

УДК: 664.788:632,954:631.811.98

**В. П. Карпенко**, доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової та інноваційної діяльності Уманського національного університету садівництва

**E-mail:** unuh1844@Gmail.com

**В. І. Красноштан**, аспірант Уманського національного університету садівництва

**E-mail:** wasia1995@Gmail.com

## **ВМІСТ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДУ ЦИТАДЕЛЬ 25 OD, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН ЕНДОФІТ L1 І БІОПРЕПАРАТУ БІОАРСЕНАЛ**

Статтю присвячено вивченню дії гербіциду Цитадель 25 OD, регулятора росту рослин Ендофіт L1 і біопрепарату Біоарсенал на вміст пігментів у листках сорго зернового. В результаті дослідження встановлено, що обробка рослин гербіцидом призводить до зниження вмісту фотосинтезуючих пігментів у листках із наростанням норми внесення препарату. Проте, отримані дані свідчать про сприятливий вплив на вміст пігментів застосування гербіциду сумісно з регулятором росту рослин Ендофіт L1. Також відмічено зростання вмісту хлорофілів і каротиноїдів у листках сорго зернового у варіантах, де гербіцид вносили на фоні передпосівної обробки насіння біопрепаратом Біоарсенал. Найвищі ж показники вмісту пігментів отримано за внесення гербіциду в поєднанні з регулятором росту рослин на фоні передпосівної обробки насіння біопрепаратом, де перевищення вмісту хлорофілів  $a$ ,  $b$ , їх суми та каротиноїдів у середньому за період обліків склало 7,4 – 9,1%, 16,0 – 18,3%, 9,4 – 11,2% і 35,5 – 40,2% відповідно.

**Ключові слова:** сорго зернове, гербіцид, регулятор росту рослин, біопрепарат, хлорофіл  $a$  і  $b$ , сума хлорофілів  $a+b$ , каротиноїди

**V. P. Karpenko**, doctor of agricultural sciences, professor, vice-rector for research and innovation, Uman national university of horticulture

**V. I. Krasnoshtan**, post-graduate student, Uman national university of horticulture

## **PIGMENTS CONTENT IN LEAVES OF GRAIN SORGHUM UNDER THE INFLUENCE OF THE HERBICIDE CYTADEL 25 OD, PLANT GROWTH REGULATOR ENDOFIT L1 AND BIOPREPARATION BIOARSENAL**

Content of the chlorophylls and carotenoids in a pigment complex is one of the most important factors that determine the productivity of crops of cereals. Although it is well known that herbicides and plant growth regulators may cause changes in the amount of pigments, there is lack of researches about their separate and integrated influence on the pigment complex of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Therefore, we aimed our research to investigate the response of grain sorghum's pigment complex to the impact of the herbicide in different combinations with the plant growth regulator and biopreparation. In result, it was found that the content of the pigments was decreasing simultaneously with increasement of the herbicide rate. However, the obtained data indicates that the complex usage of the herbicide and plant growth regulator had an auspicious influence on the pigments content, compared to the variants where only herbicide was applied. The similar auspicious effect appeared, when the herbicide was applied on the background of pre-sowing seeds treatment by the biopreparation Bioarsenal. It is noticeable that in this case the increasement of pigments content was higher than in the variants of compatible application of the herbicide and plant growth regulator. The highest indicators of the pigments content formed when the herbicide was applied compatible with the plant growth regulator on the background of pre-sowing seeds treatment. The content excess of the chlorophylls *a*, *b*, *a+b* and carotenoids, relatively to the control, amounted 7,4 – 9,1%, 16,0 – 18,3%, 9,4 – 11,2% and 35,5 – 40,2% respectively. It is evident that usage of the herbicide Citadel 25 OD compatibly with

the plant growth regulator Endofit L1 on the background of pre-sowing seeds treatment by the biopreparation Bioarsenal is an effective measure, which allows to reduce the harmful impact of the xenobiotic on the pigment complex of grain sorghum.

