidora i ogórka. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, Polska Akademia Nauk, III: 533-544.
- Gough R.E. 2001. Color of plastic mulch affects lateral root development but not root system architecture in pepper. *HortScience*, 36: 66-68.
- Grajek W. 2007. Przeciwnutleniacze w żywności. Aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne. *Wydawnictwo Nauk Technologicznych*, Warszawa, 97: 172-176, 344, 431.
- Jabłońska-Ryś E., Zalewska-Korona M. 2009. Ocena barwy oraz zawartość barwników karotenoidowych w owocach pomidora nowych linii hodowlanych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 3: 926-931.
- Lamont W.J. 1993. Plastic mulches for production of vegetable crops. *HortTechnology*, 3(1): 35-39.
- Lamont W.J. 2005. Plastics: Modifying the microclimate for the production of vegetable crops. *HortTechnology*, 15(3): 477-481.
- Loy B., Lindstrom J., Gordon S., Rudd D., Wells O. 1989. Theory and development of wavelength selective mulches. *Proceedings of the National Agricultural Plastics Congress*, 21: 193-197.
- Loy B., Wells O.S., Karakaudas N., Milbert K. 1998. Comparative effects of red and black polyethylene mulch on growth, assimilate partitioning and yield in trellised tomato. *Proceedings of the 27<sup>th</sup> National Agricultural Plastics Congress*, 188-197.
- Martyniak-Przybyszewska B. 2000. Ocena plonowania i jakości pomidora w uprawie pod osłonami. *Zeszyty Naukowe AR Kraków*, 364, (71), 135-138.
- Pinela J, Barros L, Carvalho A.M. 2012 Nutritional composition and antioxidant activity of four tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) farmer' varieties in Northeastern Portugal homegardens. *Food Chemical Toxicology*, 50: 829-34.
- Pokorska B., Urbański J. 2011. Barwniki fotosyntetyczne. *Fundacja BioEdukacji*.
- Rumpel J. 2007. *Uprawa pomidorów polowych*. Plantpress. Warszawa.
- Schales F. 1990. Agricultural plastics use in the United States. *Proceedings of*

- the 11<sup>th</sup> International Congress of Plastics in Agriculture, 54-56.
- Siwek P., Libik A. 2005. Wpływ osłon z folii i włókniyny w uprawie wczesnego selera naciowego na wielkość i jakość plonu. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Rolnictwo 515: 483-490.
- Siwek P., Libik A., Twardowska-Schmidt K., Ciechańska D., Gryza I. 2010. Zastosowanie biopolimerów w rolnictwie. Polimery, 55 (11-12): 801-811.
- Zdravkovic J., Markovic Z., Damjanovic M., Pavlovic N, Zdravkovic M. 2007. Relation of mineral nutrition and content of lycopene and beta-carotene in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits. Acta Horticulturae, 729: 177-181.

**Afiliacja:**

mgr inż. Joanna Turczuk  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Katedra Ogrodnictwa  
ul. Plac Grunwaldzki 24 a, 53-363 Wrocław  
e-mail: joanna.turczuk@up.wroc.pl

Promotor: prof. dr hab. Katarzyna Adamczewska-Sowińska



LAND SURVEYING, CARTOGRAPHY,  
GEODESY, LAND DEVELOPMENT,  
LANDSCAPE ARCHITECTURE



## **OCENA POTENCJAŁU INWESTYCYJNEGO GMINY SKAŁA PRZY WYKORZYSTANIU NARZĘDZI GIS**

### THE EVALUATION OF INVESTMENT POTENTIAL IN SKAŁA MUNICIPALITY WITH THE USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TOOLS

**Abstrakt.** Odpowiednie pod względem rozmieszczenia przestrzennego i wydajności wyposażenie obszarów w infrastrukturę techniczną stanowi jedno z zadań samorządu terytorialnego i jest czynnikiem sprzyjającym lokalizacji inwestycji na danym terenie. W związku z powyższym istotna staje się potrzeba wykonywania analiz przestrzennych obejmujących rozmieszczenie potencjału inwestycyjnego. Umożliwi to ocenę istniejącej sytuacji w gminie, co z kolei daje podstawę do planowania ewentualnych zmian czy modernizacji. Niniejsza praca przedstawia ocenę potencjału inwestycyjnego na obszarze gminy Skała. W tym celu wykonano szereg analiz przestrzennych prezentujących stopień nasycenia gminy siecią infrastruktury technicznej. Wyznaczono strefy buforowe określone wokół osi mediów, reprezentujące tereny położone w zadanych odległościach od sieci (obszary korzystne pod kątem lokalizacji inwestycji). Przy wykonywaniu analiz zastosowano oprogramowanie QGIS oparte na licencji Open Source. Ponadto wykonanie analiz statystycznych pozwoliło na skonfrontowanie sytuacji gminy Skała z sytuacją panującą w gminach ościennych. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, iż gmina Skała posiada niewielki potencjał inwestycyjny wynikający z jej położenia i stosunkowo dobrego wyposażenia w infrastrukturę techniczną.

**Słowa kluczowe:** *potencjał inwestycyjny, GIS, analiza przestrzenna, strefy buforowe, QGIS*

**Abstract.** Appropriate distribution and productivity of technical infrastructure is one of the main goals for local government units. It is also the conductive factor to location the investment in the areas. Therefore, neces-

sity for performing spatial analysis including potential deployment of technical infrastructure become more and more important. It will allow to make an assessment of the existing situation in the municipality, which in turn, provides the basis for planning any changes or upgrades. The aim of given work is to evaluate the potential of investment in the area of the Skała municipality. For this purpose many spatial analysis presenting the saturation of the technical infrastructure of the community network were made. The necessary buffer zones defined around the axis of the media, representing the areas situated at predetermined distances from the network (areas favourable for investment location) have been designated. In the study GIS software were used. This software is based on Open Source license. The development of statistical analysis also allowed to compare the ongoing situation in relation to neighboring municipalities. The results showed that the Municipality of Skała has a certain investment potential due to its location and relatively good infrastructure endowment.

**Key words:** *potential of investment, GIS, spatial analysis, buffer zones, QGIS*

## WSTĘP

Gospodarka przestrzenna uznawana jest za działalność, której podstawowym celem jest racjonalne wykorzystywanie przestrzeni, czyli takie, które uwzględnia zarówno interesy różnych grup społecznych, zasady zrównoważonego rozwoju jak i ładu przestrzennego [Izdebski 2007]. Zachowanie równowagi pomiędzy aspektami ekonomicznymi, przyrodniczymi i społecznymi jest warunkiem istotnym ze względu na intensywny rozwój technologiczny i nieustanne rozrastanie się terenów dotychczas niezagospodarowanych, poprzez które poniekąd kształtowana jest „nowa przestrzeń”. Gmina jako pewnego rodzaju jej wycinek podlega kształtowaniu swojej indywidualności, czyli odpowiednim zagospodarowaniu przestrzeni. Polega ono na dopasowaniu do poszczególnych obszarów odpowiednich funkcji mając na uwadze potrzeby użytkowników danego terenu [Cymerman 2001]. Związane jest to z planowaniem przestrzennym, będącym kluczowym elementem polityki przestrzennej prowadzonej przez jednostki samorządu terytorialnego. Wyznaczanie granic terenów o zróżnicowanym przeznaczeniu oraz sposobie zagospo-

darowania następuje w oparciu o przedstawione powyżej zasady (zrównoważonego rozwoju, ładu przestrzennego) [Niewiadomski 2003]. Prezentowane założenia umożliwiają projektowanie przestrzeni w taki sposób, aby tworzyła ona harmonijną całość uwzględniającą aspekty funkcjonalne, gospodarcze, środowiskowe i społeczne [Ustawa 2003].

Atrakcyjność inwestycyjną gmin można zdefiniować jako zdolność skłaniania inwestorów do wybrania danego obszaru jako miejsca przeznaczonego pod lokalizację ich inwestycji [Gawlikowska-Hueckel i Umiński 2000]. Wpływ na ten wybór ma wiele czynników, które mogą zdecydować o sukcesie bądź porażce. Kalinowski [2006] określa to podejście jako wadliwe ze względu na fakt, iż w swojej prostocie i oczywistości nie rozróżnia ono rodzaju inwestycji (każdy jej rodzaj będzie wiązał się z innymi wymaganiami). Ważnym problemem, z jakim boryka się większość gmin na terenie kraju jest niewystarczające wyposażenie w infrastrukturę techniczną, która często jest czynnikiem warunkującym lokalizację inwestycji na danym terenie. Zdarzają się sytuacje inwestycji budowlanych na obszarach, które nie posiadają dostępu do mediów, bądź jeśli on występuje, nie jest w odpowiedni sposób dostosowany do istniejącego zapotrzebowania (m.in. zbyt niska klasa drogi w odniesieniu do intensywności ruchu, niewystarczająca przepustowość sieci) [Izdebski 2007].

Inwestycje samorządowe, w tym także inwestycje infrastrukturalne, wyróżniają się spośród innych pod względem pozytywnych efektów użytkowych jakie pozwalają osiągnąć. Są one istotne zarówno z punktu widzenia lokalnych społeczności (zaspokajanie ich potrzeb) jak i całej gospodarki (zarówno gminnej jak i postrzeganej szerzej) [Łękawa 2013]. Przestrzenne rozmieszczenie elementów składowych infrastruktury technicznej, zabudowy oraz innych komponentów przestrzeni gminnej powinno zostać poprzedzone złożonymi analizami obecnej sytuacji na badanym obszarze oraz sytuacji prognozowanej. Pozwoli to na wprowadzanie ewentualnych modernizacji odpowiadających zaistniałym potrzebom. W związku z powyższym, kluczowe okazuje się opracowywanie analiz przestrzennych obejmujących rozmieszczenie potencjału infrastruktury, mających na celu uzyskanie nowych informacji przestrzennych [Gaździcki 2003].

## MATERIAŁ I METODY

Za cel opracowania przyjęto sporządzenie analizy i oceny potencjalnych terenów inwestycyjnych wybranej gminy. Dokonano delimitacji obszarów, które stanowią zaplecze inwestycyjne gminy. Badania poprzedzono analizą danych dotyczących stanu istniejącego oraz opracowanych na potrzeby problemu wskaźników. Szczególną uwagę poświęcono obszarom znajdującym się w niewielkiej odległości od sieci infrastruktury technicznej, które uznano za potencjalnie najbardziej korzystne do lokalizacji inwestycji. Granice tych obszarów wyznaczono w oparciu o przyjęte założenia dotyczące odległości od poszczególnych sieci:

**strefa I** – 30 m wokół uzbrojenia podziemnego (brak konieczności rozbudowy sieci głównej przy przyłączach);

**strefa II** – 50 m wokół linii napowietrznych (maksymalna dopuszczalna długość wiszącego przewodu – bez podpór słupowych);

**strefa III** – 30-50 m wokół linii podziemnych i napowietrznych (zagregowany obszar zainwestowany).

Proces analizy przestrzennej oparty został o opracowania kartograficzne będące załącznikami do Uchwał Rady Miejskiej w Skale [Nr VIII/46/07 i Nr IV/21/07] oraz mapę zasadniczą w formie cyfrowej, pozyskaną z Powiatowego Ośrodka Geodezji i Kartografii w Krakowie. Rastrowa forma Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego (MPZP) gminy wymagała konwersji do postaci danych wektorowych. W tym celu podkładowi rastrowemu nadano georeferencję w oparciu o 10-15 punktów dostosowania. Po przeprowadzeniu procesu kalibracji niezbędna była wektoryzacja materiału analogowego. Formatem wyników był plik w formacie shapefile (shp).

Wykonywaną analizę rozpatrywano w zależności od przeznaczenia danego obszaru w MPZP (ryc.1.). Na potrzeby badania dokonano reklasyfikacji podziału przeznaczeń na 5 nowych klas według poniższego schematu:

tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej, zagrodowej, usługowej, śródmiejskiej – **M**;

tereny obiektów produkcyjnych, składów i baz - **P**;

tereny zabudowy zagrodowej – **RM**;

tereny infrastruktury technicznej – **T**;

tereny usług, usług publicznych, turystyki, sportu i rekreacji – **U**.

W pracy wykorzystano oprogramowanie QGIS, które umożliwiło wykonanie szeregu analiz przestrzennych i wyznaczenie stref wokół sieci infrastruktury, określających obszary zainwestowane. W tym celu posłużono się narzędziami geoprocesingu (bufory), które generują obiekty poligonowe w kształcie strefy równoległej (zwiększonej

Ryc. 1. Dane wejściowe do projektu - fragment



Źródło: Opracowanie własne

lub zmniejszonej o zadany promień) do geometrii wspólnej, powstałej z najmniejszej osobno agregowanej otoczki wklęsłej z obiektów źródłowych. Wyniki zestawiono w formie graficznej (mapy) i tabelarycznej, opracowanej z wykorzystaniem rozszerzenia programowego GroupStats. Wyposażenie gminy w sieci infrastruktury porównano z sytuacją panującą w gminach ościennych. W tym celu opracowano zestawienia statystyczne na podstawie danych zaczerpniętych z Banku Danych Lokalnych (BDL).

## **OBSZAR BADAŃ**

Badaniami objęto gminę miejsko-wiejską Skała, położoną na południu Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (województwo mało-

polskie, powiat krakowski), zajmującą powierzchnię 7430 km<sup>2</sup> [*www.skala.pl*]. Biorąc pod uwagę większe ośrodki miejskie zlokalizowane nieopodal, Skałę od Krakowa dzieli odległość około 21, natomiast od Olkusza – 24 km. Do gmin sąsiednich zalicza się gminy: Gołcza, Trzyciąż (północna granica), Sułoszowa, Wielka Wieś, Jerzmanowice-Przegonia (granica zachodnia), Zielonki (granica południowa) oraz Iwanowice (granica wschodnia).

Gmina wyróżnia się pod względem zasobów przyrodniczo-krajobrazowych. Ojcowski Park Narodowy (OPN) obejmuje 16% południowo-zachodniej części gminy (1223 ha) [Plan Rozwoju Lokalnego 2004]. Oprócz OPN występuje tu także fragment Dłubniańskiego Parku Krajobrazowego, który obejmuje swoim zasięgiem część Ojcowskiego Parku Narodowego i Jurajskich Parków Krajobrazowych [Strategia 2013]. Skałę określa się jako jednostkę o charakterze rolno-turystycznym. Zgodnie z tendencją panującą na południu Polski, gospodarstwa indywidualne cechują się znacznym rozdrobnieniem. W przypadku Skały ich powierzchnie oscylują w granicach 1 – 2 ha [Plan Rozwoju Lokalnego 2004].

Według danych z Raportu Urzędu Statystycznego w Krakowie [*www.krakow.stat.gov.pl*], Skałę zamieszkuje 10463 osoby (dane za 2014 r.). Liczba mieszkańców uległa niewielkiemu wzrostowi w odniesieniu do danych za 2012 rok (wzrost o 185 osób) oraz za rok 2013 (wzrost o 109 osób). Gminna sieć drogowa oparta jest na drogach wojewódzkich i powiatowych. Jako główną arterię komunikacyjną można wskazać drogę DW 794 (Koniecpol – Kraków – 43,8 km) oraz DW 773 (Sieniczno – Wesola – 34,7 km) [Strategia 2013].

## **WYNIKI I DYSKUSJA**

Dokonując analizy danych statystycznych zaczerpniętych z BDL (tab.1.) warto zwrócić uwagę na gęstość sieci wodociągowej i kanalizacyjnej na obszarze gminy. Na przestrzeni lat 2012-2014 wartości wskaźników uległy niewielkiemu wzrostowi (o 2,6 km/1 km<sup>2</sup> powierzchni w przypadku sieci wodociągowej oraz o 15,3 km/1 km<sup>2</sup> - sieci kanalizacyjnej). Porównując tę sytuację ze średnimi wartościami dla powiatu krakowskiego można zauważyć, iż wyposażenie w sieć wodociągową jest zdecydowanie niższe (143,5 km dla gminy – 212,0

km dla powiatu). Stanowi jeden z najniższych wskaźników dla gmin powiatu (niższy jedynie wskaźnik dla gminy Igołomia-Wawrzeńczyce – 124,2 km). W przypadku sieci kanalizacyjnej wskaźnik jest wyższy od średniej wartości dla powiatu (162,8 dla gminy – 134,5 dla powiatu).

Tab. 1. Długość sieci rozdzielczej na 100 km<sup>2</sup> powierzchni w gminach powiatu krakowskiego oraz budynki nowe oddane do użytkowania

JEDNOSTKA	RODZAJ SIECI									BUDYNKI		
	wodociągowa			kanalizacyjna			gazowa			mieszkalne		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Czernichów	162,7	162,7	162,7	83,7	99,0	99,0	59,7	63,9	65,5	71	73	60
Igołomia-Wawrzeńczyce	68,2	123,4	124,2	1,1	0,0	0,0	245,2	245,7	245,8	14	19	25
Iwanowice	227,7	228,2	228,3	17,4	17,4	17,4	118,4	123,5	126,3	30	47	55
Jerzmannowice-Przegimie	176,8	178,3	180,5	49,5	50,3	50,3	163,6	165,1	167,9	32	38	48
Kocmyrzów-Luborzyca	260,9	261,5	262,8	40,5	41,1	42,1	336,3	341,1	343,8	101	127	111

Zielonki	Zabie rzów	Wielka Wieś	Świątniki Górne	Sułoszowa	Skawina	Skąta	Mogilany	Michałowice	Liszki	Krzyszowice
325,6	231,7	192,5	351,4	172,2	225,2	140,9	314,2	198,3	231,2	191,5
332,6	233,8	196,8	361,7	172,2	254,6	142,1	314,7	198,3	247,0	191,7
341,9	233,8	212,1	398,0	172,7	256,4	143,5	315,2	198,3	247,0	191,9
329,6	335,4	228,5	59	56,2	80,8	147,5	96,7	32,7	108,4	75,8
344,8	336,4	230,2	92,4	73,4	91,6	147,5	109,1	36,2	124,9	75,8
359,0	340,0	315,1	110,6	109,8	137,7	162,8	117,8	41,9	151,2	206,6
300,6	242,5	249,9	538,4	152	277,8	187,6	364,7	254	236,8	198,3
317,1	253,8	263,2	552,8	152,3	281,4	189,4	373,8	260,7	244,0	200,7
326,0	259,4	270,5	560,1	153,0	282,8	191,1	378,6	266,4	247,7	202,2
175	130	79	49	12	120	43	111	118	67	85
126	183	115	58	8	118	43	110	100	59	77
185	177	87	43	12	108	46	110	82	63	66

Powiat kra- kowski	202,0	209,8	212,0	101,3	106,8	134,5	208,0	213,1	216,0	1256	1342	1314
-----------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Banku Danych Lokalnych

W gminie Skała w 2014 r. oddano do użytkowania 46 nowych budynków, co stanowi niewielki wzrost w stosunku do roku 2012. W przypadku większości gmin jak i średniej wartości dla całego powiatu odnotowano sytuację odwrotną. Może to świadczyć o nieznacznym wzroście zainteresowania gminą Skała jako miejscem do osiedlenia się. Wyniki te nie do końca są zgodne z założeniami Strategii [2013], według której położenie w bliskiej odległości od Krakowa, dostępność komunikacyjna i walory krajobrazowe wpływają na atrakcyjność rezydencjonalną (rozwój budownictwa indywidualnego na niskim poziomie). Strategia [2013] zwraca także uwagę na atrakcyjność inwestycyjną obszaru gminy i wskazuje, iż na badanym obszarze widoczny jest potencjał strefy gospodarczej, o czym świadczy dostępne 5 ha przestrzeni inwestycyjnej. Władze podejmują działania zmierzające do stałego wzrostu poziomu inwestycji. Jest to możliwe dzięki już istniejącej infrastrukturze oraz planom jej rozbudowy i modernizacji. Głównym celem jest poprawa stanu istniejącej infrastruktury, ze zwróceniem szczególnej uwagi na sieć komunikacyjną oraz kanalizacyjną. Gmina podejmuje działania zmierzające do uporządkowania swojej gospodarki ściekowej budując kanalizację sanitarną (m.in.: „Budowa kanalizacji sanitarnej wraz z oczyszczalnią ścieków w Ojcowie”, „Budowa przerzutu ścieków Szczodrkowice – Rzeplin – Przybysławice”, „Budowa kanalizacji w Szczodrkowicach”, „Budowa kanalizacji w Cianowicach”). Wszelkie prowadzone inwestycje realizowane są w oparciu o Program Powszechnej Kanalizacji Gminy Skała [Strategia Rozwoju Miasta i Gminy Skała].

Do wykonania dalszych obliczeń wykorzystano współczynniki udziału powierzchni zainwestowanej do ogółu powierzchni inwestycyjnej. W tym celu posłużono się wzorem:

$$Z = (100\% * N / I) (1)$$

gdzie: Z - parametr udziału zainwestowania, N - powierzchnia

strefy uzbrojonej w media (iNvested areas), I - powierzchnia obszaru inwestycyjnego (Investment areas).

Tab. 2. Zestawienie powierzchni zajmowanych przez poszczególne rodzaje zainwestowania

SUMA	U	T	RM	P	M	MPZP Pow. [ha]	Ener- gia elektr.		Woda		Gaz		Kanaliza- cja		Teleko- munik.	
							[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
1051.99	80.59	0.23	22.07	31.48	917.62		679.33	74.0	574.27	62.6	543.04	59.2	516.23	56.3	423.58	46.2
737.21	27.62	0.23	17.58	12.43	679.33		17.58	79.7	14.44	65.4	13.88	62.9	13.01	59.0	5.76	26.1
70.1	34.3	100.0	79.7	39.5	74.0		100.0	100.0	0.23	100.0	0.23	100.0	0.20	84.3	0.23	100.0
613.06	16.47	0.23	14.44	7.65	574.27		14.44	14.44	0.23	14.44	0.23	14.44	0.20	84.3	0.23	100.0
58.3	20.4	100.0	65.4	24.3	62.6		65.4	65.4	0.23	65.4	0.23	62.9	13.01	59.0	5.76	26.1
577.40	13.87	0.23	13.88	6.38	543.04		13.88	13.88	0.23	13.88	0.23	62.9	13.01	59.0	5.76	26.1
54.9	17.2	100.0	62.9	20.3	59.2		62.9	62.9	0.23	62.9	0.23	62.9	13.01	59.0	5.76	26.1
548.69	13.62	0.20	13.01	5.64	516.23		13.01	13.01	0.20	13.01	0.20	62.9	13.01	59.0	5.76	26.1
52.2	16.9	84.3	59.0	17.9	56.3		59.0	59.0	84.3	59.0	84.3	62.9	13.01	59.0	5.76	26.1
453.79	17.40	0.23	5.76	6.81	423.58		5.76	5.76	0.23	5.76	0.23	62.9	13.01	59.0	5.76	26.1
43.1	21.6	100.0	26.1	21.6	46.2		26.1	26.1	100.0	26.1	100.0	62.9	13.01	59.0	5.76	26.1

Źródło: Opracowanie własne

Powierzchnie zajmowane przez poszczególne strefy zainwestowania przedstawiono w tabeli 2. Obszary inwestycyjne oznaczone symbolami M, P, RM, T, U (zreklasyfikowane typy przeznaczenia obszarów

w MPZP) łącznie zajmują powierzchnię niemal 1052 ha. Tereny analizowanych stref buforowych o zadanych parametrach zajmują obszar 2930,15 ha, spośród których wydzielono obszary posiadające dostęp do sieci energetycznej, wodociągowej, gazowej, kanalizacyjnej oraz telekomunikacyjnej podając ich poszczególne powierzchnie oraz procentowy udział w odniesieniu do konkretnych typów przeznaczenia terenu. Biorąc pod uwagę średnie wartości wskaźników procentowych wyposażenia w poszczególne rodzaje sieci infrastruktury należy zauważyć, iż największym stopniem nasycenia charakteryzuje się sieć energetyczna (737,21 ha - 70,1% obszarów inwestycyjnych). Najsłabiej wygląda sytuacja wyposażenia w sieć telekomunikacyjną (453,79 ha - 43,1% obszarów zainwestowanych), ale nie jest ona niezbędna (obligatoryjna) do uzyskania pozwolenia na budowę i podjęcia inwestycji. Średnia wartość wskaźnika nasycenia siecią wodociągową dla gminy Skała wynosi 58,3 % (613,06 ha powierzchni inwestycyjnej). Spośród wszystkich typów uzbrojenia, najsłabiej przedstawia się sytuacja obszarów oznaczonych symbolami P oraz U (tereny obiektów produkcyjnych, składów i baz oraz tereny usług, usług publicznych, turystyki, sportu i rekreacji). Najkorzystniej natomiast wygląda sytuacja terenów zabudowy zagrodowej, mieszkaniowej jednorodzinnej i usługowej (M oraz MR).

Tab. 3. Łączne zainwestowanie obszarów

MPZP	Pow. [ha]	Energia elektr. + Woda		Wszystkie rodzaje sieci	
		[ha]	[%]	[ha]	[%]
M	917.62	543.04	59.2	374.35	40.8
P	31.48	6.38	20.3	2.51	8.0
RM	22.07	13.88	62.9	2.80	12.7
T	0.23	0.23	100.0	0.19	81.8
U	80.59	13.87	17.2	4.64	5.8
SUMA	1051.99	577.40	54.9	384.50	36.5

Źródło: Opracowanie własne

Istotne jest rozgraniczenie rodzaju sieci infrastruktury technicznej jako elementu obligatoryjnego (niezbędnego) do uzyskania

pozwolenia na budowę oraz podjęcia inwestycji oraz fakultatywnego (dodatkowego). Na potrzeby takiego rozgraniczenia zestawiono wartości wskaźników wyposażenia w dwóch kategoriach (tabela 3). Za infrastrukturę obligatoryjną uznano sieć energetyczną oraz wodociągową (zgrupowana kategoria 1), która zajmuje sumaryczną powierzchnię ponad 577 ha (niemal 55 % powierzchni obszarów inwestycyjnych). Drugą kategorię stanowi strefa wspólna dla wszystkich typów sieci (uzbrojenie fakultatywne), którego udział w sumarycznej powierzchni terenów inwestycyjnych spadł do poziomu 36,5 %. Obszary zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej, zagrodowej i usług charakteryzują się wyposażeniem obligatoryjnym na poziomie 59,2%. W przypadku stref uzbrojenia fakultatywnego (wszystkie typy mediów) wartość ta spada do poziomu 40,8%. Tendencję malejącą można zauważyć w przypadku wszystkich typów przeznaczenia.

## **PODSUMOWANIE I WNIOSKI**

Niewątpliwie inwestycje są czynnikiem wpływającym na rozwój infrastruktury, ale same także wykazują znaczne uwarunkowanie od jej występowania. To co wyróżnia działania podejmowane przez jednostki samorządowe to zakres pozytywnych efektów możliwych do uzyskania, zarówno w odniesieniu do społeczności lokalnej jak i do rozwoju całej gospodarki [Łękawa 2013].

W przypadku gminy Skała można zauważyć, iż poziom wyposażenia w infrastrukturę techniczną na terenach przeznaczonych w MPZP na cele inwestycyjne jest dość zróżnicowany. W przypadku wyposażenia obligatoryjnego wynosi kolejno 70,1 % w przypadku energii oraz jedynie 58,3 % w przypadku sieci wodociągowej, biorąc pod uwagę całość obszarów przeznaczonych pod inwestycje. Analizując wyposażenie fakultatywne, wartości współczynników wykazują tendencję malejącą: dla obszarów wyposażonych w sieć gazową 54,9%, w sieć kanalizacyjną 52,2 %, w sieć telekomunikacyjną 43,1%. Jako powód takiej sytuacji można wskazać tendencję do dość „rozrzuconego” przeznaczania pod inwestycje obszarów nieposiadających odpowiedniego zaplecza infrastrukturalnego. Należy zwrócić także uwagę na nierównomierne rozmieszczenie sieci w poszczególnych

sołectwach oraz sytuację, w której pod budownictwo wyznaczane są zbyt rozległe tereny zdecydowanie przewyższające potrzeby. Ukazane wyraźnie zmniejszenie udziału terenów uzbrojonych w sieci obligatoryjne do 54,9 % w odniesieniu do całkowitej powierzchni terenów inwestycyjnych wskazuje na utrudnione prowadzenie procesu znajdowania obszarów potencjalnie korzystnych do inwestowania. Powodem takiej sytuacji okazał się być wysoki współczynnik zainwestowania terenów dotychczas zabudowanych.

Zaprezentowana metoda jest metodą uniwersalną, która może być wykorzystana do określania potencjału także innych gmin ze względu na zastosowanie w procesie obliczania powyższych parametrów liczbowych w sposób standardowy i z wykorzystaniem standardowych danych wejściowych. Ponadto metoda charakteryzuje się dużym stopniem skalowalności.

Inwestycje podejmowane przez władze samorządowe można uznać za determinanty rozwoju społeczno-gospodarczego jednostek i poniekąd wyznaczniki ich atrakcyjności inwestycyjnej. Sprowadza to do określania władz przez Cymermana [2001] - jako swoistych „animatorów lokalnego rozwoju”. Zdolność nakłaniania do inwestycji, uznawana za istotę atrakcyjności inwestycyjnej, zdaniem Kalinowskiego [2006] stanowi kombinację korzyści możliwych do osiągnięcia z tytułu prowadzenia inwestycji na danym obszarze. Podsumowując warto posłużyć się opinią Zimnego [2008], który twierdzi, iż rozpatrywanie gminnych inwestycji w infrastrukturę techniczną wyłącznie jako czynnika wpływającego na poprawę poziomu życia mieszkańców jest błędne. Warto zastanowić się nad problemem szerzej, gdyż warunkuje on postęp cywilizacyjny gminy i wspomaga jej spójność terytorialną.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Bank Danych Lokalnych <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/start> - dostęp: 21.03.2016 r.
- Cymerman R. 2001. Planowanie i zagospodarowanie przestrzenne w gospodarce nieruchomościami (wycena, zarządzanie i pośrednictwo w obrocie). Wydawnictwo EDUCATERRA Sp. z o.o., Olsztyn
- Gawlikowska-Hueckel K., Umiński S. 2000. Ocena konkurencyjności województw. Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową, Gdańsk
- Gaździcki J. 2003. Leksykon Geomatyczny, Polskie Towarzystwo Infor-

- macji Przestrzennej. Wydanie 2, Wydawnictwo Wieś Jutra Sp. z o.o., Warszawa
- Izdebski H., Nelicki A., Zachariasz I. 2007. Zagospodarowanie Przestrzenne. Polskie Prawo na tle standardów demokratycznego państwa prawnego. Warszawa.
- Kalinowski T. 2006. Atrakcyjność inwestycyjna województw i podregionów Polski 2006. Ekspertyza wykonana w ramach współpracy z Fundacją Konrada Adenauera oraz dofinansowana przez: Polską Agencję Informacji i Inwestycji Zagranicznych Ministerstwa Rozwoju Regionalnego oraz Simens Sp. z o.o., Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową, Gdańsk
- Łęka Z. 2013. Potencjał inwestycyjny gmin województwa dolnośląskiego. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Lublin-Polonia*, Vol. XLVII, 3, sectio H
- Niewiadomski Z. 2003. Planowanie przestrzenne, zarys systemu. Wydawnictwo Prawnicze LexisNexis, Warszawa
- Plan Rozwoju Lokalnego Gminy Skała, 2004, <http://bip.malopolska.pl/umigskala/Article/get/id,444284.html>, dostęp: 10.03.2016 r.
- Uchwała nr IV/21/07 Rady Miejskiej w Skale z dnia 24 stycznia 2007 r w sprawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego sołectw: Barbarka, Gofyszyn, Minoga, Nowa Wieś, Poręba Laskowska, Przybysławice, Rzeplin, Sobiesęki, Stoki, Szczodrkowice, Zamłynie.
- Uchwała Nr VIII/46/07 Rady Miejskiej w Skale z dnia 24 maja 2007 w sprawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego sołectw: Cianowice, Maszyce, Niebyła - Świńczów, Ojców, Skała, Smardzowice dla terenów położonych poza granicami Ojcowskiego Parku Narodowego (z wyłączeniem działek 4/4, 4/5, 4/6/ 4/7, 34/4, 34/5, 34/6, 34/7, 104/4, 104/5, 230/1, 131, 165/2, 165/3 we wsi Cianowice oraz 29/13, 145/2, 174/8, 174/11 we wsi Smardzowice) oraz terenu działek nr 10-383, 10-377, 4-401, położonych w sołectwie Cianowice w granicach OPN
- Urząd Miasta i Gminy Skała [www.skala.pl](http://www.skala.pl) – dostęp: 24.03.2016 r.
- Urząd Miasta i Gminy Skała. Strategia Rozwoju Miasta i Gminy Skała na lata 2014 - 2020
- Urząd Statystyczny w Krakowie, <http://krakow.stat.gov.pl/> - dostęp: 15.03.2016 r.
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. z 2015 r., Poz. 199)
- Zimny A. 2008. Uwarunkowania efektywności inwestycji gminnych w sferze infrastruktury technicznej, Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Koninie, Konin

**Afiliacja:**

<sup>1</sup>mgr inż. Katarzyna Cegielska  
*e-mail:* cegielska\_katarzyna@wp.pl

<sup>2</sup>dr inż. Tomasz Salata  
*e-mail:* rmtsalat@cyf-kr.edu.pl

<sup>3</sup>mgr inż. Marta Szylar  
*e-mail:* szylarmarta.kgpiak@gmail.com

<sup>4</sup>mgr inż. Dawid Kudas  
*e-mail:* d.kudas@ur.krakow.pl

<sup>1,2,3</sup>Katedra Gospodarki Przestrzennej i Architektury Krajobrazu  
Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

<sup>4</sup>Katedra Geodezji  
Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

*Opiekun naukowy:* prof. dr hab. inż. Krzysztof Gawroński

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.



## WYKORZYSTANIE MODELU 3D DO TWORZENIA DOKUMENTACJI ARCHITEKTONICZNEJ BUDYNKU USING A 3D MODEL FOR CREATING ARCHITECTURAL DOCUMENTATION OF A BUILDING

**Abstrakt.** Nowoczesna technologia taka jak skaning laserowy sprawdza się przy inwentaryzacji obiektów zabytkowych, a prezentacja danych w przestrzeni trójwymiarowej staje się powszechna i często wykorzystywana nawet dla obiektów skomplikowanych architektonicznie. Celem niniejszego artykułu było wykazanie, że na podstawie wykonanego zaawansowanego modelu 3D istnieje możliwość wygenerowania elewacji 2D. Obiektem badań był budynek mieszkalny znajdujący się na dziedzińcu Zamku Królewskiego w Będzinie. Wszystkie prace dotyczące modelu oraz obrysu elewacji zostały wykonane w oparciu o dane TLS w programie Bentley MicroStation V8i. Artykuł dowodzi, że rysunki 2D mogą być wykonywane nie tylko bezpośrednio z chmury punktów, ale także mogą zostać opracowane na podstawie dokumentacji 3D. Dla wcześniej opracowanego modelu jest to dużo lepsze rozwiązanie, ponieważ w takim przypadku rysunek 2D danego obiektu jest zgodny i spójny z jego modelem.

**Słowa kluczowe:** *dokumentacja architektoniczna, skaning laserowy, wektoryzacja, model 3D*

**Abstract.** Modern technology such as terrestrial laser scanning works in the inventory of historic buildings, and presentation of data in three-dimensional space becomes a common. Often they are used for complex architectural buildings. The aim of this article was to demonstrate that, based on an advanced 3D model made is possible to generate 2D elevation. The object of the study was the residential building located in the courtyard of the Royal Castle in Bedzin. All work on the model and outline the facade were made based on TLS data in the Bentley MicroStation V8i.

Article indicates that a 2D drawing can be performed not only directly point cloud, but can also be developed on the basis of 3D documentation. For previously developed model is a much better solution, because in this case the 2D drawing of the object is compatible and consistent with the model.

**Key words:** *architectural documentation, laser scanning, vectorization, 3D model*

## WSTĘP

XXI wiek jest okresem istotnego rozwoju nowoczesnych technologii. Pojawienie się coraz to doskonalszych urządzeń pomiarowych oraz niezbędnego oprogramowania do obróbki danych. W miarę upływu czasu i postępu w dziedzinie techniki i nauki, wzrosły również oczekiwania dotyczące wytwarzanych produktów. Zarówno konserwatorzy, renowatorzy jak i architekci chcą pozyskać jak najdokładniejsze informacje o stanie technicznym budynku. Początkowo stosowano techniki fotogrametryczne i na podstawie zdjęć fotograficznych tworzone fotoplany, rysunki wektorowe czy ortobrazy [Kwoczyńska 2010]. Obecnie do tego celu stosowany jest coraz bardziej popularny-naziemny skaniny laserowy, który przewyższa tradycyjną fotogrametrię bliskiego zasięgu. Nowoczesne technologie pomiarowe takie jak fotogrametria cyfrowa i naziemny skaniny laserowy dostarczają informacji o otaczającej nas rzeczywistości w postaci zdjęć pomiarowych i chmur punktów. Jednakże informacja o geometrii obiektów zapisana w tej postaci często jest niepraktyczna z punktu widzenia odbiorcy dokumentacji obiektu. Dlatego też zachodzi potrzeba translacji wyników pomiarów i chmur punktów na modele wektorowe obsługiwane przez oprogramowanie typu CAD [Mitka i in. 2013, s. 167]. Dlatego równie ważną rolę odgrywa oprogramowanie potrzebne do przetworzenia takich danych pomiarowych. Podczas procesu modelowania wykorzystuje się zarówno narzędzia udostępnione w oprogramowaniu do chmur punktów z pomiaru skanerem laserowym [Fidera i in. 2004], jak również i funkcje do opracowywania modeli w programach typu MicroStation czy AutoCAD [Rabbani i in. 2011] oraz bardziej wyspecjalizowane algorytmy do modelowania 3D [Kawashima i in. 2010].

W dzisiejszych czasach każdy obiekt zabytkowy powinien posiadać własną dokumentację architektoniczną, która zawiera podstawowe informacje o budowli oraz stanowi podstawę do prac technicznych, projektowych, badawczych, do wykonywania analiz czy wizualizacji. Przestrzenny stan obiektu doskonale odzwierciedla dokumentacja fotogrametryczna [Dorozhynkyy i Wrona 2003, s. 197]. Obiekty zabytkowe często posiadają skomplikowaną budowę, której nie da się przedstawić za pomocą prostych oraz płaszczyzn, dlatego pomiar skanerem jest pożądanym [Kaspar i in. 2004]. Wykonywa-

nie pomiarów i obliczeń na utworzonym modelu daje możliwość sprawdzenia nieregularności obiektu, jego odchyień czy przemieszczeń [Kwoczyńska 2012]. Jeszcze kilkanaście lat temu wykonanie tak zaawansowanej dokumentacji architektonicznej nie byłoby wykonalne. Pojawienie się technologii skaningu laserowego stworzyło szerokie możliwości do tworzenia coraz to dokładniejszych opracowań.

## **MATERIAŁ I METODY**

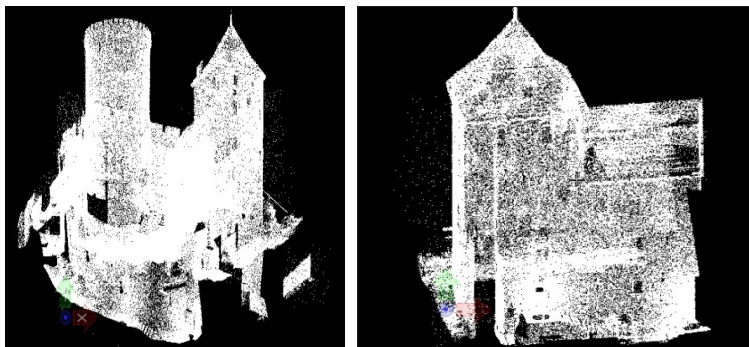
Celem niniejszej pracy było wykazanie, że na podstawie wykonanego zaawansowanego modelu 3D obiektu istnieje możliwość wygenerowania elewacji 2D i rzutu dachu przedstawienie jak nowoczesna technologia sprawdza się przy inwentaryzacji obiektów zabytkowych oraz przy opracowywaniu pozyskanych danych.

### Dane

Obiektem badań był budynek mieszkalny wraz z przyległą do niego wieżą, znajdujący się na dziedzińcu Zamku Królewskiego w Będzinie. Wykonane opracowanie może stanowić część dokumentacji architektonicznej.

Wszelkie prace dotyczące modelu 3D wykonane zostały w oparciu o dane ze skaningu laserowego. Pozyskana chmura punktów została wstępnie opracowana w programie Leica Cyclone. Poszczególne skany zorientowano i połączono. W kolejnym etapie fragment chmury punktów przedstawiający badany obiekt (Ryc.1) został wyeksportowany do formatu .pts i zaimportowany w środowisku Bentley.

Pracę w programie MicroStation V8i Series 3 rozpoczyna się od dołączenia chmury punktów. Program automatycznie kompresuje i przetwarza dane do formatu .pod, który jest wykorzystywany przez MicroStation, a jednocześnie jest także jednym z najbardziej efektywnych systemów kompresji danych bez utraty ich jakości. Jest to podstawowy format obsługiwany przez programy firmy Bentley. Model potrzebny do opracowania w kolejnym etapie obrysu elewacji 2D został wykonany przy użyciu narzędzi do projektowania 3D. Zastosowano podstawowe palety do modelowania brył oraz bardziej zaawansowane narzędzia wykorzystujące operacje Boole'a.



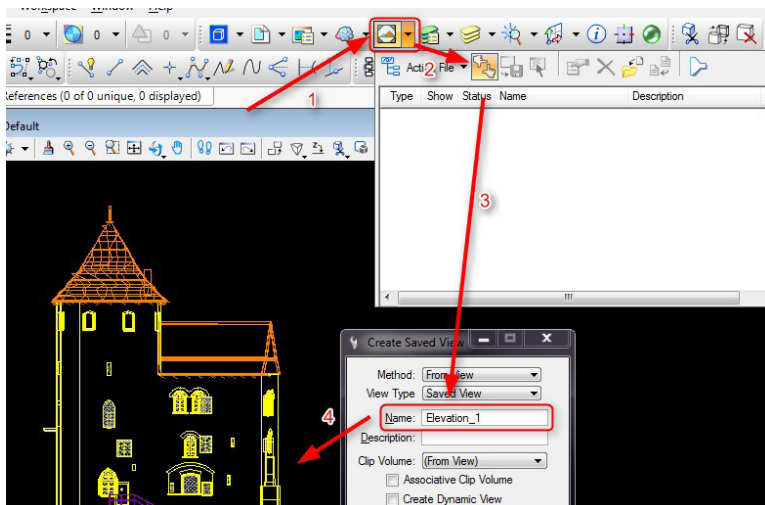
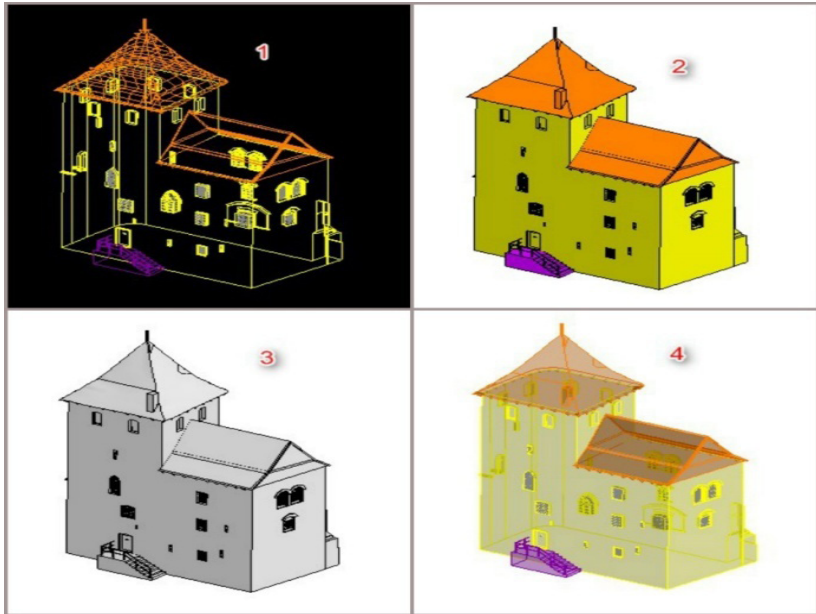
Ryc. 1. Chmura punktów całego Zamku oraz wyeksportowany fragment  
(źródło: opracowanie własne)

## OPRACOWANIE RYSUNKU 2D

Zasadnicza część opracowania dotyczyła procesu konwertowania modelu 3D (Ryc.2) do obrysu 2D. Prace przygotowawcze dotyczyły ustawienia w plikach odpowiednich warstw dla poszczególnych elementów rysunku, opracowanie standardów prezentacji detali i dołączenie modelu 3D, jako referencyjnego stanowiącego podstawę

Ryc. 2. Model obiektu w MS V8i przedstawiony w różnych stylach wyświetlania programu  
(źródło: opracowanie własne)

do opracowania obrysów elewacji. Na wstępie prac związanych z konwertowaniem do 2D należy przygotować oddzielny plik dla każdej elewacji. Kolejny krok to ustawienie widoków modelu dla każdej z elewacji widok prostopadły do niej oraz dodatkowy widok roboczy w celu obrotu modelem. Rysunek 3 przedstawia schemat dotyczący zapisywania widoków dla jednej z elewacji, który znacznie ułatwia pracę i chroni opracowanie przez przypadkową rotacją i skrzywieniem. Ta opcja umożliwia w każdej chwili powrót do zapisanego widoku. Po kliknięciu na ikonkę *Savedviews* wybieramy z zakładki opcję *CreateSavedView*. W aktywowanym oknie można wpisać nazwę zapisywanego widoku oraz ustawić inne parametry według własnych preferencji. Zatwierdzamy kliknięciem w oknie roboczym.



Ryc. 3. Model obiektu w MS V8i przedstawiony w różnych stylach wyświetlania programu (źródło: opracowanie własne)

Rysunki 2D można tworzyć na dwa sposoby. Bezpośrednia wektoryzacja po chmurze punktów za pomocą prostych narzędzi lub wykorzystanie wcześniej opracowanego modelu 3D. W niniejszym artykule zaprezentowany zostanie drugi ze sposobów.

