

ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В ЗОНІ ВПЛИВУ ТЕС

О. О. Вінюков, Л. І. Коноваленко, О. Б. Бондарева*Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН, вул. Захисників України, 1, м. Покровськ, Донецька область, 85307, Україна*

Дослідження, які були проведені в умовах східної частини північного Степу України впродовж 2018–2020 рр., передбачали з'ясування комплексного впливу інокуляції насіння пшениці озимої препаратом поліміксобактерин і обробки рослин стимуляторами росту на накопичення важких металів у зерні, яке формувалося під дією аерогенних викидів теплоелектростанції (ТЕС). Встановлено ефективність використання біопрепарату поліміксобактерин і гумінових стимуляторів росту рослин, сумісна дія яких спрямована на зниження біоаккумуляції важких металів у зерні пшениці озимої за вирощування в зонах високого техногенного тиску. На відстані 2 км від ТЕС вміст міді в зразках зерна пшениці зменшився порівняно з контрольним варіантом на 16,9 %, цинку – на 19,5 %. Виявлено істотне зменшення вмісту елементів першого класу небезпеки: свинцю – на 34,9 %, кадмію – на 33,3 %. Врожайність зерна пшениці озимої сорту Попелюшка при цьому становила 7,9 т/га, що більше від контролю на 0,9 т/га, або на 12,9 %. Запровадження інокуляції насіння та обробки рослин стимуляторами росту уможливило зменшити ризик забруднення зернової продукції при вирощуванні її в умовах промислових регіонів з високим рівнем техногенного навантаження на сільськогосподарські угіддя.

В зерні, вирощеному на відстані 20 км від ТЕС (небезпечний рівень забруднення ґрунту), вміст важких металів зменшився: міді і цинку – на 15,3 %, свинцю – на 32,3 %, кадмію – на 33,3 %. Коефіцієнти біологічного поглинання хімічних елементів, які дають можливість оцінити вплив агротехнологічних заходів на біоаккумулятивні процеси важких металів в зонах техногенного навантаження, зменшилися в 1,3 раза.

Ключові слова: пшениця озима, техногенне навантаження, біопрепарати, стимулятор росту рослин, важкі метали, коефіцієнт біологічного поглинання важких металів, врожайність.

Високий рівень техногенного навантаження на агроландшафти в останні роки зумовив забруднення їх важкими металами. Важкі метали за темпами накопичення в біосфері та рівнем токсичності порівняно з іншими інгредієнтами промислових викидів становлять найбільшу небезпеку для довкілля. Вони негативно впливають на стан живих організмів, включаються в трофічні ланцюги та накопичуються в біоті, не розкладаються, а лише перерозподіляються у природному середовищі [1–3].

Загальне забруднення навколишнього середовища важкими металами в результаті антропогенного впливу зумовило проблему адаптації та стійкості рослин до негативно-го впливу токсикантів і одержання якісної

сільськогосподарської продукції.

Мінімізація надходження важких металів до організму людини по харчовому ланцюгу ґрунт – сільськогосподарські рослини залишається вкрай актуальним питанням особливо для промислово розвинених регіонів. Комплексна оцінка якості основної продукції зернових колосових культур основана на санітарно-гігієнічних показниках безпеки зерна, які визначаються вмістом важких металів і нормуються державними стандартами України (ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови і ДСТУ 3769-98. Ячмінь. Технічні умови).

У зв'язку з цим для зниження дії стресорів антропогенного походження та одержання екологічно чистої продукції доцільно

Інформація про авторів:

Вінюков Олександр Олександрович, доктор с.-г. наук, старший дослідник, директор, тел.: +380509659139, e-mail: alex.agronomist@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2957-5487>

Коноваленко Людмила Іванівна, канд. хімічних наук, старший науковий співробітник відділу технологій виробництва с.-г. продукції, тел.: +380955264201, e-mail: l_konovnenko_l@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-0387-4603>

Бондарева Ольга Браунівна, канд. технічних наук, старший науковий співробітник, учений секретар, тел.: +380997868681, e-mail: olbraun58dds@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-8128-8485>

використовувати речовини, які мають властивості адаптогенів, тобто нівелюють шкідливий вплив екзогенних чинників. Разом з цим важливе значення мають екологізація природокористування в АПК України і біологізація землеробства, які зумовлюють необхідність мінімізації витрат хіміко-техногенних ресурсів для зменшення антропогенного навантаження на агроєкосистеми. На вирішення цієї екологічної задачі якраз і спрямоване застосування біопрепаратів і регуляторів росту рослин. Введення в сільськогосподарське виробництво екологічно-безпечних елементів технології в умовах сьогодення – реальний шлях зменшення забруднення довкілля, відтворення природної родючості ґрунтів, одержання екологічно чистої високоякісної продукції.