**Key words:** grain sorghum, herbicide, plant growth regulator, chlorophyll *a* and *b*, sum of chlorophylls *a+b*, carotenoids

**Постановка проблеми.** Сорго зернове – перспективна культура, зростаюча увага до якої, створює необхідність більш детального вивчення технологічних особливостей вирощування. Культивування сорго зернового, як і більшості сільськогосподарських культур, неможливо уявити без наполегливої боротьби з бур'янами із застосуванням гербіцидів. У свою чергу, гербіциди є препаратами із вираженою фізіологічною дією, що можуть впливати не тільки на бур'яни, а й на культурні рослини, зумовлюючи патологічні процеси в їх організмі [1, 2]. Зокрема, можливими є порушення в роботі пігментного комплексу, що призводять до зниження продуктивності фотосинтезу, і, як наслідок, погіршення показників урожайності [3]. Крім того, застосування гербіцидів пов'язане зі значним впливом на довкілля, що призводить до його забруднення діючими речовинами препаратів, а також продуктами їх розпаду [4].

У зв'язку з цим, в останні десятиліття гостро постає питання біологізації сільського виробництва, спрямоване на зниження кількості застосовуваних хімічних сполук у посівах за рахунок впровадження у технології вирощування препаратів природного походження – регуляторів росту рослин і мікробних препаратів [2]. Проте, донині залишаються маловивченими питання спрямованості комплексної дії гербіцидів, регуляторів росту рослин і мікробних препаратів на стан пігментного комплексу низки культурних рослин, у тому числі й сорго зернового, що й обумовило актуальність даного дослідження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Хлорофіл є основним пігментом рослинної клітини, від якого в найбільшій мірі залежить продуктивність фотосинтезу. Тому, кількісні зміни даного пігмента в листках тісно пов'язані із продуктивністю фотосинтезу та показниками врожайності [3].

Крім хлорофілів, характерними компонентами пігментного комплексу рослин є каротиноїди. Серед важливих функцій, які вони виконують, виділяють їх здатність нейтралізувати активні форми кисню, що утворюються в процесі фотосинтезу та внаслідок впливу шкочочинних агентів на рослину [5, 6]. Будь-

які зміни в кількості хлорофілів і каротиноїдів є відображенням фізіологічного стану, в якому перебуває рослина, і можуть використовуватись для оцінки впливу на неї різних чинників [1, 3, 7].

Як свідчать наукові дослідження [8], вміст хлорофілів у рослинах є мінливим і може залежати від виду рослин, сорту, фази розвитку, погодних умов тощо. Проте, багато вчених схилиються до думки, що вагомий вплив на вміст пігментів можуть мати гербіциди і регулятори росту рослин [1, 2, 6, 7].

Дослідженнями R. M. Devlin et al. [9] із впливу гербіциду Флуридон на пігментний комплекс проростків пшениці й кукурудзи сортів Мерікопа й Меріт, за різних умов освітлення, виявлено, що вміст хлорофілів  $a$ ,  $b$ , і каротиноїдів, у тканинах зазначених рослин, зазнає істотних змін внаслідок дії гербіциду. Так, за концентрацій Флуридону 0,5; 1,0; 5,0; і 10,0 мкМоль/л та освітлення 10,8 клк показник суми хлорофілів  $a+b$  у пшениці знижувався відносно контролю на 6,7; 32,1; 64,2 і 95,5%. У рослинах кукурудзи цей показник знижувався у межах від 0,9 до 91%. Вміст каротиноїдів у рослинах пшениці за концентрацій гербіциду Флуридон 0,5 і 1,0 мкМоль/л перевищував контроль на 13 і 5,9%, після чого знижувався відносно контролю на 26,6 і 95,5% зі збільшенням концентрації гербіциду до 5,0 й 10,0 мкМоль/л. У рослинах кукурудзи вміст каротиноїдів знижувався до контролю в межах 33,2 – 92,5%. За рівня освітлення 21,5 лк вміст хлорофілів не зазнавав істотних змін у жодному з варіантів досліду. Проте, вміст каротиноїдів знижувався в межах 20,3 – 96,9% для пшениці й 27,8 – 94,5% – для кукурудзи. Одержані результати свідчать про те, що гербіцид може опосередковано впливати на вміст хлорофілів та каротиноїдів, оскільки за таких умов відбувається накопичення активних форм кисню, що утворюються в процесі фотосинтезу.