Tworzenie rysunku elewacji należy rozpocząć od rozbicia połączonego modelu na pojedyncze linie. Do tej czynności użyto narzędzia z palety podstawowej - *DropElement*. Takie przygotowanie modelu poprzedza budowanie łańcuchów prostych, prezentujących poszczególne elementy oraz umożliwia przenoszenie ich na poszczególne warstwy. Niepotrzebne linie modelu należy usunąć, pozostawiając tylko te, które dotyczą danej elewacji. Narzędzie *CreateComplexChain* służy do łączenia odcinków w zwarte łańcuchy bez utraty poszczególnych wierzchołków i załamań. Po wyborze odpowiedniego narzędzia należy ustawić tryb manualny i kolejno zaznaczać poszczególne składowe danego elementu (tworzy się łańcuch). W momencie zatwierdzenia czynności, przypisywana jest jednocześnie aktualnie ustawiona warstwa i jej atrybuty. Wykonujemy dwie czynności jednocześnie. Gdy cała elewacja została zweryfikowana, niepotrzebne warstwy robocze mogą zostać ukryte lub usunięte.

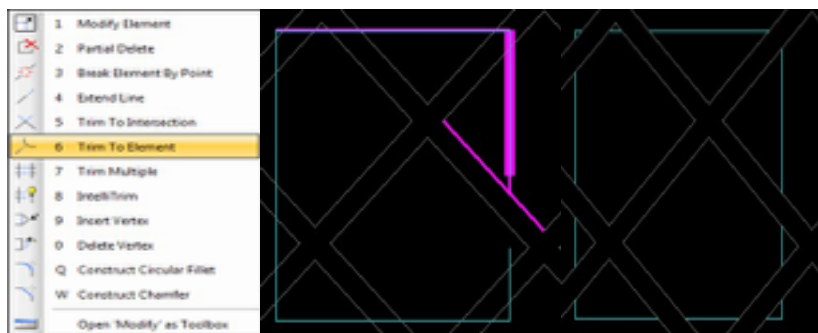
Tworzenie łańcuchów na podstawie modelu 3D stwarza problem jedynie z elementami przecinającymi się, ponieważ trzeba poświęcić dodatkowy czas na docięcie narzędziem *Trim To Element* poszczególnych elementów. Standardy większości opracowań 2D zakładają, że elementy na tej samej warstwie nie mogą się przecinać. Dodatkowo należy zachować kolejność widoczności elementów zlokalizowanych na różnych głębokościach. Mamy do czynienia z płaskim rysunkiem, gdzie widoczne są jedynie linie prostopadłe, nie oddaje widoku przestrzennego obiektu, jednak nie można pominąć w oknie fragmentu widocznej szyby (Ryc. 4). Dodatkowo wygląda to estetycznie i wizualizuje części budynku znajdujące się bliżej obserwatora.

Rys. 4. Docięcie elementu szyby okiennej do kraty przy użyciu „Trim To Element”

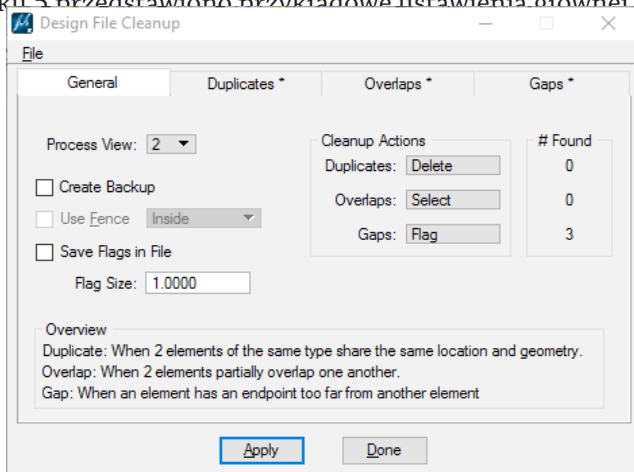
(źródło: opracowanie własne)

## KONTROLA POPRAWNOŚCI RYSUNKU

Przedostatnim elementem jest sprawdzenie rysunku pod względem duplikatów i linii nachodzących się, czy niedociętych. Program Microstation dysponuje narzędziem *Data Cleanup* (zakładka *Utilities*) do automatycznego sprawdzania tzw. „czystości rysunku”. Nie powinno się pomijać tego etapu, ponieważ podczas wypłotu wszystkie linie zostaną wydrukowane i będą zauważalne wszystkie niedociągnięcia opracowania. Narzędzie pozwala na określenie tolerancji odstępów w wyszukiwanych lukach, sposobu akcji (usunięcie, zaznaczenie poprzez podświetlenie lub oflagowanie), typu elementu oraz wybrania warstwy lub całego widoku do analizy. Funkcja daje możliwość tworzenia pliku zapasowego przed czyszczeniem oraz po akcji wyświetla komunikat dotyczący ilości znalezionych błędów rysunku. Na ry-



sunku 5 przedstawiono przykładowe ustawienia głównej zakładki.



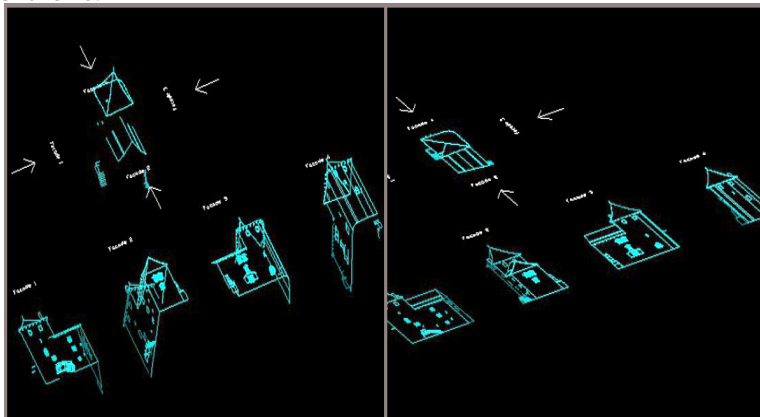
Rys.5 Okno narzędzia Data Cleanup po przeprowadzonej akcji wyszukiwania  
(źródło: opracowanie własne)

## PROCES KONWERSJI DO 2D

W efekcie uzyskuje się rysunki poszczególnych elewacji, które nadal znajdują się w przestrzeni trójwymiarowej.

W celu spłaszczenia rysunku należy skorzystać z opcji generowania elewacji 2D, czyli eksportu na prostopadłe ustawionym widoku. Aby przekonwertować ją do środowiska 2D należy wybrać: Fileà Eksportà 2D. W oknie wpisać ścieżkę oraz nazwę pliku i zatwierdzić klikając - *ok*. Nowopowstały plik po otwarciu jest już obiektem płaskim.

Na rysunku 6 zaprezentowano efekt, jaki uzyskuje się po konwertowaniu fragmentów modelu 3D na płaskie rysunki 2D. Podczas konwertowania wszystkie przestrzenne elementy zostają spłaszczone.



Rys. 6. Zestawienie elewacji w przestrzeni 3D oraz w płaskim 2D  
(źródło: opracowanie własne)

## DODANIE KOTEW WYSOKOŚCIOWYCH

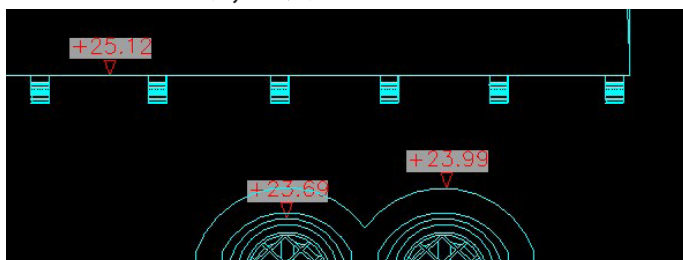
Dodatkowo na rysunku można zastosować koty wysokościowe, czyli symbol graficzny spotykany na rysunkach architektonicznych. Określa poziom danego punktu względem przyjętego punktu odniesienia. Oprócz części graficznej, która standardowo wyrażona

jest kształtem trójkąta, kota składa się również z aktywnej części opisowej. Znak definiuje czy dany punkt położony jest poniżej, czy powyżej punktu odniesienia, zaś opis określa odległość od tego poziomu. Kota wysokościowa utworzona została w programie Revit. Pierwszy atrybut, jakim jest symbol koty narysowano w odpowiedniej skali, następnie zdefiniowano parametr odczytujący wysokość względem poziomu zera. Określono rzędną punktu oraz ustawiono właściwości wyświetlanego tekstu (wielkość i styl czcionki). W ustawieniach poziomu odniesienia można wskazać zero globalne lub zero projektu. Program dysponuje wieloma opcjami i parametrami charakteryzującymi koty (np. odbicie lustrzane). Po wykonaniu wszystkich czynności efekt końcowy został wyeksportowany do pliku i zaczytany w programie Microstation V8i. W oprogramowaniu Bentley narysowano poziom odniesienia w punkcie zero o długości dostosowanej do długości każdej z fasad. Nad nim umieszczony został opis poszczególnych elewacji. Po lewej stronie oznaczono wartość podaną w metrach (Rys. 7).



Rys. 7. Poziom odniesienia elewacji nr 3  
(źródło: opracowanie własne)

Kota została wielokrotnie skopiowana i umieszczona na charakterystycznych częściach budynku. Należy pamiętać o dokładnym dosnapiowaniu się wierzchołkiem trójkąta do danego elementu. Po każdorazowym wstawieniu koty automatycznie zmieniała ona wysokość. W ten sposób zdefiniowano wysokości na każdej elewacji oraz na rzucie dachu (Ryc. 8,9).



Rys. 8. Koty wysokościowe na wybranych elementach elewacji

(źródło: opracowanie własne)



Rys. 9 Koty wysokościowe na rzucie dachu  
(źródło: opracowanie własne)

## PRZYGOTOWANIE WYPLOTU

Sposób prezentacji rysunku jest zależny od wymagań klienta. Rysunki 2D można prezentować poprzez specjalistyczną kolorystykę, co znacznie ułatwia przeglądanie skomplikowanych fasad. Istnieją dwie metody na zdefiniowanie rysunku barwami (Ryc.10).

Pierwszą z nich jest ukazanie głębi danej elewacji poprzez odpowiednie cieniowanie. Elementy znajdujące się najbliżej obserwatora wyrażone są jasnymi kolorami, zaś w miarę „oddalania się” rysunku stają się one ciemniejsze. To proste do wykonania złudzenie optyczne prezentuje głębię.

Drugą metodą jest zmiana koloru warstw, na jakich znajdują się poszczególne elementy budynku. Każdy element o tych samych właściwościach będzie miał przypisaną swoją barwę, np. okna - kolor szary, obrys budynku - pomarańcz, dach - czerwień, itd. Dzięki użyciu tej opcji, obserwator na pierwszy rzut oka jest w stanie rozróżnić wszystkie części składowe budynku. Bardzo przydatne podczas tworzenia dokumentacji budynków o wysokiej szczegółowości.



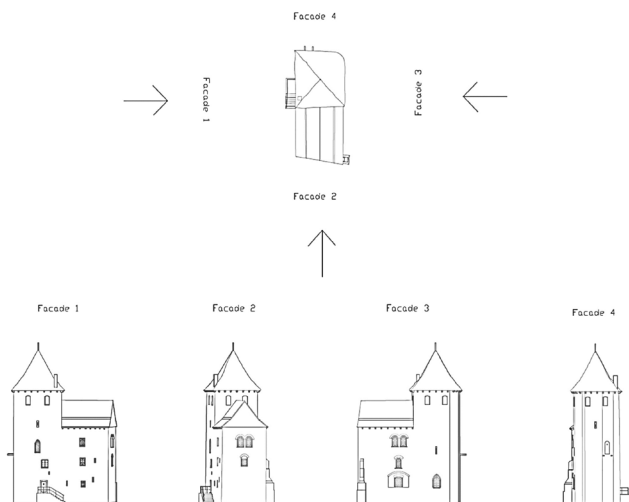
Rys.10 Zestawienie elewacji barwnej oraz w odcieniach koloru niebieskiego ukazującej głębię (źródło: opracowanie własne)

## WYNIKI

Po wykonaniu kompleksowego opracowania rysunków elewacji w zadanej skali tworzy się poszczególne wyploty i zapisuje do wysokorozdzielczego pliku .pdf lub formatu preferowanego przez drukarnię czy zleceniodawcę.

Arkusze można przygotowywać odrębnie dla każdej elewacji lub dla całości obiektu. Pojedyncze uwzględniają np. koty wysokościowe, otoczone prostą ramką z podstawowymi informacjami. Standardem tworzenia dokumentacji jest dołączenie ramki z opisem, gdzie umieszcza się szczegółowe dane dotyczące budynku, wykonawcy, daty sporządzenia czy skali wydruku.

Dodatkowo można załączyć dodatkowy plik z rzutem z góry i zaznaczonymi liniami elewacji i ich numeracją, jako dokument poglądowy (Rys. 11).



Rys. 11. Zestawienie wszystkich elewacji oraz rzutu dachu  
(źródło: opracowanie własne)

## WNIOSKI

Niniejsza praca miała na celu udowodnienie, że z powstałego modelu 3D można wygenerować elewacje 2D danego obiektu. Jako przedmiot badań wybrano zabytkowy budynek mieszkalny wraz z przyległą do niego wieżą, znajdujący się na dziedzińcu Zamku Królewskiego w Będzinie. Na podstawie danych pozyskanych ze skaningu laserowego, opracowano dokumentację 2D oraz 3D w programie Microstation V8i.

Tworzenie modelu na podstawie danych pozyskanych ze skaningu laserowego jest najdokładniejszą metodą na odtworzenie rzeczywistych obiektów w przestrzeni 3D. Dobrze przygotowane dane nie tylko mają wpływ na dokładność, ale także znacznie usprawniają pracę (np. gdy chmura jest dobrze złożona i wyczyszczona).

Artykuł dowodzi, że rysunki 2D mogą być wykonywane nie tylko bezpośrednio z chmury punktów, ale także mogą zostać opracowane

na podstawie dokumentacji 3D. Dla wcześniej opracowanego modelu jest to dużo lepsze rozwiązanie, ponieważ w takim przypadku rysunek 2D danego obiektu jest zgodny i spójny z jego modelem. Linie się pokrywają i zostają zachowane odległości między poszczególnymi elementami. Jest to metoda znacznie szybsza niż opracowanie odrębnie modelu i rysunku 2D. Dodatkowo opracowanie obiektu osobno w wersji 2D i 3D generuje wiele błędów i rozbieżności między opracowaniami.

Należy jednak pamiętać, że w większości przypadków opracowania ilustrujące wygląd elewacji obiektów zabytkowych wymagają jedynie opracowań 2D. Wtedy użycie metody, w której z modelu generuje się rysunek płaski jest nieuzasadnione i wydłuża znacznie czas opracowania. W takim przypadku zalecane jest zastosowanie standardowej wektoryzacji chmury punktów.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Dorozhynskyy O., Wrona T. (2003). Podstawy fotogrametrii, Wydawnictwo Politechniki Lwowskiej, Kraków-Lwów 2003.
- Fidera A., Chapman M.A., Hong J. (2004). Terrestrial Lidar for Industrial Metrology Applications: Modelling, Enhancement and Reconstruction, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXV, B5, 880-883, ISSN 1682-1750.
- Kaspar M., Pospisil J., Stroner M., Kremen T., Tejkal M. (2004). Laser Scanning in Civil Engineering and Land Surveying, Vega s.r.o., Republika Czeska 2004.
- Kawashima K., Kanai S., Date H. (2011). Automatic recognition of a piping system from large-scale terrestrial laser scan data, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume, 29-31 August 2011, Calgary, Canada.
- Kwoczyńska B. (2010). Opracowanie obiektów architektonicznych z wykorzystaniem metod stosowanych w fotogrametrii cyfrowej, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 3/2010, 65–74.
- Kwoczyńska B. (2012). Inwentaryzacja i wizualizacja obiektów architektonicznych wykonana na podstawie zdjęć metrycznych i niemetrycznych, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 1/II/2012, 53–66.
- Mitka B., Mikołajczyk Ł., Noszczyk T. (2013). Modelowanie obiektów przemysłowych na podstawie danych z naziemnego skaningu laserowego, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 2/II/2013, 5–16.

Rabbani, T., Van den Heuvel, F. (2011). 3D Industrial Reconstruction by Fitting Csg Models to a combination of Images and Point Clouds., International Archives of Photogrammetry and RemoteSensing, Vol. XXXV, B5, 7-12, ISSN 1682-1750.

**Afiliacja:**

mgr inż. Agnieszka Głowacka  
Katedra Geodezji Rolnej, Katastru i Fotogrametrii  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
*e-mail:* a.glowacka@ur.krakow.pl

*Opiekun naukowy/promotor:* dr hab. inż. Jarosław Janus

mgr inż. Katarzyna Gruca  
absolwentka Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji UR  
*e-mail:* k.gruca@poczta.onet.pl

## IMPLEMENTACJA METODY WIDMA OSOBLIWEGO DO BADANIA ZMIAN SEZONOWYCH W SZEREGACH CZASOWYCH GPS

### IMPLEMENTATION OF SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS TO STUDY THE VARIABILITY OF THE GPS TIME SERIES

**Abstrakt.** Występowanie sygnałów sezonowych w szeregach czasowych GPS może być spowodowane m.in. przez efekty obciążeniowe oraz błędy systematyczne. Do ich analiz wykorzystaliśmy szeregi czasowe współrzędnych polskich stacji permanentnych z rozwiązania precyzyjnego pozycjonowania absolutnego (ang. Precise Point Positioning - PPP), które zostały wyznaczone przez JPL (ang. Jet Propulsion Laboratory). W badaniu zaimplementowaliśmy metodę widma osobliwego (ang. Singular Spectrum Analysis - SSA) do zamodelowania nieliniowego trendu, jak również składowych sezonowych o okresach rocznym i półrocznym. W przeciwieństwie do metody najmniejszych kwadratów (ang. Least Squares Estimation - LSE), SSA zakłada, że amplitudy i przesunięcia fazowe są zmienne w czasie. Pokazaliśmy, że współczynnik korelacji pomiędzy zrekonstruowanym sygnałem wyznaczonym metoda SSA a oryginalnym szeregiem czasowym jest o 9% wyższy niż dla metody LSE.

**Słowa kluczowe:** GPS, składowe sezonowe, metoda widma osobliwego, metoda najmniejszych kwadratów.

**Abstract.** Seasonal variations in GPS time series can be related to surface-mass loading and systematic errors. We showed results of analysis taken on the basis of Polish permanent stations time series estimated by the JPL (ang. Jet Propulsion Laboratory) by PPP (Precise Point Positioning) solution. In this research, we implemented Singular Spectrum Analysis (SSA) to extract non-linear trend as well as annual and semi-annual signals in GPS time series. In contrast to LSE (Least Squares Estimation), the SSA approach assumes, that the amplitude and phase of seasonal oscillations are changing over time. In this study, we showed a comparison of the results obtained

by SSA and the LSE approach. We showed that the correlation coefficient between reconstructed signal by SSA method and original data is 9% higher than for the LSE method.

**Key words:** GPS, seasonal variations, Singular Spectrum Analysis, Least Squares Estimation.

## WSTĘP

Szereg czasowy zmian składowych topocentrycznych (północna, wschodnia i wysokościowa) stacji permanentnej w dowolnym czasie można przedstawić za pomocą wzoru 1.

$$x(t) = x_0 + v_x \cdot t + \sum_{i=1}^n [A_i \cdot \sin(\omega_i \cdot t + \varphi_i)] + O_x + \sum_{j=1}^m p_j \cdot x_j^{\text{off}} + \varepsilon_x(t) \quad (1)$$

gdzie to wartość początkowa (bez istotnego znaczenia), to trend liniowy (interpretowany jako prędkość stacji permanentnej), , orazto odpowiednio amplitudy, przesunięcia fazowe oraz prędkości kątowe składowych sezonowych, to wartości odstające, to skoki wartości średniej. Wymienione parametry określają część deterministyczną szeregów czasowych, natomiast część stochastyczną można opisać jako szum. Wyżej wymienione wartości odstające oraz skoki wartości średniej zostały usunięte na etapie wstępnego opracowania obserwacji.

We współczesnej geodezji prędkości stacji wyznaczone z permanentnych obserwacji GPS służą m.in. do realizacji kinematycznych układów odniesienia oraz do interpretacji zjawisk geodynamicznych. Według wytycznych opisujących projekt GGOS (ang. Global Geodetic Observing System), wyznaczane kinematyczne układy odniesienia powinny być stabilne na poziomie 0.1 mm/rok [Gross i in. 2009]. Natomiast, w wymaganiach dotyczących stacji europejskiego systemu EPN (ang. EUREF Permanent Network) możemy znaleźć informację, że stację można zaliczyć do najwyższej klasy (klasa A) w momencie, gdy dokładność wyznaczenia prędkości wynosi mniej niż 0.5 mm/rok [Bruyninx i in. 2013]. Według Blewitt i Lavallée [2002] i Bos i in.

[2010] wpływ na wartość prędkości stacji permanentnej wyznaczonej z szeregów czasowych zmian współrzędnych stacji ma między innymi sposób wyznaczenia składowych sezonowych. Główne przyczyny występowania oscylacji sezonowych w szeregach czasowych można podzielić na efekty zjawisk rzeczywistych oraz na wpływ artefaktów. Efekty rzeczywiste związane są ze zjawiskami geofizycznymi. Można je rozdzielić na dwie grupy: efekty pływowe (część stała Ziemi, ocean, atmosfera, pływowe efekty pośrednie, oceaniczny efekt obciążeniowy wynikający z ruchu bieguna) oraz efekty niepływowe (atmosfera, ocean, hydrosfera lądowa, rozszerzalność termoelastyczna skorupy ziemskiej). Natomiast artefakty związane są m.in. z rokiem drakonicznym [Agnew i Larson 2007] oraz przenoszeniem się niezamodelowanych zmian krótkookresowych w długie okresy [Penna i Stewart 2003].

Składowe sezonowe są zazwyczaj modelowane za pomocą metody najmniejszej kwadratów (ang. Least Squares Estimation - LSE). Metoda ta zakłada niezmiennosc w czasie amplitud i przesunięć fazowych sygnału sezonowego. Należy zaznaczyć, iż założenie stałości parametrów jest dużym przybliżeniem w nawiązaniu do rzeczywistych szeregów zmian współrzędnych stacji GPS. Dlatego też w niniejszej pracy składowe sezonowe o okresie rok i pół roku zostały także zamodelowane przy użyciu metody widma osobliwego (ang. Singular Spectrum Analysis - SSA). Jest to metoda pozwalająca na wyznaczenie sygnału sezonowego o zmiennej charakterystyce w czasie.

## **MATERIAŁ I METODY**

Do badania oscylacji sezonowych wykorzystano dobowe szeregi czasowe zmian składowych topocentrycznych, które zostały zarejestrowane przez pięć polskich stacji permanentnych IGS (International GNSS Service). Położone są one w miejscowościach: Borowa Góra (BOGI), Józefosław (JOZE), Lamkówko (LAMA), Borowiec (BOR1) oraz Wrocław (WROC). Analizowane szeregi pochodzą z rozwiązania precyzyjnego pozycjonowania absolutnego (ang. Precise Point Positioning - PPP), które zostały opracowane przez JPL (ang. Jet Propulsion Laboratory) z wykorzystaniem oprogramowania GIPSY-OASIS.

Zastosowana w badaniach metoda widma osobliwego jest techniką, która znalazła zastosowanie zarówno do analizy szeregów czasowych, jak i ich prognozowania. Metoda ta integruje wiele dziedzin nauki, jak analizę szeregów czasowych, probabilistykę, geometrię, przetwarzanie sygnałów oraz statystykę. SSA zostało opisane m.in. w publikacjach Broomhead i King [1986], Vautard i Ghil [1989], Vautard i in. [1992], Ghil i in. [2002], Chen i in. [2013].

Głównym celem SSA jest rozłożenie oryginalnego szeregu czasowego na poszczególne komponenty, które mogą być interpretowane jako nieliniowy trend, składowe sezonowe oraz szum. Metoda ta opiera się na rozkładzie macierzy kowariancji według wartości szczególnych (SVD, ang. Singular Value Decomposition) na wartości własnych (ang. eigenvalues) i wektorów własnych (ang. eigenvectors).

Podstawowy algorytm do analizy szeregów czasowych implementujący metodę widma osobliwego składa się z dwóch etapów: dekompozycji oraz rekonstrukcji poszczególnych komponentów. Pierwszym punktem w procesie dekompozycji jest wybór długości okna oraz osadzanie (ang. embedding) szeregu czasowego przez przesuwanie okna wzdłuż szeregu czasowego w celu otrzymania macierzy trajektorii. Długość przesuwanego okna jest kluczowym parametrem w metodzie SSA. Jego długość nie może być krótsza od szukanych wartości okresów sezonowych, a także nie może przekraczać połowy długości szeregu czasowego. Gruszczynska i in. [2016] zastosowali kryterium informacyjne Akaike (AIC) [Akaike 1974] do wyboru optymalnego rozmiaru okna. W przypadku dobowych szeregów czasowych oraz wyznaczania składowych sezonowych o okresach rok i pół roku odpowiednim rozmiarem jest okno o długości trzech lat.

Na podstawie wyznaczonej macierzy trajektorii obliczono macierz kowariancji za pomocą wzoru 2.

$$C_x = 1/N D^T D(2)$$

gdzie:

– ilość obserwacji w szereg czasowym zmian współrzędnych stacji.

Metoda obliczenia macierzy kowariancji została zaproponowana przez Broomhead i King [1986] i znana jest jako algorytm BK. Następnie dokonano dekompozycji obliczonej macierz kowariancji na wartości własne oraz opowiadające im wektory własne .

Drugim etapem metody widma osobliwego jest rekonstrukcja sygnału na podstawie wyznaczonych wektorów własnych oraz wartości własnych macierzy kowariancji. Dla każdego wyznaczonego wektora własnego obliczono główną składową (ang. principal components - PC) za pomocą wzoru 3.

$$A_k(t) = \sum_{j=1}^M X(t+j-i) E_k(j) \quad \text{dla } 0 \leq i \leq N-M \quad (3)$$

Pierwsza składowa główna wyjaśnia największą część wariacji, natomiast kolejna największą część pozostałej wariacji, itd. Wykorzystując wcześniej wyznaczone wartości własne oraz główne składowe obliczono zrekonstruowane komponenty (ang. reconstructed component - RC,) za pomocą wzoru 4.

$$R_k(t) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t A_k(t-j+1) E_k(t) \quad \text{dla } 1 \leq t \leq M-1 \\ \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M A_k(t-j+1) E_k(t) \quad \text{dla } M \leq t \leq N' \\ \frac{1}{(N-i+1)} \sum_{j=t-N+M}^t A_k(t-j+1) E_k(t) \quad \text{dla } N' \leq t \leq N \end{array} \right. \quad (4)$$

gdzie:

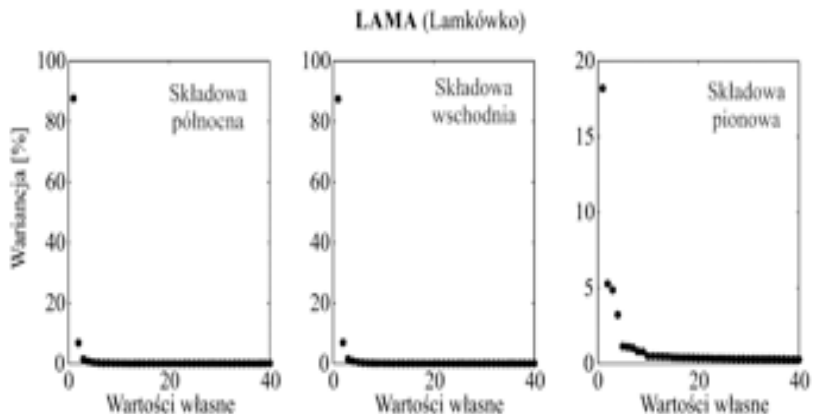
Główną zaletą metody widma osobliwego jest fakt, iż podczas procesu dekompozycji sygnału, a następnie jego rekonstrukcji nie tracimy informacji. Warto zaznaczyć, że po zsumowaniu wszystkich zrekonstruowanych komponentów uzyskamy oryginalny sygnał [Ghil i in. 2002]. Jednakże SSA jest pewnym rodzajem filtru, za pomocą którego możemy wyselekcjonować interesujący nas sygnał. W naszym przypadku jest to nieliniowy trend oraz składowe sezonowe o okresach rok i pół roku.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Dla stacji LAMA (Lamkówko) przedstawiono (ryc. 1.) wykresy pierwszych 40 wartości własnych dla składowej północnej, wschodniej oraz pionowej, uzyskanych przez rozkład macierzy SVD. Analizując wartości własne możemy dowiedzieć się jaka część całkowitej zmienności jest wyjaśniona przez wybrany komponent. Zgodnie z Khelifa i in. [2009] i Le Bail [2004] trend występuje w tym komponente, którego wartość własna jest znacząco większa od pozostałych

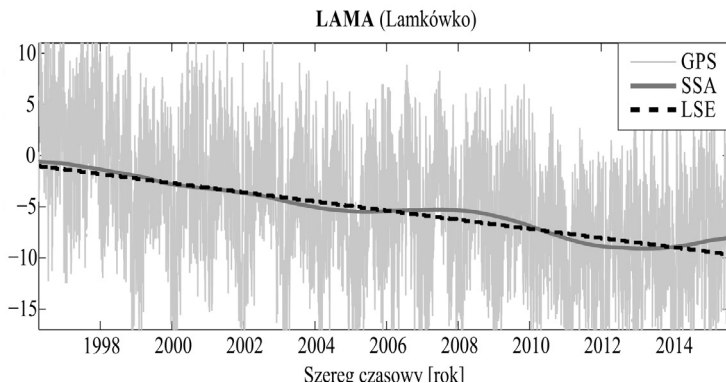
wartości. Na ryc.1. można zauważyć, że pierwsza wartość własna określa dominujący trend, który jest przedstawiony przez pierwszy zrekonstruowany komponent (RC1).

Ryc. 1. Wyniki przedstawiają procentowy udział poszczególnych kompo-



nentów dla stacji LAMA (Lamkówko).

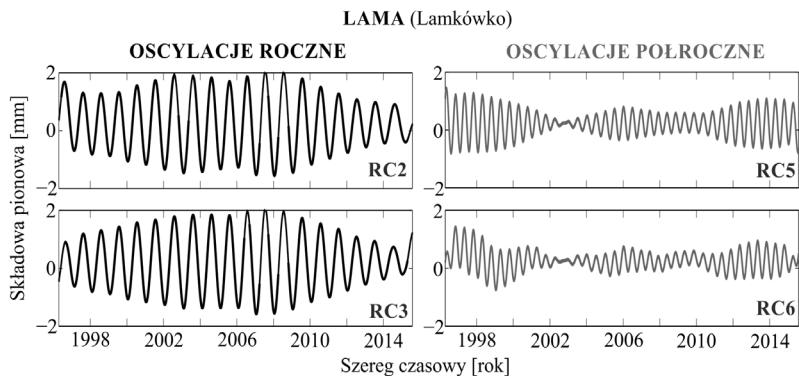
Dla składowych horyzontalnych (północnej oraz wschodniej) wariancja wyjaśniana przez trend (RC1) stanowi 88% całkowitej wariancji, natomiast dla składowej pionowej tylko 18% całkowitej wariancji. Związane jest to z tym, że poziome przemieszczenia stacji są zazwyczaj spowodowane tektoniką płyt [Argus i in. 2010], natomiast pionowe przemieszczenia mogą być spowodowane miejscowym osiadaniem lub ruchami izostatycznymi [King i in. 2010]. Na ryc.2. przedstawiono wyznaczony nieliniowy trend wykorzystując metodę SSA (pierwszy komponent - RC1), a także liniowy trend uzyskany za pomocą metody LSE.



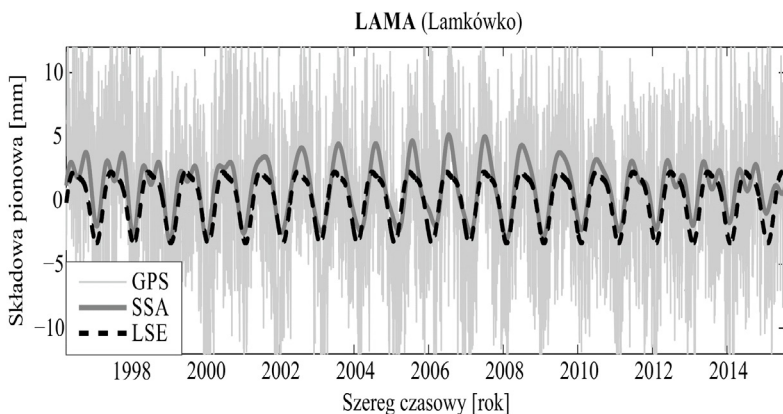
Ryc. 2. Szereg czasowy współrzędnych stacji permanentnej LAMA (na szaro) wraz z wyznaczonym trendem wykorzystując metodę widma osobliwego (linia ciągła) oraz metodę najmniejszych kwadratów (linia przerywana).

Główną zaletą SSA jest możliwość wykrywania dominujących okresów składowych sezonowych w szeregach czasowych zmian współrzędnych stacji [Vautard i in. 1992]. W naszych badaniach do określenia częstotliwości poszczególnych komponentów wykorzystaliśmy periodogram Welch'a [Welch 1967]. Przykładowo dla stacji LAMA składowa sezonowa o okresie roku występuje w drugim oraz trzecim (RC2 i RC3), natomiast oscylacja o półrocznym okresie w piątym i szóstym (RC5 i RC6) zrekonstruowanym komponencie (ryc.3.).

Na ryc. 4. przedstawiono wyznaczone składowe sezonowe wykorzystując metodę SSA (suma komponentów RC2, RC3, RC5, RC6), a także składowe sezonowe uzyskane za pomocą metody LSE. Maksymalna różnica amplitud wynosi 2.6 mm, co może spowodować zmianę prędkości stacji o 0.2 mm/rok [Bogusz i Figurski 2014]. W tab.1. przedstawiono wartości odchylenia średniokwadratowego (ang. Root mean-square deviation - RMSD) oraz współczynnika korelacji względem oryginalnego szeregu czasowego i sygnałów sezonowych uzyskanych za pomocą metod SSA oraz LSE.



Ryc. 3. Poszczególne zrekonstruowane komponenty dla składowej pionowej stacji LAMA (Lamkówko) RC2 oraz RC3 przedstawia składowe sezonowe o okresie roku, natomiast RC5 i RC6 oscylacje półroczne.



Ryc. 4. Składowe sezonowe dla składowej pionowej stacji LAMA, wyznaczone metodą SSA (szara, ciągła linia) oraz metodą LSE (czarna, przerywana linia)

Współczynnik korelacji pomiędzy zrekonstruowanym sygnałem wyznaczonym metoda SSA a oryginalnym szeregiem czasowym jest średnio o 9% wyższy niż dla metody LSE. Natomiast wartość odchylenia średniokwadratowego między zrekonstruowanym sygnałem wyznaczonym metodą SSA a oryginalnym szeregiem czasowym jest średnio o 0.9 mm mniejsza niż dla metody LSE.

Tab. 1. Wartości odchylenia średniokwadratowego (RMSD) oraz współczynnika korelacji względem oryginalnego szeregu czasowego.

Nazwa stacji	Odchylenie średniokwadratowego (RMSD) [mm]		Współczynnik korelacji [%]	
	SSA	LSE	SSA	LSE
BOGI	9.8	10.0	34.6	20.7
BOR1	5.8	8.6	32.4	24.2
JOZE	6.1	6.6	28.3	17.4
LAMA	7.9	8.4	38.2	30.5
WROC	5.5	5.9	40.9	34.8

## WNIOSKI

Prędkości stacji permanentnych, które są niezbędne do realizacji kinematycznych układów odniesienia oraz interpretacji zjawisk geodynamicznych powinny być uzyskane z największą możliwą dokładnością. W niniejszej analizie wykorzystano nieparametryczną metodę widma osobliwego do wyznaczenia nieliniowego trendu oraz składowych sezonowych z założeniem zmiennych amplitud i przesunięć fazowych w czasie. Dla wszystkich stacji składowe sezonowe wyznaczone metodą SSA charakteryzują się większą wartością współczynnika korelacji w stosunku do oryginalnego szeregu oraz mniejszą wartością odchylenia średniokwadratowego niż sygnał wyznaczony metodą LSE.

## PODZIĘKOWANIA

Niniejsza praca badawcza jest finansowana ze środków na Prace Badawcze Statutowe (PBS) Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji WAT.

Autorzy pragną wyrazić podziękowania dr inż. Annie Kłós za dyskusje, które doprowadziły do ukierunkowania niniejszej publikacji.

## BIBLIOGRAFIA

- Agnew D.C. Larson K.M. 2007. Finding the repeat times of the GPS constellation. *GPS Solut.* 11, No.1, 71-76. DOI: 10.1007/s10291-006-0038-4.
- Akaike H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19, No. 6, 716-723. DOI: 10.1109/TAC.1974.1100705.
- Argus D.F. Gordon R.G. Heflin M.B. Ma C. Eanes R. Willis P. Peltier W.R. Owen S. 2010. The angular velocities of the plates and the velocity of the Earth's center from space geodesy. *Geophysical Journal International* 180 (3) 913-960.
- Blewitt G. Lavallée D. 2002. Effect of annual signals on geodetic velocity, *Journal of geophysical Research*. 107, No. B7. DOI: 10.1029/2001JB000570.
- Bogusz J. Figurski M. 2014. Annual signals observed in regional GPS networks. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 11, No. 2, 125-131. DOI: 10.13168/AGG.2014.0003.
- Bos M. S. Bastos L. Fernandes R. M. S. 2010. The influence of seasonal signals on the estimation of the tectonic motion in short continuous GPS time-series. *Journal of Geodynamics* 49, No.3-4, 205-209. DOI: 10.1016/j.jog.2009.10.005.
- Broomhead D. and King G. P. 1986. Extracting qualitative dynamics from experimental data. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 20, 217-236. DOI: 10.1016/0167-2789(86)90031-X.
- Bruyninx C. Altamimi Z. Caporali A. Kenyeres A. Lidberg M. Stangl G. Torres J. A. 2013. Guidelines for EUREF Densifications. IAG sub-commission for the European Reference Frame EUREF.
- Chen Q. van Dam T. Sneeuw N. Collilieux C. Weigelt M. Rebeschung P. 2013. Singular spectrum analysis for modeling seasonal signal from GPS time series. *Journal of Geodynamics* 72, 25-35. DOI: 10.1016/j.jog.2013.05.005.
- Ghil M. Allen M. R. Dettinger M. D. Ide K. Kondrashov D. Mann M. E. Robertson A. W. Saunders A. Tian Y. Varadi F. Yiou P. 2002. Advanced spectral methods for climatic time series, *Reviews of Geophysics*, 40, No.1, 1-41. DOI: 10.1029/2000RG000092.
- Gross R. Beutler G. Plag H.-P. 2009. Integrated scientific and societal user requirements and functional specifications for the GGOS [w:] H.-G. Plag, M. Pearlman (red.), *Global Geodetic Observing System: Meeting the Requirements of a Global Society on a Changing Planet in 2020*, Springer, Berlin, s. 209-224.
- Gruszczynska M, Klos A, Gruszczynski M, Bogusz J: Investigation of time-changeable seasonal components in the GPS height time series: A case

- study for Central Europe. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 13, No. 3 (183), 281–289, 2016. DOI: 10.13168/AGG.2016.0010.
- Khelifa S. Kahlouche S. Belbachir M. F. 2012. Signal and noise separation in time series of DORIS station coordinates using wavelet and singular spectrum analysis. *Comptes Rendus Geoscience*, 344, 334–348. DOI: 10.1016/j.crte.2012.05.003.
- King M. A. Altamimi Z. Boehm J. Bos M. Dach R. Elosegui P. Fund F. Hernandez-Pajares M. Lavalée D. Cerveira P. J. M. Riva R. E. M. Steigenberger P. Van Dam T. Vittuari L. Williams S. Willis P. 2010. Improved constraints on models of glacial isostatic adjustment: a review of the contribution of ground-based geodetic observations. *Surveys in Geophysics*, 31 (5), 465–507.
- Le Bail K. 2004. evaluation de la qualité des séries temporelles de mesures en géodésie spatiale. *Bulletin d'information scientifique et technique de l'IGN*, 75, 117–127.
- Penna N. T. Stewart M. P. 2003. Aliased tidal signatures in continuous GPS height time series. *Geophysical Research Letters*, 30(23):2184. DOI: 10.1029/2003GL018828.
- Vautard R. Ghil M. 1989. Singular spectrum analysis in nonlinear dynamics, with applications to paleoclimatic time series. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 35, No. 3, 395–424. DOI: 10.1016/0167-2789(89)90077-8.
- Vautard R. Yiou P. Ghil M. 1992. Singular-spectrum analysis: a toolkit for short, noisy chaotic signals. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 58, No. 1–4, 95–125. DOI: 10.1016/0167-2789(92)90103-T.
- Welch P.D. 1967. The Use of Fast Fourier Transform for the Estimation of Power Spectra: A Method Based on Time Averaging Over Short, Modified Periodograms. *IEEE Transactions on Audio Electroacoustics*, 15, No. 2, 70–73.

**Afiliacja:**

mgr inż. Marta Gruszczyńska

Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji

Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie

*e-mail:* marta.gruszczyńska@wat.edu.pl

*Opiekun naukowy/promotor:* dr hab. inż. Janusz Bogusz, prof. WAT



## **BADANIE SKORELOWANYCH SYGNAŁÓW W SIECIACH PERMANENTNYCH STACJI GNSS**

### INVESTIGATION OF CORRELATED SIGNALS IN GNSS PERMANENT NETWORKS

**Abstrakt.** Szeregi czasowe zmian współrzędnych stacji GNSS (ang. Global Navigation Satellite System) mogą zostać opisane modelem, na który składa się część deterministyczna i stochastyczna (rezydua szeregu zmian współrzędnych GNSS). Rezydua powinny być realizacją procesu stochastycznego, jednak w sieciach regionalnych zauważa się istnienie korelacji przestrzennej rezyduów dla odległości nie większych niż 1500 km. Korelacja jest utożsamiana z istnieniem błędów wspólnego typu (ang. Common Mode Error - CME), które są sumą błędów systematycznych wynikających z charakteru pomiarów permanentnych GNSS. W badaniach oprócz współczynników korelacji obliczono wartość indeksu Kaiser-Meyer-Olkina (KMO), który wyjaśnia stosunek wariancji sygnału, uznanego za wspólny dla danego zbioru szeregów do całkowitej wariancji. Indeks KMO przyjmuje wartości od 0 do 1, podczas gdy wartości bliskie jedności świadczą o dużej wariancji sygnału wspólnego. Do celów badań użyte zostały szeregi czasowe zmian współrzędnych stacji GNSS opracowane przez JPL (ang. Jet Propulsion Laboratory), pochodzące z 81 stacji położonych w centralnej Europie. Otrzymano wartości indeksu KMO równe 0.945, 0.985 oraz 0.985 odpowiednio dla składowej północnej, wschodniej oraz pionowej.

**Słowa kluczowe:** *GPS, błąd wspólnego typu, korelacja przestrzenna*

**Abstract.** GNSS coordinate time series of permanent stations can be modeled by the deterministic i stochastic (residual) part. Residuals should reflect stochastic process, but in regional networks they are spatially correlated at distances up to even 1500 km. This correlation is recognized as the Common Mode Error (CME), which is the sum of systematic errors related to GNSS measurements. In this research in addition to the rank correlation coefficients we computed the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) index, which explains the proportion of variance among the variables that might be of common character. KMO index ranges between 0 i 1. Larger values mean higher

variance of common signals. For this research we chose time series from 81 stations located in Central Europe provided by JPL (Jet Propulsion Laboratory). We obtained KMO indices equal 0.945, 0.985 i 0.985 for North, East i Up component, respectively.

**Key words:** *GNSS, common mode error, spatial correlation*

## WSTĘP

Wiele nowoczesnych systemów pozycjonowania lub nawigacji stosowanych w leśnictwie i rolnictwie (np. rolnictwo precyzyjne) wymaga coraz większej dokładności wyznaczeni współrzędnych. Precyzja wyznaczenia współrzędnych za pomocą nawigacji satelitarnej zależy od wielu czynników. Jednym z ważniejszych czynników determinujących końcową precyzję wyznaczenia współrzędnych jest stabilnie i wiarygodnie wyznaczony układ odniesienia. Realizacja i utrzymanie współczesnych, kinematycznych układów odniesienia oznacza włączenie nie tylko współrzędnych stacji referencyjnych przenoszących układ, ale także prędkości przemieszczania się stacji (trendu liniowego szeregu współrzędnych stacji) [Altamimi i in. 2011]. Szeregi czasowe współrzędnych stacji GNSS mogą być wykorzystane do opisanie wielkościami liczbowymi zarejestrowanych zjawisk fizycznych (prędkości przemieszczania się bloków tektonicznych, zmian sezonowych) [Davis i in. 2012, Chang i Chao 2014].

