

## **ФЕРМЕНТАТИВНА АКТИВНІСТЬ АНТИОКСИДАНТНИХ СИСТЕМ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ЯРОЇ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЗАСОБІВ БОРОТЬБИ З БУРЯНАМИ**

### **Альона Заболотна**

канд. с.-г. наук, доцент кафедри біології та здоров'я людини,  
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини  
ORCID: 0000-0002-1634-3273  
E-mail: z.alona@ukr.net

### **Олександр Заболотний**

канд. с.-г. наук, доцент кафедри біології,  
Уманський національний університет садівництва  
ORCID: 0000-0003-0069-1617  
E-mail: aleks.zabolotnyi@gmail.com

### **Тетяна Поліщук**

канд. с.-г. наук, доцент кафедри біології та здоров'я людини,  
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини  
ORCID: 0000-0002-0645-6872  
E-mail: mtv-1985@ukr.net

### **Олена Манзій**

канд. економ. наук, доцент кафедри біології та здоров'я людини,  
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини  
ORCID: 0000-0003-1867-7362  
E-mail: o.manzii@ukr.net

### **Тетяна Новікова**

канд. с.-г. наук, старший викладач кафедри біології та здоров'я людини,  
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини  
ORCID: 0000-0002-8177-9698  
E-mail: seminukt@gmail.com

*Досліджено вплив різних норм гербіциду Логран, внесених окремо та в сумішах з регулятором росту рослин Емістим С, на активність антиоксидантних ферментів (каталаза, пероксидаза, поліфенолоксидаза) у рослинах пшениці ярої. Встановлено, що застосування бакових сумішей сприяє збільшенню активності цих ферментів, що може свідчити про посилення процесів детоксикації у рослинах, спрямованих на ліквідацію шкідливих метаболітів, утворених внаслідок дії гербіциду. Результати дослідження вказують на потенційну користь використання таких комбінацій препаратів для підвищення продуктивності посівів пшениці ярої та її захисту від негативного впливу гербіцидів.*

*Ключові слова:* гербіцид; регулятор росту; Логран; Емістим С; ферменти; антиоксиданти; каталаза; пероксидаза; поліфенолоксидаза; яра пшениця.

## **ENZYMATIC ACTIVITY OF ANTIOXIDANT SYSTEMS OF SPRING WHEAT PLANTS WHEN USING WEED CONTROL**

### **Aliona Zabolotna**

candidate of agricultural sciences, associate professor at the department of biology and human health,  
Pavlo Tychyna Uman state pedagogical university  
ORCID: 0000-0002-1634-3273  
E-mail: z.alona@ukr.net

**Oleksandr Zabolotnyi**

candidate of agricultural sciences, associate professor at the department of biology,

Uman national university of horticulture

ORCID: 0000-0003-0069-1617

E-mail: aleks.zabolotnyi@gmail.com

**Tetiana Polishchuk**

candidate of agricultural sciences, associate professor at the department of biology and human health,

Pavlo Tychyna Uman state pedagogical university

ORCID: 0000-0002-0645-6872

E-mail: mtv-1985@ukr.net

**Olena Manzii**

candidate of economical sciences, associate professor at the department of biology and human health,

Pavlo Tychyna Uman state pedagogical university

ORCID: 0000-0003-1867-7362

E-mail: o.manzii@ukr.net

**Tetiana Novikova**

candidate of agricultural sciences, senior lecturer at the department of biology and human health,

Pavlo Tychyna Uman state pedagogical university

ORCID: 0000-0002-8177-9698

E-mail: seminukt@gmail.com

*This study investigates the effects of different doses of the herbicide Logran, applied individually and in combination with the plant growth regulator Emistym C, on the activity of antioxidant enzymes (catalase, peroxidase, polyphenol oxidase) in spring wheat plants. Field experiments were conducted at the "Agrobiostation" structural subdivision of the Faculty of Natural Education and Nature Management and in laboratory conditions at the Department of Biology and Human Health of Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University. The results indicate a significant dependence of antioxidant enzyme activity in spring wheat plants on the doses of Logran, applied alone and in combination with Emistym C. Application of tank mixtures led to increased activity of these enzymes, suggesting enhanced detoxification processes aimed at eliminating harmful metabolites induced by the herbicide. The findings suggest the potential benefits of using such combined formulations to enhance crop productivity and protect against the adverse effects of herbicides.*