Для підвищення стійкості сільськогосподарських культур до важких металів і зниження їх акумуляції останніми роками все більше уваги приділяється з'ясуванню можливості використання регуляторів росту рослин. Результати багаторічних досліджень свідчать про доцільність та безпечність їх широкого застосування під час вирощування сільськогосподарських культур для одержання безпечної для здоров'я людини і тварин рослинницької продукції [4–7]. Відмічається висока ефективність при поліметалічних забрудненнях ґрунтів використання екологічно безпечних природних сполук на основі гумінових речовин – гумінових препаратів, принцип дії яких заснований на утворенні міцних хелатних комплексів гумусових кислот з важкими металами, а отже, зниженні їх рухливості і міграційної активності. Науковцями вивчається також можливість зменшення акумуляції важких металів рослинами шляхом передпосівної обробки насіннєвого матеріалу мікробіологічними препаратами [8–11]. Внесення ефективних мікроорганізмів у ґрунт сприяє фіксації атмосферного азоту, перетворенню недоступної форми фосфору в доступну, поліпшенню розкладання залишків рослин для вивільнення поживних речовин, що підвищує рівень гумінових речовин у ґрунті та продуктивність агроєкосистем, а отже, опосередковано може зменшити концентрацію важких металів у ґрунті [11]. Це дає змогу зменшити ризик забруднення зерна важкими металами

при вирощуванні в зонах високого техногенного впливу. Важкі метали виводяться з ґрунту вкрай повільно, тому екологічна ситуація в таких регіонах залишиться напруженою ще тривалий час незалежно від подальшої діяльності промисловості. Отже, пошук заходів для зниження негативної дії важких металів на систему «ґрунт – рослина» залишається актуальним.

Мета дослідження – вивчення комплексного впливу інокуляції насіння пшениці озимої препаратом поліміксобактерин і обробки рослин стимуляторами росту на накопичення важких металів у зерні в умовах впливу аерогенних викидів ТЕС.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили згідно з методикою польового досліду Б. О. Доспехова [12]. Методи дослідження: польовий, доповнений аналітичними дослідженнями, даними вимірювання, спостереженнями і підрахунками.

Об'єктом дослідження була пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) сорту Попелюшка.

В дослідах рістактивуючими препаратами слугували такі, що містять гумусові речовини природного походження. Стимулятор росту рослин айдар – це гуміновий комплекс із біогумусу, складовими якого одночасно є гумати калію, натрію і амонію в розчиненій формі. До складу вермістиму входять усі компоненти вермикомпосту в розчиненому і активному стані: гумати, фульвокислоти, амінокислоти, вітаміни, природні фітогормони, рістактивуючі речовини. Поліміксобактерин – це біопрепарат для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур через бактеризацію насіння, що сприяє розчиненню важкодоступних мінеральних і органічних фосфатів ґрунту, продукує стимулятори росту рослин і вітаміни групи В.

Дослідження були проведені у 2018–2020 рр. лабораторно-польовим методом у польовій сівозміні на дослідних ділянках Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції НААН в зоні впливу Курахівської ТЕС. Дослідні ділянки були розташовані на різній відстані від джерела надходження важких металів у напрямку пануючих вітрів, що зумовлює різний рівень техногенного тиску. Посівна площа ділянки ста-

новила 176,4 м², повторність триразова, розміщення ділянок систематичне.

Було проведено передпосівну обробку насіння поліміксобактерином (витрата препарату 100 мл на 1 гектарну норму насіння) з подальшим обприскуванням вегетуючих рослин на початку фази виходу в трубку залежно від варіанта досліду розчином айдару або вермістиму (норма витрати 8 л/га). Перед збиранням урожаю відбирали зразки зерна і ґрунту для аналізу. В зерні пшениці озимої і ґрунті досліджували вміст міді, цинку, свинцю і кадмію, які є пріоритетними забруднювачами агроландшафтів Донецької області. Зразки ґрунту відбирали в шарі 0–20 см згідно з ДСТУ ISO 10381-1:2004, ДСТУ ISO 10381-2:2004 «Якість ґрунту. Відбирання проб». Підготовку зразків ґрунту для аналізу проводили за стандартними методиками. Екстракцію потенційно рухомих форм важких металів із ґрунту здійснювали згідно з чинними методиками розчином 1М HNO₃. Відбір рослинних зразків для проведення агрохімічних досліджень проводили відповідно до «Методичних вказівок по проведенню досліджень в довготривалих дослідах з добривами», 1980. Важкі метали в рослинних зразках визначали в їх зольних розчинах після спалювання методом сухої мінералізації.