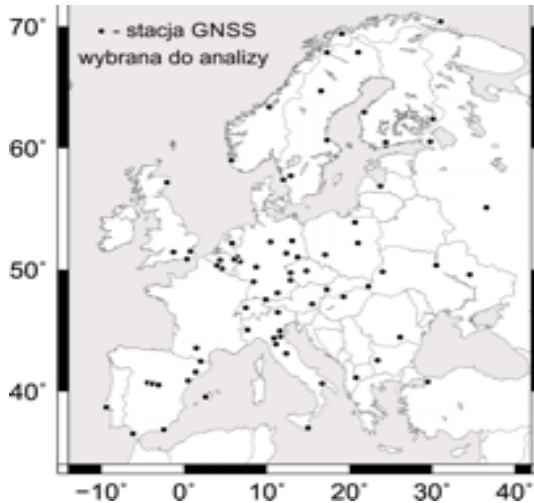
Mając na uwadze cel, jakim jest uzyskanie wiarygodnych informacji o trendzie liniowym szeregu konieczne jest uwzględnienie szumu, który jest następstwem sumy błędów systematycznych i przypadkowych związanych z charakterem pomiarów GNSS [Santamaría-Gómez i in. 2011]. Część z błędów jest skorelowana przestrzennie, co w literaturze podmiotu zostało określone mianem błędu wspólnego typu. Korelacja jest zauważalna dla stacji odległych nie więcej niż 1500 km. CME można uznać jako sygnał wspólny nałożony na szeregi stacji permanentnych sieci regionalnych GNSS. Błędy wspólnego typu widoczne są po zamodelowaniu części deterministycznej w postaci korelacji rezyduów szeregów stacji sieci regionalnych. Zakłada się, iż CME jest złożeniem wpływu takich źródeł błędu jak:

nie w pełni zamodelowe (ang. mismodelled) orbity satelitów, parametry orientacji Ziemi, zmiany położenia centrum fazowego anteny satelity, niezamodelowane hydrosferyczne i atmosferyczne efekty obciążeniowe, cykliczne zmiany termiczne, jak również małoskalowe deformacje skorupy ziemskiej. Ponadto źródłami są błędy systematyczne związane z charakterystyką użytego oprogramowania lub przyjętą strategią obliczeniową [Wdowinski i in. 1997, Nikolaidis 2002]. Usuwanie błędów typu wspólnego jest jednym z etapów złożonego procesu wyznaczania wiarygodnych prędkości stacji do celów realizacji i utrzymania układów odniesienia, a także do celów badań geodynamicznych. Wśród metod filtracji można wyróżnić składanie szeregów czasowych (ang. stacking) [Wdowinski i in. 1997], filtracje przestrzenne [Savage 1995] oraz filtracje przestrzenno-czasowe, które opierają się na czynnikowych technikach analitycznych (rozwiązanie Karhunen-Love'a, analiza składowych głównych) [Savage 1995, Dong et. al. 2006, Shen i in. 2013]. Niniejsza publikacja ma na celu określenie siły korelacji między rezydunami szeregów wybranych stacji GNSS oraz wskazanie stosunku wariancji sygnału wspólnego do wariancji szumu.

## **MATERIAŁ I METODY**

Analizy zostały wykonane na podstawie dobowych szeregów czasowych udostępnionych przez JPL (ang. Jet Propulsion Laboratory) dla stacji położonych w Europie. Szeregi czasowe współrzędnych stacji GNSS zostały opracowane w oprogramowaniu GIPSY-OASIS w trybie Precyzyjnego Pozycjonowania Absolutnego (ang. PPP - Precise Point Positioning). W przeciwieństwie do rozwiązania sieciowego, użycie metody PPP minimalizuje zależności między szeregami związane z procesem wyrównawczym na etapie wyznaczania współrzędnych stacji [Witchayangkoon 2000]. Szeregi czasowe zmian współrzędnych GNSS nie są kompletne (brakujące dane) oraz nie charakteryzują się jednakowym zakresem czasowym obserwacji. Aby istotność wyznaczanych w ramach niniejszych badań parametrów była porównywalna, konieczne jest pozyskanie zbioru szeregów czasowych charakteryzujących się podobnym zakresem obserwacji wspólnych. W związku z powyższym wybrano 81 stacji (ryc. 1) i

określono zakres czasowy na przedział lat od 2003.752 do 2009.296. Dla tak dobranego zbioru szeregów czasowych, dwa dowolnie wybrane szeregi będą miały zakres obserwacji wspólnych nie mniejszy niż 95%.



Ryc. 1. Lokacja 81 stacji GNSS wybranych do analizy.

Obserwacje odstające zostały usunięte przy pomocy jednowymiarowego filtra Hampela [Liu i in. 2004], natomiast wpływ obserwacji skokowych wyeliminowano algorytmem STARS (ang. Sequential t-test Analysis of Regime Shifts) [Rodionov i Overli 2005]. Następnie proces modelowania części deterministycznej szeregów wykonano w oparciu o metodę najmniejszych kwadratów określając parametry modelu zakładającego trend liniowy oraz oscylacje około tygodniowe oraz do 9-tej harmonicznej roku Chilera, tropikalnego oraz drakonicznego [Bogusz i Klos 2015]. Pozostałością procesu modelowania są rezydua szeregów GNSS, które są materiałem do badań zasadniczych i w dalszej części artykułu są zwane rezydunami.

Jedną z metod wykorzystywaną do określenia proporcji wariancji sygnału uznanego za wspólny dla danego zbioru szeregów do całkowitej wariancji jest metoda analizy indeksu KMO. Indeks ten porównuje cząstkowe współczynniki korelacji z dwuzmiennowymi współczynnikami korelacji. Stosowany jest również do wykazania

siły dowodów świadczących na rzecz sensowności przeprowadzania analizy składowych głównych, a jego wartość oblicza się ze wzoru [Cerny i Kaiser 1977]:

$$KMO = \frac{(\sum_{(k \neq j)} c_{jk}^2)}{(\sum_{(k \neq j)} c_{jk}^2 + \sum_{(k \neq j)} u_{jk}^2)} \quad (1)$$

gdzie: jest macierzą korelacji, natomiast jest macierzą wariancyjno-kowariancyjną, indeksy  $j, k$  oznaczają  $j$ -tą stację i  $k$ -tą epokę.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Aby wyznaczyć istotność korelacji między szeregami czasowymi należy określić m. in. jaką przyjmujemy miarę zależności statystycznej z uwagi na charakter danych oraz jaki zakres wartości współczynnika należy interpretować jako korelację silną. Istnienie zależności statystycznej można określić wyznaczając:

- miarę zależności liniowej – współczynnik korelacji Pearsona,
- miarę monotonicznej zależności, metody rangowe – tau Kendalla lub rho Spearmana.

Powszechnie używany współczynnik korelacji Pearsona posiada pewne ograniczenia, m. in. jest podatny na wykazanie fałszywej zależności dla szeregów charakteryzujących się rozkładem prawdopodobieństwa dalekim od normalnego lub gdy w szeregu czasowym występują obserwacje odstające. W publikacji [Kłos i in. 2014] na podstawie analizy kurtozy i skośności rozkładu prawdopodobieństwa autorzy wykazali, iż tylko dla nielicznych stacji rezydua charakteryzują się rozkładem normalnym. Aby wyznaczyć jaki wpływ na dokładność wyznaczenia współczynnika korelacji ma odbiegający od normalnego rozkład prawdopodobieństwa rezyduów przyjętych do niniejszych badań obliczono i porównano trzy wymienione wcześniej miary zależności statystycznej. Interpretacja wartości tau Kendalla, rho Spearmana i współczynnika korelacji Pearsona jest podobna, gdyż są to parametry unormowane przyjmujące wartości od -1 do 1. Obliczono wartość tych statystyk dla wszystkich kombinacji par rezyduów ze zbioru 81 stacji oddzielnie dla składowej północnej, wschodniej i pionowej. Następnie obliczono różnice wyznaczonych wartości współczynników korelacji wyznaczonych za pomocą trzech metod.

Charakterystyczne wartości różnic zebrano w tabeli nr 1.

Tab. 1. Charakterystyczne wartości różnic miar zależności statystycznej obliczonych dla rezyduów 81 stacji wybranych do analizy (wkP - współczynnik korelacji Pearsona, tK - tau Kendalla, rS - rho Spearmana).

	najmniejsza różnica	największa różnica	średnia różnic	odchylenie standardowe różnic
wkP - tK	-0.09	0.07	0.01	0.02
wkP - rS	-0.12	0.02	0.05	0.03
tK - rS	-0.15	0.01	0.06	0.02

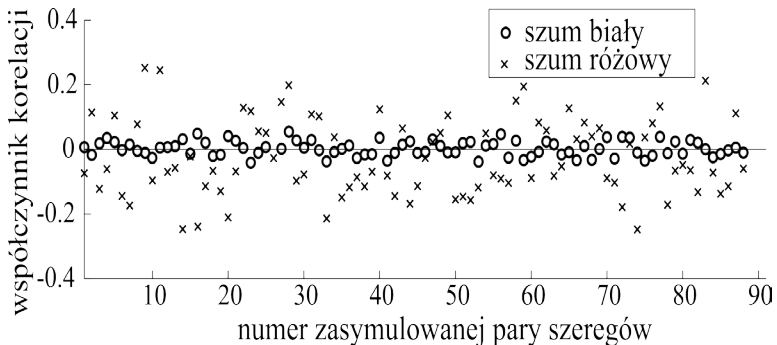
Średnia różnica obliczonych współczynników korelacji z użyciem różnych miar zależności statystycznej nie jest większa niż 0.06. Przyjmujemy zatem, że rozkład prawdopodobieństwa rezyduów nie wpływa znacząco na wartość współczynnika korelacji, w związku z czym do dalszych obliczeń przyjęliśmy współczynnik korelacji Pearsona jako miarę zależności liniowej szeregów GNSS.

Istotność statystyczna współczynnika korelacji zależy od liczebności próby i wartości samego współczynnika korelacji (test Fishera na istotność statystyczną współczynnika korelacji). Weryfikację hipotezy pozwalającą zidentyfikować, czy obliczony współczynnik korelacji jest istotnie różny od zera przeprowadziliśmy za pomocą odpowiedniego testu statystycznego. Statystyka podlegająca weryfikacji ma postać [Pitman 1937]:

$$T_{(n-2)} = r / \sqrt{(1-r^2)} \sqrt{(n-2)} \quad (2)$$

gdzie  $n$  – liczba elementów szeregu,  $r$  – wartość współczynnika korelacji. Dla 81 wybranych szeregów czasowych zmian współrzędnych GNSS, najkrótszy zakres wspólny to 2025 epok. Dla takiego rozmiaru próby współczynnik korelacji równy 0.06 oznacza wartość istotnie różną od zera. Natomiast interpretacja siły korelacji jest arbitralna i zależy od charakteru zjawiska obserwowanego. Aby określić wartość progową współczynnika, od której należy uznawać korelację wskazującą na zależność statystyczną wykonano symulacje 90 par szeregów w dwóch trybach. Długość symulowanych szeregów przyjęto równą 2025 elementów co odpowiada najkrótszemu zakresowi wspólnemu zestawu danych rzeczywistych. W pierwszym trybie

symulacji szeregi obarczono szumem białym o amplitudzie równej 5 mm. W drugim trybie symulacji założono oprócz szumu białego występowanie także szumu różowego (indeks widma  $=-1$ ) o amplitudzie równej 4 mm. W literaturze przedmiotu przedstawione są badania, które wskazują iż naturę rezyduów GNSS najlepiej oddaje kombinacja szumu różowego i białego [Amiri-Simkooei i in. 2007, Williams 2003], dlatego przyjęliśmy taki model szumu w drugim trybie. Dla par rezyduów obliczono współczynniki korelacji Pearsona i wynik przedstawiono na ryc. 2.



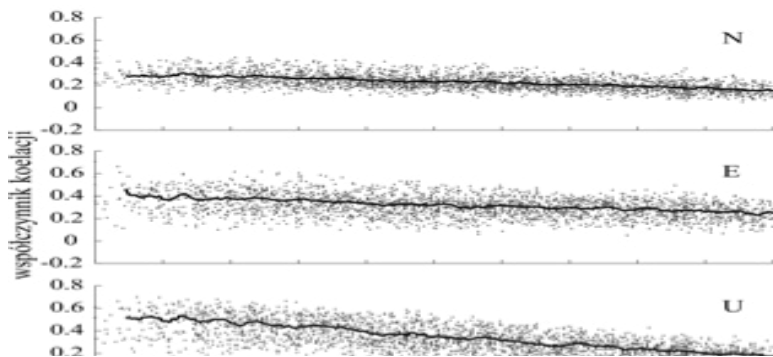
Ryc. 2. Współczynnik korelacji rezyduów z założeniem szumu białego oraz kombinacji szumu białego i różowego.

Na ryc. 2. widać, iż symulowane szeregi obarczone wyłącznie szumem białym osiągają korelacje nie większe niż 0.02, podczas gdy dla szeregów będących kombinacją szumu białego i różowego osiągnięte zostały wartości współczynnika korelacji nie większe niż 0.22. W wyniku symulacji szeregów obarczonych wyłącznie szumem różowego rodzaju wykazaliśmy, że dla rzeczywistych rezyduów współczynniki korelacji osiągające wartości powyżej 0.3 będą oznaczały istnienie pewnego sygnału wspólnego.

W dalszej części badań dokonano obliczenia współczynników korelacji Pearsona dla wszystkich kombinacji par rezyduów wybranych 81 stacji. Na ryc. 3 ich wartości uporządkowane według odległości między dwoma danymi stacjami. Na wykresach widoczne są linie powstałe w wyniku wygładzania wyników (mediana krocząca z oknem

30 dni), pozwalające łatwiej zinterpretować zależność współczynnika korelacji od odległości między stacjami.

Na podstawie analizy wykresu zawartego na ryc. 3 można zauważyć, że największa korelacja zauważana jest dla składowej pionowej i osiąga wartości ekstremalne ponad 0.6. Najmniejsze korelacje widoczne są natomiast dla składowej północnej. Wspólną charakterystyką dla trzech składowych jest zmniejszanie wartości współczynnika korelacji wraz ze wzrostem odległości między stacjami. Zarówno dla składowych poziomych, jak i pionowej dla odległości większych niż 1500 km większość współczynników korelacji osiąga wartości mniejsze niż 0.2.



Ryc. 3. Współczynnik korelacji rezyduów rzeczywistych obliczony oddzielnie dla każdej składowej topocentrycznej (N, E, U) dla każdej pary stacji sieci w zależności od odległości między nimi. Czarna linia dodana w celu ułatwienia interpretacji jest wynikiem mediany kroczącej z oknem o rozmiarze 30 dni.

Ostatnim etapem obliczeń było wyznaczenie wartości indeksu KMO oddzielnie dla każdej składowej według wzoru nr 1. Dla składowej północnej, wschodniej oraz pionowej otrzymano odpowiednio: 0.945, 0.985 oraz 0.985. Tak wysoka wartość indeksu KMO świadczy o dużej wariancji sygnału wspólnego w zestawie szeregów w stosunku do wariancji szumu niebędącego sygnałem wspólnym. Przyjmuje się, że osiągnięcie dla danej macierzy obserwacyjnej indeksu KMO większego niż 0.5 świadczy o podatności

wykorzystania obserwacji do analizy metodą czynnikowych technik analitycznych np. analizy składowych głównych (ang. PCA - Principal Component Analysis). Wartości większe niż 0.8 świadczą natomiast o bardzo wysokim stopniu rzetelności wyłonionych głównych składowych [Cerny i Kaiser 1977], innymi słowy główne składowe nie będą wskazywały na fałszywe zależności między szeregami. Celem zastosowania czynnikowych technik analitycznych jest wyłonienie wewnętrznej struktury obserwacji [Jolliffe 2002]. Wewnętrzną strukturą w zbiorze rezyduów GNSS jest błąd typu wspólnego, który jest liniową kombinacją pierwszej lub kilku pierwszych głównych składowych dla przypadku zastosowania PCA do celów filtracji przestrzenno-czasowej [Savage 1995, Dong et. al. 2006, Shen i in. 2013].

## **WNIOSKI**

Szeregi czasowe zmian współrzędnych stacji sieci regionalnych GNSS z uwagi na trend liniowy i składowe sezonowe charakteryzują się wysoką korelacją (współczynnik korelacji równy ok. 0.9). Autorzy potwierdzili, iż rezydua powstałe po odjęciu modelu wpasowanego metodą najmniejszych kwadratów do szeregów zmian współrzędnych GNSS są nadal skorelowane przestrzennie. Występowanie błędów wspólnego typu implikuje konieczność filtracji przestrzenno-czasowej szeregów czasowych w nawiązaniu do potrzeby obliczenia wiarygodnych prędkości stacji. Otrzymane wartości indeksu KMO świadczą o tym, iż zastosowanie czynnikowych technik analitycznych pozwoli na wyznaczenie głównych składowych, które będą rzetelnie odwzorowywały strukturę wewnętrzną (błąd wspólnego typu) szeregów.

## **PODZIĘKOWANIA**

Autorzy pragną wyrazić podziękowania dr inż. Annie Kłos za dyskusje, które doprowadziły do ukierunkowania niniejszej publikacji. Niniejsza praca badawcza jest finansowana ze środków na Rozwój Młodych Naukowców (RMN) Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji WAT (nr. 739/2015).

## BIBLIOGRAFIA

- Altamimi Z., Collilieux X., Metivier L.: 2011, ITRF2008: an improved solution of the International Terrestrial Reference Frame. *Journal of Geodesy*, vol. 85, issue 8, pp. 457-473, DOI: 10.1007/s00190-011-0444-4.
- Amiri-Simkooei, A.R., Tiberius, C.C.J.M., Teunissen, P.J.G.: 2007, Assessment of noise in GPS coordinate time series: Methodology i results. *Journal of Geophysical Research*, vol. 112, B07413, DOI: 10.1029/2006JB004913, 2007.
- Bogusz J. i Klos A.: 2015, On the significance of periodic signals in noise analysis of GPS station coordinates time series, *GPS Solutions*, pp 1-10, doi:10.1007/s10291-015-0478-9.
- Chang E.T.Y. i Chao B.F.: 2014, Analysis of coseismic deformation using EOF method on dense, continuous GPS data in Taiwan, *Tectonophysics*, 637, 106-115, doi:10.1016/j.tecto.2014.09.011.
- Cerny, C.A. i Kaiser, H.F. 1977.: A study of a measure of sampling adequacy for factor-analytic correlation matrices. *Multivariate Behavioral Research*, 12(1), 43-47.
- Davis J.L., Wernicke B.P., Tamisiea M.E.: 2012, On seasonal signals in geodetic time series. *J. Geophys. Res.*, 117(B1), B01403, doi:10.1029/2011JB008690.
- Dong, D., Fang P., Bock Y., Webb F., Prawirodirdjo L., Kedar S. i Jansson P.: 2006, Spatio-temporal filtering using principal component analysis i Karhunen-Loeve expansion approaches for regional GPS network analysis. *Journal Geophysical Research*, 111, B03405, DOI:10.1029/2005JB003806.
- Jolliffe I.T.: 2002, *Principal Component Analysis*. Springer Verlag, New York, doi: 10.1007/b98835.
- Klos A., Bogusz J., Figurski M., Kosek W.: 2014, Irregular variations in the GPS time series by the probability i noise analysis. *Survey Revision* 47(342):163–173. doi: 10.1179/1752270614Y.0000000133
- Liu H., Shah S., Jiang W.: 2004, On-line outlier detection i data cleaning, *Computers i Chemical Engineering*, 28, 1635–1647, doi: 10.1016/j.compchemeng.2004.01.009.
- Nikolaidis R.: 2002, *Observation of geodetic i seismic deformation with the Global Positioning System*, Ph.D. thesis, Univ. of Calif., San Diego, 2002.
- Pitman E.J.G.: 1937, Significance tests which may be applied to samples from any populations.II. the correlation coefficient test. *Journal of the Royal Statistical Society Supplement*. No. 4. s. 225-232.
- Rodionov S., i Overli J.E.: 2005, Application of a sequential regime shift

- detection method to the Bering Sea ecosystem. ICES Journal of Marine Science, 62, 328–332. DOI: 10.1016/j.icesjms.2005.01.013.
- Santamaría-Gómez A., Bouin M.-N., Collilieux X., Wöppelmann G.: 2011, Correlated errors in GPS position time series: Implications for velocity estimates, Journal Geophysical Research, 116, B01405, doi:10.1029/2010JB007701.
- Savage J.: 1995, Principal component analysis of interseismic deformation in southern California. Journal Geophysical Research 100(12):691–701
- Shen Y., Li W., Xu G., Li B.: 2013, Spatio-temporal filtering of regional GNSS network's position time series with missing data using principle component analysis. Journal of Geodesy vol 88, pp. 351–360, DOI 10.1007/s00190-013-0663-y, Springer-Verlag, Heidelberg Berlin.
- Wdowinski S., Bock Y., Zhang J., Fang P., i Genrich J.: 1997, Southern California permanent GPS geodetic array: Spatial filtering of daily positions for estimating coseismic i postseismic displacements induced by the 1992 Liers earthquake. Journal Geophysical Research, 102(B8), pp. 18057-18070, DOI:10.1029/97JB01378.
- Williams S. D. P.: 2003, The effect of coloured noise on the uncertainties of rates estimated from geodetic time series. Journal of Geodesy 76:483–494, DOI 10.1007/s00190-002-0283-4.
- Witchayangkoon B.: 2000, Elements of GPS Precise Point Positioning, Ph.D. thesis, University of Maine, 2000.

**Afiliacja:**

gr inż. Maciej Gruszczyński  
Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji  
Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie  
e-mail: maciej.gruszczyński@wat.edu.pl

*Opiekun naukowy/promotor: dr hab. inż. Janusz Bogusz, prof. WAT.*



## **PLANOWANIE TERENÓW ZIELENI W MIASTACH, Z WYKORZYSTANIEM ANALIZY PRZESTRZENNO- FUNKCJONALNEJ, NA PRZYKŁADZIE BARTOSZYC**

### PLANNING GREEN AREAS IN CITIES USING THE SPATIAL-FUNCTIONAL ANALYSIS, ON THE EXAMPLE OF BARTOSZYCE

**Abstrakt.** Nauka o przestrzeni oraz o zasadach jej kształtowania staje się obecnie jednym z kluczowych zagadnień ochrony i zachowania walorów środowiska. Swą wysoką rangę, zawdzięcza ona przede wszystkim alarmującym sygnałom o zagrożeniu biosfery przez działalność człowieka. Zieleń jest ważnym elementem krajobrazu miejskiego. Dodatkowo spełnia liczne zadania, które polepszają warunki życia społeczności zamieszkującej na terenach zurbanizowanych. Już od starożytności roślinność stanowiła bardzo ważny element każdego miasta. Jednak w okresie rewolucji przemysłowej, która doprowadziła do znacznego pogorszenia środowiska przyrodniczego, należało zintensyfikować działania polegające na wprowadzaniu zieleni. Wykorzystanie analiz przestrzenno-funkcjonalnych odgrywa istotną rolę w kształtowaniu wysokiej jakości krajobrazu kulturowego i przyrodniczego. Obecnie, w dobie często niekontrolowanej urbanizacji oraz narastającego chaosu przestrzennego, metody porządkowania przestrzeni oraz przewidywania trendów rozwoju są zasadniczym rozwiązaniem w przywracaniu ładu przestrzennego. Pozwalają nadać odpowiedni kierunek przyszłym działaniom planistycznym.

**Słowa kluczowe:** *tereny zieleni, miasto, analiza przestrzenno-funkcjonalna, Bartoszyce*

**Abstract.** The study about spatial planning and its rules are now becoming one of the major issues of protecting and preserving the values of the environment. Its high rank, spatial planning owns primarily to alarming sig-

nals about the biosphere danger caused by humans' actions. Greenery is a key element of the urban landscape. Additionally it plays a number of roles aimed at improving the living conditions in urbanized areas. The need of vegetation on these areas appeared along with the development of the industry that led to the deterioration of the natural environment.

The usage of the spatial-functional analysis plays an important role in the development of the high quality cultural and natural landscape. Nowadays, in the era of uncontrolled urbanization and spatial chaos, methods of organizing space and anticipating development trends constitute an essential solution for restoring spatial order. They help in setting proper directions for future action planning.

**Key words:** *environmental protection, greenery, spatial-functional analysis, Bartoszyce*

## WSTĘP

Planowanie przestrzeni miast za pomocą narzędzi takich jak analizy przestrzenne czy funkcjonalne, pomaga w osiągnięciu naturalnej równowagi krajobrazu, zabezpieczając jednocześnie jego odpowiednią jakość z punktu widzenia potrzeb ludzkich (zapewnienie odpowiednich warunków do życia i rozwoju jednostkowego, społecznego i gospodarczego) [Richling i Solon 2011]. Dodatkowo wpisuje się w popularny w ostatnich latach nurt działań dążących do porządkowania przestrzeni oraz próby stworzenia zasad jej prawidłowego kształtowania, co z kolei staje się jednym z kluczowych zagadnień ochrony i zachowania walorów przyrodniczych oraz krajobrazowych [Buchwald i Engelhardt 1975]. Gospodarowanie krajobrazem, rozumianym jako układ powiązań elementów naturalnych i antropogenicznych, bez wątpienia służy jego rozwojowi, pod warunkiem, że nadrzędnym celem jest osiągnięcie stanu, w którym zachowana zostanie naturalna równowaga przestrzeni oraz możliwość rozwoju przestrzennego, gospodarczego i społecznego. Istota racjonalnego sposobu gospodarowania tym nieodnawialnym zasobem polega na łagodzeniu lub unikaniu konfliktów w systemie człowiek-środowisko.

Rozwiązaniem większości współczesnych problemów wynikających z konieczności wprowadzania zrównoważonego rozwoju

w gospodarce na terenach, bez wątpienia jest zielen. Pomaga ona w przywracaniu oraz nadawaniu ładu przestrzennego w często zaniedbanych polskich miastach. Dodatkowo spefnia liczne zadania, które polepszają warunki życia społeczności zamieszkującej miasta. Potrzeba wprowadzania roślinności na te obszary pojawiła się wraz z rozwojem przemysłu, który doprowadził do pogorszenia środowiska przyrodniczego w ośrodkach miejskich.

Wykorzystanie analiz przestrzenno-funkcjonalnych odgrywa istotną rolę w kształtowaniu wysokiej jakości krajobrazu kulturowego i przyrodniczego. Obecnie, w dobie często niekontrolowanej urbanizacji oraz narastającego chaosu przestrzennego, metody porządkowania przestrzeni oraz przewidywania trendów rozwoju, są zasadniczym rozwiązaniem w przywracaniu oraz kształtowaniu ładu przestrzennego. Pozwalają nadać odpowiedni kierunek przyszłym działaniom planistycznym. Dzięki analizom przestrzenno-funkcjonalnym można wskazać nie tylko pokrycie powierzchni ziemi oraz sposób, w jaki wykorzystywany jest dany teren, ale także wyszczególnić obszary wrażliwe i problemowe, a także tworzyć plany rozwoju miast i gmin.

## **MATERIAŁ I METODY**

W artykule wykorzystano studium przypadku, gdzie obszarem badawczym było miasto Bartoszyce [Aponowicz 1997]. Opracowanie zostało zrealizowane w postaci trzech głównych części. Pierwszą z nich był szczegółowy przegląd dostępnych źródeł, dotyczących zarówno literatury przedmiotu, jak i materiałów źródłowych i historycznych na temat dziejów miasta oraz przekształceń przestrzenno-funkcjonalnych. Uwzględniony został tu przede wszystkim rozwój i kształtowanie terenów zieleni w obrębie badanej jednostki. Kolejny etap to przeprowadzenie badań terenowych obszaru objętego opracowaniem oraz jego otoczenia. Sporządzono dokładne analizy pokrycia terenu, warunków geograficznych oraz społeczno-gospodarczych.

Następnie przebadano strukturę funkcjonalno-przestrzenną oraz wpisano układ miasta w model Homera Hoyta. Ponieważ H. Hoyt była ekonomistą, miał zdecydowanie inne spojrzenie na zagadnienia związane z miastem. Zdecydowanie bardziej skupiał

się na rozwoju finansowym poszczególnych dzielnic [Dziewoński 1967, Federal Housing Administration 1939]. Choć jego koncepcja porządkowania przestrzeni zurbanizowanych, w oparciu o układ sektorowy ma zastosowanie także obecnie, metodę należy dostosować do współczesnego podejścia planistycznego, z uwzględnieniem zasady zrównoważonego rozwoju. Tak też, model ten został nieznacznie zmodyfikowany na potrzeby opracowania m.in. podział dzielnic pod względem zamożności zastąpiono zróżnicowaniem ich, biorąc pod uwagę rodzaj występującej zabudowy. Wskazano także obszary wrażliwe, wymagające ochrony oraz zagrażające. Dodatkowo sporządzono analizę stref, kierunków oraz trendów rozwoju i oddziaływań obszarów generujących uciążliwości.

Trzecią część stanowi wskazanie kierunków rozwoju terenów zieleni w Bartoszycach w oparciu o analizę warunków naturalnych i przewidywanego rozwoju przestrzeni miasta, a także analiz materiałów (i wniosków) zebranych w pierwszej i drugiej części.

Główny cel opracowania, to porządkowanie przestrzeni miasta oraz ochrona elementów wrażliwych za pomocą zieleni miejskiej. Także podkreślenie roli dobrze rozmieszczonych systemów roślinności w przywracaniu ładu przestrzennego oraz kształtowaniu obszarów zurbanizowanych w oparciu o ideę *sustainable development*. Celem pośrednim, niezbędnym do zobrazowania całości zagadnienia, było podkreślenie roli analiz przestrzennych w badaniach krajobrazu kulturowego. Postępowanie zgodne z wytycznymi opracowanymi na podstawie wyżej wymienionych metod oceny przyczyni się do podniesienia walorów terenów, zarówno przyrodniczych jak i antropogenicznych. Poprawi również warunki i poziom życia mieszkańców miejscowości.

## **WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA**

Teren opracowania:

Bartoszyce to miasto o powierzchni około 11 km<sup>2</sup>. Położone jest w województwie warmińsko-mazurskim, w jego północnej części. Wraz z gminami: Sępólno, Bisztynek, Górowo Iławeckie (i miastem Górowo Iławeckie), wchodzi w skład powiatu bartoszyckiego. Dzięki swojemu położeniu Bartoszyce zyskały rangę ważnego ośrodka tranzytowe-

go (17 km do granicy z Rosją) [<http://www.bartoszyce.pl>, Materiały WUOZ w Olsztynie].

Gmina Bartoszyce to jedna z największych gmin Polski [<http://www.bartoszyce.pl>]. Położona jest w północno-wschodniej części kraju i w centrum powiatu bartoszyckiego. Przez gminę przebiega międzynarodowa trasa komunikacyjna Warszawa-Olsztyn-Kalininograd (Królewiec), co w ostatnich latach sprzyja niezwykle szybkiemu rozwojowi gospodarczemu i turystycznemu. Oferta wypoczynkowo-turystyczna tego regionu jest niezwykle atrakcyjna i bogata. Do głównych atrakcji należą spływy rzeką Łyną, wycieczki rowerowe, ścieżki dydaktyczne, jazda konna i wiele innych. Na obszarze gminy znajdują się cenne zabytki architektury świeckiej (Zespół Pałacowo-Dworski w Galinach, Pałace z XVI i XIX wieku w Tolko, Łabędniku), zabytki architektury sakralnej (Kościoł w Sokolicy, Galinach, Rodnowie, Łabędniku, Wojciechach pochodzące z XIV-XV wieku) [<http://www.bartoszyce.pl>, Materiały WUOZ w Olsztynie].

Bartoszyce położone są w mezoregionie Równina Sępopolska, będącym częścią makroregionu Nizina Staropruska i dalej podprovincji Pobrzeża Wschodniobałtyckiego i prowincji Niziny Wschodniobałtycko-Białoruskiej. Powyższe jednostki fizyko-geograficzne znajdują się w zasięgu Niżu Wschodnioeuropejskiego [Kondracki 2011].

Region charakteryzuje się urodzajną pokrywą glebową (ze względu na procesy zachodzące podczas ostatniego zlodowacenia). Główną rzeką jest, mająca od zawsze ogromne znaczenie dla tego regionu, Łyna, która meandrując wcina się w podłoże na głębokość do 40m, tworząc malowniczą dolinę [<http://www.bartoszyce.pl>, Materiały WUOZ w Olsztynie 1985].

Bartoszyce zostały założone w 1326 roku. Miasto powstało na terenie drewnianej warowni, wzniesionej w 1240 roku, założonej na miejscu starego grodziska w krainie Barcji. W języku staroniemieckim *barte* i w staropolskim *barta* znaczy topór. Prawdopodobnie to zdecydowało, iż to właśnie topór jest motywem wiodącym herbu tego miejsca [Materiały WUOZ w Olsztynie 1985].

Dzieje Bartoszyca i rozwój przestrzenny tego miasta są ściśle związane z historią Prus Wschodnich. Historię miasta można podzielić na cztery główne okresy:

1. Okres Prus Pogańskich i czas, w którym Prusy zdobywali

Krzyżacy- dzieje zasiedlenia przed nadaniem przywileju lokacyjnego (do 1332 r.).

2. Okres Prus Krzyżackich - od uzyskania przywileju lokacyjnego do sekularyzacji Prus (1332 - 1525 r.).

3. Okres Prus Książęcych i Królewskich - rozwój przestrzenny miasta od 1525 r. do wojen napoleońskich.

4. Rozbudowa miasta w XIX wieku [Materiały WUOZ w Olsztynie 1985]<sup>1</sup>.

## **ANALIZA STRUKTURY PRZESTRZENNEJ BARTOSZYC**

Głównymi osiami przestrzenno-funkcjonalnymi, które porządkują Bartoszyce, bez wątpienia są cieki wodne (rzeka Łyna i Suszyca), główna arteria komunikacyjna (droga krajowa nr 51) oraz posiadająca mniejsze oddziaływanie, aczkolwiek znacząca, linia kolejowa. Wszystkie wyżej wymienione elementy liniowe porządkują i dzielą miasto na poszczególne strefy. Również te składowe krajobrazu miejskiego mają największy wpływ na to, jak w ośrodku rozkładają się poszczególne przestrzenie w analizie przestrzenno-funkcjonalnej (Ryc.1).

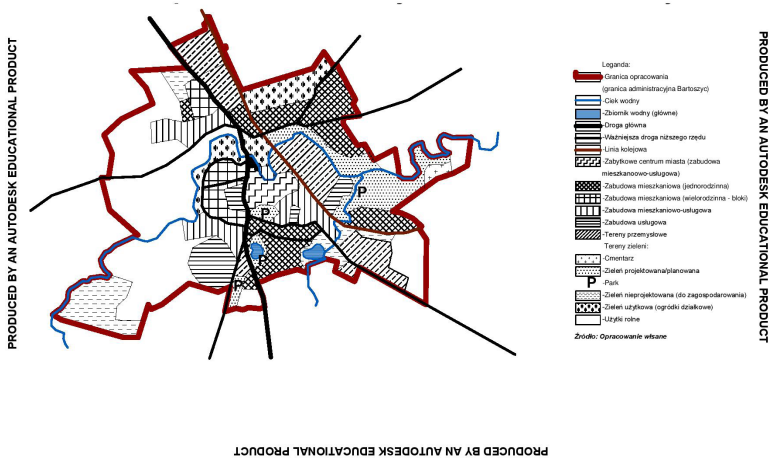
## **OPIS STRUKTURY PRZESTRZENNO-FUNKCJONALNEJ MIASTA**

Analizując strukturę przestrzenno-funkcjonalną Bartoszyce oraz rozmieszczenie poszczególnych terenów można stwierdzić, iż miasto rozwija się w sposób (przeważnie) racjonalny. Na obszarze tej jednostki osiedleńczej wyróżniono następujące strefy główne:

- Zabytkowe centrum miasta (z funkcją mieszkaniowo-usługową) – teren znajduje się w centrum i pełni zadanie reprezentacyjne względem miasta, stanowi swego rodzaju wizytówkę miejsca. Znajduje się tam wiele zabytków m.in. niezwykle piękna Brama Lidzbarska oraz okalające rynek stare, malownicze kamieniczki. Mimo iż wprowadzone w okresie PRL-u zmiany nieco wypaczyły

---

<sup>1</sup> Mimo iż zapoznanie się z materiałami historycznymi znajdującymi się w archiwum Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków w Olsztynie, stanowiło jedną z głównych podstaw do scharakteryzowania współczesnej tkanki urbanistycznej Bartoszyce. Autorki celowo pomijają opis poszczególnych etapów historycznych w niniejszym artykule, skupiając się jedynie na wnioskach sformułowanych po zapoznaniu się z dokumentami.



Ryc. 1. Struktura przestrzenno-funkcjonalna miasta Bartoszyce.

Źródło: Opracowanie własne.

wygląd centrum (wprowadzanie zabudowy o niskich walorach estetycznych oraz zaburzenie rytmu - chaos przestrzenny), jest to przestrzeń poprawnie zakomponowana, która spełnia swoje podstawowe funkcje. Mankamentem w ostatnich latach są bezstylowe elementy małej architektury, jednak nie stanowią one problemu na większą skalę, gdyż można je (w miarę łatwo) usunąć. Są to bowiem najczęściej obiekty nietrwale związane z gruntem.

- Tereny przemysłowe - ulokowane są głównie wzdłuż głównych dróg przecinających miasto lub w sąsiedztwie kolei. Ułatwia to transportowanie towarów (dobrą dostępność transportową) oraz pozwala kształtować przyjazne środowisko do życia dla mieszkańców miasta. Dodatkowo większość z tych terenów izolowana jest zielenią - nie zawsze celowo projektowaną, jednak pełniącą rolę ochronnego bufora. Roślinność pełni tu rolę biologiczną, sanitarną oraz ochronną przed szkodliwymi wyziewami oraz innymi uciążliwościami, które powoduje działalność

- przemysłowa (hałas, zapylenie powietrza, metale ciężkie i inne).
- Wyjątek stanowi tu obszar przemysłowy zlokalizowany przy centrum nad Łyną. Jednak odpowiednie odizolowanie, za pomocą pasów zieleni oraz rzeki, od innych stref miasta sprawia, iż nie stwarza to większych uciążliwości.
  - Obszary zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej rozmieszczone są w Bartoszczech plamowo<sup>2</sup>. Większe skupiska tego typu zabudowy znajdują się w sąsiedztwie centrum, od południowej strony. Kolejne, otoczone zielenią rekreacyjną i użytkową w południowej części miasta oraz spory kompleks umieszczony przy torach kolejowych na wschodzie miejscowości. Jest to zabudowa z różnych okresów, zarówno przedwojenna (kilka obiektów), powojenna, a także coraz częściej pojawiająca się zabudowa współczesna. Są to przede wszystkim obiekty o małej kubaturze (domy jednorodzinne) z terenem otaczającym lub bliźniaki, rzadziej zabudowa szeregowa, czy większe obiekty przeznaczone dla kilku rodzin.
  - Obszary zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej (bloki) - obszarów tego typu w Bartoszczech jest stosunkowo niewiele (jeśli bierze się pod uwagę powierzchnię, jaką zajmują w mieście). Tereny te zlokalizowane są w sąsiedztwie centrum miasta, po zachodniej stronie. Jednak oddzielone są od niego główną arterią komunikacyjną, stanowiącą barierę wizualno-funkcjonalną między tymi przestrzeniami. Drugi kompleks tego typu zabudowy mieści się w północnej części miejscowości w sąsiedztwie obszarów przemysłowych.
  - Tereny zabudowy mieszkaniowo-usługowej zlokalizowane są w niedalekim sąsiedztwie centrum Bartoszczy, w części centralno-południowej oraz na północy miejscowości. Stanowią je przede wszystkim obiekty mieszkaniowe z pomieszczeniami przeznaczonymi na usługi w parterze. Zwykle jest to zabudowa starsza, w dużej mierze pochodząca z przełomu XIX i XX wieku.
  - Obszary zabudowy usługowej - rozmieszczone są w mieście planowo w zależności od funkcji, jaką pełnią. W okolicach centrum

---

<sup>2</sup> Odniesienie do układów zieleni w miastach. Układ planowy opisywany jest w literaturze fachowej przedmiotu, jako układ rozwijający się przypadkowo, porzucany, nieregularny [Łukasiewicz, Łukasiewicz 2011].

są to przede wszystkim obiekty użyteczności publicznej (urzędy itp.). W sąsiedztwie obszarów mieszkaniowych stanowią je lokale usługowe (m.in. sklepy) oraz oświatowe (przede wszystkim szkoły).

- Tereny zieleni - rozmieszczone są w mieście plamowo (ten układ zieleni często wiąże się z tym, iż nie może ona dostatecznie spełniać roli m.in. sanitarnej na terenie miasta), jednak przez to, iż zajmują stosunkowo dużą powierzchnię, mogą bez przeszkód spełniać liczne funkcje przyrodniczo-biologiczne na terenie zurbanizowanym. Duży kompleks tego typu obszarów umiejscowiony jest w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki (stanowiąc cenne obszary zalewowe oraz chroniąc ekosystemy wodne). Zieleni zlokalizowana jest także przy obiektach przemysłowych i kolei, minimalizując tym samym ich negatywne oddziaływanie na zdrowie i życie ludzi oraz środowisko. Tereny zieleni zostały podzielone na:
  - Zieleni użytkowa - ogródki działkowe znajdują się w północnej części miasta w bezpośrednim sąsiedztwie dzielnicy mieszkaniowej oraz obszaru przemysłowego, stanowiąc strefę buforową między nimi. Mniejsze skupisko tego rodzaju przestrzeni znajduje się w części centralno-zachodniej wzdłuż rzeki Łyny oraz obiektów mieszkaniowych (zabudowa o bardzo dużej kubaturze i wysokości). Zieleni spełnia tu rolę strefy ochronnej dla rzeki, minimalizuje ujemne oddziaływanie środowiska miejskiego na element przyrodniczy. Dodatkowo zabezpiecza zabudowę przed zalaniem wodami z cieką (tworzy obszar zalewowy).
  - Zieleni projektowana - to przede wszystkim parki (o różnym programie funkcjonalnym). Największe skupisko planowanej, systemowej roślinności mieści się w sąsiedztwie centrum miasta, od północnej i wschodniej strony, przy rzece Łynie. Ten pas biegnie dalej na wschód, aż do granic miejscowości, gdzie znajduje się cmentarz. Mniejsze obszary roślinności projektowanej znajdują się w południowej części miasta, m.in. przy zbiorniku wodnym, stanowiąc interesujący obszar wypoczynkowy.
  - Zieleni nieprojektowana/nieplanowana - rozmieszczona jest w Bartoszycach plamowo (w układzie rozproszonym). Mimo iż nie wyróżniają jej wybitne walory estetyczne czy też rekreacyjne,

w tkance miejscowości jest niezmiernie cenna, gdyż stanowi obszary przejściowe i ochronne między terenami przemysłowymi i transportowymi, a mieszkaniowymi i cennymi przyrodniczo. Należy ją zachować, a w przyszłości zagospodarować.

- Użytki rolne i nieużytki - pokrywają pozostały obszar miasta. Największe tereny znajdują się w części zachodniej Bartoszycc.

## MODEL STRUKTURY PRZESTRZENNEJ

Po dokonaniu szczegółowej analizy tkanki urbanistycznej Bartoszycc wpisano układ miasta w model struktury przestrzennej Homera Hoyta (Ryc. 2). Wyróżniając poszczególne kliny, włączonow nie tereny oddziaływania poszczególnych stref. Model został odpowiednio zmodyfikowany tak, by odpowiadał układowi współczesnego ośrodka zurbanizowanego, m.in. zrezygnowano z podziału na dzielnice pod względem zamożności, zamiast tego dokonano zróżnicowania pod względem typów zabudowy.

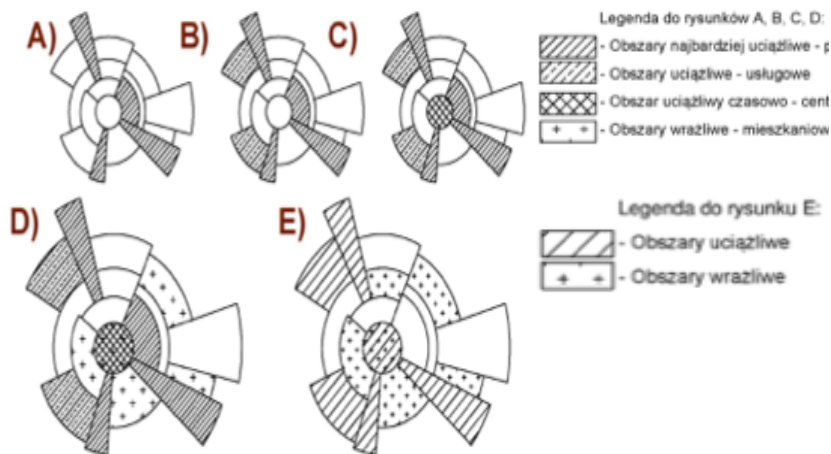


Ryc. 2. Model struktury przestrzennej miasta Bartoszycc oparty na modelu H. Hoyta.  
Źródło: Opracowanie własne.

W modelu zauważyć można w miarę klasyczny podział m.in. reprezentacyjna dzielnica centralna, obszary przemysłowe rozmieszczone wzdłuż ciągów komunikacyjnych (kołowej i kolejowej), przeplatające się tereny zieleni z zabudową mieszkaniową i usługową. Wyraźnie odznaczało się tu centrum miasta, które porządku-

je względem siebie poszczególne obszary. Głównym problemem miejscowości, który zidentyfikować można już na tym etapie analiz, był brak rozgraniczenia ochrony oraz izolacji terenów mieszkaniowych od przemysłowych i usługowych, a także brak odpowiedniego zagospodarowania w bezpośrednim sąsiedztwie cennych terenów przyrodniczych, w tym wrażliwych siedlisk wodnych. Przede wszystkim cieków, ale także zbiorników wodnych występujących na terenie miasta.

Kolejnym etapem analiz było wskazanie obszarów generujących uciążliwości oraz tych, które należy zachować i chronić przed szkodliwymi czynnikami zewnętrznymi (Ryc. 3).



Ryc. 3. Etapy analizy: A) obszary najbardziej uciążliwe - przemysł; B) obszary uciążliwe - usługowe; C) obszar uciążliwy czasowo (w sezonie turystycznym) - centrum; D) obszary wrażliwe - mieszkaniowe; E) bilans obszarów uciążliwych i wrażliwych.