Дослідженнями Н. Не et al. [1] встановлено, що за обробки рослин рису розчинами Ацетохлору різної концентрації (1,6; 4,0; 8,0 мкМоль/л) у листках спостерігається зниження суми хлорофілів  $a+b$  на 13,4; 26,7 і 40% відповідно. Подібний ефект простежувався й за обробки рослин бенсульфурон-метилом у

концентраціях 16,0; 40,0 і 80,0 мкМоль/л, при цьому сума хлорофілів  $a+b$  знижувалась на 6,7; 13,4 і 20% відносно контролю.

В. П. Карпенко зі співавторами [2] відзначають, що обробка рослин ячменю ярого у фазу трьох листків гербіцидом Гранстар 75 у нормах 10, 15, 20 і 25 г/га, призводила до зростання вмісту хлорофілів  $a$  і  $b$  відносно контролю, проте зі збільшенням норми гербіциду спостерігалось зниження вмісту пігментів. Так, сума хлорофілів  $a+b$  перевищувала контроль на 9,7; 8,1 і 2,1%, а за найвищої норми гербіциду – 25 г/га, цей показник був нижчим від контролю на 2,9%. Вміст каротиноїдів за норм препаратів 10-20 г/га перевищував контроль на 10,4; 16 і 4%, у той же час за норми гербіциду 25 г/га відбувалося зниження даного показника відносно контролю на 12%. Поєднання ж гербіциду в зазначених нормах з регулятором росту рослин Емістим С зумовлювало зростання вмісту пігментів у листках ячменю ярого у порівнянні з варіантами, де регулятор росту рослин не застосовували. При цьому сума хлорофілів  $a+b$  зростала на 14,8; 6,7; 3,9 і 2,8%, а вміст каротиноїдів – 5,1; 3,4; 2,3 і 4,5% відповідно.

У результаті аналізу літературних даних можна констатувати, що вплив препаратів різного призначення на стан пігментного комплексу культурних рослин залежить від діючої речовини, концентрації, характеру комбінування з іншими препаратами, виду й сорту рослин, фаз розвитку культури тощо. Проте, у літературі відсутні дані стосовно поєднаної дії гербіцидів, регуляторів росту рослин і біопрепаратів на накопичення пігментів у листках сорго зернового, що й обумовило завдання наших досліджень.

**Метою** було встановити зміни в пігментному складі сорго зернового за використання гербіциду Цитадель 25 OD (0,6; 0,8; 1,0 л/га) окремо і в сумішах з регулятором росту рослин Ендофіт L1 (30 мл/га) на фоні передпосівної обробки насіння біопрепаратом Біоарсенал (800 г/100 кг) та без неї.

**Методика досліджень.** Досліди виконували на базі науково-дослідної лабораторії «Екологічного моніторингу в агросфері» кафедри біології Уманського НУС з дотриманням вимог вегетаційного методу [10].

В якості об'єктів дослідження слугували: сорго зернове (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) гібриду Майло В (Milo W) [11], гербіцид Цитадель 25 OD, МД (діюча речовина – пенокссулам 25 г/л), регулятор росту рослин (PPP) Ендофіт L1 (ауксини, гібереліни, цитокініни – 0,26 – 0,52%) і біопрепарат Біоарсенал (гриби *Beauveria Bassiana*, штам MG 301 (GHA), КУО  $2 \times 10^{10}$ ; *Beauveria Bassiana*, штам MG 302 (DB-1), КУО  $2 \times 10^{10}$ ; бактерії *Azospirillum spp.* – MG 401, КУО  $1,5 \times 10^{10}$  та *Azotobacter spp.* – MG 402, КУО  $1,5 \times 10^{10}$  на 100 г препарату) [12].

Схема досліду включала 16 варіантів у триразовій повторності: без застосування препаратів (контроль), Цитадель 25 OD у нормах 0,6; 0,8; і 1,0 л/га окремо і в поєднанні з регулятором росту рослин Ендофіт L1 (30 мл/га) на фоні передпосівної обробки насіння біопрепаратом Біоарсенал (800 г/100 кг) та без неї.

Витяжку пігментів готували шляхом екстракції 100 мг подрібнених листків у 10 мл 100% ацетону [13].