*This study provides valuable insights into the physiological responses of spring wheat plants to herbicide treatments, particularly regarding the modulation of antioxidant enzyme activity. Understanding these responses is crucial for optimizing herbicide application strategies to minimize adverse effects on crop health and productivity. Additionally, the observed enhancement of detoxification processes in plants treated with tank mixtures underscores the importance of considering synergistic interactions between herbicides and growth regulators in agricultural practices. Further research is warranted to explore the long-term effects and environmental implications of such combined formulations on crop performance and soil health.*

*In conclusion, this study contributes to the growing body of knowledge on the physiological and biochemical mechanisms underlying herbicide tolerance in crops. By elucidating the intricate interplay between herbicides, growth regulators, and plant antioxidant systems, it lays the groundwork for developing sustainable weed management practices that ensure both effective pest control and environmental stewardship.*

**Keywords:** herbicide; Logran; growth regulator; Emistim C; catalase; peroxidase; polyphenoloxidase; spring wheat.

Незмінним і першочерговим джерелом енергії для людини є продукти харчування, потреба в яких з кожним роком зростає, а водночас загострюється їх нестача [13].

Основну роль у харчовому забезпеченні людства відіграють зернові злаки [1]. Ярій пшениці належить суттєва роль у збільшенні виробництва продовольчого зерна високої якості в нашій державі. На початку двадцятого століття основною продовольчою культурою в Україні була яра пшениця.

Розробка технологій, які сприяють підвищенню урожайності сільськогосподарських культур та є екологічно безпечними для навколишнього середовища й здоров'я людини є актуальною проблемою сучасних технологій. Отже створення ефективних та безпечних рідрегуляторів й розробка технологій їх застосування є пріоритетними напрямками наукового забезпечення агропромислового комплексу [11].

На даному етапі розвитку фермерських господарств вирішальне значення має підвищення виробництва зерна в країні. Однак на продуктивність зернових культур впливають не лише погодні умови та наявність всіх елементів живлення (в першу чергу азоту та фосфору), а й високим рівнем забур'яненості посівів.

Із розвитком технології вирощування вдосконалюються й методи та засоби знищення конкурентів культурних рослин. Однак пристосування бур'янів до існування та їх здатність до адаптивності є досить досконале і відповідно дана проблема залишається актуальною [14]. Тому при вирощуванні за інтенсивною технологією сільськогосподарських культур важливе значення надається формуванню високих врожаїв при своєчасному знищенні бур'янів за допомогою хімічних заходів, адже агротехнічні не дають бажаний результат [5, 8].

Своєчасне знищення бур'янів є одним з важливих факторів формування зростання потенціалу посівів ярої пшениці. Дані заходи будуть ефективними при проведенні їх до фази формування елементів продуктивності, тобто від кінця фази кушення до фази появи 2-го міжвузля. Оскільки бур'яни є більш конкурентоспроможними на ранніх етапах у порівнянні з культурними рослинами за світло, вологу, поживні речовини. Це може зумовити зменшення площі живлення культурних рослин, а звідси й здатність формувати більше генеративних структурних елементів від яких залежить врожайність культури.

Тому, вкрай потрібний захист зернових від бур'янів за допомогою гербіцидів [9, 15].

В боротьбі з величезним різноманіттям бур'янів застосовують гербіциди з різних груп за хімічним складом: флорасулами, похідні бензойної кислоти, аріалканкарбонової кислоти, хлорфеноксиксиктової кислоти, сульфонілсечовини тощо. Їх можна поєднувати для збільшення контролю над видовим різноманіттям широколистих бур'янів у посівах. Окрім цього, бакові суміші гербіцидів сприяють запобіганню виникнення резистентності у бур'янів [3].