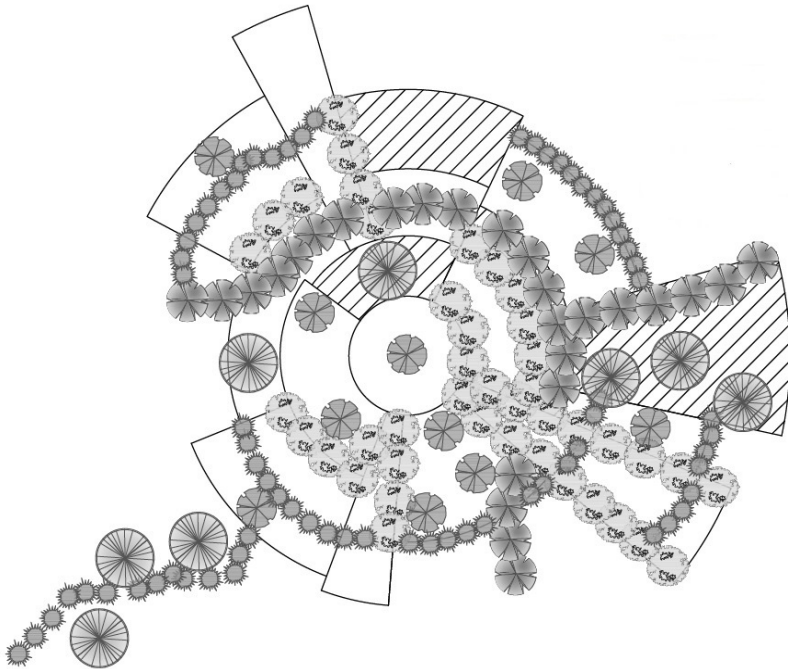
Źródło: Opracowanie własne.

Tereny generujące najwięcej uciążliwości stanowią obszary przemysłowe. Mimo iż w Bartoszycach ulokowane są jedynie zakłady związane z lekkim przemysłem, a ich ilość również nie jest zbyt duża, to właśnie te miejsca najsilniej (negatywnie) wpływają na inne. Także przestrzenie związane z działalnością usługową odznaczają się silnie negatywnym, aczkolwiek nie tak jak w przypadku poprzedniego typu terenów, oddziaływaniem. Przestrzenią niezwykle interesującą

i ceną, a zarazem problematyczną okazało się centrum miasta. Z jednej strony jest to miejsce najczęściej odwiedzane przez turystów, związane z funkcją usługową i reprezentacyjną, z drugiej zaś jest to miejsce życia ludzi, którym należy zapewnić odpowiednie warunki mieszkaniowe. Dodatkowo należy odpowiednio sterować ruchem turystycznym tak, by nie zmniejszyć wartości cennych obiektów zabytkowych oraz otaczających je obszarów przyrodniczych, zwłaszcza terenów nadwodnych. Do najbardziej wrażliwych zaliczono obszary mieszkaniowe. Niestety w Bartoszycach nie powstała typowa, odizolowana od reszty miasta strefa ekonomiczna. W wyniku czego strefy przemysłowe i usługowe swobodnie przeplatają się z wrażliwymi obszarami mieszkaniowymi i cennymi przyrodniczo. Powoduje to negatywne tendencje do obniżania się warunków życia w mieście. Zmniejsza atrakcyjność estetyczną oraz obniża potencjał naturalny miejscowości. Tereny zieleni (bez względu na jej rodzaj) nie zostały szczegółowo ujęte w tej analizie, gdyż tworzą one oddzielną kategorię. Zaliczone zostały do terenów generujących pozytywne oddziaływanie na obszary sąsiadujące oraz na warunki życia w całej jednostce.

Uzupełnieniem powyższej analizy jest symulacja przewidywanych kierunków rozwoju przestrzennego poszczególnych stref uciążliwych (Ryc. 4). Analizując dostępne dokumenty planistyczne oraz obserwując sposób, jak rozwijało się miasto w ostatnich latach, założyć można, że obszary przemysłowe i usługowe zaczną zdecydowanie oddziaływać oraz ingerować w dzielnice mieszkaniowe, a także w obszary cenne przyrodniczo, w tym tereny zieleni miejskiej. Spowoduje to znacznie pogarszanie się warunków życia na badanym terenie oraz zdecydowany spadek atrakcyjności, w tym turystycznej, miasta.

W celu zapobiegania negatywnym trendom należy podjąć środki zaradcze, wykorzystując pozytywne aspekty terenów zieleni w podnoszeniu atrakcyjności przestrzeni zurbanizowanych oraz dobroczynnych funkcji, jakie pełni na terenach zurbanizowanych sama roślinność. Bardzo ważne jest również właściwe porządkowanie obszaru Bartoszyc oraz ochrona elementów wrażliwych za pomocą zieleni miejskiej. Co więcej, dobrze rozmieszczone systemy roślinności pomagają w przywracaniu ładu



Ryc. 4. Kierunki (przewidywane) rozwoju stref uciążliwych (przemysł i usługi) – zaznaczono strzałkami.

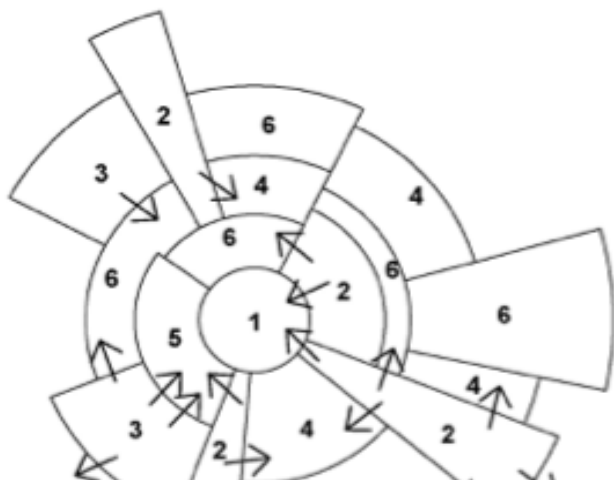
przestrzennego oraz kształtowaniu obszarów zurbanizowanych w oparciu o ideę *sustainable development*. Autorki opracowania stworzyły ramową koncepcję rozwoju systemów zieleni w Bartoszycach w oparciu o wyżej opisane aspekty i analizy przestrzenno-funkcjonalne (Ryc. 5).

Ryc. 5. Proponowane kierunki rozwoju zieleni miejskiej w Bartoszycach.

Źródło: Opracowanie własne.

W koncepcji rozwoju systemów zieleni w Bartoszycach uwzględniono następujące typy zieleni:

- Zieleni sanitarna, związana z wykorzystaniem przede wszystkim biologicznej roli roślinności na obszarach zurbanizowanych, powiązana z minimalizowaniem uciążliwości generowanych



przez przemysł, usługi czy komunikację, w tym kształtowania lokalnego klimatu, niwelowania zapylenia czy hałasu. Ten typ zieleni powinien być rozmieszczony na terenach granicznych

**Legenda:**

- 1-Centrum handlowo-usługowe
- 2-Przemysł lekki
- 3-Usługi
- 4-Obszar zabudowy jednorodzinnej
- 5-Obszar zabudowy wielorodzinnej (bloki)
- 6-Tereny zieleni miejskiej

**Legenda:**

- Zieleni istniejąca
- Zieleni sanitarna
- System zieleni nadwodnej
- Zieleni łącznikowa
- Zieleni ozdobna
- Zieleni osiedlowa (typowa dla rekreacyjnych terenów przy zabudowie mieszkaniowej i/lub usługowej)

między przestrzeniami uciążliwymi i wrażliwymi oraz przy głównych arteriach komunikacyjnych.

- Systemy zieleni nadwodnej, to przestrzenie mające pełnić dwie podstawowe funkcje. Pierwszą jest ochrona wrażliwych ekosystemów nadwodnych. W tym tworzenie buforowych stref ochronnych oraz barier biogeochemicznego spływu, zapewniając tym samym odpowiednią jakość środowiska przyrodniczego. Drugą to tworzenie interesujących miejsc rekreacyjnych w bezpośrednim sąsiedztwie cieków i zbiorników wodnych. Podniesie to atrakcyjność miasta, będzie miejscem, w którym odpocząć będą mogli zarówno mieszkańcy, jak i zwiedzający. Dodatkowo pomoże w odciążeniu części ruchu turystycznego z centrum, polepszając tym samym warunki mieszkaniowe na tym obszarze.

- Zieleń łącznikowa, pomoże w zapewnieniu odpowiedniej przestrzeni zajętej w mieście pod planowaną roślinność, dzięki czemu jej pozytywne oddziaływanie będzie pełniejsze. Dodatkowo ten typ terenu stanowił będzie obszar łącznikowy między poszczególnymi siedliskami roślin i zwierząt, będzie więc spełniał rolę miejskiego korytarza ekologicznego. Pomoże w utrzymaniu i zapewnieniu bioróżnorodności, stanowiąc zarazem interesujące urozmaicenie tkanki miejskiej.
- Zieleń ozdobna zaproponowana została przede wszystkim w miejscach, gdzie obecnie istnieją tereny zieleni, jednak nie są odpowiednio zagospodarowane. Mają one pełnić w mieście różne funkcje rekreacyjne dostosowane do potrzeb mieszkańców i turystów. Ich charakter zależny będzie od lokalizacji w przestrzeni oraz funkcji, jakie będzie pełnił.
- Zieleń osiedlowa, czyli typowa dla rekreacyjnych terenów mieszkaniowych i/lub usługowych. To planowane rekreacyjne przestrzenie wielofunkcyjne z bogatym programem funkcjonalno-użytkowym. Bardzo ważne jest ich dostosowanie do potrzeb wszystkich użytkowników (z najbliższego sąsiedztwa), którzy będą z tych obszarów korzystali. Uwzględnić należy przede wszystkim osoby starsze, niepełnosprawne, ale także dzieci i osoby w wieku produkcyjnym. Zadaniem tych terenów jest integracja społeczności lokalnej, zachęcenie do aktywności (różnych rodzajów) oraz kształtowanie prawdziwego współuczestnictwa. Ważnym aspektem jest wymiar edukacyjny.

Dodatkowo we wszystkich przestrzeniach powinno się zastosować rozwiązania ekologiczne m.in. wykorzystywanie trwałych materiałów, roślinności odpornej na warunki miejskie. Istotne jest wprowadzanie elementów nowatorskich, dobrze dopasowanych do zastanych warunków przyrodniczych i kontekstu historycznego miejsca. Mogą to być: zielone ściany lub dachy, *vertical veg*<sup>3</sup>, *pocket garden*<sup>4</sup> oraz różne działania z zakresu *land art*<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> *vertical veg* – sposób wertykalnej (pionowej) uprawy roślinności użytkowej, zwykle warzyw, w miastach.

<sup>4</sup> *pocket garden* – zwykle niewielkie przestrzenie puuwpukbliczne zmieniane w ogrody, w celu neutralizowania silnie zurbanizowanego charakteru danego miejsca.

<sup>5</sup> *land art* – działalność artystyczna, której obszarem działania jest natura

Wprowadzenie powyższych rozwiązań pozwoli na zakrycie mankamentów, jednocześnie podkreślając walory historyczne miasta (m.in. zakrycie przez zielone ściany elementów dysharmonijnych, jak zniszczona zabudowa z okresu PRL-u, pomoże w wyeksponowaniu wartościowych, historycznych obiektów architektonicznych, zapewniając odpowiednie tło ekspozycji). Dodatkowo sprawi to, że powstaną nowe, wysokiej jakości przestrzenie publiczne, stanowiące miejsca interakcji społeczności lokalnej (jak *pocket garden*).

## WNIOSKI

Kształtowanie oraz planowanie rozwoju terenów zurbanizowanych za pomocą wyżej wspomnianych narzędzi bez wątpienia pomaga w osiągnięciu ładu przestrzennego. Chroni naturalne elementy składowe krajobrazu, zabezpieczając jednocześnie jego odpowiednią jakość z punktu widzenia potrzeb ludzi zamieszkujących ośrodki miejskie. Sprzyja również łagodzeniu lub unikaniu konfliktów w relacjach człowiek-środowisko. Dlatego też nauka o przestrzeni oraz o zasadach jej prawidłowego kształtowania staje się, w ostatnich latach, jednym z kluczowych zagadnień ochrony i zachowania walorów środowiska. Ponadto, zastosowanie jej głównych założeń, w tym zasady zrównoważonego rozwoju, jest kluczowe w przypadku kształtowania przestrzeni wrażliwych (m.in. nadwodnych) oraz problemowych (centra miast).

Obecnie, w dobie rozwoju często niekontrolowanej urbanizacji, zieleń jest niezwykle istotnym komponentem miejskiego krajobrazu. Bez wątpienia przyczynia się ona do rozwiązania większości współczesnych problemów związanych ze zrównoważonym gospodarowaniem terenami zurbanizowanymi. Dzieje się tak, gdyż spełnia ona liczne zadania, które wpływają na polepszenie warunków życia ludzi. Tereny zieleni miejskiej ze względu na to, iż są ogólnodostępne, oraz na liczne funkcje, które pełnią w mieście, mają największy wpływ na warunki życia społeczności lokalnej oraz kształtowanie ładu przestrzennego. Dobrze zaprojektowany obszar z użyciem tworzywa roślinnego jest w stanie zaspokoić większość potrzeb dotyczących przestrzeni (i nie tylko), które posiadają mieszkańcy miast.

---

i krajobraz. Zwykle są to nietrwałe, czasowe koncepcje lub instalacje przestrzenne.

W celu odpowiedniego rozplanowania systemów roślinności w mieście niezbędne jest szczegółowe zbadanie terenu, przeprowadzenie licznych badań oraz analiz. Są one niezmiernie ważne, gdyż pomagają rozpoznać problemy jakie występują na danym obszarze oraz wskazać środki zaradcze. Co więcej, w dobie narastającego chaosu przestrzennego, metody porządkowania przestrzeni oraz przewidywania trendów rozwoju są zasadniczym rozwiązaniem w przywracaniu oraz kształtowaniu ładu przestrzennego. Niestety, jednak ostatnio coraz częściej ekspertyzy i analizy terenowe są pomijane i zastępowane badaniami socjologicznymi np. ankietami kierowanymi do mieszkańców. Ich zdanie jest oczywiście bardzo ważne w procesie kształtowania krajobrazu miejskiego, jednak często interesy społeczności lokalnych są sprzeczne z dobrem środowiska przyrodniczego czy też kulturowego, a cenne walory przestrzeni może wychwycić jedynie badanie eksperckie.

Tak więc wykorzystanie analiz przestrzenno-funkcjonalnych oraz innych ekspertyz oraz modeli pomocniczych (jak model H. Hoyta) odgrywa istotną rolę w kształtowaniu wysokiej jakości krajobrazu kulturowego i przyrodniczego. Narzędzia tego typu pozwalają nadać odpowiedni kierunek przyszłym działaniom planistycznym. Dzięki nim można, stosunkowo łatwo, wskazać nie tylko pokrycie powierzchni ziemi oraz sposób, w jaki wykorzystywany jest dany teren, ale także wyszczególnić obszary wrażliwe i problematyczne, a następnie zaproponować środki zaradcze.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Aponowicz J. 1997. Zarys metodologii prac dyplomowych i magisterskich z organizacji i zarządzania. WSA i B. Gdynia.
- Buchwald K., Engelhardt W. 1975. Kształtowanie krajobrazu a ochrona przyrody. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- Dziewoński K. 1967. Baza ekonomiczna i struktura funkcjonalna miast. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa.
- Federal Housing Administration, 1939. The structure and growth of residential neighborhoods in American cities. United States Government Printing Office. Washington.
- Kondracki J. 2011. Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.

Łukasiewicz A, Łukasiewicz S. 2011. Rola i kształtowanie zieleni miejskiej. Wydawnictwo Naukowe UAM. Poznań.

Materiały archiwalne Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków (WUOZ) w Olsztynie, Studium historyczno-urbanistyczne z 1985 roku.

Inne dostępne materiały archiwalne Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków (WUOZ) w Olsztynie, dotyczące terenu Bartoszyce w tym: ryciny, mapy, sprawozdania.

Richling A., Solon J. 2011. Ekologia Krajobrazu. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.

[www.bartoszyce.pl](http://www.bartoszyce.pl) - materiały pobrano dnia 5.06.2015.

**Afiliacja:**

mgr inż. arch. kraj. Dominika Kwiatkowska  
dr hab. inż. Emilia Marks  
Katedra Architektury Krajobrazu  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,  
*e-mail*: Dominikaa.kwiatkowska@gmail.com

## OPAD ATMOSFERYCZNY I JEGO ZAGOSPO- DAROWANIE – EKSPERYMENT TERENOWY

### PRECIPITATION AND STORMWATER MANAGEMENT – FIELD EXPERIMENT

**Abstrakt.** Rodzaj pokrycia powierzchni bezpośrednio wpływa na objętość wód opadowych stanowiących spływ powierzchniowy. Współczesne technologie w zakresie gospodarowania wodami opadowymi zmierzają w kierunku zmniejszenia objętości spływów opadowych trafiających do kanalizacji na rzecz zagospodarowania wód deszczowych poprzez zatrzymanie odpływów w obrębie elementów zielonej infrastruktury. Nadrzędnym celem pracy jest aplikacja wyników eksperymentalnych badań, w postaci wyliczonych wartości współczynników spływu powierzchniowego, do obliczenia możliwych do wystąpienia objętości wód opadowych, które należałoby zagospodarować w obrębie terenów zieleni osiedla. W wyniku badań opracowano charakterystykę sum dekadowych opadów z roku 2014 na tle wielolecia 1981-2010 oraz, na tej podstawie, sporządzono warianty gospodarowania spływami powierzchniowymi wód opadowych dla, zróżnicowanych pod względem sum opadów, okresów dekadowych.

**Słowa kluczowe:** *opad atmosferyczny, spływ powierzchniowy wód opadowych, współczynniki spływu powierzchniowego, zagospodarowanie wód opadowych*

**Abstract.** Type of surface coverage directly affects the volume of stormwater runoff. Current technologies in the field of stormwater management move towards the solutions reducing the volume of stormwater runoff which is discharged to the sewer system throughout the treatment of stormwater runoff within green infrastructure solutions. The main objective of the study is an application of the results of the field experiment in the form of calculated values of coefficients of stormwater runoff for estimating the possible volumes of stormwater runoff which should be manage within small-scale green practices. As a result of the study the sums of atmospheric precipitation for the 10-day periods from the 2014 were characterised according to the multi-year 1981-2010. On that basis, the options of stormwater management for the various, in relation to the sums of atmospheric precipitation, 10-day periods were developed.

**Key words:** *precipitation, stormwater runoff, coefficients of stormwater runoff, stormwater management*

## WSTĘP

Opad atmosferyczny jest zjawiskiem o charakterze losowym, co powoduje, że sumy dobowe, dekadowe czy miesięczne opadu wykazują zróżnicowanie w ciągu roku [Kaczorowska 1962, Dubicki i in. 2002]. Nierównomierne sumy opadu wpływają na różnice w odniesieniu do objętości spływów powierzchniowych wód opadowych powstających w momencie zetknięcia wód opadowych z powierzchnią o niskim stopniu przepuszczalności dla wody. Jednocześnie objętość spływu powierzchniowego jest w znacznym stopniu warunkowana rodzajem powierzchni. Powierzchnie o najniższym stopniu przepuszczalności wpływają na tworzenie się wzmożonych objętości spływów powierzchniowych. Do grupy tej zakwalifikować należy powierzchnie powszechnie stosowane na terenach zurbanizowanych jako pokrycia ciągów komunikacyjnych pieszych i kołowych, boisk, czy placów.

Potrzebę rozpoznania zjawiska opad atmosferyczny - spływ powierzchniowy potwierdzają liczne badania dotyczące tego aspektu. Wśród nich rozróżnić można dwie główne grupy badań. Pierwsza dotyczy badań w makroskali, w których obszarem badawczym jest przestrzeń osiedla, fragment miasta, a przedmiot badań stanowią objętości spływu powierzchniowego, które powstają w obrębie niniejszego obszaru [Melanen i Laukkanen 1980, Burns i in. 2005, Metsäranta i in. 2005, Barron i in. 2011, Bzymek i Jarościńska 2012, Valtanen i in. 2014, Sillanpää i Koivusalo 2015]. Drugą, stanowią badania w skali mikro prowadzone na powierzchniach doświadczalnych, zarówno przepuszczalnych, jak i nieprzepuszczalnych [Brattebo i Booth 2003, Collins i in. 2008, Gilbert i Clausen 2006]. Mierzona jest w tym przypadku objętość spływu powierzchniowego z konkretnych powierzchni i jednocześnie możliwym jest obliczenie wartości współczynników spływu powierzchniowego je charakteryzujących.

Odprowadzenie nadmiaru wód opadowych generujących spływ powierzchniowy, w sposób tradycyjny, odbywa się poprzez systemy kanalizacji burzowej, w których woda opadowa zbierana jest przez uliczne kratki ściekowe, a następnie transportowana systemem podziemnych rur do odbiornika w postaci cieku. Systemy te na ogół spełniają swe funkcje, zapewniając szybkie zagospodarowanie spływów powierzchniowych wód opadowych. Jednak w przypadku

ekstremalnych opadów następuje przeciążenie systemów kanalizacji deszczowej skutkujące lokalnymi podtopieniami ulic, placów, czy podziemnych i przyziemnych kondygnacji budynków. Współczesne technologie zmierzają w kierunku zmniejszenia objętości spływów opadowych trafiających do kanalizacji na rzecz zagospodarowania wód deszczowych w sposób zrównoważony. Zrównoważone systemy gospodarowania wodami opadowymi, w Polsce często określane mianem zrównoważonych systemu drenażu [Kozłowska 2008], umożliwiają zagospodarowanie wód opadowych w miejscu wystąpienia opadu, bez konieczności odprowadzania ich do kanalizacji. Zastosowanie elementów zielonej infrastruktury, jako podstawowych składowych tych systemów, zapewnia retencję, infiltrację, ewaporację, transport i oczyszczanie wód opadowych. Dodatkowo ich naturalny charakter oraz wkomponowanie w krajobraz podnoszą walory estetyczne i funkcjonalne przestrzeni miejskich. Systemy te opierają się na działaniach w skali lokalnej, ale powtarzalność działań w obrębie osiedla, dzielnicy, czy miasta przekłada się na efekt w skali makro. Niniejsza praca porusza tematykę zagospodarowania spływów opadowych w obrębie fragmentu osiedla Nowy Dwór we Wrocławiu, wykorzystując wyniki lokalnych badań terenowych oraz dane opadowe z wielolecia.

## **MATERIAŁ I METODY**

Materiał badawczy do analiz stanowiły trzy grupy danych:

wyliczone, na podstawie badań eksperymentalnych, wartości współczynników spływu powierzchniowego wód opadowych (do obliczeń użyto wartości średnich współczynników spływu powierzchniowego -  $\psi_{sr}$  obliczonych na podstawie analizy relacji ilościowej opad atmosferyczny – spływ powierzchniowy w okresie kwiecień - listopad 2014 roku),

sumy dekadowe opadów atmosferycznych z roku 2014 oraz z wielolecia 1981-2010,

dane uzyskane w wyniku prowadzenia inwentaryzacji pokrycia powierzchni w obrębie fragmentu wrocławskiego osiedla mieszkaniowego Nowy Dwór we Wrocławiu (dane dotyczące rodzajów pokryć powierzchni dachów, ciągów komunikacyjnych, parkingów, wielkość poszczególnych powierzchni, spadki powierzchni).

Wartości współczynników spływu powierzchniowego uzyskano na podstawie badań terenowych prowadzonych na terenie Wydziałowego Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii we Wrocławiu (Wrocław - Swojec). Na skonstruowanych tam powierzchniach badawczych prowadzony jest pomiar objętości spływu powierzchniowego wód opadowych. Cztery powierzchnie badawcze stanowią odzwierciedlenie powierzchni powszechnie stosowanych na obszarach zurbanizowanych, a jednocześnie ich znaczny udział odnotowano w wyniku inwentaryzacji pokrycia powierzchni w obrębie obszaru badawczego na osiedlu Nowy Dwór we Wrocławiu. Wśród powierzchni badawczych znajdują się dwie powierzchnie dachowe pokryte dwoma rodzajami papy termozgrzewalnej do pokryć dachowych (drobno- i gruboziarnistą), powierzchnia parkingowa (wykonana z ażurowych płyt betonowych) oraz powierzchnia komunikacyjna (wykonana z asfaltu). Pomiar objętości spływów powierzchniowych wód opadowych (z czterech powierzchni doświadczalnych) wykonywany był w okresie od kwietnia do listopada 2014 roku - codziennie o godzinie 7 rano. Dane w postaci sum dekadowych opadów atmosferycznych z roku 2014 pochodziły z pomiarów prowadzonych na terenie Obserwatorium. Dane z trzydziestolecia 1981-2010 zostały obliczone na podstawie wyników pomiarów sum dobowych prowadzonych, w podanym wieloleciu, według tej samej metodyki.

Dla każdej doby, w której wystąpił opad atmosferyczny, wyliczono dobowe wartości współczynników spływu powierzchniowego ( $\psi_d$ ). Dla okresów dekadowych i miesięcznych wyliczono wartości średnie ( $\psi_s$ ) oraz ekstremalne ( $\psi_{max}$  i  $\psi_{min}$ ) oraz średnie wartości redukcji spływu powierzchniowego ( $R_s$ ) dla każdej z czterech powierzchni.

W celu przeanalizowania warunków opadowych z roku 2014 na tle wielolecia 1981-2010 zastosowano klasyfikację zaproponowaną przez Kaczorowską [1962]. W pierwszym etapie zestawiono sumę roczną opadów z roku 2014 ze średnią roczną sumą opadów z wielolecia. Jednakowe porównanie wykonano dla okresu wegetacji (IV-IX) oraz dla wydłużonego okresu wegetacji, w którym uwzględniono wyniki uzyskane w październiku. Ze względu na to, że najkrótszym okresem, dla którego zdecydowano się analizować objętości spływów powierzchniowych wód opadowych, jest okres 10 dni (dekada), wykonano analizę warunków opadowych dla okresów dekadowych z

2014 roku, stosując klasyfikację Kaczorowskiej [1962] dla okresów dekadowych i miesięcznych. Przyjęto następujące przedziały wartości dla okresów dekadowych i miesięcznych:  $>200$  % - okres szczególnie wilgotny,  $151 \div 200$  % - okres bardzo wilgotny,  $126 \div 150$  % - okres wilgotny,  $76 \div 125$  % - okres normalny,  $50 \div 75$  % - okres suchy,  $25 \div 49$  % - okres bardzo suchy,  $<25$  % - okres skrajnie suchy. Sumy dekadowe opadów atmosferycznych zestawiono ze średnimi dekadowymi sumami opadów z wielolecia 1981-2010. Na podstawie klasyfikacji Kaczorowskiej wyznaczono liczbę poszczególnych okresów dekadowych charakteryzujących się określonymi warunkami opadowymi.

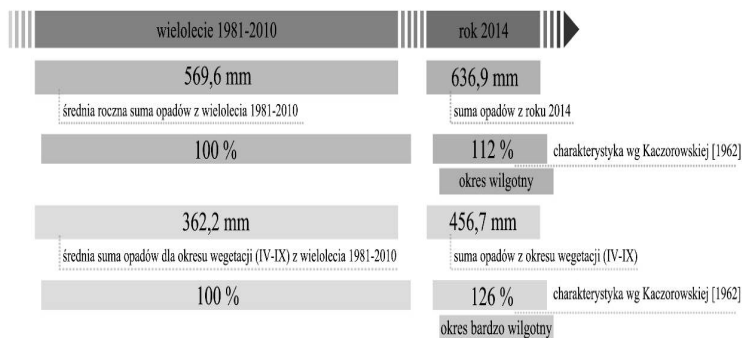
W celu określenia liczby zdarzeń uzyskanych sum dekadowych opadów w ciągu wielolecia przyjęto następujące przedziały wartości:  $0,00$ ,  $0 < x \leq 10$ ,  $10 < x \leq 20$ ,  $20 < x \leq 30$ ,  $30 < x \leq 40$ ,  $40 < x \leq 50$ ,  $50 < x \leq 60$ ,  $60 < x \leq 70$ ,  $70 < x \leq 80$ ,  $80 < x \leq 90$ ,  $90 < x \leq 100$ ,  $100 < x \leq 110$ ,  $110 < x \leq 120$ ,  $120 < x \leq 130$ ,  $130 < x \leq 140$ ,  $140 < x \leq 150$ ,  $150 < x \leq 160$ , przyporządkowując sumy opadów z każdej dekady do ustalonych przedziałów. Wyznaczono w ten sposób częstość zdarzeń danych sum opadów w ciągu analizowanego wielolecia, jak i w ciągu poszczególnych miesięcy. Częstość zdarzeń określano dla sum dekadowych opadów z okresów kwiecień – październik, określając niniejszy przedział czasowy wydłużonym okresem wegetacji. Odniesienie do okresu wegetacji spowodowane jest specyfiką elementów krajobrazowych służących zagospodarowaniu spływów powierzchniowych wód opadowych, których głównymi elementami składowymi są rośliny, a jednocześnie niniejszy przedział czasowy odpowiada okresowi, w którym prowadzony jest eksperyment terenowy dotyczący relacji ilościowej opad atmosferyczny – spływ powierzchniowy.

W dalszym etapie pracy przeanalizowano warunki opadowe w ciągu 21 dekad 2014 roku (w okresie IV-X) oraz obliczono hipotetyczne objętości wód opadowych, stanowiące spływy powierzchniowe z powierzchni nieprzepuszczalnych oraz oszacowano objętości wód opadowych, które zagospodarowane zostałyby w obrębie dwóch ogrodów deszczowych (podstawowego i dodatkowego, tzw. przelewu). Dla czterech dekad, o charakterystycznych warunkach opadowych, przedstawiono w sposób graficzny schematy gospodarowania wodami opadowymi. Wśród wytypowanych dekad znalazły się, m.in. II

dekada maja, w ciągu której odnotowano najwyższą sumę dekadową opadów w roku 2014 (72,0 mm) oraz II dekada czerwca, w której suma opadów wyniosła 1,3 mm i była najniższą sumą dekadową w 2014 roku (nie uwzględniano sum dekadowych wynoszących 0,0 mm). Obszar badawczy zlokalizowany na osiedlu Nowy Dwór we Wrocławiu podzielono na dwanaście sektorów. W każdym sektorze znajdują się grupa budynków, teren zieleni oraz ciągi komunikacyjne, które są ze sobą powiązane pod względem funkcjonalnym. Podział obszaru osiedla na sektory usprawnił inwentaryzację powierzchni i szaty roślinnej oraz etap związany z oszacowaniem objętości wód opadowych stanowiących spływy powierzchniowe z poszczególnych powierzchni. W niniejszej pracy zaprezentowano schemat gospodarowania wodami opadowymi dla jednego z dwunastu sektorów. Do obliczeń wykorzystano wyniki inwentaryzacji terenowych pokrycia powierzchni w obrębie wytypowanego sektora osiedla oraz wartości współczynników spływu powierzchniowego wyliczone, dla poszczególnych rodzajów powierzchni, na podstawie badań dotyczących relacji ilościowej opad atmosferyczny – spływ powierzchniowy. Całkowite powierzchnie ( $A_c$ ) zredukowano o wartości współczynników spływu powierzchniowego, otrzymując powierzchnie zredukowane ( $A_{red}$ ). Stosując sumy opadów, które odnotowano w danej dekadzie, wyliczono hipotetyczne objętości wód opadowych stanowiące spływy powierzchniowe z następujących rodzajów powierzchni: papy termozgrzewalnej do pokryć dachowych oraz asfaltu (materiału pokryciowego dla ciągów komunikacyjnych pieszych i kołowych). Pojemność elementów zielonej infrastruktury, o funkcji retencjonująco-infiltrującej, w postaci ogrodów deszczowych, wyliczona została na podstawie wytycznych projektowych opisanych przez Cahill [2012] i Rossmiller [2014]. Przyjęto założenie, że stosunek powierzchni nieprzepuszczalnej do powierzchni ogrodu deszczowego nie powinien przekroczyć 5:1, a jednocześnie powierzchnia ogrodu deszczowego (lub łączna powierzchnia grupy elementów o funkcji retencjonująco – infiltrującej) powinna zawierać się w przedziale 3 - 30% łącznej powierzchni, z której pochodzi spływ powierzchniowy wód opadowych [Cahill, 2012, Rossmiller 2014].

## WYNIKI I DYSKUSJA

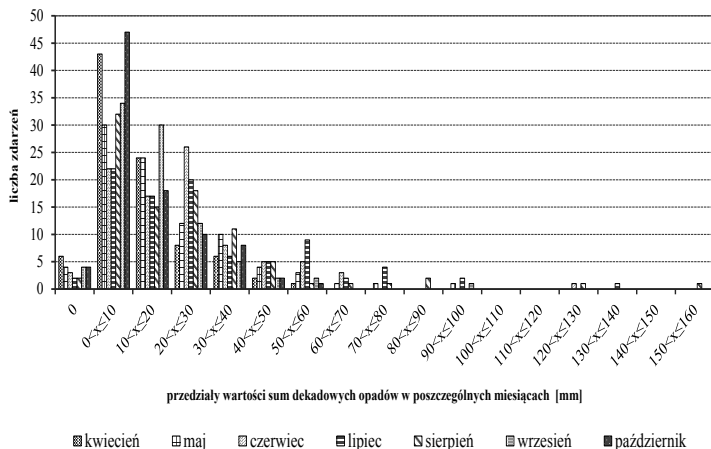
Zawężenie okresu roku 2014 do przedziału IV-IX, określanego mianem okresu wegetacji, i odniesienie wyników do okresów wegetacji z trzydziestolecia 1981-2010 pozwoliło stwierdzić, że okres ten, według przyjętej klasyfikacji, był okresem bardzo wilgotnym. Suma opadów z okresu wegetacji w 2014 roku stanowiła 126% średniej sumy opadów dla okresów wegetacji w obrębie analizowanego wielolecia (ryc. 1). Wydłużenie niniejszego okresu, poprzez uwzględnienie wyników z października, wpłynęło na nieznaczny wzrost sumy opadów z tego okresu względem średniej wieloletniej (129%).



Ryc. 1. Charakterystyka warunków opadowych w roku 2014 na tle wielolecia 1981-2010

Na podstawie klasyfikacji Kaczorowskiej [1962] dla roku 2014 wyznaczono następującą liczbę okresów dekadowych o określonych warunkach opadowych: dziesięć okresów skrajnie suchych, osiem normalnych, po pięć bardzo wilgotnych i szczególnie wilgotnych oraz po cztery okresy suche i cztery wilgotne.

Analiza sum dekadowych opadów w okresach wegetacji z wielolecia 1981-2010 wykazała najwyższą częstość występowania sum dekadowych zawierających się w przedziale wartości  $0,0 < x \leq 10,0$  mm (230 wystąpień). Prawie połowę mniejsza liczba zdarzeń charakteryzowała sumy dekadowe opadów o wartościach  $10,0 < x \leq 20,0$  mm (ryc. 2).



Ryc. 2. Częstość występowania sum dekadowych opadów atmosferycznych w określonych przedziałach wartości w ciągu analizowanego wielolecia (w okresie kwiecień-październik)

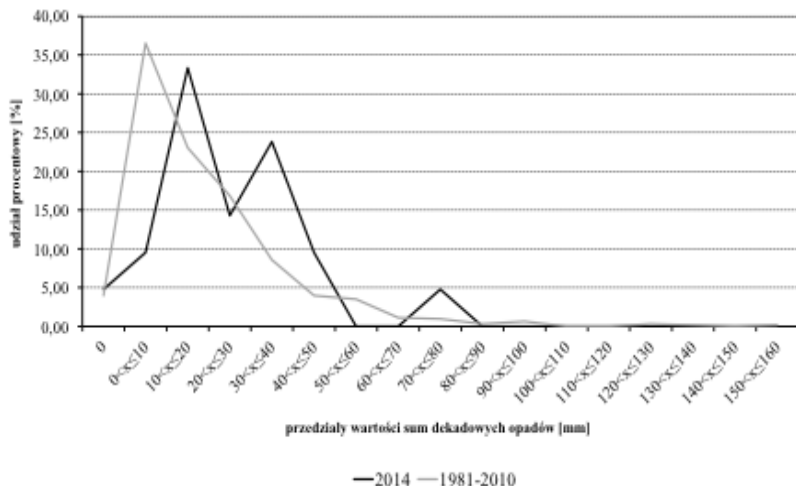
W wyniku inwentaryzacji pokrycia powierzchni w obrębie sektora nr 2 osiedla mieszkaniowego Nowy Dwór we Wrocławiu otrzymano następujące wielkości powierzchni:

powierzchnie dachów budynków = 1773,0 m<sup>2</sup>,

powierzchnie ciągów komunikacyjnych pieszych = 503,0 m<sup>2</sup>,

powierzchnie ciągów komunikacyjnych kołowych = 960,0 m<sup>2</sup>.

Przyjmując, że stosunek powierzchni nieprzepuszczalnych do powierzchni ogrodu deszczowego nie powinien przekroczyć 5:1 [Cahill, 2012] powierzchnię podstawowego ogrodu deszczowego określono na 150 m<sup>2</sup>. W celu zapewnienia możliwości zagospodarowania większych objętości spływów powierzchniowych wód opadowych, powstałych w skutek ekstremalnych, bądź długotrwałych opadów, przewidziano dodatkowy ogród deszczowy będący przelewem dla ogrodu podstawowego (ryc. 4). Wymaganą powierzchnię dodatkowego ogrodu deszczowego określono na 100 m<sup>2</sup>.

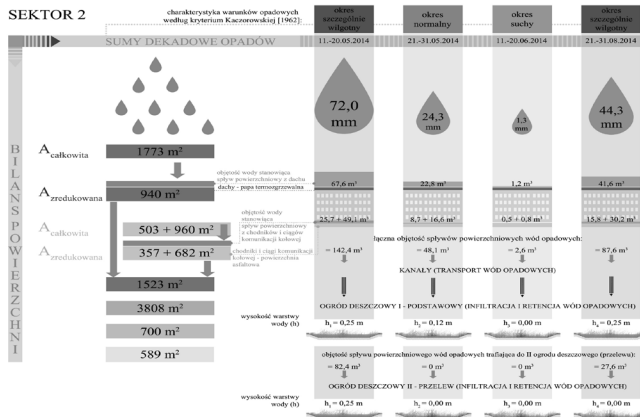


Ryc. 3. Udział procentowy poszczególnych sum dekadowych opadów atmosferycznych w określonych przedziałach wartości w okresie kwiecień – październik w roku 2014 i w ciągu analizowanego wielolecia

W roku 2014 najwyższa suma dekadowa opadów wyniosła 72,0 mm (II dekada maja). W ciągu analizowanego wielolecia, w okresach wegetacji, sumy dekadowe opadów mieszczące się w przedziale  $70 < x \leq 80$  mm wystąpiły sześciokrotnie. II dekada maja 2014 roku scharakteryzowana została jako okres szczególnie wilgotny [Kaczorowska 1962]. Objętość wód opadowych, która stanowiłaby spływ powierzchniowy z powierzchni dachów oraz ciągów komunikacyjnych stanowiłaby około  $142 \text{ m}^3$ . Objętość ta przekroczyłaby pojemność podstawowego ogrodu deszczowego i pozostała nadwyżka wód opadowych odprowadzona zostałaby do ogrodu deszczowego II (stanowiącego przelew dla ogrodu podstawowego) (ryc. 4). Sumę opadów, w przypadku której przekroczona zostałaby pojemność podstawowego ogrodu deszczowego oszacowano na  $> 30$  mm. W roku 2014, w okresie IV-X, odnotowano osiem dekad, w których sumy dekadowe opadów powodowałyby konieczność wykorzystania dodatkowego ogrodu deszczowego, w tym w pięciu dekadach sumy dekadowe opadów mieściły się w przedziale  $30 < x \leq 40$  mm. W wieloleciu 1981-2010 (IV-X) w ciągu stu dwudziestu czterech dekad wartości odnotowanych sum dekadowych opadów były na tyle wysokie

(>30 mm), że zasadnym byłoby wykorzystanie drugiego (dodatkowego) ogrodu deszczowego do przejścia i zagospodarowania spływów powierzchniowych wód opadowych z istniejących, w obrębie sektora, powierzchni nieprzepuszczalnych. Jednocześnie oszacowano, że podstawowy ogród deszczowy, do którego w pierwszej kolejności trafiłyby spływy powierzchniowe wód opadowych, spełniałby funkcje retencjonująco-infiltrujące w przypadku wystąpienia opadów o sumach >10 mm. W przypadku sum dekadowych opadu mieszczących się w przedziale  $20 < x \leq 30$  mm (przykładowo suma dekadowa opadu z trzeciej dekady maja 2014 roku = 24,3 mm) łączna objętość spływów powierzchniowych wód ze wszystkich powierzchni nieprzepuszczalnych zostałaby zagospodarowana w obrębie podstawowego ogrodu deszczowego, bez konieczności wykorzystania dodatkowego ogrodu deszczowego. W miesiącach IV-X 2014 roku odnotowano trzy dekady o sumach opadów zawierających się w przedziale  $20 < x \leq 30$  mm. W ciągu analizowanego wielolecia sumy dekadowe opadów zawierające się w niniejszym przedziale wartości stanowiły 16,8 % wszystkich sum dekadowych (ryc. 3). Sumy dekadowe opadu niższe niż 5,0 mm tworzyłyby objętości spływów powierzchniowych wód opadowych, które w okresie letnim, w ciągu dekady, zostałyby zredukowane wskutek procesu parowania. Podobna sytuacja miałaby miejsce podczas dni z wysoką temperaturą powietrza. Taki schemat zaprezentowano dla II dekady czerwca 2014 roku, w której suma dekadowa opadu wyniosła 1,3 mm (ryc. 4). Dekada ta, według klasyfikacji zaproponowanej przez Kaczorowską [1962], scharakteryzowana została jako okres suchy. Suma dekadowa opadów z III dekady sierpnia (44,3 mm), niemal dwukrotnie niższa względem maksymalnej sumy dekadowej opadów z 2014 roku (72,0 mm), spowodowałyby powstanie łącznej objętości spływów powierzchniowych równej około  $88 \text{ m}^3$ . Objętość ta, podobnie jak objętość wyliczona dla II dekady maja 2014 roku, przekroczyłaby pojemność podstawowego ogrodu deszczowego i około  $27,6 \text{ m}^3$  wody zostałaby skierowane do ogrodu deszczowego dodatkowego (tzw. przelewu). W okresie IV-X 2014 roku sumy dekadowe opadów mieszczące się w przedziale  $40 < x \leq 50$  mm wystąpiły dwukrotnie, w tym samym przedziale czasowym (IV-X), ale w ciągu analizowanego wielolecia odnotowano dwadzieścia pięć zdarzeń sum dekadowych opadów o sumach

zawartych w podanym przedziale liczbowym.



Ryc. 4. Schematy gospodarowania spływami powierzchniowymi wód opadowych dla zróżnicowanych, pod względem sum opadów atmosferycznych, okresów dekadowych

Na wysoką sumę opadów w ciągu dekady wpływ ma niejednokrotnie wysoka suma pojedynczego opadu bądź wysoka suma dobową opadów. W ciągu okresu badawczego w 2014 roku sumy dobowe opadu wahały się w przedziale: 0,0-55,2 mm. W okresie (IV-X) w roku 2014 suma dobowa opadów trzykrotnie przekroczyła wartość 30,0 mm, w tym jednokrotnie przewyższyła wartość 50,0 mm (55,2 mm w II dekadzie maja). Lorenc i in. [2012] opisują opad dobowy o wysokości  $\geq 30,0$  mm jako zagrażający podtopieniem. Suma dobowa opadów z II dekady maja 2014 roku przewyższyła próg sum dobowych opadów  $\geq 50,0$  mm, który określa groźne opady powodziowe [Lorenc i in., 2012].

W niniejszej pracy dokonano analizy warunków opadowych dla okresów dekadowych w ciągu okresu badawczego zawartego w przedziale czasowym kwiecień – październik 2014 roku na tle warunków opadowych w tym samym przedziale czasowym w ciągu wielolecia 1981-2010. Ze względu na to, że podstawowym przedziałem cza-

sowym, dla którego analizowano warunki opadowe była dekada, nie odnoszono się do krótszych przedziałów czasowych.

## **WNIOSKI**

Przedstawione w pracy badania są obecnie kontynuowane, jednak na podstawie analizowanego materiału, pochodzącego z roku 2014 oraz z wielolecia 1981-2010, wyciągnięto następujące wnioski:

Poddany ocenie, pod kątem warunków opadowych, okres wegetacji 2014 roku scharakteryzowany został jako okres bardzo wilgotny. Przyczyniły się do tego przede wszystkim sumy dobowe opadów z maja, sierpnia i września. Pomimo że częstość zdarzeń opadowych o sumach opadów atmosferycznych wyższych niż przedział  $30 < x \leq 40$  mm (w okresach dekadowych) przypada rzadziej niż częstość sum dekadowych niższych niż 30,0 mm koniecznym jest uwzględnienie ich przy obliczaniu pojemności elementów zielonej infrastruktury służących retencji i infiltracji wód opadowych.

Wykonanie schematów gospodarowania wodami opadowymi dla dekad o zróżnicowanych sumach opadów pozwoliło określić objętości spływów powierzchniowych wód opadowych, które należałoby zagospodarować w obrębie elementów zielonej infrastruktury w postaci ogrodu deszczowego podstawowego (ogrodu deszczowego I) oraz jego przelewu (ogrodu deszczowego II) a jednocześnie określić hipotetyczne przedziały wartości sum dekadowych opadów, od których przekroczone zostanie pojemność podstawowego ogrodu deszczowego. Sumę dekadową opadów, która skutkować będzie wystąpieniem spływu powierzchniowego wód opadowych o objętości wymagającej zagospodarowania poprzez wykorzystanie zaproponowanych ogrodów deszczowych określono na  $>10,0$  mm. Natomiast przekroczenie pojemności podstawowego ogrodu deszczowego nastąpiłoby przy sumach dekadowych opadów  $>30,0$  mm.