Визначення оптичної густини екстрактів проводили в кюветах з товщиною шару 10 мм на спектрофотометрі Visible Spectrophotometer 721G. Обрахунки проводили відповідно до загальноприйнятої методики для 100% ацетону [14]:

$$C_{\text{хл.а}} = 9,784 * D_{662} - 0,990 * D_{644}$$

$$C_{\text{хл.б}} = 21,426 * D_{644} - 4,650 * D_{662}$$

$$C_{\text{хл.а+хл.б}} = 5,134 * D_{662} + 20,436 * D_{644}$$

$$C_{\text{кар.}} = 4,695 * D_{440,5} - 0,268 * C_{\text{хл.а+хл.б}}$$

де  $C_{\text{хл. а}}$ ,  $C_{\text{хл. б}}$ ,  $C_{\text{хл. а}} + C_{\text{хл. б}}$ ,  $C_{\text{кар.}}$  – відповідно концентрації хлорофілів *a*, *b*, їх суми та каротиноїдів, мг/л.

$D$  – оптична щільність розчинів при відповідних довжинах хвиль.

Перерахунок отриманих результатів у мг/г сирової речовини проводили за формулою:

$$A = \frac{C * V}{H * 1000},$$

де:  $C$  – концентрація пігментів, мг/л;  $V$  – об'єм витяжки, мл;  $H$  – наважка рослинного матеріалу, г.

Статистичну обробку результатів дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик [15].

**Основні результати дослідження.** У результаті виконаних досліджень встановлено, що зі збільшенням норми гербіциду, на третю добу після внесення, відбувалося зниження вмісту хлорофілів  $a$ ,  $b$  та їх суми у листках сорго зернового (табл. 1). Так, за норм внесення гербіциду 0,6; 0,8 і 1,0 л/га вміст хлорофілу  $a$  знижувався на 0,022; 0,067 і 0,119 мг/г, хлорофілу  $b$  – 0,011; 0,029; 0,051 мг/г, а суми хлорофілів  $a+b$  – 0,033; 0,096 і 0,170 мг/г сирової речовини відповідно до показників у контролі. За внесення цих же норм гербіциду в суміші з РРР Ендофіт L1, хлорофіли  $a$ ,  $b$ , а також їх сума перевищували відповідні показники у варіантах без застосування РРР на 0,066; 0,064 і 0,054 мг/г – для хлорофілу  $a$ , 0,031; 0,023; 0,018 мг/г – хлорофілу  $b$  і 0,097; 0,87; 0,72 мг/г сирової речовини – суми хлорофілів  $a+b$ . За передпосівної обробки насіння біопрепаратом Біоарсенал вміст пігментів у листках сорго був дещо вищим, ніж у варіантах, де гербіцид вносили сумісно з РРР Ендофіт L1. Так, у варіантах із внесенням гербіциду на фоні передпосівної обробки насіння Біоарсеналом вміст хлорофілів  $a$ ,  $b$ , а також їх суми перевищував показники аналогічних варіантів без передпосівної обробки на 0,108; 0,102; 0,095 мг/г – для хлорофілу  $a$ , 0,055; 0,042; 0,038 мг/г – для хлорофілу  $b$  і 0,163; 0,144 і 0,133 мг/г сирової речовини – для суми хлорофілів  $a+b$ . Найвищі показники вмісту хлорофілів було виявлено у варіантах із сумісною обробкою рослин гербіцидом Цитадель 25 OD і РРР Ендофіт L1 на фоні передпосівної обробки насіння Біоарсеналом. За таких умов перевищення кількості хлорофілів відносно варіантів із обробкою рослин лише гербіцидом склало 0,143; 0,139 і 0,133 мг/г – для хлорофілу  $a$ , 0,092; 0,076; 0,058 мг/г – для хлорофілу  $b$  та 0,235; 0,215 і 0,191 мг/г сирової речовини – для суми хлорофілів  $a+b$ .