Культурні рослини на відміну від бур'янів, не можуть самостійно виробляти захисні механізми на дію гербіцидів, які є для них новим екологічно стресовим фактором. Тому засоби захисту, що використовуються при вирощуванні певної сільськогосподарської культури, є для неї ксенобіотиками та при застосуванні здатні спричинити стрес. Пристосовуються до впливу ксенобіотиків відбувається за рахунок багатьох адаптаційних механізмів, що були сформовані в процесі еволюційного розвитку даного виду рослини. Під час цього процесу в рослинних клітинах індукується окиснювальний стрес. Наслідком якого може бути порушення дихання і фотосинтезу, некроз тканин, зниження швидкості реакцій в метаболітичних процесах клітин [10].

Відомо, що життєво важливі процеси, залежать від характеру дії окисно-відновних ферментів та від того, наскільки будуть порушені реакції ферментативного каталізу. Від цього також буде залежати й подальший розвиток культури та продуктивність. Рослини мають здатність до достатньої протидії до окислювальних пошкоджень за рахунок наявності в клітинах ефективних антиоксидантних систем [10, 16]. Тому одним з важливих аспектів досліджень при застосуванні гербіцидів у посівах різних культур бажано досліджувати їх вплив на діяльність ферментативного апарату рослинного організму.

Одним з найважливіших ферментів в антиоксидантному статусі рослин є такий фермент, як поліфенолоксидаза, що при дії стресових умов пришвидшує механізми створення захисних бар'єрів різної дії; каталаза – розкладає пероксид до безпечних водню та кисню; пероксидази в свою чергу відновлюють пероксид до води.

Реакцію ферментативних систем антиоксидантного характеру при застосуванні різних гербіцидів досліджували на кукурудзі [2], озимій пшениці [16], сої [4], ярому ячмені [6] та інших сільськогосподарських культурах. За даними В. П. Карпенка, С. В. Павлишина [16], З. М. Грицаєнко та ін. [7], активність антиоксидантних систем у рослинах озимої пшениці змінюється залежно від фону мінерального живлення, попередників, видів гербіцидів та їх норм, застосування регуляторів росту та мікробіологічних препаратів у технологіях вирощування культури. Водночас проведення досліджень з вивчення впливу гербіцидів, яку окремо так і сумісно з регуляторами росту, що показують на активність

ферментів окисно-відновної дії у рослинах ярої пшениці вивчено недостатньо умовах Правобережного Лісостепу.

Метою було з'ясувати дію різних норм гербіциду Логран, внесеного окремо та в баковій суміші з регулятором росту рослин (PPP) Емістимом на активність основних ферментів окисно-відновної дії.

Досліди проводили в польових умовах структурного підрозділу «Агробіостанція» факультету природничої освіти та природокористування та лабораторних умовах кафедри біології та здоров'я людини Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини в посівах пшениці ярої сорту Колективна 3. Гербіцид Логран у нормах 6,5, 7,0 та 7,5 г/га вносили окремо і сумісно з регулятором росту Емістим С у нормі 10 мл/га у фазу кушіння пшениці ярої. Повторність досліду – триразова. В листках пшениці ярої у фазу колосіння проводили визначення активності таких ферментів як: каталаза, пероксидаза та поліфенолоксидаза за методикою Х. Н. Починка [12].

Одержані дані отримані у результаті проведених досліджень засвідчили значну залежність активності антиоксидантних ферментів у рослинах пшениці ярої залежно від норм гербіциду Логран, внесених окремо і в сумішах Емістимом (табл. 1).

Так, при застосуванні гербіциду Лограну в нормі 6,5 г/га активність ферменту каталази в листках пшениці ярої в фазу колосіння зростає в порівнянні з контролем I в середньому за три роки на 10,3%. Найбільший вплив на активність ферментативної діяльності серед препаратів та варіантів спостерігалось за внесення гербіциду Лограну в нормі 7 г/га без регулятора росту рослин. Також у цьому варіанті досліду активність ферменту каталази перевищувала контроль I на 19,2%, а контролю II – тільки на 2,5%. Підвищення норми Лограну до 7,5 г/га (максимально великої досліджуваної норми) призводило до певного рівня пригнічення діяльності даного ферменту: тут активність каталази становила на 10,3% вище в порівнянні з контролем I, водночас менше за контроль II на 6,4%.