Powierzchnia oraz głębokość elementów zielonej infrastruktury o funkcjach retencjonująco-infiltrujących powinna zapewniać możliwość przejścia i zagospodarowania wód opadowych bez niebezpieczeństwa lokalnych podtopień, ale jednocześnie właściwego efektu nie uzyska się, projektując zbyt duże pojemności niniejszych elementów.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Barron OV. Pollock D. Dawes W. 2011. Evaluation of catchment contributing areas and storm runoff in flat terrain subject to urbanisation. *Hydrology and Earth System Sciences* 15: 547–559.
- Burns D. Vitvar T. McDonnell J. Hassett J. Duncan J. Kendall C. 2005. Effects of suburban development on runoff generation in the Croton River basin, New York, USA. *Journal of Hydrology* 311: 266–281.
- Brattebo BO. Booth DB. 2003. Long-term stormwater quantity and quality performance of permeable pavement systems. *Water Research* 37(18): 4369–4376.
- Bzymek B. Jarosińska E. 2012. Wpływ uszczelnienia powierzchni zlewni na odpływ wód deszczowych. *Czasopismo Techniczne, Środowisko* 109(1-Ś): 41-57.
- Cahill TH. 2012. *Low Impact Development and Sustainable Stormwater Management*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. New Jersey.
- Collins KA. Hunt WF. Hathaway JM. 2009. Hydrologic and Water Quality Evaluation of Four Permeable Pavements in North Carolina, USA. *Low Impact Development for Urban Ecosystem and Habitat Protection*: 1-10.
- Dubicki A. Dubicka M. Szymanowski M. 2002. Klimat Wrocławia. W Smolnicki K. Szykasiuk M. (red.). *Informator o stanie środowiska Wrocławia 2002*. Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju: 9–25. Wrocław.
- Gilbert JK, Clausen JC. 2006. Stormwater runoff quality and quantity from asphalt, paver, and crushed stone driveways in Connecticut. *Water research* 40(4): 826-832.
- Kaczorowska Z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Przegl. Geogr. IG PAN*. Wydaw. Geolog. 33. Warszawa.
- Kozłowska E. 2008. Proekologiczne gospodarowanie wodą opadową w aspekcie architektury krajobrazu. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, seria „Współczesne problemy architektury krajobrazu”. Wrocław.
- Lorenc H., Cebulak E., Głowicki B., Kowalewski M. 2012. Struktura występowania intensywnych opadów deszczu powodujących zagrożenie dla społeczeństwa, środowiska i gospodarki Polski. W: H. Lorenc (red.) *Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo kraju*. Monografie IMGW-PIB, 7-32.
- Melanen M. Laukkanen R. 1980. Analysis of rainfall—runoff relationships in Finnish urban test basins. *Proceedings of the Helsinki Symposium*. IAHS-AISH Publ. 130: 43-48.
- Metsäranta N. Kotola J. Nurminen J. 2005. Effects of urbanization on run-

- off water quantity and quality: Experiences from test catchments in Southern Finland. *International Journal of River Basin Management* 3(3): 229-234.
- Rossmiller RL. 2014. *Stormwater Design for Sustainable Development*. McGraw-Hill Education. United States of America.
- Sillanpää N. Koivusalo H. 2015. Impacts of urban development on runoff event characteristics and unit hydrographs across warm and cold seasons in high latitudes. *Journal of Hydrology* 521(2): 328-340.
- Valtanen M. Sillanpää N. Setälä H. 2014. Effects of land use intensity on stormwater runoff and its temporal occurrence in cold climates. *Hydrological Processes* 28: 2639-2650.

**Afiliacja:**

Mgr inż. Alicja Romaniak  
Instytut Architektury Krajobrazu  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
*e-mail:* alicja.romaniak@up.wroc.pl

*Opiekun Naukowy:* Prof. dr hab. inż. Andrzej Żyromski.

Mgr inż. Marcin Żyromski, Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
*e-mail:* zyromski.marcin@gmail.com

*Opiekun Naukowy:* Prof. dr hab. Andrzej Kotecki.

Mgr inż. Edyta Żyromska  
Zakład Technologii Fermentacji  
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie  
*e-mail:* edyta.zyromska@gmail.com

*Opiekun naukowy:* dr hab. Krystyna Stecka prof. nadzw.

## **OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ENERGII SŁONECZNEJ PRZY UŻYCIU NARZĘDZI GIS NA PRZYKŁADZIE MIEJSCOWOŚCI KRAUSZÓW**

### **ASSESSMENT OF FEASIBILITY OF USING SOLAR ENERGY BY GIS TOOLS ON KRAUSZÓW VILLAGE EXAMPLE**

**Abstrakt.** Praca przedstawia ocenę możliwości wykorzystania energii słonecznej przy użyciu narzędzi GIS w miejscowości Krauszów, położonej w południowej części Polski. Modelowanie sumy całkowitego promieniowania słonecznego wykonano na podstawie numerycznego modelu NMT, za pomocą programu ArcMap rozszerzonego o funkcjonalność „Spatial Analyst”. W wyniku waloryzacji badanego obszaru otrzymano 4 klasy potencjału solarnego: bardzo dobrą, dobrą, średnią oraz słabą (złą). W konkluzji wykazano, że ponad 75% badanego obszaru znajduje się w klasie bardzo dobrej oraz dobrej. Efektem końcowym przeprowadzonych analiz było zakwalifikowanie wybranych działek gruntu jako atrakcyjnych pod względem inwestycji w instalacje pozyskujące energię słoneczną.

**Słowa kluczowe:** *energia słoneczna, odnawialne źródła energii, fotowoltaika*

**Abstract.** In the paper assessment of feasibility of using solar energy by GIS tools on Krauszów village, (located in the southern part of Poland) have been presented. Using ArcMap 10.3.0 with Spatial Analyst enlargement, based on digital terrain model (DEM) and with the command of Solar Radiation tool, total annual solar radiation maps were made. As a result of space valuation four classes of solar potential: very good, good, average and poor / bad were received. It was found that more than a 75% of total Krauszów area is within range of very good and good insolation class. As a final results of above analyzes attractive parcels, when it comes down to location for investments that uses solar power as a source of energy, were selected.

**Key words:** *solar energy, renewable energy sources, photovoltaic*

## **WSTĘP**

Energia słoneczna od zawsze służyła ludziom: do rozniecania ognia, suszenia, ogrzewania czy przetwarzania żywności. Globalne inwestycje związane z pozyskiwaniem energii słonecznej mają obecnie bardzo duże znaczenie. Energia, która dociera do Ziemi ze Słońca w zaledwie 56 dni szacowana jest na 430 ZJ energii ( $1 \text{ ZJ} = 10^{21} \text{ J}$ ), to tyle ile wynosi łączna suma wszystkich Ziemskich złóż węgla, gazu ziemnego i ropy naftowej (Tytko 2011).

Polska to kraj w którym węgiel kamienny jest najpopularniejszym paliwem kopalnianym. Energia wytworzona podczas jego przetwarzania to 78% energii pierwotnej, z której korzystamy. Kolejne 4% uzyskujemy dzięki ropie naftowej, a tylko 4% całkowitej energii pierwotnej pochodzi ze źródeł innych niż wymienione. Spalanie surowców nieodnawialnych pociąga za sobą szereg niekorzystnych efektów ubocznych, np. do powietrza przedostają się ogromne ilości związków chemicznych, w tym: dwutlenku siarki, tlenków azotu, tlenku węgla, dwutlenku węgla, zmienia się skład chemiczny atmosfery (Stryczewska i in. 2012).

Głównym problemem Podhala jest wysoki poziom zanieczyszczenia powietrza. Wysokie ceny gazu nie pomagają w ograniczeniu tzw. niskiej emisji, dlatego tak ogromne znaczenie ma znalezienie rozwiązań ekologicznych, a przy tym opłacalnych.

Krauszów jest jedną z najstarszych osad na Podhalu, założoną przez cystersów w 1333 roku. Administracyjnie znajduje się w województwie małopolskim, w centralnej części powiatu nowotarskiego, w zachodniej części gminy Nowy Targ. Całkowita powierzchnia badanego obszaru to 693 ha (Program Ochrony Środowiska dla Gminy Nowy Targ 2004).

Celem pracy była ocena zmienności dopływu całkowitego promieniowania słonecznego na terenie Krauszowa w 2014 roku oraz wskazanie optymalnych warunków lokalizacji mikro, małych oraz średnich elektrowni słonecznych.

## **MATERIAŁ I METODY**

Podstawą w opracowaniu były: mapa katastralna i topograficzna Polski w skali 1:10000, oraz numeryczny model terenu (NMT).

Mapy pozyskano jako warstwę WMS (*ang. Web Map Service*) z serwisu „Geoportal 2” ([www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl)), w układzie współrzędnych 1992 (EPSG:2180). Stosunkowo wysoka jakość danych pozwoliła na sprawdzenie użytkowania na badanych terenie oraz co ważniejsze, wektoryzację bardzo małych działek. NMT pobrano w formacie GeoTIFF ze strony internetowej „earthexplore” ([www.earthexplorer.usg.gov](http://www.earthexplorer.usg.gov)) w deklarowanej rozdzielczości 30 m/piksel.

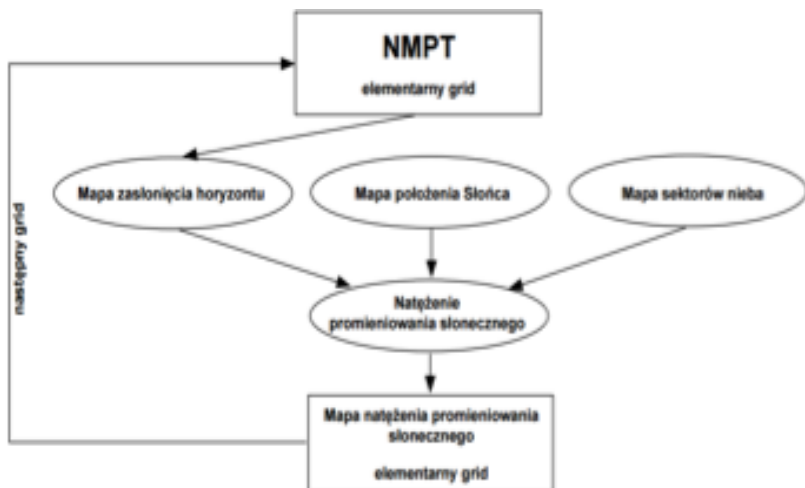
W programie QGIS 12.2.0 – Lyon ([www.qgis.org](http://www.qgis.org)) stworzono mapę użytkowania i pokrycia terenu. Następnie w oparciu o rastrową mapę katastralną wektoryzowano działki, których mikroskopijne wielkości spowodowały zawężenie wykonywanej analizy do centralnej części Krauszowa, ograniczonej od północy oraz południa drogami głównymi.

Sumy całkowitego promieniowania słonecznego wymodelowano za pomocą programu ArcMap 10.3.0 ([www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)) rozszerzonego o funkcjonalność „Spatial Analyst”. W celu obliczenia tych sum program ArcMap wykorzystuje algorytm (ryc. 1.), który bazuje na NMT i uwzględnia parametry związane z położeniem geograficznym, przysłonięciem horyzontu, ekspozycją i spadkiem terenu, rozpraszaniem oraz przezroczystością atmosfery (tab. 1.).

Ryc. 1. Algorytm wyznaczania całkowitego promieniowania słonecznego (Wojkowski J., 2007. Modelowanie składników bilansu promieniowania z wykorzystaniem GIS oraz zobrazowań teledetekcyjnych Pamiętnik Puławski, Z. 144, Puławy, s. 155-167)

Tab. 1. Ustawienia parametrów narzędzia Area Solar Radiation

Input raster	NMT.tif
Output global radiation raster	...
Latitude (optional)	50,18804314
Sky size / Resolution (optional)	200
Time configuration (optional)	Whole year with monthly interval
Date / Time settings	Year: 2014
Hour interval (optional)	0,5
Topographic parameters	
Z factor (optional)	1



Slope and aspect input type (optional)	FROM_DEM
Calculation directions (optional)	32
Radiation parameters	
Zenith divisions (optional)	8
Azimuth (optional)	8
Diffuse model type (optional)	UNIFORM_SKY
Diffuse proportion (optional)	0,3
Transmittivity (optional)	0,5

Wymodelowaną w ten sposób mapę natężenia promieniowania słonecznego dla roku 2014 wprowadzono do programu QGIS 2.12.0 – Lyon. Obraz rastrowy został przekonwertowany na plik wektorowy za pomocą narzędzia „poligonizuj”. Otrzymana warstwa wektorowa została poddana klasyfikacji, ze względu na ilość docierającej energii słonecznej.

Zmodyfikowano opracowany przez Stachurę (2009) sposób waloryzacji w którym uwzględniony jest cały zakres docierającego promieniowania słonecznego. Założono, że przekonwertowana energia elektryczna zasilać będzie lodówkę, której codzienne zapotrzebowanie mocy wynosi 3,3 kW. Za wskaźnik pokrycia zapotrzebowania energii przyjęty został wynik dzielenia średniej dziennej sumy całkowitego promieniowania słonecznego i zapotrzebowania mocy dla lodówki.

Na tej podstawie opracowanych zostało sześć klas potencjału solar-  
nego.

Przyjęta modyfikacja to zawężenie przedziału do 4 klas: bardzo  
dobrej, dobrej, średniej oraz słabej / złej, którym przypisane zostały  
poszczególne kolory (tab. 2.)

Tab. 2. Ilość docierającej energii słonecznej a klasy potencjału insolacyjnego

Klasy potencjału insolacyjnego	Opis klasy potencjału insolacyjnego	Ilość energii słonecznej [kWh·m <sup>2</sup> ]
1	bardzo dobra	> 1080
2	dobra	960 – 1080
3	średnia	840 – 960
4	słaba/zła	< 840

Zgodnie z ustawą o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2015  
poz. 478), instalacje wykorzystujące promieniowanie słoneczne  
możemy podzielić w zależności od zainstalowanej mocy energetyc-  
znej, wyróżniamy:

mikroinstalacje – zainstalowana moc energetyczna nie przekrac-  
za 40 kW

W niniejszej pracy dokonano dodatkowego podziału, ze względu  
na lokalizację:

na działkach gruntowych o mocy do 40 kW

na dachach o mocy do 10 kW

małe elektrownie słoneczne – mianem tym określane są te o  
mocy od 40 do 200 kW

średnie elektrownie słoneczne – zainstalowana moc to zakres od  
200 kW do 1 MW

duże elektrownie słoneczne – wytwarzają moc ponad 1 MW

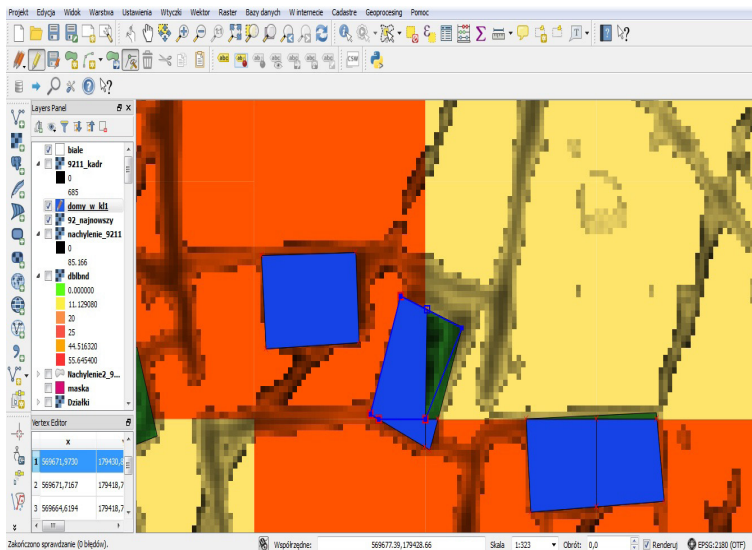
Jako przykładowy został wybrany moduł fotowoltaiczny mo-  
nokrystaliczny o mocy 250W, oraz wydajności rzędu 15,51%, pro-  
dukowany w Niemczech przez firmę Solar World ([www.superenergia.com](http://www.superenergia.com)), którego wymiary to: długość: 1675 mm, szerokość: 1001 mm,  
wysokość: 33 mm. Istnieje zależność pomiędzy wielkością pane-  
lu fotowoltaicznego, co za tym idzie powierzchnią pod instalację, a  
mocą elektrowni słonecznej. By zminimalizować efekt rzucania cie-

nia przez nachylony panel przyjęto, że szerokość powierzchni, którą powinien zajmować, jest trzykrotnie większa od jego własnej. Zadana moc elektrowni słonecznej podzielono przez moc pojedynczego panelu, czego wynikiem była liczba sztuk paneli. Znając wymaganą powierzchnię oraz ich ilość, obliczono minimalny obszar, który powinien być zachowany. Maksymalna powierzchnia pod mikroinstalację na połaci dachowej to 67 m<sup>2</sup>, pod małą elektrownię słoneczną to przedział 0,1 – 0,4 ha, oraz 0,4 – 2,0 ha dla średnich elektrowni.

Kryteriami przy wyborze lokalizacji inwestycji były nie tylko wielkość powierzchni obiektu czy poziom radiacji słonecznej. W pobliżu miejsca budowy nie powinny występować tereny zadrzewione czy zalesione. Przez miejscowość Krauszów przepływa rzeka Czarny Dunajec, oprócz niej występują również mniejsze cieki, które przecinając działkę, dyskwalifikowały ją w wykonywanej analizie.

Optymalne tereny inwestycyjne określono przez pomnożenie warstw z klasami potencjału insolacyjnego oraz wektoryzowanych działek czy dachów. Wynikiem wykonanej analizy są miejsca – działki, odpowiednie pod inwestycję w instalację fotowoltaiczną.

Przyjęto, że o przypisaniu do danej klasy obiektu leżącego na pograniczu klas decydować będzie procent zajmowanego przez nie obszaru. Przykładowo, zgodnie z tą ogólną zasadą, powierzchnie znajdujące się przynajmniej w 50% w klasie pierwszej stwarzają bardzo dobre warunki do budowy elektrowni słonecznej (ryc. 2.).



Ryc. 2. Korekty wykonywane manualnie w programie QGIS 2.12.0 – Lyon[opracowanie własne]

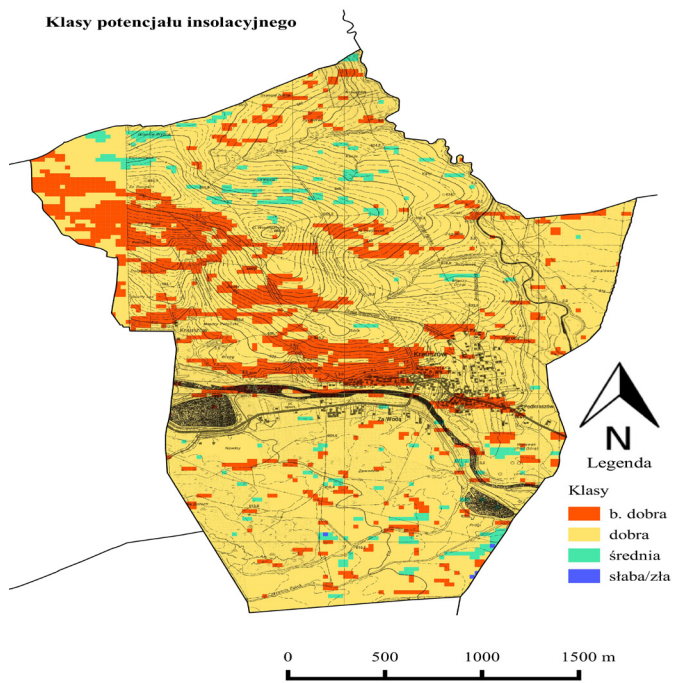
## WYNIKI

Z przeprowadzonych analiz wynika, że roczny przestrzenny rozkład promieniowania Słońca wymodelowany dla roku 2014 mieści się w granicach minimalnych i maksymalnych przyjętych dla Polski. W Krauszkowie kształtuje się on w przedziale od 760 do 1200 kWh·m<sup>-2</sup>.

Największe sumy całkowitego promieniowania słonecznego zaobserwować możemy w miesiącach letnich. W lipcu wyniosły one od 138,4 do 177,3 kWh·m<sup>-2</sup>, najmniejsze natomiast rzędu 3,3 – 13,5 kWh·m<sup>-2</sup> wystąpiły w miesiącu grudniu.

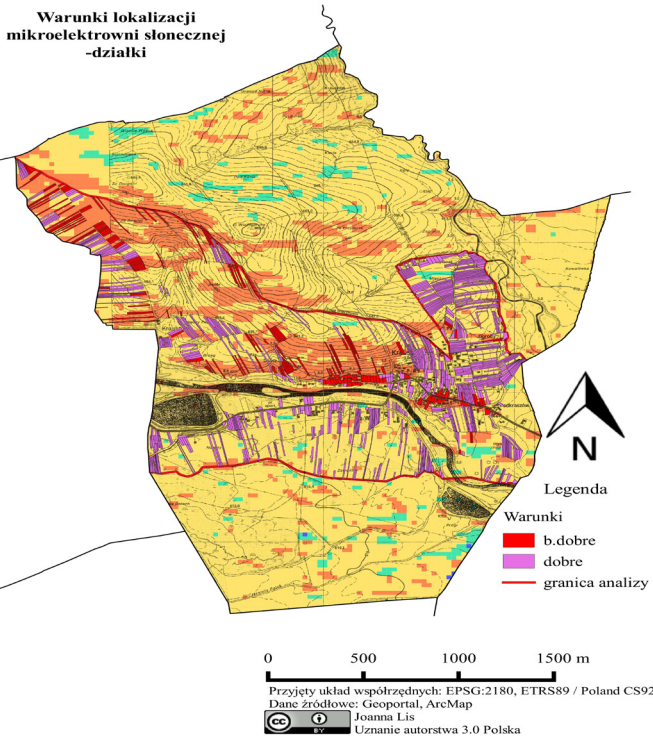
Ponad trzy czwarte badanego obszaru znajduje się w dobrej klasie potencjału insolacyjnego. Tereny położone w klasie bardzo dobrej ukształtowały się w postaci pasa, rozciągniętego na północny – wschód, począwszy od centralnej części Krauszowa. Niewielki odsetek wynoszący 3,33% analizowanego obszaru stanowią działki usytuowane w klasie średniej, to w głównej mierze północna część miejscowości. Poniżej 1% powierzchni zajmują tereny na których

inwestycja wykorzystująca promieniowanie słoneczne byłaby nieuzasadniona ekonomicznie (ryc. 3.).



Ryc. 3. Klasy potencjału insolacyjnego. Klasa b. dobra, gdy ilość docierającej energii słonecznej jest większa niż  $1800 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ , dobra to zakres  $960 - 1800 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ , średnia kształtuje się w przedziale  $840 - 960 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ , natomiast słaba/zła poniżej  $960 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$   
[opracowanie własne]

Zwektoryzowanych w pierwszym kroku zostało 2662 działek, z tego 260 zostało wyeliminowanych, ze względu na lokalizację uniemożliwiającą realizację inwestycji. Do budowy mikroinstalacji słonecznych, w warunkach dobrych zakwalifikowanych zostało 3001 działek, oraz 215 w warunkach bardzo dobrych (ryc. 4.).

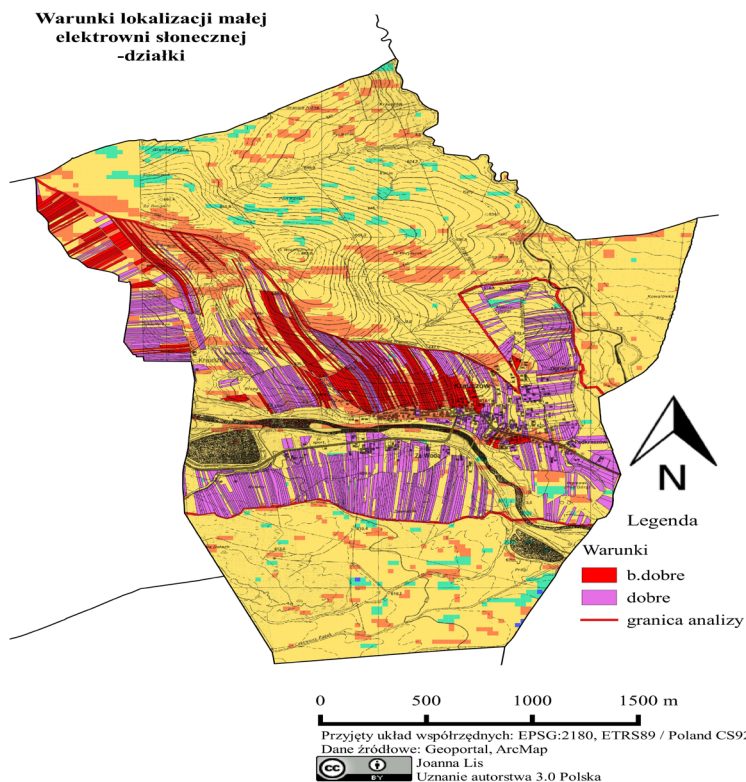


Ryc. 4. Warunki lokalizacji mikroelektrowni słonecznych na działkach. Warunki b. dobre, gdy ilość docierającej energii słonecznej jest większa niż  $1800 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ , dobre to zakres  $960 - 1800 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$  [opracowanie własne]

Ryc. 5. Warunki lokalizacji małych elektrowni słonecznych na działkach. Warunki b. dobre, gdy ilość docierającej energii słonecznej jest większa niż  $1800 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ , dobre to zakres  $960 - 1800 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$  [opracowanie własne]

Kolejny przedział stanowią działki o powierzchni w granicach  $0,1 - 0,4 \text{ ha}$ . Kryterium to spełnia 1133 działek, z czego 397 usytuowanych jest w klasie bardzo dobrej, a pozostałe 724 – dobrej. Brane są one pod uwagę przy inwestycji w małe elektrownie słoneczne o mocy  $40 - 200 \text{ kW}$  (ryc. 5.).

W zostało w warunkach bardzo dobrych 11, natomiast w warunkach dobrych 40 obiektów (ryc. 6.).  $1800 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ , dobre to zakres

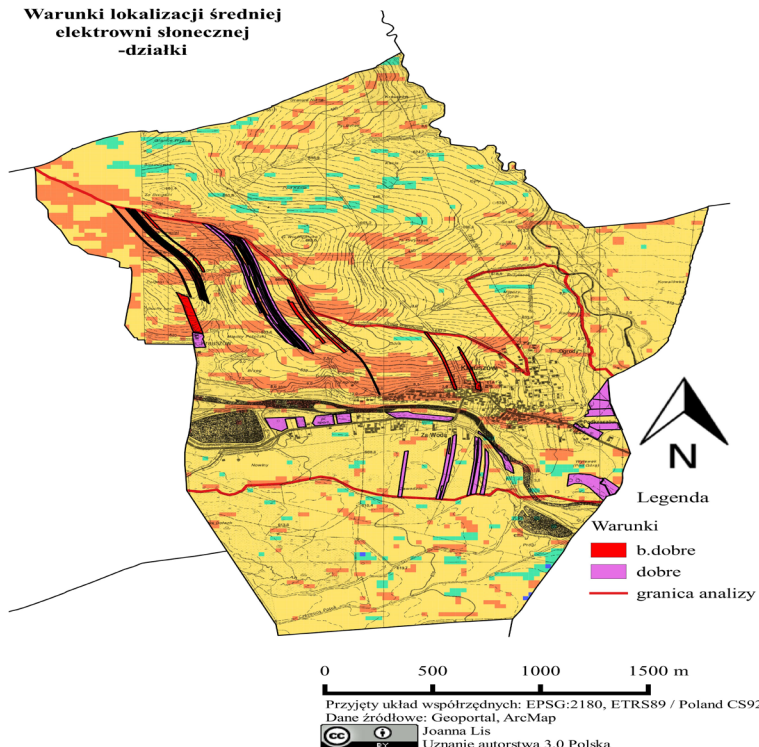


960 – 1800 kWh·m<sup>-2</sup> [opracowanie własne]

Ryc. 6. Warunki lokalizacji średnich elektrowni słonecznych na działkach. Warunki b. dobre, gdy ilość docierającej energii słonecznej jest większa niż Przeznaczonych pod średnie elektrownie o mocy 200 – 1000 k

Ostatni już podział stanowią mikroinstalacje o zadanej mocy do 10 kW, usytuowane na powierzchniach połaci dachowych. W zakresie klasy dobrej znajduje się 348 domów, co daje ponad 70% analizowanej całości, klasa bardzo dobra to natomiast 164 połacie dachowe zabudowania prawego brzegu rzeki Czarny Dunajec (ryc. 7.).

### Warunki lokalizacji średniej elektrowni słonecznej -działki



## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Analiza GIS pozwoliła na wskazanie optymalnych działek oraz połączeń dachowych pod inwestycje w panele fotowoltaiczne.

Ryc. 7. Warunki lokalizacji mikroelektrowni słonecznych na połaciach dachowych. Warunki b. dobre, gdy ilość docierającej energii słonecznej jest większa niż  $1800 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ , dobre to zakres  $960 - 1800 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$  [opracowanie własne]

Na terenie Krauszowa optymalne, bardzo dobre warunki, gdzie dopływa najwięcej promieniowania słonecznego posiadają tereny ukształtowane jako pas, rozciągający się od centralnej części Krauszowa na północny – zachód. Ponad 75% analizowanego obszaru stwarza dobre warunki pod inwestycje w panele fotowoltaiczne.

Celem przeprowadzonej analizy było wskazanie konkretnych



- Stachura T. 2009. Waloryzacja terenów wiejskich pod kątem wykorzystania energii słonecznej przy użyciu geograficznych systemów informacyjnych. Zeszyty Naukowe UR. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego Kraków. T II. s. 605-613.
- Stryczewska H.D. Nalewaj K. Pawłat J. Ratajewicz-Mikołajczak E. Golema R. 2012. ENERGIE ODNAWIALNE. Przegląd technologii i zastosowań. Politechnika Lubelska. Lublin.
- Tytko R. 2011. Odnawialne źródła energii. OWG. Warszawa.
- Wojkowski J. 2007. Modelowanie składników bilansu promieniowania z wykorzystaniem GIS oraz zobrazowań teledetekcyjnych. Pamiętnik Puławski. Puławy. Z. 144 s. 155-167.
- Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii. Dz.U. 2015 poz. 478
- Program Ochrony Środowiska dla Gminy Nowy Targ. 2004. Nowy Sącz.  
[www.arcgis.com](http://www.arcgis.com), 01/2016  
[www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov), 01/2016  
[www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl), 01/2016  
[www.qgis.org](http://www.qgis.org), 01/2016  
[www.solaris18.blogspot.com](http://www.solaris18.blogspot.com), 01/2011

### **Afiliacja:**

dr inż. Tomasz Stachura  
*e-mail*: [t.stachura@ur.krakow.pl](mailto:t.stachura@ur.krakow.pl)

inż. Joanna Lis  
*e-mail*: [lis.joanna112@gmail.com](mailto:lis.joanna112@gmail.com)

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie



**OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA  
ENERGII SŁONECZNEJ PRZY UŻYCIU  
NARZĘDZI GIS NA PRZYKŁADZIE  
MIEJSCOWOŚCI LEWNIOWA DLA ROKU 2014**

**ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY  
OF USING SOLAR ENERGY BY GIS TOOLS  
ON LEWNIOWA VILLAGE EXAMPLE IN 2014**

**Abstrakt.** Praca miała na celu wybór optymalnych miejsc pod inwestycje wykorzystujące energię słoneczną. W wyniku modelowania wykonanego w programie ArcMap 10.3.1 za pomocą narzędzia Area Solar Radiation dokonano analizy dopływu potencjalnego promieniowania na terenie miejscowości Lewniowa. W tym celu wykorzystano Numeryczny Model Terenu (NMT) o rozdzielczości 30 m/piksel, pobrany ze strony [www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov). W wyniku analizy otrzymano mapę sumy rocznego promieniowania słonecznego, jakie dociera do powierzchni Ziemi. Następnie, na podstawie zaproponowanej przez autora publikacji Tomasza Stachury metody waloryzacji powierzchni pod kątem wykorzystania energii słonecznej, teren podzielono na 4 klasy potencjału insolacyjnego. Stwierdzono, że ponad połowa całkowitej powierzchni miejscowości Lewniowa stanowią grunty o dobrej i bardzo dobrej klasie potencjału insolacyjnego, na których suma energii słonecznej dopływającej w ciągu roku wynosi ponad 960 kWh·m<sup>-2</sup>.

**Słowa kluczowe:** *Energia słoneczna; Fotowoltaika; Geograficzne Systemy Informacyjne; Odnawialne Źródła Energii*

**Abstract.** The purpose of this thesis was selection of optimal sites for solar energy investment. As a result of modeling performed in the ArcMap 10.3.1 using Area Solar Radiation tool, the potential sun radiation analysis in the village Lewniowa was made. For this purpose a Digital Terrain Model (DTM) with resolution of 30 m/pixel, obtained from the website [www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov), was used. The result of analysis was a map of total annual solar radiation. Basing on the method of valuation of space for utilization of solar energy by Tomasz Stachura co-author of this publication, the area was divi-

ded into 4 classes of insolation. It was found that more than half total area of the village Lewniowa are a land of good and very good class of insolation potential, where the sum of the incoming solar energy per year is more than 960 kWh·m<sup>-2</sup>.

**Key words:** *Solar energy; Photovoltaics; Geographic Information System (GIS); Renewable Energy Sources*

## WSTĘP

Źródła energii możemy podzielić na odnawialne i nieodnawialne. Wśród tych pierwszych wyróżniamy energię: słoneczną, wiatrów, fal i pływów morskich, energię skorupy ziemskiej, rzek, biomasy oraz odpadów. Źródła energii nieodnawialnej, to między innymi węgiel, ropa, gaz ziemny.

Obecne zapotrzebowanie na energię na świecie zaspokajane jest poprzez eksploatację surowców kopalnych. Całkowite ich zasoby szacowane są na  $1,2 \cdot 10^{14}$  MWh, w tym ropa naftowa stanowi  $2,1 \cdot 10^{13}$  MWh. Zużycie paliw w roku 2000 zostało ocenione na poziomie  $6 \cdot 10^{11}$  MWh. Z przeprowadzonych prognoz zużycia energii wynika, że złoża surowców kopalnych wystarczą zaledwie na około 50 lat. Ze względu na wzrost liczby ludności na świecie, ciągły rozwój gospodarczy i w konsekwencji większe zużycie paliwa, wzrosło zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii [Wacławek i Rodziewicz 2011].

Zasoby i źródła energii odnawialnej są właściwie nieograniczone. Ponadto jest to tzw. „czysta energia”, czyli jej produkcja nie wytwarza zanieczyszczeń i nie wywiera szkodliwego wpływu na środowisko. Minusem jest to, że potencjał źródeł energii odnawialnej jest rozproszony. W związku z tym, należy zwiększyć nakłady inwestycyjne w celu ich skoncentrowania.

Energię słoneczną można konwertować na przykład na energię elektryczną, poprzez panele fotowoltaicznym, których sprawność z roku na rok rośnie, a cena maleje, dzięki czemu mogą znaleźć coraz powszechniejsze zastosowanie [Chaar i in. 2011].

## CEL

Celem pracy była ocena przestrzennego rozkładu promieniowania słonecznego w ciągu roku 2014 ze wskazaniem przy użyciu analizy przestrzennej GIS najlepszych miejsc pod inwestycję fotowoltaiczną w miejscowości Lewniowa.

## MATERIAŁ I METODY

Do analizy wykorzystano programy QGIS 2.10.1 [www.qgis.org, 01/2016] i ArcGIS 10.3.1. [www.arcgis.com, 01/2016]. Modelowanie promieniowania słonecznego zrobiono w oparciu o numeryczny model terenu (NMT) o rozdzielczości 30 m/piksel, który został pozyskany z serwisu earthexplorer.usgs.gov. Pobrany numeryczny model terenu wczytano do ArcMap 10.3.1 z rozszerzeniem Spatial Analyst. Przy użyciu narzędzia Area Solar Radiation dokonano analizy dopływu potencjalnego promieniowania dla miejscowości Lewniowa. Model uwzględnia parametry związane z: położeniem geograficznym, przysłonięciem horyzontu, ekspozycją i spadkiem terenu, rozpraszaniem promieniowania, przezroczystością atmosfery (tab. 1.). Wynikiem modelowania były mapy rozkładu całkowitego promieniowania słonecznego dla poszczególnych miesięcy i całego 2014 roku.

Tab. 1. Ustawienia parametrów podczas wykonywania Area Solar Radiation

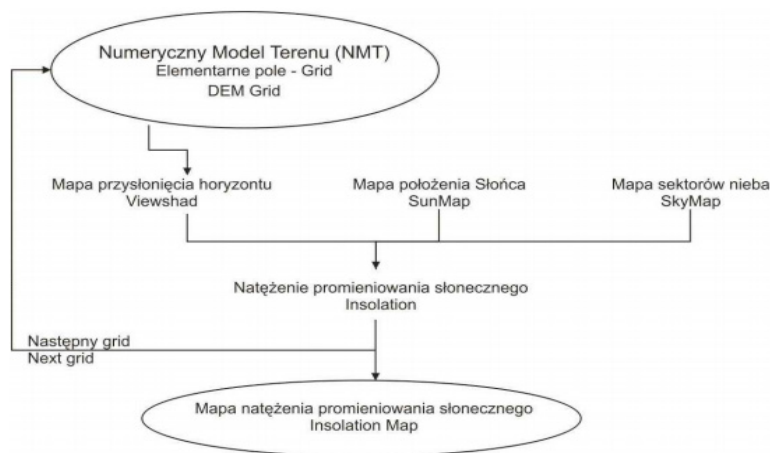
Input raster	NMT.tif
Output global radiation raster	...
Latitude (optional)	50,18804314
Sky size / Resolution (optional)	200
Time configuration (optional)	Whole year with monthly interval
Date / Time settings	Year: 2014
Hour interval (optional)	0,5
Topographic parameters	
Z factor (optional)	1
Slope and aspect input type (optional)	FROM_DEM
Calculation directions (optional)	32

Radiation parameters	
Zenith divisions (optional)	8
Azimuth (optional)	8
Diffuse model type (optional)	UNIFORM_SKY
Diffuse proportion (optional)	0,3
Transmittivity (optional)	0,5

Do obliczenia dopływu promieniowania słonecznego podczas modelowania oprogramowanie wykorzystuje algorytm (ryc. 1.) zaproponowany i zaimplementowany przez Rich'a [Rich 1994].

Mapę katastru dla wsi Lewniowa wykonano w oparciu o dane rastrowe w postaci WMS (Web Map Service) dostępne na stronie [www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl), które zwektoryzowano w QGIS 2.10.1. Na podstawie mapy katastralnej podzielono działki ze względu na wielkość powierzchni pod inwestycje w elektrownie fotowoltaiczne o różnych mocach.

Przy podziale terenu badań na klasy potencjału insolacyjnego wykorzystano i zmodyfikowano autorską metodę waloryzacji powierzchni pod kątem wykorzystania energii słonecznej dr inż. Tomasza Stachury. Metoda polega na wykorzystaniu wartości minimalnych i maksymalnych sumy rocznego promieniowania, występujące na badanym terenie dla danego roku. Zaproponowano przedziały, co 50  $\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}$ , a następnie, w celu uzyskania informacji o średniej dziennej sumie promieniowania słonecznego, podzielono otrzymane skrajne wartości przedziałów przez 365. Przyjęto, że energia słoneczna będzie konwertowana na elektryczną i wykorzystywana do zasilenia lodówki o dziennym zapotrzebowaniu mocy 3,3 kW. Następnie ustalono wskaźniki pokrycia zapotrzebowania energii elektrycznej poprzez podzielenie wartości średnich dziennych sum całkowitego promieniowania przez wartość 3,3 kW. W kolejnym kroku dokonano klasyfikacji na podstawie tak obliczonego wskaźnika pokrycia zapotrzebowania energii. Przyjęto 6 klas; najlepsza klasa – A, o wskaźniku większym lub równym 1.0 (całkowite pokrycie zapotrzebowania) i najgorsza – F, o wskaźniku pokrycia zapotrzebowania mniejszym niż 60% [Stachura 2009].



Ryc. 1. Schemat algorytmu określającego dopływ całkowitego promieniowania słonecznego [Stachura T. 2009, s. 605-613]

Powyższą metodę zmodyfikowano ze względu na wartości minimalne i maksymalne sumy rocznego promieniowania słonecznego. Opracowano 4 klasy potencjału insolacyjnego; najlepsza klasa – bardzo dobra, dobra, średnia, słaba i zła (tab. 2.).

Tab. 2. Klasyfikacja potencjału solarnego z wartościami progowymi

Klasy potencjału insolacyjnego	Opis klasy potencjału insolacyjnego	Ilość energii słonecznej [kWh·m <sup>-2</sup> ]
1	Bardzo dobra	>1080
2	Dobra	960 – 1080
3	Średnia	840 – 960
4	Słaba i zła	<840

Przy ustaleniu klasyfikacji działek ze względu na powierzchnię, jaką będą zajmowały elektrownie poszczególnych klas, uwzględniono wielkość powierzchni zajmowanej przez pojedyncze panele fotowoltaiczne. Założono, że panele będą usytuowane bezpośrednio na gruncie. Wybrano przykładowy model panelu: SPV-240-60 240Wppoly (<http://soleopv.pl/panele-fotowoltaiczne/>) o wymiarach 1640x990x40mm, o mocy maksymalnej 240 W i sprawności 14,78%. Obliczając powierzchnię zajmowaną przez pojedynczy panel

wykorzystano regułę, że szerokość obszaru, który zajmuje, równa się potrójnej szerokości panelu ( $d=3 \cdot b$ ). Następnie znając moc elektrowni, podzielono ją przez moc pojedynczego panelu, uzyskując wymaganą ilość paneli. Mnożąc ilość paneli i ich powierzchnię, otrzymano wymagany obszar pod inwestycje w elektrownie o określonej mocy.

Działki miejscowości Lewniowa zostały podzielone na 4 klasy, ze względu na powierzchnię, jaką będą zajmowały elektrownie poszczególnych kategorii (ryc. 4., tab. 3). Przyjęto, że inwestycje będą wykonywane jedynie na terenach o 1 i 2 klasie potencjału solarne.

Tab. 3. Podział wielkości elektrowni na podstawie Ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii

Wielkość elektrowni	Moc elektrowni [kW]	Powierzchnia pod elektrownię [ha]
Mikro	< 40	0,025 – 0,1
Mała	40 – 200	0,1 – 0,4
Średnia	200 – 1000	0,4 – 2,0
Duża	> 1000	> 2,0

W analizie uwzględniono również połacie dachowe, na których mogą być zainstalowane mikroinstalacje słoneczne o mocy do 10 kW.

W programie QGIS dokonano analizy za pomocą jednego z narzędzi geoprocесingu – iloczynu, w celu wyszukania części wspólnej działek i terenów o 1 i 2 klasie potencjału solarne. Dzięki temu otrzymano działki o optymalnych warunkach do inwestycji w elektrownie fotowoltaiczne o różnych mocach, a także połacie dachowe, na których będzie uzasadnione zainstalowanie paneli fotowoltaicznych.

## WYNIKI

### Modelowanie promieniowania słonecznego

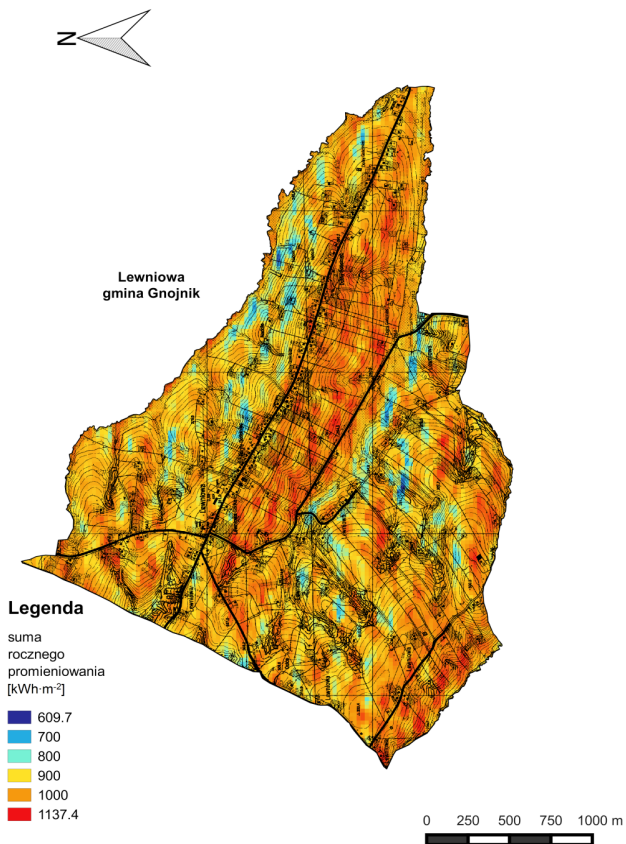
Tab. 4. Tabełaryczne zestawienie wartości promieniowania słonecznego w poszczególnych miesiącach i w skali całego roku 2014

Miesiąc	Wartość promieniowania		
	min [kWh·m <sup>-2</sup> ]	max [kWh·m <sup>-2</sup> ]	średnie [kWh·m <sup>-2</sup> ]

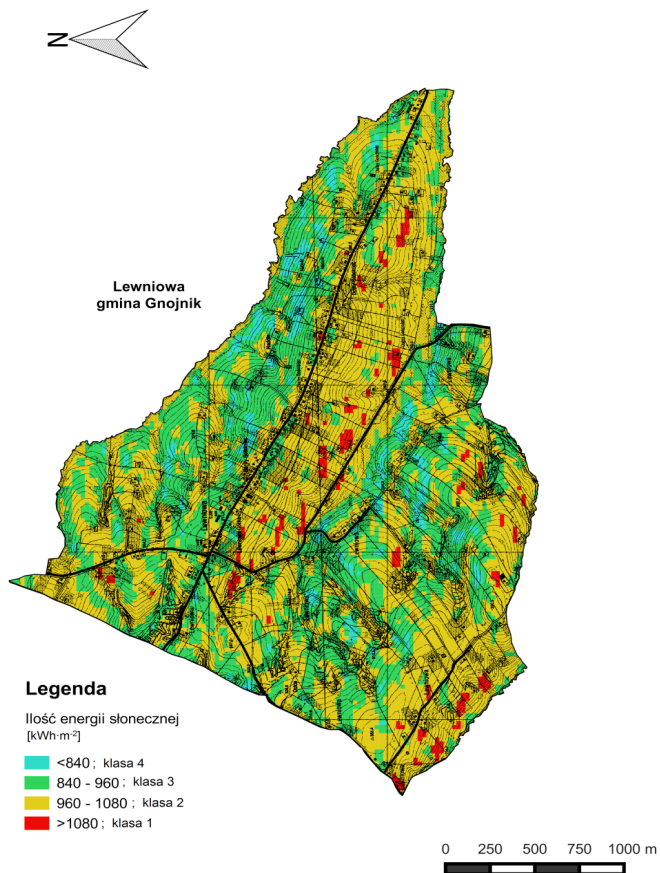
styczeń	2.2	23.9	13.05
luty	4.6	45.9	25.25
marzec	9.8	92.4	51.1
kwiecień	14.8	133.2	74
maj	20.4	171	95.7
czerwiec	22.9	179.1	101
lipiec	21.9	177.8	99.85
sierpień	16.9	149.5	83.2
wrzesień	11.3	105.9	58.6
październik	6.1	59.4	32.75
listopad	2.7	28.1	15.4
grudzień	1.6	17	9.3
rok	609.7	1137.4	873.6

Wartości miesięcznego promieniowania słonecznego w 2014 należą do przedziału  $2,2 \div 179,1 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ . Wartości minimalne promieniowania wystąpiły w miesiącach od października do marca, natomiast wartości maksymalne wystąpiły przede wszystkim w miesiącach wiosennych i letnich. Suma rocznego promieniowania słonecznego zawierała się w przedziale  $609,7 \div 1137,4 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ , wartość średniego rocznego promieniowania wynosi  $873,6 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$  (Tab. 4.).