**Вміст пігментів у листках сорго зернового за дії гербіциду Цитадель  
25 OD, PPP Ендофіт L1 і біопрепарату Біоарсенал  
(третя доба після внесення, мг/г сирової речовини)**

| Варіант дослідів                                       | Хлорофіл <i>a</i> | Хлорофіл <i>b</i> | Хлорофіл<br>( <i>a+b</i> ) | Сума<br>кароти-<br>ноїдів |
|--------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|
| Без застосування препаратів (контроль)                 | 0,932             | 0,282             | 1,214                      | 0,183                     |
| Ендофіт 30 мл/га                                       | 0,998             | 0,344             | 1,342                      | 0,197                     |
| Цитадель 0,6 л/га                                      | 0,910             | 0,271             | 1,181                      | 0,226                     |
| Цитадель 0,8 л/га                                      | 0,865             | 0,253             | 1,118                      | 0,213                     |
| Цитадель 1,0 л/га                                      | 0,813             | 0,231             | 1,044                      | 0,198                     |
| Цитадель 0,6 л/га + Ендофіт 30 мл/га                   | 0,976             | 0,302             | 1,278                      | 0,245                     |
| Цитадель 0,8 л/га + Ендофіт 30 мл/га                   | 0,929             | 0,276             | 1,205                      | 0,229                     |
| Цитадель 1,0 л/га + Ендофіт 30 мл/га                   | 0,867             | 0,249             | 1,116                      | 0,212                     |
| Біоарсенал (обробка насіння перед сівбою) 800 г/100 кг | 1,041             | 0,359             | 1,400                      | 0,198                     |
| Фон + Ендофіт 30 мл/га                                 | 1,076             | 0,384             | 1,460                      | 0,213                     |
| Фон + Цитадель 0,6 л/га                                | 1,018             | 0,326             | 1,344                      | 0,250                     |
| Фон + Цитадель 0,8 л/га                                | 0,967             | 0,295             | 1,262                      | 0,234                     |
| Фон + Цитадель 1,0 л/га                                | 0,908             | 0,269             | 1,177                      | 0,216                     |
| Фон + Цитадель 0,6 л/га + Ендофіт 30 мл/га             | 1,053             | 0,363             | 1,416                      | 0,265                     |
| Фон + Цитадель 0,8 л/га + Ендофіт 30 мл/га             | 1,004             | 0,329             | 1,333                      | 0,248                     |
| Фон + Цитадель 1,0 л/га + Ендофіт 30 мл/га             | 0,946             | 0,289             | 1,235                      | 0,231                     |
| <i>НІР<sub>01</sub></i>                                | 0,021             | 0,010             | 0,031                      | 0,012                     |

На шосту добу після внесення препаратів (табл. 2) простежувалось загальне зростання вмісту пігментів у листках сорго в порівнянні до третьої доби визначення, хоча тенденція розподілу їх концентрацій у варіантах залишалася подібною. Так, у варіантах, де вносився лише гербіцид спостерігалось зниження вмісту пігментів відносно контролю: хлорофілу *a* – на 0,033; 0,061; 0,106 мг/г, хлорофілу *b* – 0,018; 0,032; 0,050 мг/г та суми хлорофілів – 0,051; 0,093 і 0,156 мг/г сирової речовини. У варіантах із сумісним внесенням гербіциду й РРР показники кількості хлорофілів були вищими, ніж у варіантах без застосування РРР, на 0,074; 0,071; 0,064 мг/г – для хлорофілу *a*, 0,039; 0,031; 0,027 мг/г – для хлорофілу *b* та 0,113; 0,102 і 0,091 мг/г сирової речовини – для суми хлорофілів *a+b*. За внесення гербіциду на фоні передпосівної обробки насіння Біоарсеноалом вміст хлорофілів перевищував відповідні показники тотожних варіантів без передпосівної обробки насіння на 0,115; 0,112; 0,102 мг/г – для хлорофілу *a*, 0,062; 0,051; 0,047 мг/г – для хлорофілу *b* і на 0,177; 0,163 і 0,149 мг/г сирової речовини – для суми хлорофілів *a+b*. Найвищий вміст хлорофілів на шосту добу, як і на третю, було відмічено у варіантах із комплексним використанням гербіциду й РРР на фоні передпосівної обробки насіння біопрепаратом. У даних варіантах дослідів вміст хлорофілу *a* був на 0,156; 0,153 і 0,150 мг/г сирової речовини вищим, ніж у варіантах, де застосовувався лише гербіцид, вміст хлорофілу *b* – на 0,101; 0,089; 0,068 мг/г, а суми хлорофілів *a+b* – на 0,257; 0,242 і 0,218 мг/г сирової речовини.