За внесення бакової суміші гербіциду Лограну з Емістимом С спостерігалось зростання ферментативної активності в порівнянні з застосуванням тих самих норм гербіциду без регулятора росту. Найвища активність каталази відзначена у варіанті за внесенням 6,5 г/га Лограну сумісно з Емістимом С – на 33,0% більше проти контролю I та на 16,3% перевищувало контроль II, що на 17,6% перевищувало дію самого Емістиму С. Збільшення норм гербіциду в суміші з регулятором росту веде до зниження активності каталази. Так, при застосуванні 7 г/га та 7,5 г/га Лограну з Емістимом С активність даного ферменту проти контролю I зростає на 25,6%.

Аналогічна залежність спостерігалася також між внесенням відповідної норми гербіциду та способом застосування його й активністю ферменту пероксидази за дослідження її активності (див. табл. 1). Так, при дії 6,5 г/га Лограну активність даного ферменту зростає на 8,2% проти контролю I, а за внесення 7 г/га гербіциду – на 15,7%. Максимальна кількість Лограну (7,5 г/га) у порівнянні з нормою 7 г/га виявлено пригнічуючий вплив на активність пероксидази, що лише на 7,7% перевищує контроль I.

Застосування бакової суміші Лограну з Емістимом С сприяло підвищенню ферментативної активності порівнюючи з варіантами, де гербіцид вносився без регулятора росту, а найвища активність пероксидази спостерігалась за дії 6,5 г/га Лограну з Емістимом С, що на 27,6% більше проти першого контролю та на 12,8 – за другий контроль. Збільшення норми Лограну до 7 та 7,5 г/га в суміші з регулятором росту призводило до зменшення активності гербіциду на 21,1% і на 19,8% проти контролю відповідно щодо норм.

При визначенні активності ферменту поліфенолоксидази було відмічено таку ж залежність своєї діяльності відповідно до норм і способів застосування Лограну, як і за визначення активності ферментів каталази та пероксидази. Найвища активність поліфенолоксидази спостерігалась при внесенні бакової суміші Лограну (6,5 г/га) з Емістимом С перевищення контролю I становило на 33,8%, а контроль II – на 17%.

За внесення препаратів у наступних варіантах досліду спостерігалось зниження активності поліфенолоксидази. Підвищення рівня активності ферментів за дії різних норм Лограну, швидше за все, пов'язана з тим, що при дії стресора, в нашому випадку гербіциду, відбувається нагромадження активних форм кисню, що є токсичним для рослин, що і призводить в подальшому до активізації антиоксидантної системи. Ферменти – каталаза, пероксидаза та поліфенолоксидаза в рослинному організмі запобігають пошкодженню активними формами кисню клітин рослин та сприяють детоксикації шкідливих сполук.

Підвищення активності антиоксидантної ферментативної системи при застосуванні прополювань та за впливу гербіциду зумовлюється усуненням конкуренції по відношенню до рослин пшениці ярої за елементи живлення. Що, в свою чергу, забезпечує створення більш сприятливих умов для росту та розвитку культури.

Таким чином, застосування по вегетації ярої пшениці в бакових сумішах гербіциду Логран з регулятором росту зумовлює зростання активності ферментів – поліфенолоксидази, пероксидази, каталази, що може свідчити про підвищення рівня процесів детоксикації у рослин пшениці ярої, спрямованих на ліквідацію шкідливих для культури метаболітів, викликаних впливом гербіциду.

Таблиця 1

**Вплив гербіцидів і Емістиму С на активність ферментів класу окисно-відновної дії у листках пшениці ярої (фаза колосіння)**