Największy udział średniego miesięcznego promieniowania w ciągu całego roku miały miesiące letnie – czerwiec i lipiec, łącznie stanowią 30% całkowitego promieniowania. Najmniejszy udział odnotowano dla: listopada, grudnia i stycznia, stanowiąc odpowiednio 2, 1 i 2% rocznej sumy promieniowania.



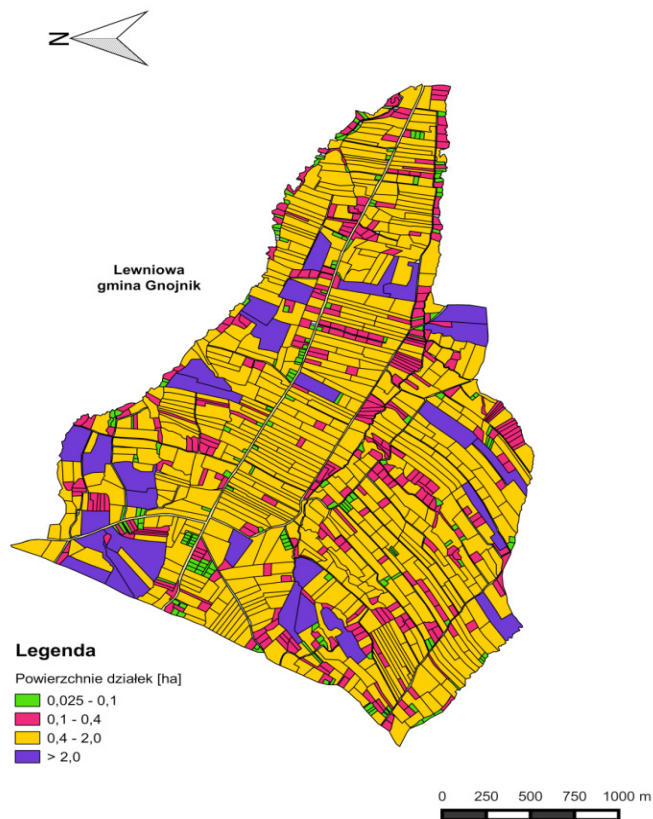
Ryc. 2. Mapa sumy promieniowania słonecznego w ROKU 2014 w miejscowości Lewniowa [opracowanie własne]



Ryc. 3. Podział na klasy potencjału insolacyjnego dla miejscowości Lewniowa [opracowanie własne]

Podział na klasy potencjału insolacyjnego. W wyniku waloryzacji teren został podzielony na 4 klasy potencjału insolacyjnego (Ryc. 3.,

Tab. 2.). Obszary należące do klasy 1 i 2 mają bardzo dobrą i dobrą możliwość pozyskiwania i wykorzystania energii słonecznej. Zajmują one powierzchnię 354,7 ha, co stanowi 56% całej miejscowości. Klasa 3 i 4 obejmują 275,25 ha, czyli 44%. Ilość energii słonecznej docierającej do tych terenów spadała poniżej 960 kWh·m<sup>-2</sup>. Ustalono, że inwestycja w fotowoltaikę będzie uzasadniona na terenach, które należą do 1 i 2 klasy.



Ryc. 4. Podział działek ze względu na wielkość powierzchni zajmowanej przez elektrownie poszczególnych kategorii [opracowanie własne]

Powierzchnia całej miejscowości wynosi 630 ha.

Sto osiemdziesiąt pięć działek o powierzchni z przedziału  $0,025 \div 0,1$  ha zajmuje 18,4 ha. 66% tych działek (czyli 123) zajmują powierzchnię 11,2 ha. Leżą na terenie o 1 i 2 klasie potencjału insolacyjnego, tym samym spełniając postawione wymagania i mogą być przeznaczone są pod inwestycje w mikro elektrownie o mocy do 40 kW.

Kolejny przedział stanowią działki o powierzchni  $0,1 \div 0,4$  ha. To kryterium spełnia 329 działek o łącznej powierzchni 81,87 ha. 189, czyli 57% spośród nich leży na terenie o 1 i 2 klasie potencjału insolacyjnego. Zajmują powierzchnię 47,48 ha. Przeznaczone są pod małe elektrownie o mocy  $40 \div 200$  kW.

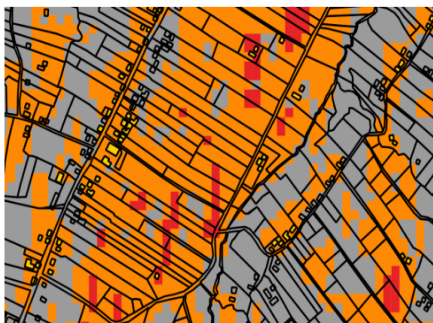
Działki o powierzchni  $0,4 \div 2,0$  ha zajmują 428,96 ha, ich liczba wynosi 553. Ponad 50% spośród nich, czyli 289 leży na terenie o klasie 1 i 2 potencjału insolacyjnego. Zajmują powierzchnię 231,11 ha. Usytuowane są głównie w centralnej i południowej części miejscowości. Przeznaczone mogą być pod średnie elektrownie o mocy  $200 \div 1000$  kW.

Ostatni przedział stanowią działki o powierzchni powyżej 2,0 ha. Na terenie miejscowości znajduje się 29 takich działek o łącznej powierzchni 77,23 ha. 18 spośród nich, 62%, leży na terenie o 1 i 2 klasie potencjału insolacyjnego. Ich łączna powierzchnia wynosi 48,33 ha. Przeznaczone mogą być pod duże elektrownie o mocy powyżej 1000 kW.

Wybór domów pod lokalizację w mikroinstalacje fotowoltaiczne

### Legenda

- 1 klasa potencjału insolacyjnego
- 2 klasa potencjału insolacyjnego
- 3 i 4 klasa potencjału insolacyjnego
- dachy
- dachy przeznaczone pod mikro instalacje fotowoltaiczne



Ryc. 5. Połacie dachowe przeznaczone pod mikroinstalacje słoneczne o mocy do 10 kW [opracowanie własne]

Ponad 60% domów na terenie miejscowości Lewniowa spełnia wymagane założenia. 11 z nich (2%) leży na obszarze o 1 klasie potencjału insolacyjnego i 310 (60%) na obszarze o 2 klasie (Ryc. 5.). Pozostałe domy (38%) położone są na terenach należących do 3 i 4 klasy potencjału insolacyjnego, przez co nie spełniają założeń.

## DYSKUSJA

Ponad połowa całkowitej powierzchni miejscowości Lewniowa stanowią grunty o dobrej i bardzo dobrej klasie potencjału insolacyjnego, na których suma energii słonecznej dopływającej w ciągu roku 2014 wynosi ponad 960 kWh·m<sup>-2</sup>. Położone są one w centralnej i południowej części wsi, na wysokości powyżej 275 m n.p.m.

Wykonana analiza miała na celu wskazanie potencjalnych działek, na których uzasadnione będą inwestycje pozyskujące energię słoneczną. Działki były podzielone na 4 kategorie pod względem mocy i powierzchni jakie będą zajmowały elektrownie. W każdym przedziale ponad połowa działek to obszary, na których uzasadniona jest inwestycja w instalacje pozyskujące energię słoneczną.

W przypadku analizy domów na terenie miejscowości, na których mogą być zainstalowane mikroinstalacje słoneczne, ponad 60% leży na terenie o 1 i 2 klasie potencjału insolacyjnego. Przyjęto, że na tych domach inwestycje będą opłacalne.

Na podstawie modelowania i przeprowadzonych analiz ze względu na nieograniczone zasoby energii słonecznej i dobry po-

tencjał insulacyjny miejscowości Lewniowa, można stwierdzić, że inwestycje w instalacje o różnych mocach, pozyskujące energię słoneczną na tym terenie są jak najbardziej uzasadnione.

Geograficzne Systemy Informacyjne mają bardzo szerokie zastosowanie, są z powodzeniem wykorzystywane przy modelowaniu i analizie przestrzennej. Dzięki dużej ilości narzędzi i poleceń, możliwe jest zadawanie zapytań przestrzennych i wyszukiwanie interesujących nas terenów.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Chaar L. El, lamont L.A., Zein N. El. 2011. Review of photovoltaic Technologies Review Article, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 2165–2175.
- Rich P.M. 1994. Using viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers.
- Stachura T. 2009. Waloryzacja terenów wiejskich pod kątem wykorzystania energii słonecznej przy użyciu geograficznych systemów informacyjnych. Zeszyty Naukowe UR. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego. Kraków. T II, s. 605-613.
- Waślawek M., Rodziejewicz T. 2011. Ogniwa słoneczne wpływ środowiska naturalnego na ich pracę. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Warszawa. s. 17.
- [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com), 01/2016
- [www.qgis.org](http://www.qgis.org), 04/2016

### **Afiliacja:**

dr inż. Tomasz Stachura  
*e-mail*: t.stachura@ur.krakow.pl

inż. Joanna Białek  
*e-mail*: joannabialek1992@gmail.com

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie



## **WYKORZYSTANIE DENDRYTU WROCŁAWSKIEGO DO OCENY STANU ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO POWIATÓW WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO**

### **ASSESSMENT OF NATURAL ENVIRONMENT OF MAŁOPOLSKA DISTRICTS USIG WROCLAW DENDRITE**

**Abstrakt.** Celem prezentowanej pracy jest ocena stanu środowiska przyrodniczego powiatów województwa małopolskiego wykonana przy użyciu dendrytu wrocławskiego. Do analizy wykorzystano 27 wskaźników podzielonych na 9 kategorii, pobranych z Banku Danych Lokalnych, które opisują stan środowiska badanego obszaru. Analiza została wykonana dla lat 2007 i 2014 ze względu na obowiązywanie w tym okresie Programu Ochrony Środowiska Województwa Małopolskiego (POŚWM). Pozwoliło to ocenić realny wpływ tego opracowania na faktyczne zmiany zachodzące w stanie środowiska i jego ochronie w poszczególnych powiatach. Wykonane rankingi powiatów dały możliwość stwierdzenia, która z jednostek jest najgorsza, a która najlepsza mając na uwadze cel badania, przy czym za najlepszą będzie uważana taka jednostka, dla której wartości analizowanych wskaźników będą najwyższe w odniesieniu do stymulant i najniższe w odniesieniu do destymulant.

**Słowa kluczowe:** *Program Ochrony Środowiska, taksonomia wrocławska, stan środowiska*

**Abstract.** The aim of this study is to assess the state of the natural environment in districts of Malopolska using Wroclaw dendrite. For the analysis 27 indicators, divided into 9 categories were used. They have been downloaded from the Local Data Bank. The indicators describe the state of the environment of the study area. The analysis was performed for the years 2007 and 2014 due to the applicability of Environment Programme of the Malopolska Region (POŚWM) in this period. This made it possible to assess the real impact of this study on the actual changes in the state of the environment and

its protection in the individual districts. The rankings of objects also helped to evaluate which of the districts is the worst and the best considering the purpose of analysis. As the best will be considered such a unit, for which the values of the analysed indicators are the highest in relation to the stimulants and the lowest in relation to destimulants.

**Key words:** *Environment Programme, Wrocław taxonomy, environment condition.*

## WSTĘP

W ostatnich latach coraz większą uwagę przywiązuje się do badań nad środowiskiem przyrodniczym [Pawlak 2015, Goudia 2013, Węgrzyn 2011]. Oddziaływanie człowieka na otoczenie zwiększało się wraz z rozwojem cywilizacji [Gołębiewska 2014]. Rozwój nauki, oraz poprawa jakości życia, mają także pewne negatywne aspekty – prowadzą bowiem do niszczenia ekosystemów [Skowroński 2006]. Podejście do określania roli środowiska w procesie rozwoju regionalnego zmieniło się na przestrzeni lat [Herodowicz 2014]. Ewolucja poglądów doprowadziła do utworzenia koncepcji rozwoju zrównoważonego (sustensywnego). Koncepcja zakłada równowagę pomiędzy rozwojem ekonomicznym, społecznym oraz środowiskowym i ma wymiar zarówno teraźniejszy jak i odnoszący się do przyszłych pokoleń [Zaucha 2012]. Pojęcie zrównoważonego rozwoju jest wpisane w treść Konstytucji RP i dyrektyw europejskich. Zasoby energetyczne i naturalne oraz problemy ekologiczne to tylko niektóre z tematów jakie poruszane są w programie „Zrównoważony Rozwój Polski” [Krupnik, Brożek 2008]. Płaczek [2012] zwraca uwagę, że wprowadzanie działań i zasad przyjaznych środowisku wpływa pozytywnie nie tylko na jakość życia, ale również stanowi źródło innowacji ekonomicznych.

Zwiększająca się świadomość społeczna spowodowała rozszerzenie działań związanych z badaniem i monitorowaniem zmian zachodzących w środowisku [Kochaniak i in. 2013]. W powstających na przestrzeni lat aktach prawa krajowego jak i międzynarodowego zapisane zostały zasady jakimi muszą kierować się jednostki samorządowe, organizacje pozarządowe krajowe i międzynarodowe oraz państwa w celu ochrony wszystkich elementów środowiska

[Jakubowska 2008]. W Polsce istnieje wiele ustaw i rozporządzeń związanych z zagadnieniami ochrony przyrody [www.gdos.gov.pl]. Należy zwrócić uwagę, że zasady ochrony środowiska wciąż ulegają zmianom prawnym i organizacyjnym [Wertz 2009].

Jednym z narzędzi wykonywania polityki ekologicznej państwa są wojewódzkie programy ochrony środowiska. Zgodnie z *Wytycznymi do opracowania wojewódzkich, powiatowych i gminnych programów ochrony środowiska* [Wytyczne... 2015] wskazane programy powinny być podstawą prawidłowego funkcjonowania systemu zarządzania środowiskiem na poziomie jednostek samorządu terytorialnego. Mają one spajać działania oraz dokumenty związane z ochroną środowiska i realizować politykę zbieżną z założeniami najważniejszych strategii i programów krajowych.

Celem niniejszego artykułu jest ocena stanu środowiska przyrodniczego w województwie małopolskim z wykorzystaniem metody dendrytu wrocławskiego oraz utworzonych rankingów powiatów. Ocena została wykonana poprzez badanie określonych wskaźników związanych ze stanem i ochroną środowiska w województwie małopolskim. Dane statystyczne zaczerpnięto z platformy Banku Danych Lokalnych Głównego Urzędu Statystycznego (BDL). Analiza dotyczyła dwóch momentów czasowych – roku 2007 oraz 2014. Odpowiedni dobór danych pozwolił nie tylko na porównanie stanu środowiska powiatów, ale także na podjęcie próby określenia wpływu Programu Ochrony Środowiska (POŚWM) na faktyczne zmiany zachodzące w środowisku przyrodniczym. Dendryt wrocławski posłużył do określenia podobieństwa między powiatami pod względem stanu i ochrony środowiska, a analiza poszczególnych wskaźników i utworzenie dla nich rankingów – na ocenę zmian jakie zaszły w badanych powiatach.

## **MATERIAŁY I METODY**

Przedmiotem prezentowanej analizy jest województwo małopolskie składające się z 22 powiatów, w tym 18 powiatów grodzkich oraz 3 powiatów ziemskich.

Wskaźniki wykorzystane w badaniu zostały dobrane w taki sposób, aby kompleksowo opisywać stan środowiska przyrodnic-

zego powiatów. Stan środowiska stanowi wypadkową oddziaływania różnorodnych przyczyn (działań na rzecz ochrony przyrody, wykorzystania zasobów naturalnych, rozwoju gospodarczego i in.) na danej przestrzeni [Sobczyk 1995]. Dobór danych statystycznych zdeterminowany był w głównej mierze analizą dokumentu POŚWM [Program ochrony... 2007]. Jeden z rozdziałów wspomnianego dokumentu zawiera diagnozę aktualnego stanu środowiska województwa małopolskiego z podziałem na poszczególne jego elementy. Ponieważ dostępność danych statystycznych dla powiatów jest ograniczona, starano się dobrać dane odnoszące się do elementów środowiska ocenianych w Programie. W związku z tym zaproponowano autorski zestaw wskaźników możliwie najpełniej odpowiadający danym statystycznym wykorzystanym w POŚWM. Drugim czynnikiem determinującym dobór danych była ich dostępność dla powiatów w wybranych okresach czasu. Wskaźniki podzielone zostały na 9 grup (od 2 do 4 wskaźników).

Tab. 1. Zestawienie wskaźników

GRUPA 1: KOMUNALNE OCZYSZCZALNIE ŚCIEKÓW	
X1	Oczyszczalnie komunalne - biologiczne [szt.]
X2	Ścieki oczyszczane w ciągu roku - oczyszczane razem [dm <sup>3</sup> ]
X3	Ludność korzystająca z oczyszczalni - ogółem [os.]
GRUPA 2: ODPADY KOMUNALNE	
X4	Zmieszane odpady zebrane w ciągu roku - ogółem na 1 mieszkańca [kg]
X5	Zmieszane odpady zebrane w ciągu roku - odpady z gospodarstw domowych przypadające na 1 mieszkańca [kg]
GRUPA 3: GOSPODARKA WODNO-ŚCIEKOWA W PRZEMYŚLE	
X6	Gospodarowanie wodą w przemyśle w ciągu roku - zużycie wody na potrzeby przemysłu [dm <sup>3</sup> ]
X7	Ścieki przemysłowe odprowadzone w ciągu roku - ścieki odprowadzone bezpośrednio do wód lub do ziemi [dm <sup>3</sup> ]
X8	Ścieki przemysłowe odprowadzone w ciągu roku - udział ścieków oczyszczonych w ściekach wymagających oczyszczenia [%]

GRUPA 4: EMISJA ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA Z ZAKŁADÓW SZCZEGÓLNIE UCIAŻLIWYCH	
X9	Emisja zanieczyszczeń pyłowych - ogółem [t/r]
X10	Emisja zanieczyszczeń pyłowych - ze spalania paliw [t/r]
X11	Emisja zanieczyszczeń gazowych - ogółem (bez dwutlenku węgla) [t/r]
X12	Emisja zanieczyszczeń gazowych - dwutlenek siarki [t/r]
GRUPA 5: ODPADY WYTWORZONE I DOTYCHCZAS SKŁADOWANE (NAGROMADZONE Z WYŁĄCZENIEM ODPADÓW KOMUNALNYCH)	
X13	Odpady wytworzone w ciągu roku - ogółem [tys. t]
X14	Odpady wytworzone w ciągu roku - poddane odzyskowi [tys. t]
X15	Powierzchnia terenów składowania odpadów - nie zrekultywowana [ha]
GRUPA 6: OCHRONA PRZYRODY I RÓŻNORODNOŚCI BIOLOGICZNEJ	
X16	Obszary prawnie chronione - ogółem [ha]
X17	Pomniki przyrody - ogółem [szt.]
GRUPA 7: TERENY ZIELENI	
X18	Tereny zieleni - parki spacerowo - wypoczynkowe ogółem (w miastach i na wsi) [ha]
X19	Tereny zieleni - lasy gminne ogółem (w miastach i na wsi) [ha]
X20	Tereny zieleni - wskaźniki - udział terenów zieleni w powierzchni ogółem [%]
X21	Nasadzenia i ubytki wg lokalizacji - nasadzenia: drzewa ogółem (w miastach i na wsi) [szt.]
GRUPA 8: ZUŻYCIEM WODY I OCZYSZCZALNIE ŚCIEKÓW	
X22	Zużycie wody na potrzeby gospodarki narodowej i ludności w ciągu roku - ogółem [dm <sup>3</sup> ]
X23	Zużycie wody na potrzeby gospodarki narodowej i ludności w ciągu roku - udział przemysłu w zużyciu wody ogółem [%]
X24	Przemysłowe i komunalne oczyszczalnie ścieków - oczyszczalnie ogółem [szt.]

X25	Przemysłowe i komunalne oczyszczalnie ścieków - ludność korzystająca z oczyszczalni ścieków miejskich i wiejskich ogółem [os.]
GRUPA 9: EFEKTY RZECZOWE INWESTYCJI OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ ODDANE W ROKU SPRAWOZDAWCZYM	
X26	Gospodarka ściekowa i ochrona wód, sieć kanalizacyjna - rodzaje sieci kanalizacyjnych: odprowadzająca ścieki – długość sieci [km]
X27	Gospodarka wodna – długość sieci wodociągowej [km]

*Źródło:* opracowanie własne na podstawie BDL

Zaprezentowana w artykule analiza została przeprowadzona za pomocą metody taksonomii wrocławskiej, która zaliczana jest do metod dendrytowych [Pociecha i in. 1988; Grabiński 1992; Panek 2009]. Metoda wykorzystywana jest do analiz i oceny warunków rozwoju jednostek terytorialnych [Gawroński i in. 2015; Szylar, Prus 2015]. Przed zastosowaniem procedury taksonomicznej spośród wszystkich wskaźników (tab. 1) dokonano wyboru cech diagnostycznych. Tarka [2010] wymienia własności jakimi powinny się one charakteryzować, są to: zawartość jak najszerszego zasobu informacji, istotność w odniesieniu do badanego zjawiska, wysoka zmienność, jednoznaczność oraz mierzalność. Dobór cech diagnostycznych wykonany został za pomocą macierzy korelacji. Z każdej z dziewięciu grup wytypowana została jedna cecha w taki sposób, aby wartości współczynników korelacji w grupie były jak najwyższe (najlepszy reprezentant), natomiast współczynniki korelacji ze wskaźnikami spoza grupy – najniższe (brak powtarzania informacji). Do badania wybrano: **X1, X4, X8, X9, X14, X16, X18, X22 i X27** (tab. 1).

Wybór dotyczy zarówno danych dla roku 2007 jak i roku 2014, co pozwala na porównanie wyników przeprowadzanych analiz. W dalszej kolejności dane zostały wystandaryzowane za pomocą metody unitaryzacji zerowanej [Walesiak 2014].

Na podstawie powyższych cech diagnostycznych utworzono rankingi powiatów. Obliczenia wykonano za pomocą arkusza kalkulacyjnego Excel 2007 oraz programu Taksonomia Numeryczna [Ko-

lenda 2006]. Wyniki analizy przedstawiono w formie kartogramu, opracowanego przy wykorzystaniu programu QGIS.

## WYNIKI I DYSKUSJA

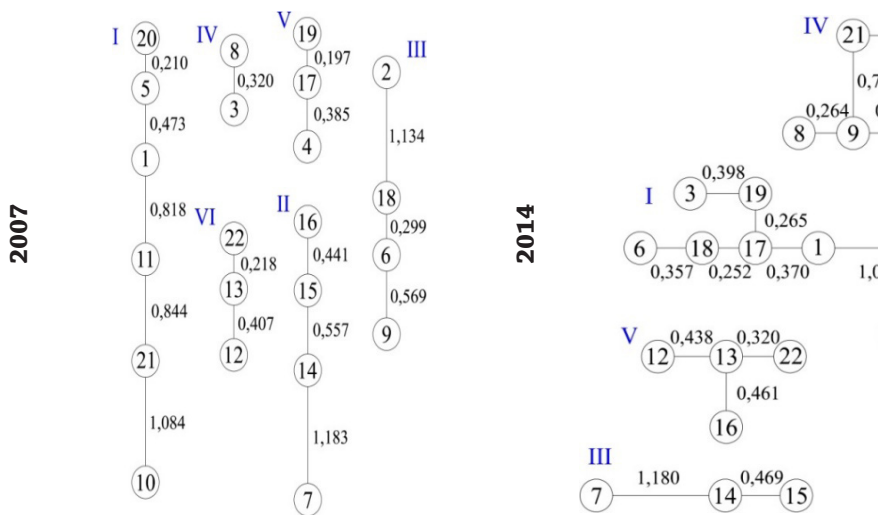
Zadaniem metod taksonomicznych jest utworzenie jednorodnych (homogenicznych) klas w taki sposób, aby do tej samej klasy należały obiekty najbardziej do siebie podobne [Wysocki 2010]. W metodzie taksonomii wrocławskiej obiekty (powiaty) grupowane są poprzez konstruowanie dendrytu. Łączenie obiektów odbywa się na podstawie macierzy odległości euklidesowych. Zawarte w niej wartości są odległościami taksonomicznymi (wartości niemianowane), wyznaczonymi w dziewięciowymiarowej przestrzeni, utworzonej na podstawie cech diagnostycznych [Śrubkowska 2002].

Tab. 2. Zestawienie powiatów i ich najbliższych sąsiadów wraz z wartościami odległości taksonomicznych

Lp.	Powiat	2007		2014	
		Najmniejsza odległość	Najbliższy sąsiad	Najmniejsza odległość	Najbliższy sąsiad
1	powiat bocheński	0.473	5	0.370	17
2	powiat krakowski	1.134	18	1.074	1
3	powiat miechowski	0.320	8	0.398	19
4	powiat myślenicki	0.385	17	0.144	5
5	powiat proszowicki	0.210	20	0.124	20
6	powiat wielicki	0.299	18	0.357	18
7	powiat m. Kraków	1.183	14	1.180	14

8	powiat gorlicki	0.320	3	0.264	9
9	powiat limanowski	0.569	6	0.264	8
10	powiat nowosądecki	1.084	21	0.950	21
11	powiat nowotarski	0.818	1	0.645	9
12	powiat tatrzański	0.407	13	0.438	13
13	powiat m. Nowy Sącz	0.218	22	0.320	22
14	powiat chrzanowski	0.577	15	0.469	15
15	powiat olkuski	0.441	16	0.469	14
16	powiat oświęcimski	0.441	15	0.461	13
17	powiat suski	0.197	19	0.252	18
18	powiat wadowicki	0.299	6	0.252	17
19	powiat brzeski	0.197	17	0.265	17
20	powiat dąbrowski	0.210	5	0.124	5
21	powiat tarnowski	0.844	11	0.792	9
22	powiat m. Tarnów	0.218	13	0.320	13

*Źródło: opracowanie własne*



Ryc. 1. Dendryty niespójne skupień rozłącznych  
 Źródło: opracowanie własne

Dla każdego powiatu należało wyszukać w macierzy odległości najbliższego sąsiada – obiekt zbioru, do którego odległość taksonomiczna jest najmniejsza (tab. 2). Na podstawie zestawienia skonstruowano dendryty niespójne (ryc. 1). Dla danych z roku 2007 utworzonych zostało 6 skupień rozłącznych, natomiast dla roku 2014 – 5 skupień rozłącznych. Wydzielenie różnej ilości skupień rozłącznych, w okresie początkowym (2007) i końcowym (2014) analizy, świadczy o zmianach jakie zachodzą w relacjach pomiędzy powiatami w analizowanej przestrzeni taksonomicznej. Dendryt niespójny przekształcono w dendryt spójny określając połączenia pomiędzy skupieniami rozłącznymi. Odszukanie najbliższego sąsiada dla skupienia I polegało na wytypowaniu najbliższego obiektu z każdego z pozostałych skupień. Następnie ze wszystkich otrzymanych odległości wybrano najmniejszą odległość, która łączyła skupienie I z najbliższym innym skupieniem. Podobną procedurę przeprowadzono dla pozostałych skupień (tab. 3).

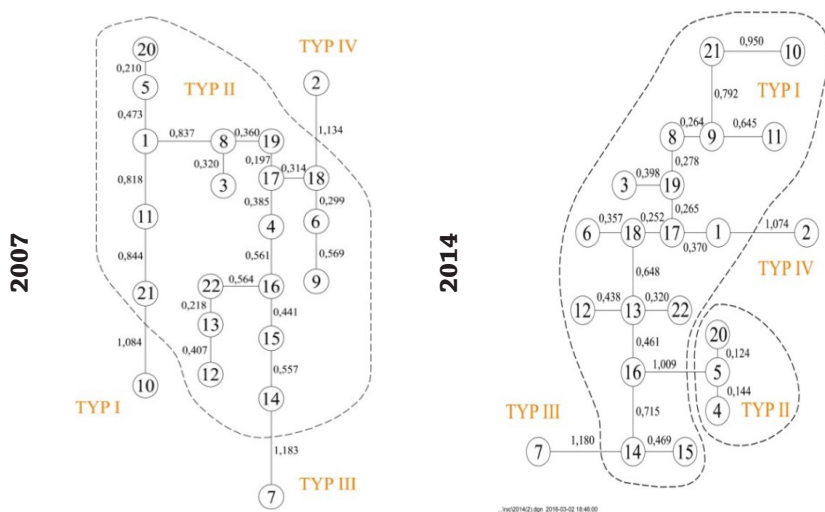
Tab. 3. Zestawienie najbliższych połączeń między skupieniami rozłącznymi

2007					2014				
Łączenie skupień		Łączenie obiektów		Najmniejsza odległość	Łączenie skupień		Łączenie obiektów		Najmniejsza odległość
Skupienie	Najbliższy sąsiad	Obiekt	Najbliższy sąsiad		Skupienie	Najbliższy sąsiad	Obiekt	Najbliższy sąsiad	
I	IV	1	8	0,837	I	IV	19	8	0,278
II	V	16	4	0,561	II	V	5	16	1,009
III	V	18	17	0,314	III	V	14	16	0,715
IV	V	8	19	0,360	IV	I	8	19	0,278
V	III	17	18	0,314	V	I	13	18	0,648
VI	II	22	16	0,564					

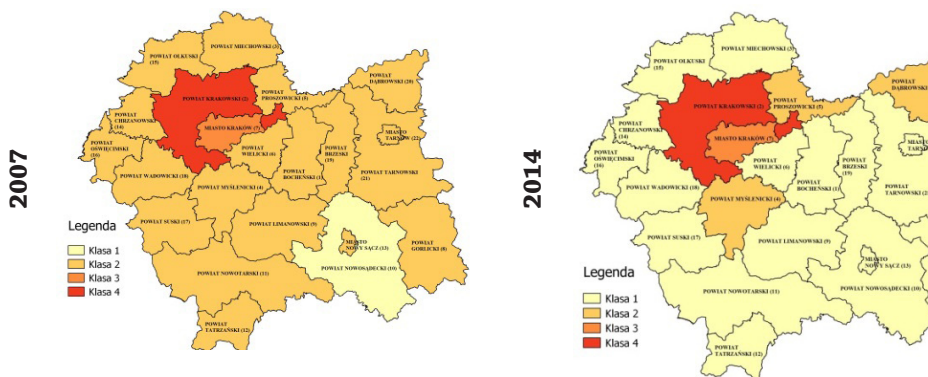
Źródło: opracowanie własne

W oparciu o powyższą procedurę utworzono dendryty spójne, w których każdy z powiatów połączony był z co najmniej jednym innym. Aby na podstawie dendrytu wydzielić grupy obiektów podobnych usunięto z niego najdłuższe krawędzie. W ten sposób utworzono

zbiory powiatów o zbliżonym poziomie jakości środowiska przyrodniczego. Z obu otrzymanych dendrytów wydzielone zostały 4 typy (ryc. 2), poprzez usunięcie z każdego z dendrytów 3 najdłuższych krawędzi.



Ryc. 2. Wydzielone typy powiatów, Źródło: opracowanie własne



Ryc. 3. Przestrzenne rozmieszczenie wydzielonych typów, Źródło: opracowanie własne

Zespół analizowanych powiatów jest zbiorem stosunkowo jednorodnym pod względem stanu i ochrony środowiska przyrodniczego.

go opisanego przez wybrane cechy diagnostyczne. W roku 2007 jak i 2014 najbardziej wyróżniają się powiat krakowski (2) oraz powiat miasto Kraków (7) (ryc. 3). Biorąc pod uwagę dane dla roku 2007, powiat krakowski wyróżnia się negatywnie pod względem emisji zanieczyszczeń pyłowych (**X9**) oraz zużycia wody dla potrzeb gospodarki narodowej i ludności (**X22**). Wartość wskaźnika **X22** dla tego powiatu niemal siedmiokrotnie przekracza najwyższą spośród jego wartości dla pozostałych powiatów. Pozycja tej jednostki administracyjnej pod względem wymienionych cech nie zmieniła się w roku 2014, jednak ich wartości znacznie zmalały – dla wskaźnika **X9** ponad trzykrotnie, a dla **X22** o połowę. Należy także zauważyć, że powiat krakowski wyróżnia się pozytywnie pod względem biologicznych oczyszczalni komunalnych (**X1**) oraz długości sieci wodociągowej (**X27**). Miasto Kraków jest w podobnej sytuacji co powiat krakowski jeżeli wziąć pod uwagę wskaźniki **X9** oraz **X22**. Dodatkowo Kraków charakteryzuje się dużą na tle pozostałych powiatów ilością zebranych odpadów zmieszanych przypadających na 1 mieszkańca (**X4**), co także jest zjawiskiem negatywnym. Jednak i tu zauważyć można poprawę w roku 2014 o niemal 1/3 wartości pierwotnej. Te negatywne aspekty mocno wyróżniają wymienione powiaty na tle innych. Analiza wykazała, że problemy zostały dostrzeżone i dąży się do poprawy istniejącej sytuacji. Wysokie wartości tych wskaźników powodują, że kwestie związane z ochroną powietrza czy racjonalnym wykorzystaniem zasobów wodnych nie zostały rozwiązane na przestrzeni badanych kilku lat.

Oceniając stan środowiska wyróżnić należy także powiat nowosądecki (10). W analizie dla danych z 2007 r. utworzył on typ jednoelementowy. W roku 2014 został włączony do typu I, jednak jest jednostką najmniej podobną do pozostałych w tym typie. Jeżeli wyróżniony zostałby V typ (usunięte kolejne najdłuższe połączenie) również w tym wypadku powiat nowosądecki znalazłby się w odrębnym skupieniu. Warto zwrócić na to uwagę, ponieważ w łącznym rankingu, sumującym wartości rankingów dla poszczególnych wskaźników, wyróżniony powiat zajmuje II miejsce w roku 2007 oraz I miejsce w 2014 r. Jediną cechą, która wypada negatywnie na tle innych jednostek jest udział ścieków oczyszczonych w ściekach wymagających oczyszczenia (**X8**). Jego wartość przez 7

lat wzrosła co prawda o 20%, jednak nadal jest niska na tle innych powiatów. Powiat nowosądecki wyróżnia się natomiast pozytywnie pod względem liczby komunalnych oczyszczalni biologicznych (**X1**), wielkości obszarów prawnie chronionych (**X16**), wielkości terenów zieleni (**X18**) oraz długości sieci wodociągowej (**X27**). Można zatem ocenić, że jest to jednostka o najlepszym stanie środowiska przyrodniczego w województwie małopolskim.

## **WNIOSKI**

Ustawa Prawo Ochrony Środowiska [*Ustawa...* 2001] stanowi formalny zapis obowiązku jakim jest dbanie o środowisko przyrodnicze i jego ochrona. Narzuca obowiązek łącznej ochrony wszystkich elementów przyrodniczych, zapobiegania negatywnemu oddziaływaniu przedsięwzięć na środowisko, a także uwzględniania zasady zrównoważonego rozwoju we wszelkich właściwych planach, programach i strategiach.

Celem niniejszego artykułu była analiza i ocena stanu środowiska przyrodniczego powiatów województwa małopolskiego na początku i końcu obowiązywania POŚWM. Badanie pokazuje, że najbardziej problematyczny stan środowiska przyrodniczego można zauważyć w powiecie krakowskim oraz w mieście Krakowie. Choć wymienione jednostki nie wyróżniają się negatywnie pod względem wszystkich analizowanych wskaźników to wartości cech, dla których powiaty zajmują najniższe miejsca w rankingach, mocno odstają od wartości dla pozostałych obiektów. Sytuacja ta spowodowana jest wysokim stopniem urbanizacji tych jednostek. Warto zauważyć pozytywne zmiany jakie zaszły na przestrzeni badanych lat, które wskazują, że lokalne władze realizują zadania i strategie związane z ochroną środowiska przyrodniczego zawarte m.in. w POŚWM. Pozytywnie na tle badanych jednostek samorządowych wyróżnia się natomiast powiat nowosądecki. Wartości wielu cech diagnostycznych przyjętych do analizy dają wysokie miejsce powiatu w rankingach. Poprawa wartości badanych wskaźników na przestrzeni 7 lat sugeruje, że władze powiatu wciąż podejmują działania mające na celu poprawę stanu środowiska i rozwiązywanie problemów związanych z jego ochroną.

Można uznać, że stworzona za pomocą cech diagnostycznych

dziewięciowymiarowa przestrzeń taksonomiczna wiernie odwzorowuje istniejące w rzeczywistości relacje między powiatami w zakresie badanej problematyki. Na tej podstawie należy wnioskować, że powiat nowosądecki jest jednostką o najlepszym stanie środowiska przyrodniczego w Małopolsce.

Tego typu analizy pozwalają na ocenę i monitorowanie działań podejmowanych przez samorządy terytorialne zarówno w zakresie ochrony środowiska, jak i innych działań (w zależności od przyjętych wskaźników).

## LITERATURA

- Bank Danych Lokalnych GUS*. [www.bdl.stat.gov.pl](http://www.bdl.stat.gov.pl) [dostęp: 16.02.2016 r.]
- Gawroński K., Prus B., Sołtysik S. 2014. Analiza i ocena warunków rozwoju społeczno-gospodarczego województwa podkarpackiego. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr IV/2/2014: 1241-1254
- Gołębiewska B. 2014. Uwarunkowania ochrony środowiska w działalności rolniczej. Przegląd Zachodniopomorski. Rocznik XXIX (LVIII) Z. 3. Vol. 2: 243-252
- Gouidie A. S. 2013. The human impact on the natural environment. Past, Present and Future. John Wiley & Sons
- Grabiński T. 1992. Metody taksonometrii. Pracowania Pomocy Naukowo-dydaktycznych Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków
- Herodowicz T. 2014. Środowiskowe uwarunkowania rozwoju regionalnego – kontekst teoretyczny. Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Oeconomica. 313 (76) 3: 57–72
- Jakubowska A. 2008. Ochrona środowiska – aspekty prawne zagadnienia. Mazowsze Studia Regionalne. T. 1: 109-127
- Kochaniak D., Skrzyńska J., Trząsalska A. 2013. Badanie świadomości i zachowań ekologicznych mieszkańców Polski. Badanie trackingowe – pomiar: październik 2014. Raport TNS Polska dla Ministerstwa Środowiska. <https://www.mos.gov.pl> [dostęp: 16.06.2016r.]
- Kolenda M. 2006. Taksonomia numeryczna. Klasyfikacja, porządkowanie i analiza obiektów wielocechowych. Wyd. AE we Wrocławiu, Wrocław
- Krupnik K., Brożek M. 2008. Eko-rozwoj terenów wiejskich a odnawialne źródła energii. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich. Nr 3/2008 93–101
- Panek T. 2009. Statystyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej. Wyd. Szkoła Główna Handlowa w Warszawie. Warszawa
- Pawlak J. 2015. Rolnictwo a środowisko naturalne. Problemy Inżynierii Rolniczej. Z. 1 (87): 17-28

- Płaczek E. 2012. Zrównoważony rozwój – nowym wyzwaniem dla współczesnych operatorów logistycznych. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*. Z. 84: 79–92
- Pociecha J. i in. 1988 *Metody taksonomiczne w badaniach społeczno-ekonomicznych*. Wyd. PWN Warszawa
- Program Ochrony Środowiska Województwa Małopolskiego na lata 2007-2014*. 2007. <http://www.malopolskie.pl/Srodowisko/Zielona> [dostęp: 23.02.2016 r.]
- Skowroński A. 2006. Zrównoważony rozwój perspektywą dalszego postępu cywilizacyjnego. *Problemy ekorozwoju*. Vol. 1. No 2: 47-57
- Sobczyk M. 1995. Syntetyczny miernik jakości środowiska przyrodniczego. Klasyfikacja i analiza danych – problemy teoretyczne. *Taksonomia*. Z. 2. Wyd. AE we Wrocławiu: 89-96
- Szylar M., Prus B. 2015. Evaluation of possibility to use typological procedure and wroclaw taxonomy to analyse agriculture development conditions on the example of the former Kraków voivodship communes. *Geomat. Landmanag. Landsc. (GLL) No.4/2014*: 83-101
- Śrubkowska M. 2002. Wykorzystanie taksonomii wrocławskiej do oceny zróżnicowania warunków przyrodniczych i ekonomicznych. [w:] *Konkurencyjność polskiego rolnictwa w kontekście europejskim i globalnym: materiały z konferencji naukowej, Piecyska, 22-23 maja 2002*. s. 71-79
- Tarka D. 2010. Własności cech diagnostycznych w badaniach typu taksonomicznego. *Ekonomia i Zarządzanie*. T. 2. Nr 4: 194-205
- Ustawa z dn. 27 kwietnia 2001 *Prawo Ochrony Środowiska*. Dz. U. 2001 nr 62 poz. 627 (z poz. zm.)
- Walesiak M. 2014. Przegląd formuł normalizacji wartości zmiennych oraz ich własności w statystycznej analizie wielowymiarowej. *Przegląd Statystyczny*. R. LXI. Z. 4: 363-372
- Wertz J. 2009. Zmiana organizacji ochrony przyrody w Polsce. *Chrońmy przyrodę ojczystą*. 65 (1): 5-10
- Węgrzyn J. 2011. Konstytucyjne prawo do informacji o ochronie środowiska na tle standardów międzynarodowych. *Przegląd Prawa Konstytucyjnego*. Nr 3: 207-232
- Wysocki F. 2010. *Metody taksonomiczne w rozpoznawaniu typów ekonomicznych rolnictwa i obszarów wiejskich*. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań
- Wytyczne do opracowania wojewódzkich, powiatowych i gminnych programów ochrony środowiska*. 2015. Ministerstwo Środowiska. <https://www.mos.gov.pl> [dostęp: 19.02.2016 r.]

Zaucha J. 2012. Synteza aktualnego stanu wiedzy dot. rozwoju sustensywnego i spójności terytorialnej w planowaniu przestrzennym (Analiza dokumentów UE, BSR i polskich). Institute for Development Working Papers. No. 001/2012 (005)  
www.gdos.gov.pl [dostęp: 16.02.2016 r.]

### **Afiliacja:**

mgr inż. Marta Szylar  
Katedra Gospodarki Przestrzennej i Architektury Krajobrazu  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
szylarmarta.kgpiak@gmail.com

mgr inż. Katarzyna Cegielska  
Katedra Gospodarki Przestrzennej i Architektury Krajobrazu  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
cegielska\_katarzyna@wp.pl

mgr inż. Dawid Kudas  
Katedra Geodezji  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
dawid.kudas@gmail.com

*Opiekun naukowy:* prof. dr hab. inż. Krzysztof Gawroński

Publikacja została sfinansowana z dotacji na utrzymanie potencjału badawczego przyznanej przez Ministerstwo.

## **ANALIZA WIELKOŚCI DZIAŁKI LOKACYJNEJ JAKO PODSTAWA FORMUOWANIA WYTYCZNYCH PROJEKTOWYCH REWALORYZACJI RYNKU W SŁOMNIKACH**

### **ANALYSIS OF A SETTLEMENT PLOT SIZE AS A BASIS FOR FORMULATING DESIGN GUIDELINES OF REVITALIZATION FOR THE SQUARE IN SLOMNIKI**

**Abstrakt.** Rynek w Słomnikach, lokowanych za czasów Kazimierza Wielkiego, zatracił cechy średniowiecznego obiektu o starannie zaplanowanej strukturze przestrzennej. Obecne zagospodarowanie nie podkreśla wprowadzonych podczas lokacji podziałów, a umiejscowione w obrębie płyty rynku: obiekt kubaturowy oraz wysokie rośliny ograniczają możliwości oglądu kościoła oraz charakterystycznych elewacji budynków zlokalizowanych w ciągach pierzei. Artykuł jest próbą porównania dotychczasowych opracowań dotyczących pomiarów działki lokacyjnej oraz płyty słomnickiego rynku z badaniami przeprowadzonymi przez autorkę. Analiza ta będzie podstawą do sformułowania wybranych wytycznych projektowych rewaloryzacji rynku w Słomnikach, które pozwoliłyby podkreślić w omawianej przestrzeni historię i tradycję miejsca.

**Słowa kluczowe:** *delimitacja, działka lokacyjna, Małopolska, rewaloryzacja, rynek, wytyczne projektowe*

**Abstract.** Main Square in Słomniki, which was located in the times of Kazimierz The Great, lost the characteristics of its medieval area with carefully planned spatial structure. The current management does not underline the divisions introduced during location, and placed inside the Main Square: cubature building and high plants prevent from viewing the church or the typical facades of buildings located in frontage. The article is an attempt to compare existing studies in the measurement of the settlement plot and the area of Main Square in Słomniki with the studies performed by the author. This analysis will be the basis to formulate the selected design guidelines for the revitalization of Main Square in Słomniki, which would highlight history and tradition in this analyzed space.