Вміст каротиноїдів у листках сорго зернового також змінювався залежно від варіанту дослідів (табл. 1, 2). Так, за норм гербіциду Цитадель 25 OD 0,6; 0,8 і 1,0 л/га вміст каротиноїдів збільшувався відносно контролю на третю й шосту добу на 0,043; 0,030; 0,015 мг/г і 0,052; 0,034; 0,017 мг/г сирової речовини відповідно. Імовірно, таку реакцію можна пояснити процесом адаптації рослин до дії ксенобіотика, оскільки каротиноїди беруть участь у процесах нейтралізації активних форм кисню [1, 9]. Проте, варто зазначити, що хоча вміст каротиноїдів був дещо вищим у варіантах із внесенням гербіциду, спостерігалася тенденція до зниження їх вмісту зі зростанням норми препарату.

**Вміст пігментів у листках сорго зернового за дії гербіциду Цитадель  
25 OD, PPP Ендофіт L1 і біопрепарату Біоарсенал  
(шоста доба після внесення, мг/г сирової речовини)**

| Варіант досліджу                                             | Хлорофіл <i>a</i> | Хлорофіл <i>b</i> | Хлорофіл<br>( <i>a+b</i> ) | Сума<br>кароти-<br>ноїдів |
|--------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|
| Без застосування<br>препаратів<br>(контроль)                 | 0,946             | 0,287             | 1,233                      | 0,189                     |
| Ендофіт 30 мл/га                                             | 1,023             | 0,351             | 1,374                      | 0,205                     |
| Цитадель 0,6 л/га                                            | 0,913             | 0,269             | 1,182                      | 0,241                     |
| Цитадель 0,8 л/га                                            | 0,885             | 0,255             | 1,140                      | 0,223                     |
| Цитадель 1,0 л/га                                            | 0,840             | 0,237             | 1,077                      | 0,206                     |
| Цитадель 0,6 л/га +<br>Ендофіт 30 мл/га                      | 0,987             | 0,308             | 1,295                      | 0,263                     |
| Цитадель 0,8 л/га +<br>Ендофіт 30 мл/га                      | 0,956             | 0,286             | 1,242                      | 0,242                     |
| Цитадель 1,0 л/га +<br>Ендофіт 30 мл/га                      | 0,904             | 0,264             | 1,168                      | 0,223                     |
| Біоарсенал (обробка<br>насіння перед<br>сівбою) 800 г/100 кг | 1,062             | 0,375             | 1,437                      | 0,208                     |
| Фон + Ендофіт 30<br>мл/га                                    | 1,104             | 0,393             | 1,497                      | 0,224                     |
| Фон + Цитадель 0,6<br>л/га                                   | 1,028             | 0,331             | 1,359                      | 0,271                     |
| Фон + Цитадель 0,8<br>л/га                                   | 0,997             | 0,306             | 1,303                      | 0,248                     |
| Фон + Цитадель 1,0<br>л/га                                   | 0,942             | 0,284             | 1,226                      | 0,225                     |
| Фон + Цитадель 0,6<br>л/га + Ендофіт 30<br>мл/га             | 1,069             | 0,370             | 1,439                      | 0,287                     |
| Фон + Цитадель 0,8<br>л/га + Ендофіт 30<br>мл/га             | 1,038             | 0,344             | 1,382                      | 0,265                     |
| Фон + Цитадель 1,0<br>л/га + Ендофіт 30<br>мл/га             | 0,990             | 0,305             | 1,295                      | 0,243                     |
| <i>НІР<sub>01</sub></i>                                      | 0,028             | 0,016             | 0,039                      | 0,015                     |

Варіанти досліду, в яких обробка гербіцидом комбінувалася із внесенням PPP Ендофіт L1 або передпосівною обробкою насіння біопрепаратом Біоарсенал, виявили істотне зростання вмісту каротиноїдів порівняно із варіантами, де вносили лише гербіцид. Так, за використання Цитадель 25 OD 0,6; 0,8 і 1,0 л/га + Ендофіт L1 їх вміст був вищим, ніж у варіантах без PPP, на 0,019; 0,016 і 0,014 мг/г – на третю добу та на 0,022; 0,019 і 0,017 мг/г сирової речовини – на шосту добу. У варіантах, де гербіцид в зазначених нормах вносили на фоні передпосівної обробки насіння Біоарсеналом вміст каротиноїдів був вищим на 0,024; 0,021 і 0,018 мг/г – на третю добу й 0,030; 0,025 та 0,019 мг/г сирової речовини – на шосту добу відносно варіантів без фону. Найвищий же вміст каротиноїдів було виявлено у варіантах досліду, де гербіцид Цитадель 25 OD вносили сумісно з PPP Ендофіт L1, на фоні передпосівної обробки насіння Біоарсеналом, де приріст відносно варіантів без PPP та фону становив 0,039; 0,035 і 0,033 мг/г – на третю добу й 0,046; 0,042 і 0,037 мг/г сирової речовини – на шосту добу.