Варіант досліду	Каталаза, мк. моль розкладеного H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>					Пероксидаза, мк. моль розкладеного гваяколу					Поліфенолоксидаза, мк. моль розкладеної аскорбінової кислоти				
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середнє	% до контролю	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середнє	% до контролю	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середнє	% до контролю
Без препаратів (контроль I)	9,4	6,6	7,4	7,8	100,0	40,4	119,0	68,0	75,8	100,0	13,2	4,8	5,3	7,8	100,0
Без препаратів + ручне прополювання (контроль II)	11,0	7,9	8,4	9,1	116,7	48,6	138,4	73,9	87,0	114,8	15,8	5,4	6,0	9,1	116,7
Емістим С	10,9	7,9	8,2	8,49	115,4	52,0	138,8	78,8	89,9	118,6	16,1	5,6	6,0	9,2	117,9
Емістим С + ручне прополювання	11,7	8,4	10,0	10,0	128,2	53,4	7	82,4	95,3	125,7	17,4	6,1	6,6	10,0	128,2
Логран 6,5 г/га	10,4	7,0	8,3	8,6	110,3	46,0	128,5	71,4	82,0	108,2	15,0	5,3	5,9	8,7	112,0
Логран 7 г/га	11,2	8,2	8,5	9,3	119,2	49,2	139,4	74,4	87,7	115,7	16,3	5,6	6,2	9,4	115,8
Логран 7,5 г/га	10,3	7,2	8,2	8,6	110,3	45,6	128,0	71,4	81,7	107,7	15,8	5,4	5,9	9,0	115,8
Логран 6,5 г/га + Емістим С	12,6	8,5	10,0	10,4	133,0	54,6	151,0	84,4	96,7	127,6	18,0	6,3	7,0	10,4	133,8
Логран 7 г/га + Емістим С	11,9	7,6	9,9	9,8	125,6	53,3	142,0	80,0	91,8	121,1	17,3	5,8	6,6	9,9	126,9
Логран 7,5 г/га + Емістим С	11,9	7,8	9,8	9,8	125,6	51,8	140,4	78,4	90,8	119,8	17,2	5,8	6,4	9,8	125,6
НІР05	1,7	1,1	1,0			5,5	19,9	10,1			2,4	0,7	0,9		

**Список використаних джерел**

1. Андрющенко А. 4–5 млн. насінин на гектар – це оптимально. *Пропозиція*. 2002. №1. С. 40–41.
2. Бунас А. А., Ткач Є. Д., Дворецький В. В., Дворецька О. М. Ефективність застосування препарату біосистем POWER, кс (Biosistem POWER, sc) для прискорення деструкції післяживних решток. *Агроєкологічний журнал*. 2022. № 3. С. 119–125.
3. Гербіцидний захист озимої пшениці в період кушення – виходу в трубку препаратами Defenda. URL: <https://www.lnz.com.ua/news/gerbicidnij-zahist-ozimoi-psenici-v-period-kusenna-vihodu-v-trubku-preparatami-defenda>

4. Голодрига О. В. Ефективність застосування Тарги супер і Емістиму С у посівах сої в умовах Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.01. Дніпропетровськ, 2005. 20 с.
5. Гордієнко В. П., Геркіял О. М., Опришко В. П. Землеробство. Київ: Вища школа, 1991. 268 с.
6. Грицаєнко З. М., Карпенко В. П. Активність окисно-відновних ферментів в рослинах ярого ячменю з підсівом і без підсіву конюшини при дії гербіцидів. *Зб. наук. праць Уманської сільськогосподарської академії*. 1998. С. 87–89.
7. Грицаєнко З. М., Кравченко Ю. І., Бойко Л. І. Біологічне обґрунтування впливу гербіцидів на фізіолого-біохімічні процеси і продуктивність озимої пшениці залежно від мінерального фону і попередників. *Біолого-екологічні основи вирощування сільськогосподарських культур в умовах Лісостепу України*. 1994. С. 19–30.
8. Грицаєнко З. М., Ковальський Е. П., Бутило А. П., Недвига О. С. Гербіциди та їх раціональне використання. Київ: Урожай, 1996. 304 с.
9. Досвід кращих поважай – збереш добрий урожай. *Пропозиція*. 2002. № 2. С. 59.
10. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Активність антиоксидантних ферментів у рослинах пшениці полби звичайної за дії гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал Біо Віта. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 3. С. 61–65.
11. Пономаренко С. П. Створення та впровадження нових регуляторів росту рослин в агропромисловому комплексі України. *Ефективність хімічних засобів у підвищенні продуктивності с.-г. культур*. 2001. С. 15–23.
12. Починок Х. Н. Методи біохімічного аналізу рослин. Київ: Наукова думка, 1976. С. 166–175.
13. Трибель С. О. Стійкі сорти. *Захист та карантин рослин*. 2004. № 6. С. 6–7.
14. A history of weed control in the United States and Canada – a sequel. *Weed Sc.* 2005. № 53. P. 762–768.
15. Muyaiaer T., Huada D. R., Li W. et al. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *Int J. Environ Res Public Health*. 2021. Vol. 18(3). P. 11–12.
16. Poltoretskyi S. P. Formation of density of seed sowing of millet (*Panicum miliaceum* L.) depending on the term and method of sowing. *Вісник Уманського НУС*. 2017. № 1. С. 59–64.