**Key words:** *delimitation, design guideline, Małopolska, revalorisation, settlement plot, square*

## WSTĘP

Słomniki są niewielkim miastem<sup>6</sup> leżącym na terenie województwa małopolskiego, na Wyżynie Miechowskiej, około 25 km na północ od Krakowa i należą do grupy średniowiecznych ośrodków założonych przez Kazimierza Wielkiego. Opracowania podają, że obecny kształt miasta oraz parafia kształtowały się na przełomie XIII i XIV wieku [Pankowicz 1994]. Badania Skrzęzyny [2014] precyzują czas najbardziej wzmożonego okresu w całym procesie lokacyjnym na lata 1335 - 1358. Nie jest możliwym dokładne prześledzenie procesu lokacyjne-



Ryc. 4. Centrum Słomniki z lotu ptaka. Współczesne zdjęcie satelitarne [źródło:www.groportal.gov.pl]

<sup>6</sup> wg danych GUS w dokumencie Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2015 r. miasto Słomniki zajmowało powierzchnię około 3 kilometrów kwadratowych i liczyło 4402 mieszkańców

go, ponieważ jak pisze Pankowicz [1994], dokument lokacyjny zaginął na początku XIX wieku. Berdecka [1982] podaje, że centrum miasta - rynek, został ulokowany na opadającym w południowym kierunku, stromym zboczu wyżyny i miał formę kwadratu o wymiarach 3 na 3 sznury, czyli około 45 na 45 metrów. Obecna forma słomnickiego rynku jest modyfikacją projektu wykonanego przez krakowskiego architekta Romana Sacha w 2002 r. (ryc. 1). Projekt ten nie podkreśla historycznego charakteru rynku oraz nie odwołuje się do pierwotnej funkcji, jaką pełnił plac centrum miasta w przeszłości. Na skutek przemian kompozycyjnych i funkcjonalnych zatracony został urok oraz ranga miejsca.

## **STAN BADAŃ**

Badania dotyczące działek lokacyjnych są prowadzone przez wielu urbanistów, architektów, archeologów oraz historyków. Przedmiotem zainteresowań jest wielkość, wymiary oraz sposób zagospodarowania wspomnianych działek. W przypadku badań dotyczących miast istotnym aspektem jest również układ dróg, czy przecięcia osi dróg pełniące role charakterystycznych punktów, potencjalnie wykorzystywane do akcentowania przestrzeni obiektem wolnostojącym - studnią, obeliskiem, fontanną.

O urbanistycznym układzie lokacyjnym, a tym samym o wielkości działki lokacyjnej Słomnik wypowiadało się kilku autorów. Najobszerniejszym opracowaniem na ten temat jest książka Krasnowolskiego [2004] o lokacyjnych układach urbanistycznych Ziemi Krakowskiej w XIII i XIV wieku. Wyniki Krasnowolskiego są sprzeczne z przypuszczalnymi wartościami wielkości działki lokacyjnej przedstawianymi przez Berdecką [1982] w monografii dotyczącej lokacji i zagospodarowania miast królewskich w Małopolsce za czasów Kazimierza Wielkiego. Własną analizę, na podstawie wcześniej wymienionych publikacji przeprowadził Malik [2013], w artykule dotyczącym Słomnik i charakterystyki ich budowy przestrzennej. Malik wykorzystał metodę opracowaną w latach 60. XX wieku przez Janusza Pudełko, polegającą na graficznej konfrontacji zachowanych jeszcze przestrzennych struktur miast z wcześniej wyszukanyymi powtarzającymi się miarami, wyznaczonymi na podstawie analizy materiałów kartograficznych [Malik 2012].

Wyniki prowadzonych badań mogą być jednym z aspektów, które projektant powinien uwzględnić podczas formowania wytycznych projektowych w przypadku rewitalizacji czy zagospodarowywania wybranego obszaru historycznego.

## **MATERIAŁ I METODY**

Pomiar szerokości frontowej działek przeprowadzony został przez autorkę w celu zbadania możliwości odtworzenia podziałów występujących na płycie rynku przed licznymi przebudowami oraz ewentualnego wyznaczenia miejsca lokalizacji studni, która według zdjęć pochodzących ze zbiorów Narodowego Archiwum Cyfrowego z 1931 r. (ryc. 2) znajdowała się na środku wybrukowanego wówczas placu. Przypuszcza się, że pierwotnie studnia mogła znajdować się w innym - możliwym do wyznaczenia podczas analizy układu urbanistycznego - miejscu w obrębie rynku.



Narodowe Archiwum Cyfrowe, sygn. 1-U-5763-1

Ryc. 5. Fragment słonnickiego rynku z widocznym kościołem Bożego Ciała i studnią [zbiory Narodowego Archiwum Cyfrowego]

Autorka badała szerokość frontową działki lokacyjnej wspomnianą już metodą J. Pudełko [Malik 2012] wykonując pomiary z uwzględnieniem współczesnej mapy topograficznej pozyskanej ze zbiorów Geoportalu [www.geoportal.gov.pl]. Założono, zgodnie z twierdzeniem Krasnowolskiego [2014], że płyta rynku ma wymiary 3 na 3 sznury. Do analiz własnych przyjęto długość sznura miary staropolskiej: 1 sznur = 10 prętów, 1 pręt = 4,46 m [Fenna 2004].

## WYNIKI I DYSKUSJA

Porównanie wyników pomiarów wykonanych przez Berdecką [1982], Krasnowolskiego [2004], Malika [2013] i autorkę [2015] przedstawia tabela (tab. 1).



Ryc. 6. Rekonstrukcja rozmierzenia lokacyjnego centrum Słomnik [Krasnowolski 2004]

Autorka publikacji, przyjmując wartość długości 1 pręta miary staropolskiej równą 4,46 m stwierdziła, że powierzchnia płyty rynku w Słomnikach zamyka się w kwadracie o wymiarach 3 x 3 sznury (133,8 m x 133,8 m), zgodnie z poglądem Krasnowolskiego [2004],

który również założył wielkość płyty rynku równą 3 x 3 sznury, jednak przyjęta przez niego wartość stopy równa 0,3 m daje długość boku rynku na poziomie 135 m.

Tab. 1. Pomiary wielkości płyty rynku oraz działki lokacyjnej w miejscowości Słomniki

	A. Berdecka	B. Krasnowolski	R. Malik	K. Żak
powierzchnia rynku	3 sznury i 1 pręt x 3 sznury i 1 pręt	3 x 3 sznury	-	3 x 3 sznury
przelicznik	1 sznur = 10 prętów 1 pręt = 4,32 m	1 sznur = 150 stóp 1 stopa = 0,3 m	-	1 sznur = 10 prętów 1 pręt = 4,46 m
długość boku rynku	133,9 m	135 m	-	133,8 m
szerokość frontu działki	-	-	od 6,75 do 7,00 m	8,92 m

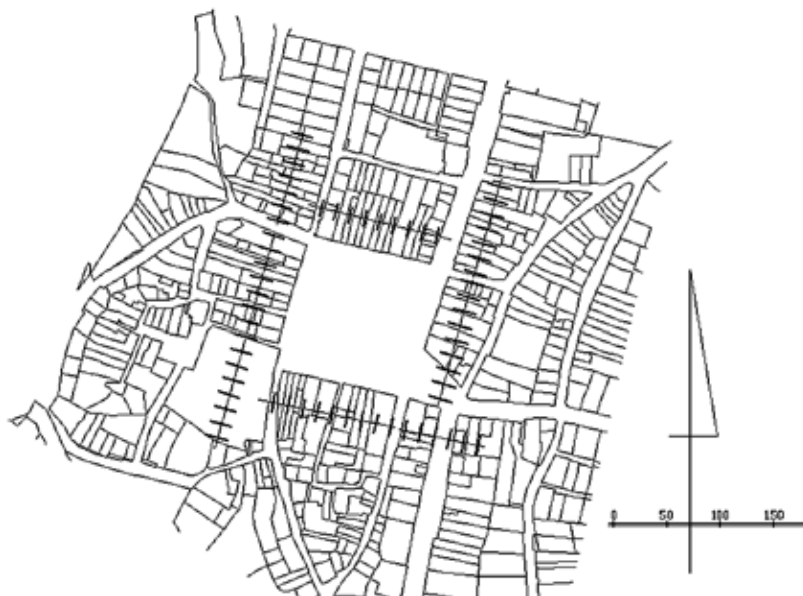
Z kolei Berdecka [1982], założyła, że rynek ma wymiary 3 sznury i 1 pręt na 3 sznury i 1 pręt, co przy przyjętej przez nią wartości pręta miary nowopolskiej równej 4,32 m [Fenna 2004] daje 133,9 m długości boku rynku i jest to wartość niemal identyczna z wynikiem otrzymanym przez autorkę.

Malik [2013] analizując szerokość frontów działek (ryc. 4) przyjął jako jednostkę 1 stopę, co odpowiadało długości 0,28 m. Według tej miary szerokość działki wynosiła 25 stóp, czyli 7 m.

Szerokość frontów działek wchodzących w skład pierzei rynku według badań autorki niniejszej publikacji wynosi 2 pręty (8,92 m). Podział taki nakłada się na siatkę dziewięciopolewego, szachownicowo-centralnego układu urbanistycznego z kwadratowym rynkiem w środku (ryc. 5).

Jest to układ zrekonstruowany przez Krasnowolskiego. Zaproponowane przez autorkę 2-prętowe odcinki obrazujące frontową szerokość działek przyrynkowych podkreślają też położenie ulic zlokalizowanych w narożnikach oraz w południowej i zachodniej

pierzei rynku. W przypadku ulic w pierzejach zachodzi modyfikacja 2-prętowych odcinków, z powodu szerokości dróg wynoszącej 1 pręt (4,46m).



Ryc. 7. Plan śródmieścia z oznaczeniem podziału frontowych granic przyrynkowych bloków na 50-stopowe odcinki [Malik 2013]

Osie dróg przecinają się w punkcie, który mógł w przeszłości być miejscem lokalizacji nieistniejącej dziś studni (ryc. 6). Obecnie, w wyznaczonym miejscu znajduje się w znacznej części ukryty w nasypie ziemnym obiekt kubaturowy pełniący funkcję toalety publicznej.

Brak historycznych materiałów kartograficznych uniemożliwia ostateczne stwierdzenie, jakie wartości przyjęte zostały podczas wytyczania działek lokacyjnych w Słomnikach. Nie mniej jednak, z punktu widzenia osób i jednostek zainteresowanych wizerunkiem Słomnik, wydaje się być koniecznym nawiązanie do historycznego tła i tradycji miejscowości.

Obecnie wysokie rośliny zlokalizowane wzdłuż południowej pierzei jako aleja stanowiąca oś widokową na kościół parafialny oraz



Ryc. 8. Plan śródmieścia Słomnik z oznaczeniem 9-polowego układu lokacyjnego, przy uwzględnieniu boku rynku długości 3 sznurów, oraz z oznaczeniem 2-prętowych odcinków pokazujących szerokość frontową działek przyrynkowych. (Opracowanie autorki 2015)

drzewa wzdłuż zachodniego boku rynku, skutecznie ograniczają możliwość podziwiania sylwety świątyni z tej perspektywy oraz elewacji budynków wchodzących w skład pierzei. Nie istnieją również żadne materiały historyczne i kartograficzne dokumentujące istnienie tego typu ciągów drzew w obrębie słomnickiego rynku.

Przestrzeń publiczna w obrębie badanego obszaru nie jest atrakcyjna dla mieszkańców oraz turystów, a jego wartość estetyczna jest niska. Źle zaprojektowane, przypadkowo posadzone i nieodpowiednio pielęgnowane rośliny zasłaniają takie elementy, jak kościół Bożego Ciała zlokalizowany w południowo-zachodnim na-

rozu rynku oraz elewacje budynków w ciągu pierzei o znaczeniu historycznym. Obecnie centralną część rynku stanowi parking, a stan infrastruktury technicznej w jego obrębie wymaga interwencji. W porównaniu do miast o podobnych wartościach urbanistycznych Słomniki charakteryzuje mała atrakcyjność przestrzeni publicznych. Znaczną część powierzchni rynku zajmuje układ komunikacji kołowej, parkingi i nieuporządkowany teren zieleni. Zlokalizowany w południowo-zachodnim narożu rynku kościół stanowi cenny zabytek miasta [Żak 2014].

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wielkości działek lokacyjnych i analizy zachowanych źródeł historycznych można sformułować wnioski, które powinny stanowić wytyczne projektowe rewaloryzacji rynku w Słomnikach.



Ryc. 9. Plan śródmieścia Słomnik z oznaczeniem 2-prętowych odcinków pokazujących szerokość frontową działek przyrynkowych oraz przecinające się w charakterystycznym punkcie osi dróg wychodzących z południowej i zachodniej pierzei rynku. (Opracowanie autorki , 2015)

## WNIOSKI

1. Należy zachować istniejące wielkości działek przyrynkowych, uwzględniając ich proporcje i szerokość frontową, jako świadectwo średniowiecznego porządku urbanistycznego;

2. Postuluje się powrót do historycznego wyglądu rynku jako placu z zachowaniem średniowiecznego bruku granitowego i odejście od parkowego charakteru miejsca;

3. Podkreślenia wymagają osie widokowe, historyczne układy modularne pierzei i płyty centralnej oraz konieczna jest zmiana formy występujących w tym obszarze roślin;

4. Współczesne potrzeby funkcjonalne przestrzeni rynku powinny korelować z wartością dziedzictwa historycznego.

## BIBLIOGRAFIA

- Berdecka A. 1982. Lokacje i zagospodarowanie miast królewskich w Małopolsce za Kazimierza Wielkiego. Zakład Narodowy im. Ossolińskich - Wydawnictwo PAN. Wrocław. 92-96.
- Fenna D. 2004. Jednostki miar. Świat Książki. Warszawa.
- Krasnowolski B. 2004. Lokacyjne układy urbanistyczne na obszarze ziemi krakowskiej z XIII i XIV wieku, cz. 2. Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej. Kraków. 223-225.
- Malik R. 2012. Działka lokacyjna w strukturze średniowiecznych miast małopolskich. XIII-wieczne lokacje miejskie na obszarze dawnego księstwa oświęcimsko-zatorskiego. Wiadomości Konserwatorskie, 31: 68.
- Malik R. 2013. Słomniki, Charakterystyka budowy przestrzennej miasta średniowiecznego w oparciu o analizę wielkości działki lokacyjnej. Wiadomości Konserwatorskie, 33: 47-51.
- Pankowicz A. 1994. Słomniki: Portret miasta w okresie staropolskim. Wydawca: Gmina Słomniki. Kraków. 5-6.
- Skrężyna K. 2014. Wokół układu urbanistycznego miasta Słomniki. Wiadomości Konserwatorskie, 40: 35.
- Żak K. 2014. Projekt rewitalizacji Rynku w Słomnikach. Praca inżynierska wykonana na kierunku Architektura Krajobrazu Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie pod opieką dr inż. arch. Tatiany Tokarczuk

**Afiliacja:**

mgr inż. arch. kraj. Katarzyna Żak  
Katedra Dendrologii i Architektury Krajobrazu  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail:* katarzyna\_zak@wp.pl

*Opiekun naukowy/promotor:* dr hab. inż. Małgorzata Frazik-Adamczyk



## **CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW TERMICZNYCH I OPADOWYCH W OKRESIE 2004–2013 W KRAKOWIE**

### THE CHARACTERISTICS OF TEMPERATURE – AND PRECIPITATION-RELATED CONDITIONS BETWEEN 2004 AND 2013 IN CRACOW, POLAND

**Abstrakt.** W pracy przeanalizowano przebieg warunków termicznych i opadów w okresie 2004–2013 w Krakowie. Na podstawie średnich wartości temperatury powietrza [°C] i miesięcznych sum opadów atmosferycznych [mm] dokonano analizy porównawczej wybranego dziesięciolecia 2004–2013 z okresem trzydziestoletnim 1971–2000. Wyznaczono daty początku oraz końca termicznych pór roku w oparciu o daty przejścia przez wybrane progi termiczne, co następnie posłużyło do określenia czasu ich trwania. Istotność różnic średnich wartości miesięcznych temperatur powietrza z dziesięciolecia 2004–2013 i trzydziestolecia 1971–2000 zbadano wykorzystując program do statystycznej analizy danych *Statistica*. Średnia wartość temperatury powietrza z dziesięciolecia przewyższała średnią z trzydziestolecia. Najcieplejszym miesiącem w rozpatrywanych okresach okazał się lipiec, najchłodniejszym – styczeń. Obserwowano przewagę opadów atmosferycznych w półroczu ciepłym. W latach 2004–2013 średnia suma opadów była wyższa niż w okresie 1971–2000.

**Słowa kluczowe:** *opady, temperatura, zmiany klimatyczne, termiczne pory roku, Kraków*

**Abstract.** This thesis analyses temperature – and precipitation-related conditions between 2004 and 2013 in Cracow, Poland. On the basis of average values of air temperature [in °C] and total monthly rainfall [in mm] an analysis has been carried out, comparing the selected decade of 2004–2013 with the thirty-year period of 1971–2000. The dates of beginnings and ends of the thermal seasons were set on the basis of the dates of crossing selected thermal thresholds, which in turn helped to determine their duration. The significance of differences between average monthly values of air temperature from 2004–2013 and 1971–2000 was examined using the

“Statistica” statistics and analytics software package. The average value of air temperature from the 2004–2013 decade exceeded the average value of the 1971–2000 thirty-year period. The hottest month in the considered periods turned out to be July and the coldest one–January. More rainfall was observed in the hotter months. In the years 2004–2013 the average total rainfall was larger than in the 1971–2000 period.

**Key words:** *rainfall, temperature, climate changes, thermal seasons, Cracow*

## WSTĘP

Życie na Ziemi uzależnione jest od czynników klimatycznych, do których zalicza się przede wszystkim warunki termiczne i opadowe.

Temperatura powietrza wpływa na przebieg takich zjawisk jak: parowanie, skraplanie pary wodnej, powstawanie opadów, topnienie śniegu i innych zjawisk. Jej rozkład zależy między innymi od położenia geograficznego, wysokości n.p.m., ukształtowania i wystawy terenu oraz pory roku. Z kolei wielkość opadów atmosferycznych uzależniona jest od szerokości geograficznej, odległości od oceanów oraz wysokości nad poziomem morza i ekspozycji [Król 1999]. Od lat 80-tych XX wieku obserwuje się przyrost tempa ocieplenia, co w konsekwencji wpływa na zmianę terminów rozpoczęcia i zakończenia termicznych pór roku oraz wydłużenie się okresu wegetacyjnego [Żmudzka 2004 i 2012; Ziernicka-Wojtaszek i Zawora 2008; Majewski i in. 2012; Nieróbca i in. 2013].

Przebieg opadów atmosferycznych jest zróżnicowany sezonowo. Większe sumy opadów atmosferycznych w półroczu letnim w stosunku do półrocza zimowego nie zawsze pokrywają zapotrzebowanie roślin na wodę, gdyż w miesiącach letnich występują największe straty spowodowane parowaniem [Radomski 1987; Czarnecka i Nidzgorska-Lencewicz 2012]. W ostatnich dekadach XX i pierwszej dekadzie XXI wieku występowanie wysokich temperatur powietrza z niskimi sumami opadów było przyczyną występowania posuch i susz [Skowera 2014].

Te dwa elementy klimatyczne wywierają znaczący wpływ na rolnictwo – jakość i wysokość plonów oraz na warunki życia i bytowania ludności, a także innych organizmów lądowo-wodnych.

Celem pracy jest charakterystyka warunków termicznych i opadowych w okresie 2004–2013 w Krakowie na tle wielolecia 1971–2000.

## MATERIAŁ I METODY

Kraków położony jest na południu Polski w województwie małopolskim. Zgodnie z klasyfikacją rolniczo-klimatyczną Gumińskiego obszar ten leży w XV dzielnicy częstochowsko-kieleckiej [Radomski 1987]. Miasto usytuowane jest w strefie klimatu umiarkowanego, co powoduje dużą zmienność warunków pogodowych z miesiąca na miesiąc czy z roku na rok [Woś 1999].

Pod względem fizycznogeograficznym Kraków usytuowany jest w granicach kilku makroregionów [Kondracki 2011]: Kotliny Sandomierskiej (512.4), Pogórza Zachodniobeskidzkiego (513.3) i Niecki Nidziańskiej (342.2).

Wykorzystano dane dotyczące średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza [ $^{\circ}\text{C}$ ] i sum opadów atmosferycznych [mm] z lat 1971–2000 i 2004–2013 ze stacji meteorologicznej Kraków ( $\varphi = 50^{\circ}04' \text{ N}$ ,  $\lambda = 19^{\circ}58' \text{ E}$ ,  $h = 206 \text{ m n.p.m.}$ ). Dane pozyskano z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

W opracowaniu dokonano analizy porównawczej najnowszego dziesięciolecia 2004–2013 z okresem normowym 1971–2000.

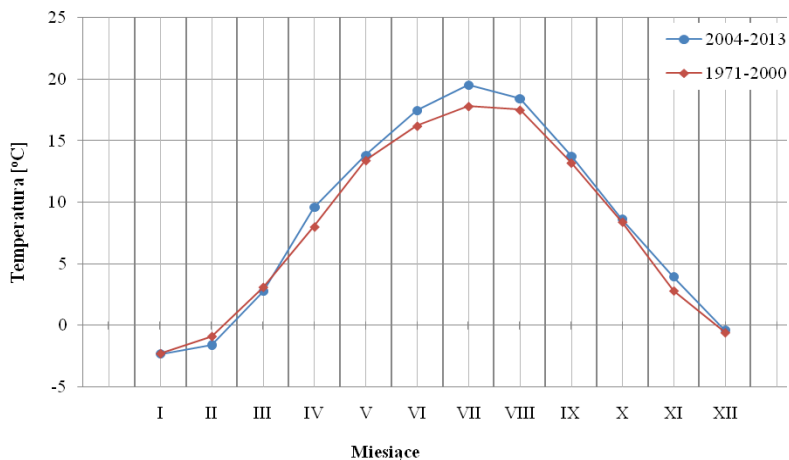
Przeanalizowano przebieg średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza i miesięcznych sum opadów atmosferycznych, wyznaczono daty początku i końca oraz liczbę dni trwania termicznych pór roku. Termiczne pory roku wyznaczono na podstawie przejścia temperatury powietrza przez progi termiczne [Piotrowicz 2000]: zima  $t < 0^{\circ}\text{C}$ , przedwiosnie  $0^{\circ}\text{C} \leq t < 5^{\circ}\text{C}$ , wiosna  $5^{\circ}\text{C} \leq t < 10^{\circ}\text{C}$ , przedlecie  $10^{\circ}\text{C} \leq t < 15^{\circ}\text{C}$ , lato  $t \geq 15^{\circ}\text{C}$ , polecie  $15^{\circ}\text{C} > t \geq 10^{\circ}\text{C}$ , jesień  $10^{\circ}\text{C} > t \geq 5^{\circ}\text{C}$ , przedzimie  $5^{\circ}\text{C} > t \geq 0^{\circ}\text{C}$ .

Wyniki badań poddano opracowaniu statystycznemu w programie *Statistica 10*, mającemu na celu określenie istotności różnic średnich wartości miesięcznych temperatur powietrza z 10-lecia i 30-lecia przy założonym poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Porównano sumy opadów atmosferycznych w półroczu ciepłym (maj–październik) i chłodnym (listopad–kwiecień) w analizowanych okresach.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Średnia temperatura powietrza z 10-lecia 2004–2013 wynosiła  $8,7^{\circ}\text{C}$  i była wyższa o  $0,6^{\circ}\text{C}$  od średniej z 30-lecia 1971–2000. Wzrost tem-

peratury powietrza opisali również w swych badaniach Żmudzka [2004], Ziernicka-Wojtaszek i Zawora [2008] oraz Skowera [2014]. W latach 2004–2013 temperatura powietrza kształtowała się w zakresie od 7,5°C (2010) do 9,4°C (2008), natomiast w okresie 1971–2000 od 6,6°C (1980) do 9,9°C (2000). W obu analizowanych wieloletnich najcieplejszym miesiącem okazał się lipiec, a najchłodniejszym styczeń. Miesiące od kwietnia do grudnia charakteryzowały się wyższymi wartościami średniej miesięcznej temperatury powietrza w badanym 10-leciu niż w 30-leciu. W styczniu temperatura w obu okresach wynosiła – 2,3°C, natomiast miesiące luty i marzec odznaczały się niższą średnią temperaturą w 10-leciu (ryc. 1). Istotny statystycznie wzrost średniej miesięcznej temperatury powietrza odnotowano w kwietniu, czerwcu, lipcu, sierpniu oraz listopadzie (tab. 1).



Ryc. 1. Przebieg średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza w latach 1971–2000 i 2004–2013 w Krakowie

Tab. 1. Istotność różnic między średnimi wartościami miesięcznych temperatur powietrza z trzydziestolecia (1971–2000) i dziesięciolecia (2004–2013)

Analiza statystyczna Rozpatrywany okres	Test parametryczny t-Studenta	Test nieparametryczny U Manna-Whitneya
Styczeń 1971–2000 vs Styczeń 2004–2013	0,983	–
Luty 1971–2000 vs Luty 2004–2013	0,510	–
Marzec 1971–2000 vs Marzec 2004–2013	0,709	–
Kwiecień 1971–2000 vs Kwiecień 2004–2013	<b>0,005*</b>	–
Maj 1971–2000 vs Maj 2004–2013	0,449	–
Czerwiec 1971–2000 vs Czerwiec 2004–2013	<b>0,004</b>	–
Lipiec 1971–2000 vs Lipiec 2004–2013	<b>0,002</b>	–
Sierpień 1971–2000 vs Sierpień 2004–2013	<b>0,036</b>	–
Wrzesień 1971–2000 vs Wrzesień 2004–2013	0,312	–
Październik 1971–2000 vs Październik 2004–2013	0,625	–
Listopad 1971–2000 vs Listopad 2004–2013	–	<b>0,047</b>
Grudzień 1971–2000 vs Grudzień 2004–2013	0,828	–

\* – wartości na czerwono oznaczają, że różnice są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) przy założonym poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Na podstawie przebiegu średnich miesięcznych temperatury powietrza w latach 1971–2000 oraz 2004–2013 wyznaczono czas trwania termicznych pór roku. Analiza wykazała, że zima trwała odpowiednio 74–76 dni, przedwiośnie 33–27 dni, wiosna 30–24 dni, przedlecie 36–37 dni, lato 92–104 dni, polecie 34–31 dni, jesień 28–31 dni, przedzimie 38–35 dni. Wzrost temperatury powietrza miał wpływ na wydłużenie się okresu wegetacyjnego z 220 (1971–2000) do 227 dni (2004–2013) (tab. 2). Nieróbca i inni [2013] w swoich badaniach nad zmianą długości okresu wegetacyjnego w Polsce stwierd-

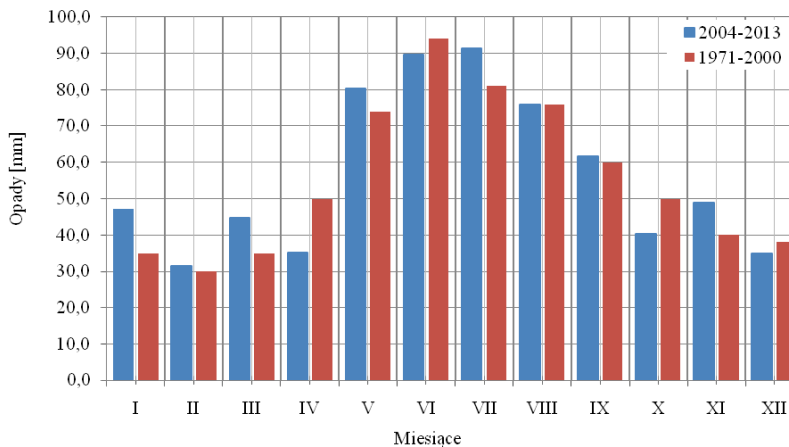
zili, że w latach 2001–2009 okres wegetacyjny wydłużył się o 8 dni w stosunku do lat 1971–2000.

Tab. 2. Porównanie średnich dat początku i końca oraz czasu trwania pór roku w okresie 1971–2000 i 2004–2013 w Krakowie.

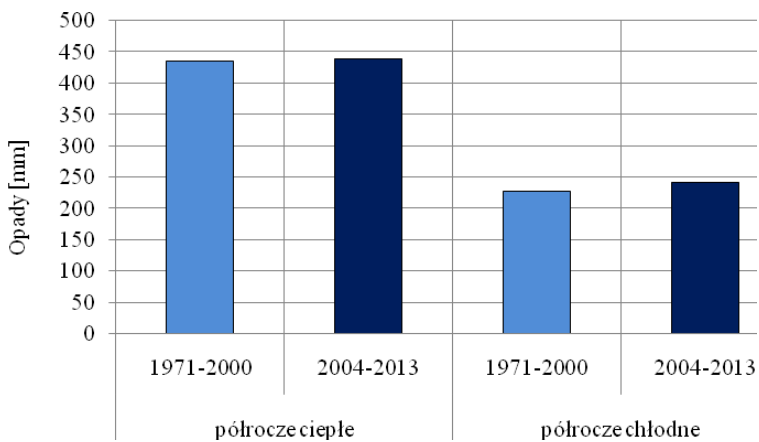
Termiczne pory roku	Zima	Przedwiośnie	Wiosna	Przedlecie	Lato	Polecie	Jesień	Przedzime	Okres wegetacyjny
Charakterystyka	Wielolecie 1971-2000								
Data początku	10 XII	22 II	27 III	26 IV	1 VI	1 IX	5 X	2 XI	27 III
Data końca	22 II	27 III	26 IV	1 VI	1 IX	5 X	2 XI	10 XII	2 XI
Czas trwania	74	33	30	36	92	34	28	38	220
	Wielolecie 2004-2013								
Data początku	12 XII	26 II	25 III	18 IV	25 V	6 IX	7 X	7 XI	25 III
Data końca	26 II	25 III	18 IV	25 V	6 IX	7 X	7 XI	12 XII	7 XI
Czas trwania	76	27	24	37	104	31	31	35	227
Różnica czasu trwania pomiędzy 1971-2000 a 2004-2013	+2	-6	-6	+1	+12	-3	+3	-3	+7

Objaśnienia: znak „+” oznacza dłuższy czas trwania termicznej pory roku, znak „-” oznacza krótszy czas trwania termicznej pory roku.

Średnia miesięczna suma opadów atmosferycznych z wielolecia 1971–2000 wynosiła 663 mm, a z wielolecia 2004–2013 kształtowała się na poziomie 681 mm. W 10-leciu odnotowano większe sumy opadów w stosunku do średnich z 30-lecia w miesiącu: styczniu, lutym, marcu, maju, lipcu, sierpniu, wrześniu oraz listopadzie. Zarówno w okresie 1971–2000 jak i 2004–2013 najwyższe opady notowano od maja do września (ryc. 2). W trzydziestoleciu 1971–2000 średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych w półroczu chłodnym (listopad–kwiecień) wynosiły 228 mm, natomiast w dziesięcioleciu 2004–2013 wynosiły 242 mm. W półroczu ciepłym (maj–październik) średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych kształtowały się na poziomie 435 mm w trzydziestoleciu, a w dziesięcioleciu ich średnia suma wynosiła 439 mm (ryc. 3). Można zauważyć, że ilorazy opadów półroczu ciepłego i chłodnego, wykazują nieznaczny spadek z wartości 1,91 w okresie 1971–2000 do 1,81 w dziesięcioleciu 2004–2013. Analogiczne spostrzeżenie dotyczące przewagi opadów w okresie ciepłym nad chłodnym wykazywał Bochenek [2012].



Ryc. 2. Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych w latach 1971–2000 i 2004–2013 w Krakowie.



Ryc. 3. Sumy opadów atmosferycznych w półroczu ciepłym i chłodnym w wybranych wieloletniach w Krakowie.

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Porównując przebieg średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza w analizowanych okresach stwierdzono istotny statystycznie wzrost temperatury powietrza w miesiącu kwietniu, czerwcu, lipcu, sierpniu oraz listopadzie.
2. W związku z ociepleniem klimatu nastąpiły zmiany dat początku, końca i czasu trwania termicznych pór roku. W latach 2004–2013 uległ skróceniu czas trwania przedwiośnia, wiosny, polecia i przedzimia. W rezultacie o 12 dni wydłużył się czas trwania termicznego lata, o 3 dni termicznej jesieni oraz o 2 dni czas trwania termicznej zimy.
3. Okres wegetacyjny w latach 2004–2013 uległ wydłużeniu o 7 dni w stosunku do lat 1971–2000.
4. Średnia suma opadów atmosferycznych z dziesięciolecia była tylko o 18 mm większa w stosunku do okresu trzydziestoletniego.
5. Suma opadów atmosferycznych w półroczu ciepłym z analizowanego 10-lecia była tylko o 4 mm większa niż w 30-leciu, natomiast w półroczu chłodnym różnica wynosiła 14 mm. Widoczna jest przewaga opadów w okresie ciepłym w stosunku do chłodnego.

## BIBLIOGRAFIA

- Bochenek W. 2012. Ocena zmian warunków opadowych na stacji naukowo-badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku w okresie 40 lat obserwacji (1971–2010) i ich wpływ na zmienność odpływu wody ze zlewni Bystrzanki. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* (IV–VI), t. 12 z. 2 (38), 29–44.
- Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz J. 2012. Wieloletnia zmienność sezonowych opadów w Polsce. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* (IV–VI), t. 12 z. 2 (38), 45–60.
- Kondracki J. 2011. *Geografia regionalna Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Król Cz. 1999. *Hydrologia*. Wyd. Hortpress, Warszawa.
- Majewski G., Odorowska M., Rozbicka K. 2012. Analiza warunków termicznych na stacji Ursynów–SGGW w Warszawie w latach 1970–2009. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* (IV–VI), t. 12 z. 2 (38), 171–184.

- Nieróbca A., Kozyra J., Mizak K., Wróblewska E. 2013. Zmiany długości okresu wegetacyjnego w Polsce. *Woda Środ. Obsz. Wiej. (IV–VI)*, t. 13 z. 2 (42), 81–94.
- Piotrowicz K. 2000. Zróżnicowanie termicznych pór roku w Krakowie. *Prace Geograficzne IG UJ*, z. 105, 111–124.
- Radomski Cz. 1987. *Agrometeorologia*. Wyd. PWN, Warszawa.
- Skowera B. 2014. Zmiany warunków Hydrotermicznych na obszarze Polski (1971–2010). *Fragm. Agron.*, 31(2), 74–87.
- Woś A. 1999. *Klimat Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Ziernicka-Wojtaszek A., Zawora T. 2008. Zróżnicowanie pluwiotermiczne Polski w świetle współczesnych zmian klimatu. *Acta Agrophysica*, 12(1), 289–297.
- Żmudzka E. 2004. Tło klimatyczne produkcji rolniczej w Polsce w drugiej połowie XX wieku. *Acta Agrophysica*, 3(2), 399–408.
- Żmudzka E. 2012. Wieloletnie zmiany zasobów termicznych w okresie wegetacyjnym i aktywnego wzrostu roślin w Polsce. *Woda Środ. Obsz. Wiej. (IV–VI)*, t. 12 z. 2 (38), 377–389.

### **Afiliacja:**

mgr inż. Łukasz Borek  
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska  
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail*: lborek1@onet.eu

mgr inż. Joanna Krużel  
dr hab. inż. Agnieszka Ziernicka-Wojtaszek  
Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza  
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
*e-mail*: joannakruzel90@gmail.com, aziernik@poczta.fm



## WPŁYW WODY DOPŁYWAJĄCEJ I ŚCIEKÓW OCZYSZCZONYCH NA WYBRANE WSKAŹNIKI FIZYKOCHEMICZNE WODY RZEKI BREŃ

### THE EFFECT OF WATER FROM TRIBUTARIES AND TREATED SEWAGE ON THE SELECTED PHYSICO- CHEMICAL INDICATORS OF THE BREŃ RIVER

**Abstrakt.** Monitoring jakości wód powierzchniowych w ciekach naturalnych, stanowi ważny element diagnozy procesów zachodzących w niekontrolowanych małych zlewniach rolniczych. Badania 5 wskaźników fizykochemicznych przeprowadzono w czterech punktach pomiarowo-kontrolnych na rzece Breń oraz w ośmiu punktach zlokalizowanych na jej dopływach. Przeprowadzone analizy wody powierzchniowej na terenie powiatu dąbrowskiego potwierdziły wpływ dopływającej wody z cieków bocznych oraz przepływu przez tereny zurbanizowane, w tym oczyszczalni ścieków w Dąbrowie Tarnowskiej, na zmiany wartości badanych wskaźników. Na swej długości rzeka Breń wykazuje jednak zdolności do samooczyszczania wód powierzchniowych.

**Słowa kluczowe:** *jakość wód powierzchniowych, monitoring, samooczyszczanie wód*

**Summary.** Monitoring of surface water quality in natural watercourses is an important element in assessing the processes in uncontrolled small agricultural catchments. The research of five physicochemical indicators was carried out in four measurement-and-control points on the Breń river and eight points located on tributaries. The analysis of surface water in the Dąbrowa Tarnowska district confirmed the effect of inflowing water from side watercourses and the flow through urban areas, including the sewage treatment plant in the city, on the changes in the indicators examined. Along the entire length of the Breń river, however, the surface waters show the ability of self-purification.

**Key words:** *quality of surface water, monitoring, self-purification of waters*

## **WSTĘP**

Monitoring wód powierzchniowych w ciekach przepływających przez tereny użytkowane rolniczo, z rozproszoną zabudową i bez systemu kanalizacji zbiorczej jest warunkiem koniecznym do zachowania równowagi w ekosystemach wodnych i odwzajemnych [Czaban 2008]. Antropogenizacja środowiska przyrodniczego sprawiła, że w sposób bezpośredni na zanieczyszczenia narażone są wody powierzchniowe – rzeki, jeziora, stawy, a pośredni wody podziemne.

Wody powierzchniowe są bezpośrednio narażone na zanieczyszczenia związane z działalnością gospodarczą człowieka, stąd cechują się zmiennym składem fizyko-chemicznym i większą różnorodnością substancji w nich występujących, niż wody podziemne. Jakość wód powierzchniowych kształtować się może w oparciu o wiele parametrów i czynników, które ostatecznie wpływają na ich właściwości [Kowal i Świdzka-Bróz 2005, Kowalik i in. 2015]. Wśród nich wymienić można: sposób zagospodarowania zlewni, stopień degradacji środowiska oraz warunki atmosferyczne panujące na danym terenie. Zanieczyszczenia mogą powodować zmiany jakości wód, a pożądanym w wodach powierzchniowych proces samooczyszczania czasami jest zjawiskiem powolnym i długotrwałym [Jarosiewicz 2007].

Celem artykułu jest określenie wpływu wody z kilku dopływów bocznych i ścieków oczyszczonych z oczyszczalni ścieków w Dąbrowie Tarnowskiej na jakość wód odbiornika – rzeki Breń, w kilku punktach pomiarowo-kontrolnych, za pomocą wybranych wskaźników fizyko-chemicznych jakości wody.

## **MATERIAŁ I METODY**

Badania wybranych parametrów fizykochemicznych wód powierzchniowych prowadzono na rzece Breń oraz jej wybranych dopływach. Rzeka Breń jest prawobrzeżnym dopływem Wisły i według podziału hydrograficznego Polski należy do zlewni cząstkowej Wisła od Nidy do Wisłoki (kod 217) wchodzącej w skład regionu wodnego Górnej Wisły podlegającego RZGW w Krakowie. Pod względem typologii wód powierzchniowych ciek ten w górnym biegu należy do 17 typu abiotycznego o cechach charakterystycznych dla potoku nizinnego piaszczystego, a w dolnym biegu jest to rzeka nizinna piaszczysto-

gliniasta typu 19. Długość rzeki to 52 km, a powierzchnia zlewni 717 km<sup>2</sup>. Pod względem administracyjnym ciek główny oraz dopływy, na których prowadzono badania, położone są w powiecie dąbrowskim, w północno-wschodniej części województwa małopolskiego (ryc. 1). Pod względem fizycznogeograficznym [Kondracki 2011] tereny, przez które przepływają analizowane w pracy cieki wodne, należą do makroregionu Kotliny Sandomierskiej (512. 4–5) i mezoregionu Niziny Nadwiślańskiej (412.41).

Zakres badań obejmował bezpośrednie pomiary terenowe przeprowadzone jednorazowo 08.08.2016 r. na rzece Breń i jej wybranych dopływach. Łącznie badano wodę w 12 punktach pomiarowo-kontrolnych. Oceniane jednolite części wód mają status wód naturalnych (rzeka Breń i jej dopływy) oraz silnie zmienionych (rzeka Upust) [Informacja o stanie środowiska 2015]. Badania terenowe na cieku głównym wykonywano w czterech punktach pomiarowo-kontrolnych: w Żelazówce przed granicą miasta (1) *Breń – Żelazówka* (fot. 1a), w mieście Dąbrowa Tarnowska przy oczyszczalni ścieków (2) *Breń – DT oczyszczalnia* (fot. 1b), następnie 1,5 km za oczyszczalnią na granicy miasta (3) *Breń - Dąbrowa Tarnowska* (fot. 1c) i w okolicach miejscowości Wola Mędrzechowska (4) *Breń – Wola Mędrzechowska* (fot. 1d). Dodatkowo pomiar wybranych właściwości fizykochemicznych wody powierzchniowej wykonano na ośmiu dopływach: dwóch lewobrzeżnych – *potok Par* (2), *rzeka Żabnica* (5) oraz sześciu prawobrzeżnych – *potok bez nazwy w okolicach Żelazówki* (1), *potok Szarwaczanka* (3), *potok bez nazwy w miejscowości Swarzów* (4), *potok Smęgorzówka w Smęgorzowie* (6), *potok Nieczajka w Podradwanianiu* (7) i *ciek Upust w Brzezówce* (8) (ryc. 1).

W wodzie powierzchniowej mierzono:

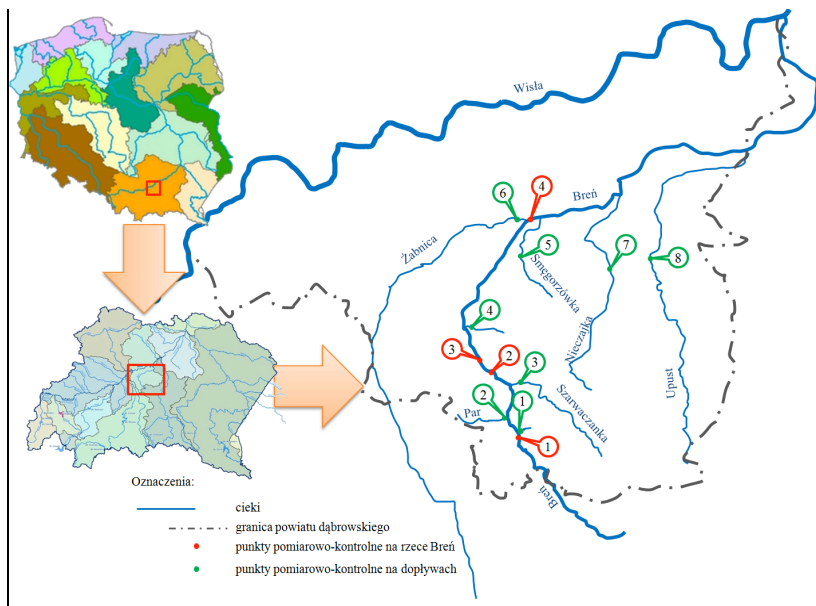
temperaturę – elektronicznym termometrem stanowiącym integralną część tlenomierza,

odczyn – przy użyciu pH-metru CP-104 firmy ELMETRON, wyposażonego w elektrodę kombinowaną. Przed wykonaniem pomiaru pH-metr kalibrowano w roztworze buforowym,

nasylenie tlenem – tlenomierzem typu CO-411,

przewodność właściwą – konduktometrem CC-101 firmy ELMETRON,

zawartość substancji rozpuszczonej – testerem TDS.



Ryc. 1. Położenie obiektu badawczego na tle regionu wodnego górnej Wisły oraz lokalizacja punktów pomiarowo-kontrolnych na cieku głównym i jego dopływach

Źródło: opracowanie własne na podstawie <http://www.pogodynka.pl/>;  
<http://www.krakow.rzgw.gov.pl>

Materiałem wyjściowym do opracowania niniejszego artykułu były:

jednorazowe pomiary terenowe prowadzone w sierpniu 2016 r. bezpośrednio na rzece Breń oraz jej dopływach,

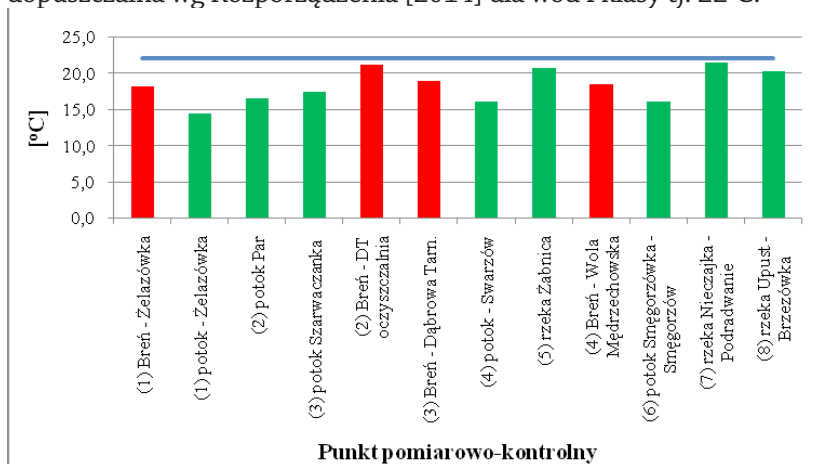
Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Rozporządzenie MŚ 2014],

własne obserwacje i dokumentacja fotograficzna,

podkład kartograficzny służący przedstawieniu lokalizacji punktów badawczych, pozyskany z dokumentacji udostępnionej przez WIOŚ w Krakowie [Informacja o stanie środowiska 2015].