Отже, за дії гербіциду Цитадель 25 OD пігментний комплекс сорго зернового зазнавав негативного впливу, що супроводжувалося зниженням вмісту хлорофілів *a*, *b*, та каротиноїдів із наростанням норми препарату. Подібний ефект узгоджується з результатами дослідів інших вчених [3, 5, 7] і, ймовірно, пояснюється інтенсифікацією пероксидного окиснення ліпідів в організмі рослин внаслідок дії ксенобіотики [9]. Крім того, зниження вмісту хлорофілів *a* і *b* може бути опосередковано пов'язаним зі зниженням вмісту каротиноїдів, оскільки однією з їх функцій є захист пігментного комплексу від руйнівної дії активних форм кисню, що утворюються як внаслідок фотосинтезу, так і за дії гербіциду [1, 7, 9]. Варто зазначити, що обробка рослин PPP Ендофіт L1 та передпосівна обробка насіння Біоарсеналом, а також поєднане використання цих заходів, призводило до зниження негативної дії гербіциду на вміст пігментів у листках сорго зернового, що, можливо, пояснюється стимулюючим впливом зазначених препаратів на перебіг фізіолого-біохімічних

процесів, пов'язаних із нейтралізацією ксенобіотика в рослинному організмі [9].

**Висновки.** Таким чином, застосування гербіциду Цитадель 25 OD у нормах 0,6; 0,8 і 1,0 л/га призводить до зниження вмісту хлорофілів та каротиноїдів у пігментному комплексі сорго зернового. Проте, за сумісного внесення гербіциду з PPP Ендофіт L1 (30 мл/га), а також за внесення гербіциду по фоні обробки насіння перед посівом Біоарсеналом (800 г/100 кг), спостерігається зростання вмісту пігментів відносно варіантів із самостійним використанням гербіциду. Максимально сприятливі умови для формування вмісту пігментів у тканинах листків сорго зернового складаються за комплексного застосування препаратів Цитадель 25 OD, Ендофіт L1 і Біоарсенал, що супроводжується зростанням вмісту хлорофілів  $a$ ,  $b$ ,  $a+b$  і каротиноїдів у середньому на 7,4 – 9,1%, 16,0 – 18,3%, 9,4 – 11,2% і 35,5 – 40,2% відповідно. Це вказує на те, що використання гербіциду Цитадель 25 OD сумісно з регулятором росту рослин Ендофіт L1 і біопрепаратом Біоарсенал є ефективним заходом, що дозволяє знизити негативну дію ксенобіотика на пігментний комплекс рослин сорго зернового.

### Література

1. He H., Zhiting X., Minjing L., Shuanglian X., Shenglan L., Mba F. O. Effect of Cadmium and Herbicides on the Growth, Chlorophyll and Soluble Sugar Content in Rice Seedlings. *Wuhan University Journal of Natural Sciences*. 2006. Vol. 11, № 3. P. 742–748.
2. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин / Карпенко В. П. та ін. ; за ред. В. П. Карпенка. Умань, 2012. 357 с.
3. Kutasy E., Csajbók J., Hunyadi Borbély E. Relations Between Yield and Photosynthetic Activity of Winter Wheat Varieties. *Cereal Research Communications*. 2005. – Vol. 33, № 1. P. 173–176.
4. Ortiz-Hernández L., Sánchez-Salinas E., Olvera-Velona A., Folch-Mallol J. L. Pesticides in the Environment: Impacts and its Biodegradation as a Strategy