### References

1. Andriushchenko, A. (2002). 4–5 mln. nasynyn na hektar – tse optymalno. *Propozytsiia, 1, 40–41* [in Ukrainian].
2. Bunas, A. A., Tkach, Ye. D., Dvoretzkyi, V. V., Dvoretzka, O. M. (2022). Efektyvnist zastosuvannya preparatu biosystem POWER, ks (Viosistem POWER, sc) dlia pryskorennia destrukttsii pisliazhnyvnykh reshtok. *Ahroekolohichniy zhurnal, 3, 119–125* [in Ukrainian].
3. Herbitydnyi zakhyst ozymoi pshenytsi v period kushchennia – vykhodu v trubku preparatamy Defenda. URL: <https://www.lnz.com.ua/news/gerbicydnyj-zahist-ozymoi-psenicy-v-period-kusenna-vihodu-v-trubku-preparatami-defenda>
4. Holodryha, O. V. (2005). Efektyvnist zastosuvannya Tarhy super i Emistymu C u posivakh soi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy: Avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. s.-h. nauk: 06.01.01. Dnipropetrovsk [in Ukrainian].
5. Hordiienko, V. P., Herkiial, O. M., Opryshko, V. P. (1991). Zemlerobstvo. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
6. Hrytsaienko, Z. M., Karpenko, V. P. (1998). Aktyvnist okysno-vidnovnykh fermentiv v roslynakh yaroho yachmeniu z pidsivom i bez pidsivu koniushyny pry dii herbitydiv. *Zb. nauk. prats Umanskoj silskohospodarskoi akademii, 87–89* [in Ukrainian].
7. Hrytsaienko, Z. M., Kravchenko, Yu. I., Boiko, L. I. (1994) Biolohichne obgruntuвання vplyvu herbitydiv na fiziolooho-biokhimichni protsesy i produktyvnist ozymoi pshenytsi zalezno vid mineralnoho fonu i poperednykiv. *Biolooho-ekolohichni osnovy vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur v umovakh Lisostepu Ukrainy, 19–30* [in Ukrainian].
8. Hrytsaienko, Z. M., Kovalskyi, E. P., Butylo, A. P., Nedvyha, O. S. (1996). Herbitydy ta yikh ratsionalne vykorystannia. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
9. Dosvid krashchykh povazhai – zberesh dobryi urozhai. (2002). *Propozytsiia, 2, 59–61* [in Ukrainian].
10. Karpenko, V. P., Pavlyshyn, S. V. (2018). Aktyvnist antyoksydantnykh fermentiv u roslynakh pshenytsi polby zvychnoi za dii herbitydu Prima Forte 195 i rehuliatora росту roslyn Vuksal Bio Vita. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia, 3, 61–65* [in Ukrainian].
11. Ponomarenko, S. P. (2001). Stvorennya ta vprovadzhenня novykh rehuliatoriv росту roslyn v ahropromyslovomu kompleksi Ukrainy. *Efektyvnist khimichnykh zasobiv u pidvyshchenni produktyvnosti s.-h. kultur, 15–23* [in Ukrainian].
12. Pochynok, Kh. N. Metody biokhimichnoho analizu roslyn. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
13. Trybel, S. O. (2004). Stiiki sorty. *Zakhyst ta karantyn roslyn, 6, 6–7* [in Ukrainian].
14. A history of weed control in the United States and Canada – a sequel. (2005). *Weed Sc., 53, 762–768*.
15. Muyaiaer, T., Huada, D. R., Li, W. (2021). Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *Int J. Environ Res Public Health, 18(3), 11–12*.
16. Poltoretskyi, S. P. (2017). Formation of density of seed sowing of millet (*Panicum miliaceum* L.) depending on the term and method of sowing. *Visnyk Umanskohe NUS, 1, 59–64*.