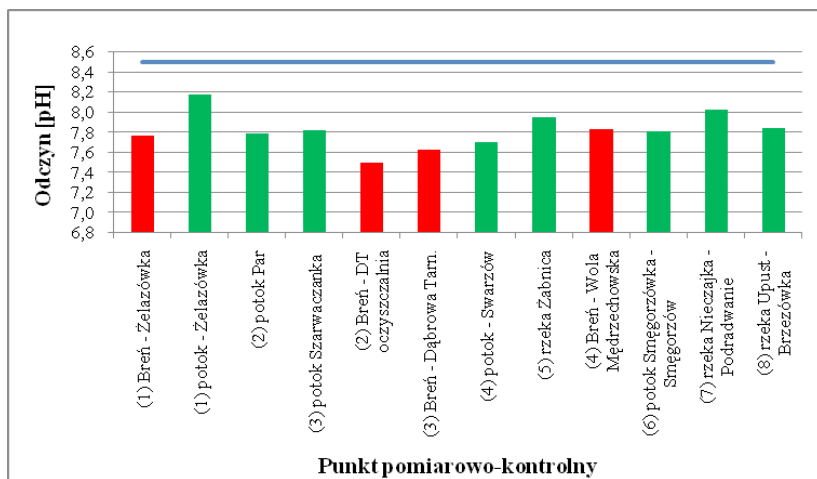
## WYNIKI I Dyskusja

Temperatura wody w cieku głównym charakteryzowała się niewielką zmiennością. Przed miastem wynosiła 18,2°C (1), po wymieszananiu się ścieków oczyszczonych z wodą wzrosła do 21,2°C (2), po przepłynięciu przez miasto osiągnęła wartość 18,9°C (3) by następnie po przepłynięciu kilku kilometrów spaść do 18,4°C (4) (ryc. 2). Temperatura wód powierzchniowych zależy głównie od temperatury powietrza na danym terenie [Chełmicki 2002], a ta w czasie badań wynosiła ( $t_{\max}$ ) 26,0°C. Małe potoki charakteryzowały się niższą temperaturą wody w zakresie od 14,5°C (potok w Żelazówce) do 17,4°C (potok Szarwaczanka), natomiast wyższe temperatury wody notowano na większych dopływach od 20,7°C (rzeka Żabnica) do nawet 21,5°C (rzeka Nieczajka). Nigdzie jednak nie została przekroczona wartość dopuszczalna wg Rozporządzenia [2014] dla wód I klasy tj. 22°C.

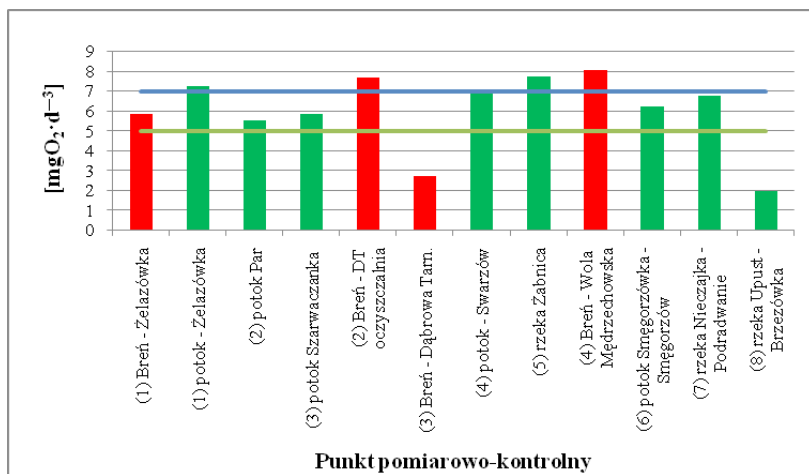


Ryc. 2. Wartości temperatury wody w poszczególnych punktach pomiarowo-kontrolnych

Wody powierzchniowe na terenie powiatu dąbrowskiego charakteryzowały się odczynem słabo zasadowym (7,5–8,2) (ryc. 3). Najniższą wartość notowano w wodzie rzeki Breń wymieszanej ze ściekami (2), najwyższą w potoku bez nazwy w Żelazówce (1). W żadnym punkcie pomiarowym nie zostały przekroczone wartości normowe dla I klasy (ryc. 3). Odczyn wód powierzchniowych zależy głównie od właściwości gruntu, opadów atmosferycznych czy też dopływu zanieczyszczeń [Kowal i Świdorska-Bróz 2005].



Ryc. 3. Wartości odczynu pH wody w poszczególnych punktach pomiarowo-kontrolnych



Ryc. 4. Wartości tlenu rozpuszczonego w wodzie w poszczególnych punktach pomiarowo-kontrolnych

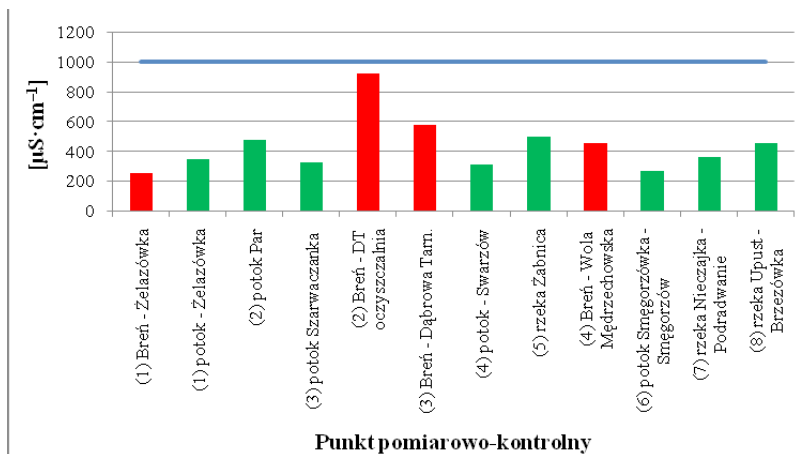
Warunki tlenowe w wodach powierzchniowych zależą głównie od powierzchni styku lustra wody z tlenem atmosferycznym oraz procesów fotosyntezy, przeprowadzanej przez rośliny wodne [Kowal i Swiderska-Bróż 2005]. Najlepsze warunki tlenowe (I klasa

$\geq 7 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ ) odnotowano w potoku bez nazwy w Żelazówce (1), w potoku bez nazwy w Swarzowie (4), w rzece Żabnicy (5) oraz w punkcie pomiarowo-kontrolnym na rzece Breń w okolicach oczyszczalni ścieków (2) i Woli Mędrzechowskiej (4) (ryc. 4).

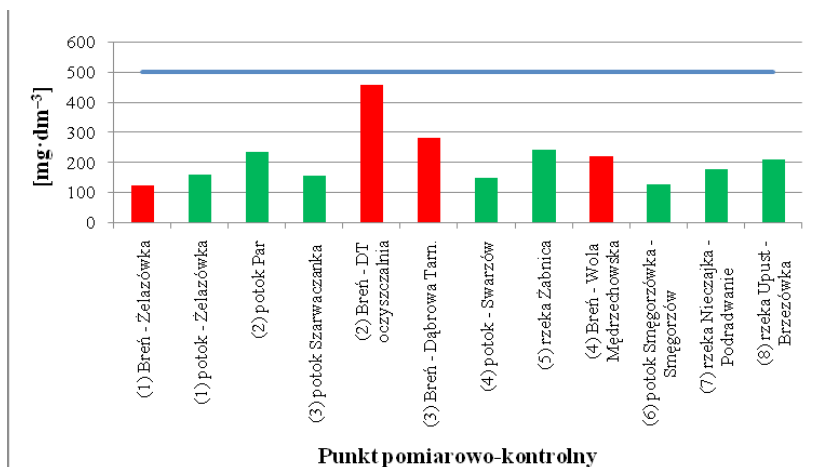
Nieco gorsze natlenienie (II klasa  $\geq 5 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ ) występowało w rzece Breń w Żelazówce (1), w potoku Par (2), w potoku Szarwaczanka (3), w potoku Smęgorzówka (6) oraz rzece Nieczajce (7) (ryc. 4). Przekroczenie wartości dopuszczalnej dla wód II klasy odnotowano na rzece Breń w trzecim punkcie pomiarowo-kontrolnym (3) oraz w cieku Upust (8) (ryc. 4). Świadczyć to może o zanieczyszczeniu tych wód substancjami organicznymi i zużyciu tlenu na procesy biochemicznego rozkładu tych substancji lub wysoką temperaturą i słabym nurtem wody, utrudniającym mieszanie się wody z tlenem atmosferycznym [Chomutowska i Wilamowski 2014].

Z grupy wskaźników charakteryzujących zasolenie badano w wodzie powierzchniowej przewodność właściwą oraz zawartość substancji rozpuszczalnych. Na rzece Breń największą wartość przewodności odnotowano w punkcie pomiarowo-kontrolnym zlokalizowanym przy oczyszczalni ścieków w Dąbrowie Tarnowskiej (2) ( $920 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), niewątpliwie wpływ na to miały ścieki oczyszczone zrzucane z oczyszczalni ścieków oraz zanieczyszczenia spływające z obszaru miasta, natomiast najmniejszą wartość przewodności odnotowano na rzece Breń w Żelazówce (1) ( $257 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) (ryc. 4). Najmniejszym zasoleniem wody charakteryzowały się dopływy prawostronne, wśród których wymienić należy potok bez nazwy w Żelazówce (1), potok Szarwaczanka (3), potok bez nazwy w Swarzowie (4) i potok Smęgorzówka (6) (ryc. 4). Największą przewodność odnotowano w dopływach lewostronnych – potok Par (2) i rzeka Żabnica (5) oraz w dopływie prawostronnym – ciek Upust (8) (ryc. 4). Wzrost przewodności wód naturalnych świadczyć może o zanieczyszczeniu ich związkami mineralnymi [Gajowska-Stefańska i in. 2007].

Podobny charakter przebiegu jak przewodność elektryczna miał wskaźnik dotyczący zawartości substancji rozpuszczalnych w wodzie. Na cieku głównym podwyższoną wartość odnotowano w punkcie drugim (2), a najmniejszą w pierwszym (1) (ryc. 6). Większą zawartością substancji rozpuszczonych w wodzie charakteryzowały się dopływy lewostronne, a mniejszą prawostronne (ryc. 6).



Ryc. 5. Wartości przewodności w wodzie w poszczególnych punktach pomiarowo-kontrolnych



Ryc. 6. Wartości substancji rozpuszczonych w wodzie w poszczególnych punktach pomiarowo-kontrolnych

Ze względu na równinny charakter powiatu dąbrowskiego wody w ciekach mają małą prędkość przepływu – głównym typem przepływu jaki obserwowano był przepływ laminarny. Ze względu na utrzymującą się długo pogodę bezdeszczową stan wody w korytach był niski (fot. 1a–d).



Fot. 1. Rzeka Breń w pierwszym (a), drugim (b), trzecim (c) i czwartym (d) punkcie pomiarowo-kontrolnym

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji oraz badań terenowych, sformułowano następujące wnioski:

Na jakość wód odbiornika w mniejszym stopniu mogą wpływać dopływy boczne, a w większym ścieki oczyszczone z miejscowej oczyszczalni. Jednakże rzeka Breń posiada zdolności do samooczyszczania wód płynących.

Przeprowadzone badania wybranych wskaźników fizykochemicznych wskazują na dobry stan ekologiczny rzeki Breń. Na pogorszenia jakości wód wpływa głównie, odnotowane w dwóch punktach pomiarowo-kontrolnych, niskie stężenie tlenu rozpuszczonego.

Monitoring jakości wód powierzchniowych w ciekach powiatu dąbrowskiego o małym natężeniu przepływu, stanowi ważny element diagnozy procesów zachodzących w wodzie i powinien być nadal prowadzony.

## BIBLIOGRAFIA

- Czaban S. 2008. *Klasyfikacja jakości wód powierzchniowych w Polsce*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 9: 259–269.
- Chełmicki W. 2002. *Woda. Zasoby, degradacja, ochrona*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Chomutowska H., Wilamowski K. 2014. *Analiza czystości wód rzeki Łutownia na terenie Puszczy Białowieskiej*. Inżynieria Ekologiczna, 38: 117–128.
- Gajowska-Stefańska J. (pod red.). 2007. *Laboratoryjne badania wody, ścieków i osadów ściekowych cz. I*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, ss. 261.
- Informacja o stanie środowiska w Powiecie Dąbrowskim w 2014 roku. WIOŚ w Krakowie delegatura w Tarnowie. Listopad 2015, Tarnów (praca zbiorowa).
- Jarosiewicz A. 2007. *Proces samooczyszczania w ekosystemach rzecznych*. Słupskie Prace Biologiczne 4: 27–41.
- Kondracki J. 2011. *Geografia regionalna Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, ss. 440.
- Kowal L. A., Świdarska-Bróż M. 2005. *Oczyszczanie wody*. PWN Warszawa, ss. 603.
- Kowalik T., Bogdał A., Borek Ł., Kogut A. 2015. *The effect of treated sewage outflow from a modernized sewage treatment plant on water quality of the Breń River*. Journal of Ecological Engineering, 16(4): 96–102.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. Dz. U. z 2014, poz. 1482.
- Strony internetowe: <http://www.pogodynka.pl/>; <http://www.krakow.rzgw.gov.pl> (data dostępu: 27.09.2016 r.)

Wyniki badań zrealizowane w ramach tematu BM–4359/2015 zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW.

### **Afiliacja:**

dr inż. Łukasz Borek

Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska

Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

e-mail: l.borek@ur.krakow.pl

## **DOBOWY POMIAR WSPÓŁRZĘDNYCH PUNKTU METODĄ RTN GPS**

### **DAILY MEASUREMENT OF POINT COORDINATES USING RTN GPS METHOD**

**Streszczenie.** Badanie dotyczy dokładności oraz powtarzalności wyznaczenia współrzędnych punktu w trakcie doby. Pomiar wykonano metodą RTN GPS. Wykorzystano poprawki powierzchniowe NAWGEO\_VRS\_CMR z Małopolskiego Systemu Pozycjonowania Precyzyjnego (MSPP). Metoda RTN jest jedną z geodezyjnych metod pomiaru w czasie rzeczywistym. Pomiar opiera się o systemy satelitarne oraz sieć stacji referencyjnych. Wyznaczono pozycję wybranego punktu z interwałem pomiaru 1 minuta w czasie 24 godzin. Otrzymano szereg czasowy współrzędnych. Zbadano błędy położenia poziomego oraz pionowego punktu dla całego pomiaru. Obliczono podstawowe statystyki opisowe zbioru wyników. Wykazano, że metoda RTN GNSS pozwala osiągać dokładne i precyzyjne wyniki.

**Słowa kluczowe:** Real-Time Network, GPS, NAWGEO, VRS, MSPP, CMRx

**Abstract.** The study concerns the accuracy and repeatability of the designation of point coordinates in 24 hours. The measurement was performed by the RTN GPS method surveying. The surfaced corrections NAWGEO\_VRS\_CMR of The Precision Positioning System of the Malopolska Region (pol. Małopolski System Pozycjonowania Precyzyjnego - MSPP) were used. RTN method is one of the surveying measuring methods in real time. The measurement is based on satellite systems and a reference stations network. The position of the selected point was determined from measurement of one minute intervals in a 24 hours. The time series of coordinates was obtained. The horizontal position and vertical position errors of point were investigated for the whole measurement. The basic descriptive statistics set of measurement results were calculated. It has been shown that the RTN GNSS method allows achieving accurate and precise results.

**Key words:** Real-Time Network, GPS, NAWGEO, VRS, MSPP, CMRx

## WSTĘP

Satelitarne techniki i metody pomiarowe zdominowały pomiary geodezyjne ze względu na większą efektywność od metod klasycznych, a tym samym obniżenie kosztów [Siejka 2008, Uznański 2012]. Jedną z satelitarnych metod pomiaru w czasie rzeczywistym jest metoda RTN (ang. Real-Time Network). Wykorzystuje ona poprawki powierzchniowe, obliczane na podstawie sieci fizycznych stacji referencyjnych (ang. Continuously Operating Reference Station - CORS) oraz wygenerowanych przez algorytm obliczeniowy wirtualnych stacji referencyjnych (ang. Virtual Reference Station - VRS). Jest to często rozwiązanie korzystniejsze pod względem dokładności niż pomiar metodą RTK (ang. Real-Time Kinematic), który bazuje na poprawkach pochodzących z jednej wybranej fizycznej stacji referencyjnej [Zinas 2011, Siejka 2015]. Na dokładność oraz wiarygodność wyników metody RTN wpływa ilość systemów satelitarnych wykorzystanych podczas pomiaru. Zauważyć można przewagę rozwiązania RTN z wykorzystaniem systemu GNSS (ang. Global Navigation Satellite System), nad metodą RTN z zastosowaniem tylko jednego systemu satelitarnego, a także nad metodą RTK niezależnie czy korzysta się z jednego czy też kilku systemów satelitarnych [Tokura i in. 2014, Siejka i Mielimąka 2015].

O dokładności oraz powtarzalności wyników pomiaru metodami w czasie rzeczywistym może decydować wiele czynników. Między innymi odległość od stacji referencyjnej w przypadku pomiaru RTK lub też wykonywanie pomiarów RTN poza wewnętrznym obszarem sieci [McHugh i in. 2015]. Za obszar wewnętrzny przyjmuje się figurę o obwodnicy powstałej z połączenia skrajnych stacji danej sieci. Gruszczynski [2015] zwraca uwagę, że końcowa wiarygodność wyznaczenia współrzędnych dowolnego punktu za pomocą m.in. metody RTK zależy w głównej mierze od stabilności szeregów czasowych permanentnych obserwacji GNSS. Na stabilność szeregów stacji położonych od siebie w odległościach nieprzekraczających kilkuset kilometrów wpływa tzw. błąd wspólny (ang. common mode error – CME) związany z wzajemną przestrzenno-czasową korelacją zarejestrowanych obserwacji [Byungwoon 2010, Gruszczynski 2015]. Jest on skutkiem niezamodelowanych, wielkoskalowych efektów atmosferycznych, niedoskonałości modeli orbit satelitów i parametrów

orientacji Ziemi oraz błędów zegarów satelitów. Podobne zależności zauważa Próchniewicz [2014] i zwraca uwagę na duży wpływ modelu pozycjonowania na poprawność wyników rozwiązania RTN. Niepoprawny model sprzyja występowaniu błędów resztowych (ang. residual errors), czyli nieuwzględnionych odchyśleń wywołanych głównie przez zaburzenia atmosfery (błędy refrakcji jonosferycznej oraz troposferycznej) obniżających jakość korekt sieciowych [Próchniewicz 2014]. Oprócz wspomnianych błędów związanych z samą siecią stacji referencyjnych wyróżnić można także błędy związane z położeniem centrum fazowego wykorzystywanej anteny [Owerko i Kuras 2010]. Na wyniki pomiaru ma wpływ także miejsce ich wykonywania, które może sprzyjać zaistnieniu błędu wielodrożności sygnału (ang. multi-path) oraz ograniczyć widoczność satelitów [Bárta 2005, Tokura i in. 2014]. Istotny jest także, związany z warunkami terenowymi, dobór odpowiedniego kąta odcięcia horyzontu, który wpływa na błąd pomiaru pseudoodległości [Nowak 2011, Gabryszuk 2015]. Kąt odcięcia horyzontu (kąt maski) pozwala użytkownikowi odbiornika satelitarnego określić minimalną wysokość topocentryczną satelitów, które mają być wykorzystane w procesie wyznaczania współrzędnych pozycji [Nowak 2011]. Należy także pamiętać o błędach spowodowanych brakiem staranności mierniczego – brak pionowości i stabilności tyczki, niecentryczne jej ustawienie nad mierzonym szczegółem [Kowalczyk 2011] oraz błędach związanych z pomiarami klasycznymi, które mogą także wystąpić w trakcie pomiarów metodami RTK i RTN [Gawronek i in. 2015].

Mając na względzie wymienione czynniki wpływające na wynik metody RTN GPS oraz zmiany konstelacji satelitów w trakcie 24 h istotne staje się badanie zmienności i powtarzalności rozwiązania metody RTN w czasie doby, co stanowi cel niniejszej pracy. Badania tego typu wskazać mogą najkorzystniejsze okresy wykonywania pomiaru ze względu na pożądaną dokładność i precyzję. Eksperyment jest cenny ze względu na objęcie badaniem okresu całej doby, co rzadko poruszane jest w literaturze.

## **MATERIAŁY I METODY**

Eksperyment pomiarowy przeprowadzono na terenie Kampusu Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego

w Krakowie dnia 8 września 2015 roku (DOY 251). Wykorzystano poprawki sieciowe pochodzące z Małopolskiego Systemu Pozycjonowania Precyzyjnego (MSPP) złożonego z 11 stacji referencyjnych i obejmującego swym zasięgiem województwo małopolskie i śląskie. Sieć ta jest częścią ASG-EUPOS, czyli państwowej polskiej aktywnej sieci geodezyjnej. Stanowisko pomiarowe (ryc. 2 i 3) zlokalizowano w terenie zainwestowanym, zachowując dobre praktyki związane z pomiarami satelitarnymi (eliminacja zjawisk i obiektów mogących znacząco wpływać na pomiar). Punkt pomiarowy znajdował się w centrum sieci MSPP (ryc. 1). Najbliższa fizyczna stacja to KRA1 (oddalona o 5,28 km).

Użyto odbiornika Trimble R8 Model 3 zintegrowanego z anteną GNSS/SPS88x Internal. W celu zapewnienia stabilności zestawu pomiarowego antenę spoziomowano i scentrowano nad punktem pomiarowym wykorzystując statyw geodezyjny oraz spodarkę z pionownikiem. Aby eksperyment naśladował pomiar z wykorzystaniem odbiornika ruchomego zachowano przybliżoną różnicę odległości centrum fazowego odbiornika od znaku punktu. W trakcie pomiaru odległość ta wynosiła 1,906 m zaś dla odbiornika na tyczce wynosi ona zazwyczaj 2,000 m. Odbiornik pozostawał w jednej pozycji przez cały czas trwania pomiaru z anteną zorientowaną na północ. Orientacja anteny zapewniła wykluczenie błędów jej geometrii. Eliminację wychyleń zapewniała kontrola poziomowania i centrowania instrumentu oraz pomiar wysokości co 1 h. W toku badań nie stwierdzono zruszenia zestawu pomiarowego.

Zintegrowany odbiornik z anteną oraz kontrolerem skonfigurowano następująco:

Port IP: <http://46.22.167.208:8080>

Typ poprawek: NAWGEO\_VRS\_CMV

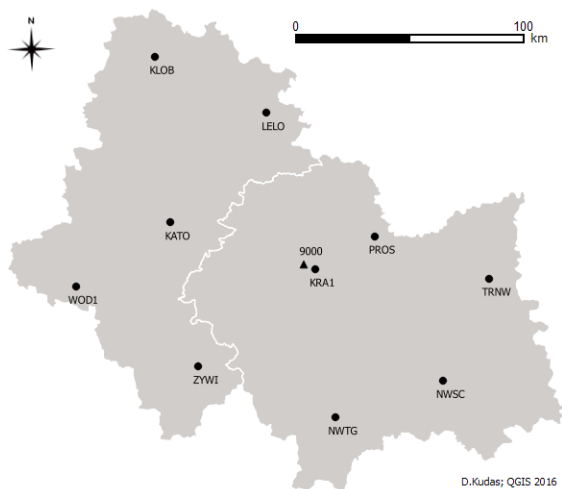
Strumień poprawek systemu: CMRx

Typ rozwiązania: Sieć

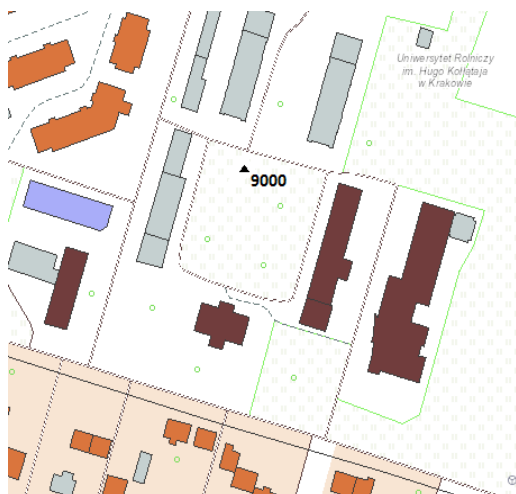
Maska elewacji odbiornika: 10

Maska PDOP odbiornika: 6

Dokładność współrzędnych: płaskich 0,01 m, wysokościowej 0,001 m



Ryc. 1. Punkt nr 9000 na tle sieci stacji MSPP



Ryc. 2. Lokalizacja punku nr 9000, źródło: [www.miip.geomalopolska.pl](http://www.miip.geomalopolska.pl)

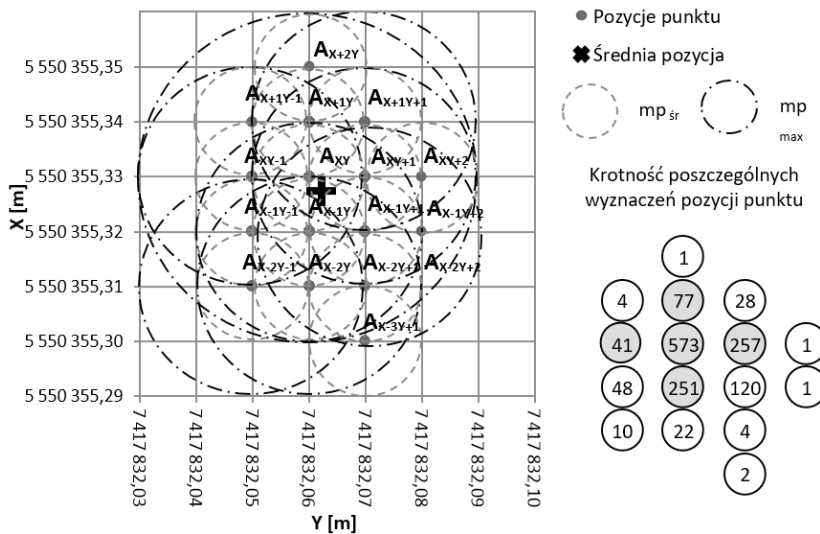


Ryc. 3. Zasłonięcie horyzontu obserwowane z poziomu anteny odbiornika GNSS na punkcie nr 9000

Tryb pomiaru ustawiono tak, aby po osiągnięciu inicjalizacji odbiornik wyznaczał swoją pozycję z interwałem 60 sekund. Każda pozycja w celu eliminacji błędów była wynikiem 5 sekundowego pomiaru i uśrednienia 3 kolejnych pozycji. Inicjalizację odbiornika ponawiano co 4 h.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzony eksperyment pomiarowy pozwolił zgromadzić 1440 wyników z rozwiązania RTN MSPP, co odpowiada 16 parom współrzędnych płaskich mierzonego punktu o różnej krotności (ryc. 4). Wykres odnoszący się do płaszczyzny poziomej (XY) zawiera także zasięg średniego i maksymalnego średniego błędu położenia poziomego punktu. Dla każdej z zarejestrowanych pozycji średnia z wartość błędu położenia poziomego ( $m_p$ ) wyniosła  $\pm 0,01$  m. Tylko jeden wynik rozwiązania pozycji obciążony był błędem jednostkowym położenia  $\pm 0,03$  m, była to pozycja centralna -  $A_{xy}$ . Wartość tą uznać należy za przypadkową biorąc pod uwagę pozostałe obserwacje. Błędem położenia poziomego o wartości  $\pm 0,01$  m obciążonych było



Ryc. 4. Wyznaczone pozycje punktu w płaszczyźnie XY wraz z błędami ich położenia (mp)

82% wszystkich zgromadzonych obserwacji, natomiast błąd  $m_p = \pm 0,02$  m dotyczył 2%. Według algorytmu wyznaczania pozycji metodą RTN w oparciu o MSPP 16% obserwacji otrzymano z błędem  $m_p = 0,00$  m.

Analizując pozycje zarejestrowane przez odbiornik oraz ich krotność zauważyć można wydłużenie powstałej figury na osi X (północ-południe). Rozpiętość zarejestrowanych pozycji, bez odrzucenia wartości skrajnych wynosi 0,06 m po osi X i 0,04 m po osi Y. Wpisuje się to w wyniki innych badań, gdzie stwierdza się mniejszą dokładność pomiaru współrzędnej X [Siejka 2008, Plewako 2012, Kudas 2015].

Krotność pozycji najczęściej zarejestrowanej nad punktem pomiarowym zajmuje centralne miejsce ( $A_{XY}$ ; 573 powtórzenia). Obok niej skupiają się także kolejne najliczniejsze pozycje odpowiednio przesunięte o 0,01 m – przeciwnie do zwrotu osi X ( $A_{X-1Y}$ ; 251 powtórzeń) oraz zgodnie ze zwrotem osi Y ( $A_{XY+1}$ ; 257 powtórzeń). Wpisuje się to w badania przeprowadzone przez Uznańskiego [2012], które wspominają o otrzymywaniu rozwiązań z błędami systematycznymi. Pozostałe zarejestrowane pozycje znajdujące się w promieniu 0,01 m ( $A_{X+1Y}$ ; 77 powtórzeń oraz  $A_{XY-1}$ ; 41 powtórzeń) występują rzadko. Wymienione wyżej pozycje razem stanowią 83% wszystkich uzyskanych wyników w trakcie doby, przy czym pozycja najczęściej powtarzająca się 40%, zaś pozycje w promieniu 0,01 m – 43%.

W celu kompleksowej analizy powtarzalności współrzędnych z pomiarów RTN MSPP przeanalizowano także czas rejestracji par współrzędnych o centralnym położeniu. W tym celu posłużono się rachunkiem prawdopodobieństwa określając prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska: wyznaczenie pozycji najliczniejszej ( $A_{XY}$ ) oraz oddalonych o 0,01 m od niej ( $A_{XY+1}$ ,  $A_{X-1Y}$ ,  $A_{X+1Y}$ ,  $A_{XY-1}$ ) w każdej godzinie.

Największe prawdopodobieństwo otrzymania najkorzystniejszej wartości rozwiązania  $P(A_{XY})=66\%$  wystąpiło tylko dla okresu 19-21 czasu CEST. Wskazać także można okresy, gdy najbardziej prawdopodobne jest otrzymanie wartości odstających: 4-5, 6-9, 10-13, 21-24. Dane pomiarowe wskazują na okresy czasu gdy prawdopodobieństwo otrzymania wartości odstających o 0,01 m jest najbardziej prawdopodobne: 6-7, 16-17 oraz 22-23.

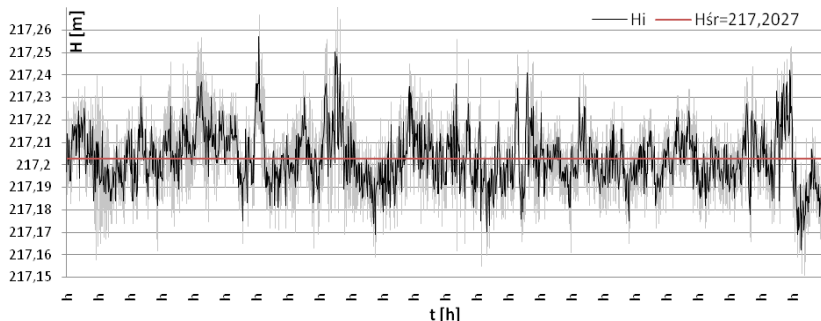
Tab. 1. Prawdopodobieństwo wystąpienia wybranej pary współrzędnych płaskich (XY) w kolejnych godzinach

CEST [h]	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
UTC [h]	22-23	23-0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
$P(A_{XY})$ [%]	42	47	60	43	28	50	28	33	10	62	30	28
$P(A_{XY+1})$ [%]	5	23	7	3	33	28	35	22	13	20	22	22
$P(A_{X-1Y})$ [%]	22	5	22	13	13	10	15	13	40	07	13	7
$P(A_{XY-1})$ [%]	7	0	5	7	0	0	0	5	0	0	3	5
$P(A_{X-1Y})$ [%]	0	12	0	8	5	3	13	7	0	2	7	10
$P(A_{X+1Y+1})$ [%]	34	40	33	32	52	42	63	47	53	28	45	43
$P(A_{XY} + A_{X+1Y+1})$ [%]	76	87	93	75	80	92	92	80	63	90	75	72

CEST [h]	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23
UTC [h]	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
$P(A_{XY})$ [%]	25	38	40	52	40	45	38	66	72	28	28
$P(A_{XY+1})$ [%]	17	15	12	10	18	23	20	15	10	8	8
$P(A_{X-1Y})$ [%]	23	15	30	12	23	18	17	10	17	27	27
$P(A_{XY-1})$ [%]	8	0	5	5	0	0	3	7	0	0	0
$P(A_{X-1Y})$ [%]	5	15	5	8	17	0	2	2	2	3	3
$P(A_{X+1Y+1})$ [%]	53	45	52	35	58	42	42	34	28	38	38
$P(A_{XY} + A_{X+1Y+1})$ [%]	78	83	92	87	98	87	80	100	100	67	67

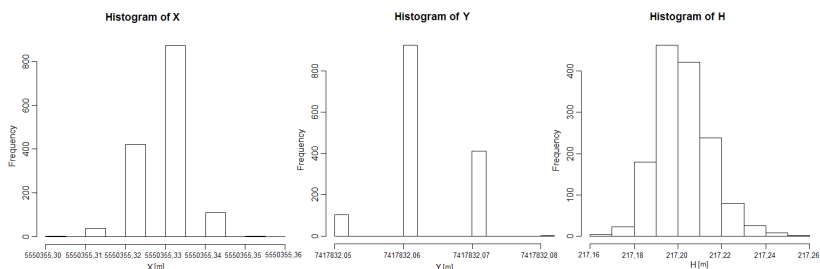
Osobną uwagę poświęcono współrzędnej wysokościowej (H), która obciążona jest największą zmiennością oraz błędami wyznaczenia [Siejka 2010]. Eksperyment potwierdza wyniki innych tego typu badań [Hadaś i Bosy 2009, Banasik i Uznański 2010, Uznański 2012], gdzie zauważa się małą dokładność wyznaczania wysokości elipsoidalnych z pomiarów RTN oraz ich losowy charakter o rozrzucie na poziomie 0,09 m. Zaobserwowano wartości z przedziału <217,162 m; 217,257 m>, co świadczy o rozstępie zbioru danych wysokościowych na poziomie 0,095 m. Średnia wysokość dla zbioru danych pomiarowych wynosi 217,203 m. Trudność sprawia wskazanie wartości powtarzających się. Każde rozwiązanie RTN charakteryzuje się indywidualną wartością trzeciej współrzędnej. Ana-

lizując wykres zmian współrzędnej H (ryc. 5), zauważyć można że wartości wysokości w pewnych okresach rosną a następnie obserwujemy ich spadek. Zjawisko to wymaga szczegółowych badań celem określenia trendu.



Ryc. 5. Zmiany współrzędnej wysokościowej w trakcie doby z zaznaczeniem wartości błędów średnich (mh)

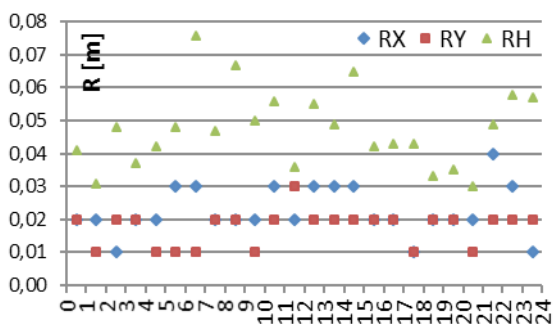
Wykorzystując test Shapiro-Wilka zbadano normalność rozkładu zbioru analizowanych współrzędnych. Pozwolił on na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  odrzucić hipotezę o rozkładzie normalnym analizowanych danych. Analiza histogramów obrazujących wyniki przeprowadzonego eksperymentu (ryc. 6), potwierdza także brak rozkładu normalnego.



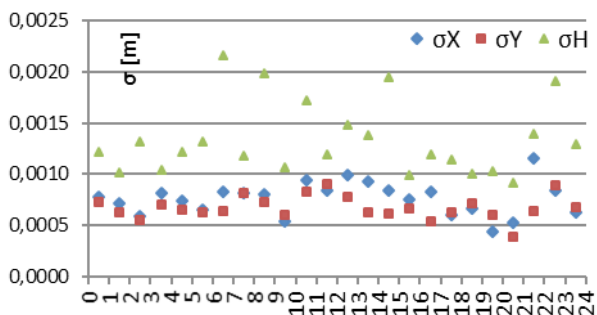
Ryc. 6. Graficzne przedstawienie rozkładu empirycznego analizowanych współrzędnych

W przypadku bardzo dużej ilości pomiarów wyniki układają się wokół wartości średniej arytmetycznej ( $M$ ) i dlatego nie jest ona znacznie zaburzona przez wartości odstające. Średnią arytmetyczną można więc uznać za najbardziej zbliżoną do rzeczywistej wartości. W takim

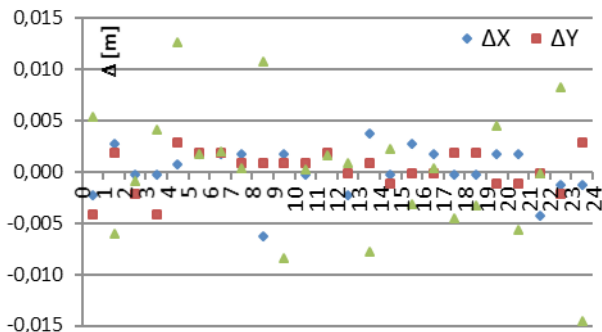
przypadku wartość odchylenia standardowego średniej arytmetycznej (niepewność standardowa) –  $\sigma_M$ , stanowi ocenę niepewności M. Dla całej serii danych obliczono niepewność standardową każdej współrzędnej:  $X=5550355,327\pm 0,0002$  m;  $Y=7417832,062\pm 0,0001$  m;  $H=217,2027\pm 0,0003$  m. Największą niepewnością obarczona jest współrzędna H, zaś najmniejszą współrzędna Y. Średni rozstęp dla każdej godziny wyniósł dla X i Y 0,02 m, zaś dla H 0,047 m. Wartości średnie godzinne różnią się od średniej dla całej doby o  $\Delta X \leq 0,006$  m,  $\Delta Y \leq 0,004$  m i  $\Delta H \leq 0,0015$  m (ryc. 9).



Ryc. 7. Rozstęp danych godzinnych



Ryc. 8. Niepewność standardowa danych godzinnych



Ryc. 9. Różnica średnich godzinnych od średniej dobowej

W przypadku niepewności wartości średniej arytmetycznej z danych godzinnych dla współrzędnych płaskich X i Y nie przekracza ona zazwyczaj 0,001 m. Natomiast dla współrzędnej wysokościowej (H) zawiera się w przedziale (0,0005 m; 0,0025 m). Jak pokazuje ryc. 9 uśrednienie 60 kolejnych obserwacji, czyli wykonanie pomiaru RTN GPS o interwale rejestracji pozycji 60 s przez okres jednej godziny pozwala osiągać wynik zbliżony do wartości rzeczywistej. Odchyłka wartości uśrednionych z pomiaru godzinnego w odniesieniu do średniej dla pomiaru dobowego w przypadku pozycji poziomej nie przekracza  $\pm 0,005$  m oraz dla wysokości w większości przypadków  $\pm 0,010$  m. Uśrednienie 60 pomiarów RTN równomiernie rozłożonych w trakcie 1 h wykonanych na tym samym punkcie pozwala na osiągnięcie zadowalających wyników.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Analizy wyników pomiaru RTN w MSPP wykazały w przypadku współrzędnych płaskich większą zmienność współrzędnej X. Zadowalający wynik pozycji horyzontalnej można otrzymać przez 83% doby. Wspomnieć należy, iż 40% wyników pokrywa się z wartością średnią dla zbioru danych pomiarowych. Kolejne 43% wyników znajduje się w promieniu 0,01 m od pozycji centralnej. Przeprowadzone analizy pozwoliły także stwierdzić, że uśredniona wartość 60 pomiarów metodą RTN odbiega o wartości nieprzekraczające 0,005 m w przypadku współrzędnych płaskich (XY) od wartości przyjętej za

najbardziej zbliżoną do rzeczywistej (średnia arytmetyczna dla doby) oraz o 0,010 m w przypadku wysokości (H). Stąd w celu podniesienia dokładności pomiar RTN ważnych elementów należy powtarzać, a wynik uśredniać. Pozycje rejestrowane w centrum MSPP obciążone były średnim błędem położenia poziomego ( $m_p$ ) i wysokościowego ( $m_h$ ) o wartości  $\pm 0,01$  m.

Metoda RTN GPS w MSPP pozwalała osiągać precyzyjne oraz dokładne wyniki. Niestety ze względu na zmiany prawne [www.gps.geomalopolska.pl] korekty RTN i RTK z systemu MSPP są niedostępne dla użytkowników od dnia 30 czerwca 2016 roku. Aktualnie korekty utworzone na podstawie stacji MSPP są dostępne odpłatnie poprzez system ASG-EUPOS.

## LITERATURA

- Bárta L. 2005. Analysis of time series for accuracy estimation of GPS kinematic methods. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.*, nr 4(2), 3-13
- Banasik P. Uznański A. 2010. Niwelacja satelitarna obiektów liniowych z wykorzystaniem modelu quasi-geoidy. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.*, 9(3), 3-14.
- Byungwoon P. Changdon K. 2010. The Compact Network RTK Method: An Effective Solution to Reduce GNSS Temporal and Spatial Decorrelation Error. *Journal of Navigation*, 63, 343-362
- Gabryszuk J. 2016. Wpływ kąta odcięcia horyzontu na wyznaczanie pozycji w trybie RTN GNSS z siecią TPI NETPRO oraz VRSNET. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, nr 2016/ II
- Gawronek P. Zygmunt M. Mitka B. 2015. Wpływ błędów obserwatora na dokładność wyznaczenia sytuacyjnego położenia punktu. *EPISTEME: Czasopismo Naukowo-Kulturalne*, nr 26, t. II, 41-48
- Gruszczyński M. 2015. Wpływ występowania błędów wspólnych na obserwacje GPS. *EPISTEME: Czasopismo Naukowo-kulturalne*, nr 26, t. II, 57-66
- Hadaś T. Bosy J. 2009. Niwelacja satelitarna GNSS z wykorzystaniem serwisu NAWGEO systemu ASG-EUPOS. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.*, 8(2), 53-66.
- Kowalczyk K. 2011. Analiza błędów generowanych podczas pomiaru szczegółów sytuacyjnych metodą GPS RTK. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.* 10(1), 5-22
- Kudas D. 2015. Analiza powtarzalności wyznaczenia współrzędnych punktu

- osnowy pomiarowej w czasie 24 godzin z krótkich sesji obserwacyjnych. *EPISTEME: Czasopismo Naukowo-kulturalne*, nr 26, t. II, 83-92
- McHugh C. Church I. Kim M. Maggio D. 2015. Comparison of horizontal and vertical resolvable resolution between repetitive multi-beam surveys using different kinematic GNSS methods. *International Hydrographic Review*, nr 14, 7-18
- Nowak A. 2011. Wpływ kąta odcięcia horyzontu na dokładność wyznaczeń GPS. *Logistyka* 6/2011, 3111-3118
- Owerko T. Kuras P. 2010. GNSS RTK system accuracy investigation according to the ISO 17123-8 standard. 11. *Geokinematischer Tag des Institutes für Markscheidewesen und Geodäsie, Freiberg*, 224-231.
- Plewako M. 2012. Wpływ długości czasu pomiaru techniką RTK GPS w systemie ASG-EUPOS na dokładność wyznaczenia współrzędnych punktu. *Infrastruktura i Ekonomia Terenów Wiejskich*, nr 2/IV/2012, 99-104.
- Próchniewicz D. 2014. Study on the influence of stochastic properties of correction terms on the reliability of instantaneous network RTK. *Artificial Satellites, Journal of Planetary Geodesy*, vol. 49, no. 1 – 2014, 1-19
- Siejka Z. 2008. Ocena faktycznej dokładności pomiarów GPS-RTK wykonywanych z wykorzystaniem korekcji generowanych przez Małopolski System Pozycjonowania Satelitarnego. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.*, nr 7(4), 15-25.
- Siejka Z. 2010. Analiza szeregów czasowych współrzędnych lokalnej stacji referencyjnej KRUR w Krakowie. *Infrastruktura i Ekonomia Terenów Wiejskich*, nr 12/2010, 107-114.
- Siejka Z. 2015. Multi-GNSS as a combination of GPS, GLONASS and BEIDOU measurements carried out in real time. *Artificial Satellites, Journal of Planetary Geodesy*, vol. 50, no. 4, 217-229
- Siejka Z. Mielimąka R. 2015. Polish active geodetic network as a multi-functional nationwide navigation and positioning system. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, nr 81,5-15
- Tokura H, Yamada H. Kubo N. Pullen S. 2014. Using Multiple GNSS Constellations with Strict Quality Constraints for More Accurate Positioning in Urban Environments. *Positioning*, 5, 85-96
- Uznański A. 2012. Analiza precyzji i dokładności pozycjonowania punktów na bazie serwisu NAWGEO systemu ASG-EUPOS. *Infrastruktura i Ekonomia Terenów Wiejskich*, nr 2012/ 01, 93-103.
- Zinas N. 2011. Development and Assessment of a Multiple Rover Network Approach for Real-Time GNSS Networks. *Navigation*, vol. 58, no. 3, 257-277
- [www.gps.geomalopolska.pl](http://www.gps.geomalopolska.pl) [dostęp 31.05.2016 r.]

**Adres do korespondencji:**

mgr inż. Dawid Kudas

Katedra Geodezji

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

*e-mail:* dawid.kudas@gmail.com

Publikacja została sfinansowana z tematu DS.-3356/KG/2016