- for Residues Treatment. *In Pesticides – Formulations, Effects, Fate*. 2011. P. 551–574.
5. Gill S. S., Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2010. Vol. 48, № 12. P. 909–930.
  6. Langaro A. C., Agostinetto D., Oliveira C., Silva J. D. G., Bruno M. S. Biochemical and physiological changes in rice plants due to the application of herbicides. *Planta Daninha*. 2016. Vol. 34, №2. P. 277–289.
  7. Hirasawa T., Hsiao T. C. Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at midday in maize growing in the field. *Field Crops Research*. 1999. Vol. 62, №1. P. 53–62.
  8. Андрианова Ю. Е., Тарчевский И. А. Хлорофилл и продуктивность растений. Москва, 2000. 135 с.
  9. Devlin R. M., Saras C. N., Kisiel M. J., Kostusiak A. S. Influence of fluridone on chlorophyll content of wheat (*Triticum aestivum*) and corn (*Zea mays*). *Weed Science*. 1978. Vol. 26, № 5. P. 432–433.
  10. Журбицкий З. И. Методика и практика вегетационного метода. Москва, 1968. 260 с.
  11. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2020 рік / Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>. (дата звернення 20.02.2020)
  12. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні / Міністерство екології та природних ресурсів України : Київ, 2018. 1040 с.
  13. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ, 2003. 320 с.
  14. Von Wettstein D. Chlorophyll-letale und der submikroskopische Formwechsel der Plastiden. *Experimental cell research*. 1957. Vol. 65, № 3. P. 427–506.

15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : 5-е изд. доп. и перераб. Москва, 1985. 351 с.

## References

1. He H., Zhiting X. et al. (2006). Effect of Cadmium and Herbicides on the Growth, Chlorophyll and Soluble Sugar Content in Rice Seedlings. *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, 2006. Vol. 11, no 3, pp. 742–748.
2. Karpenko V. P., Hrytsaienko Z. M., Prytuliak R. M. et al. (2012). *Biological fundamentals of herbicides and plant growth regulators integrative impact*. Uman: Sochinskyi, 2012. 357 p. (in Ukrainian)
3. Kutasy E., Csajbók J., Hunyadi E. (2005). Relations Between Yield and Photosynthetic Activity of Winter Wheat Varieties. *Cereal Research Communications*, 2005. Vol. 33, no. 1, pp. 173–176.
4. Ortiz-Hernández L., Sánchez-Salinas E. et al. (2011). Pesticides in the Environment: Impacts and its Biodegradation as a Strategy for Residues Treatment. In *Pesticides – Formulations, Effects, Fate*, 2011, pp. 551–574.
5. Gill S. S., Tuteja N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2010. Vol. 48, no. 12, pp. 909–930.
6. Langaro A. C, Agostinetto D. et al. (2016) Biochemical and physiological changes in rice plants due to the application of herbicides. *Planta Daninha*, 2016, Vol. 34, no 2, pp. 277–289.
7. Hirasawa T., Hsiao T. C. (1999). Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at midday in maize growing in the field. *Field Crops Research*, 1999, Vol. 62, no 1, pp. 53–62.
8. Adrianova Yu. E., Tarchevskiy I. A. (2000). *Chlorophyll and plants productivity*. Moskow: Nauka, 2000. 135 p. (in Russian).
9. Devlin R. M., Saras C. N. et al. (1978). Influence of fluridone on chlorophyll content of wheat (*Triticum aestivum*) and corn (*Zea mays*). *Weed Science*, 1978, Vol. 26, no 5, pp. 432–433.

10. Zhurbytskyi Z. I. (1968). *Theory and practice of the vegetative method*. Moscow: Nauka, 1968. 260 p. (in Russian)
11. State register of plants varieties suitable for spreading in Ukraine in 2020. (2020). *Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine*. Access mode: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>. (in Ukrainian)
12. List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine (2018). *Ministry of ecology and natural resources of Ukraine*. Kyiv: Yunivest Media, 2018. 1040 p.
13. Hrytsaienko Z. M., Hrytsaienko A. O., Karpenko V. P. (2003) *Methods of biological and agrochemical researches of plants and soils*. Kyiv: Nichlava, 2003. 320 p. (in Ukrainian)
14. Von Wettstein, D. (1957). Chlorophyll-lethal and submicroscopic form changes of plastids. *Experimental cell research*, 1957, Vol. 12, no. 3, pp. 427–506. (in Germanian)
15. Dospiehov B. A. (1985) *Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.