Концентрації хімічних елементів у пробах визначено шляхом атомно-абсорбційного аналізу на спектрометрі КАС-120.1 в

режимі електротермічної атомізації відповідно до «Методических указаний по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукции растениеводства» (ЦИНАО-М., 1992), «Методи аналізів ґрунтів і рослин» (Методичний посібник, 1999).

Результати дослідження. Енергетичні підприємства, зокрема ТЕС, являють собою екологічно небезпечні об'єкти. В Донецькій області це один з основних потужних забруднювачів ґрунтів важкими металами. Останнім часом такі підприємства переходять на альтернативне паливо – вугілля, що зумовлює посилення техногенного навантаження на агроландшафти. Нами були проведені польові дослідження по з'ясуванню комплексної дії мікробних препаратів і фізіологічно активних речовин на транслокацію важких металів у зернову продукцію в умовах різного ступеня техногенного навантаження. Дослідні ділянки були розташовані на різній відстані від джерела надходження важких металів промислового походження Курахівської ТЕС в напрямку пануючих вітрів, а отже, різнились за рівнем техногенного тиску. За таких умов встановлено суттєве зниження вмісту важких металів у зерні пшениці озимої внаслідок сумісної дії поліміксобактерину і екологічно безпечних стимуляторів росту рослин. Результати аналітичного визначення концентрації важких металів у зерні озимини наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Вміст важких металів у зерні пшениці озимої за використання поліміксобактерину і регуляторів росту

Варіант досліду	Вміст важких металів, мг/кг			
	Cu ГДК = 10,0	Zn ГДК = 50,0	Pb ГДК = 0,5	Cd ГДК = 0,1
Відстань до ТЕС 2 км				
Контроль (вода)	6,5	41,0	0,43	0,12
Поліміксобактерин + айдар	5,4	32,6	0,28	0,08
Поліміксобактерин + вермістим	5,6	33,7	0,26	0,08
Відстань до ТЕС 20 км				
Контроль (вода)	5,2	25,3	0,31	0,08
Поліміксобактерин + айдар	4,4	21,4	0,21	0,05
Поліміксобактерин + вермістим	4,2	21,2	0,21	0,05
НІР _{0,5}	0,5	2,3	0,08	0,02

На відстані 2 км (надзвичайно небезпечний рівень забруднення) за використання запропонованих агрозаходів вміст міді зменшився на 16,9 %, цинку – на 19,5 %. Особли-

во істотне зниження вмісту елементів першого класу небезпеки: свинцю – на 34,9 %, кадмію – на 33,3 %. В зерні, яке вирощене на ділянках на відстані 20 км від ТЕС (небезпе-

чний рівень забруднення ґрунту), вміст важких металів помітно зменшився: міді і цинку – на 15,3 %, свинцю – на 32,3 %, кадмію – на 33,3 %.

Для встановлення взаємозв'язку між вмістом сполук важких металів (ВМ) у ґрунті і рослинній продукції, а також кількісних параметрів міграції важких металів з ґрунту в рослини пшениці озимої сорту Попелюшка розраховані коефіцієнти біологічного поглинання ($K_{бп}$), які дають можливість оцінити вплив агротехнологічних заходів на біоакмулятивні процеси важких металів у зонах

техногенного навантаження на агроценози. Для розроблених агротехнологічних заходів $K_{бп}$ визначали за співвідношенням вмісту металу в рослині до кількості його потенційно рухомих форм в ґрунті. Попередньо аналітично було встановлено вміст потенційно рухомих форм свинцю і кадмію в ґрунті дослідного поля, яке розташоване в зоні впливу Кураховської ТЕС. Експериментально визначена концентрація потенційно рухомого свинцю в ґрунті ($2,0 \pm 0,16$ мг/кг) та потенційно рухомого кадмію ($0,43 \pm 0,09$ мг/кг) (табл. 2).

Таблиця 2. Коефіцієнти біологічного поглинання важких металів зерном пшениці озимої за комплексного впливу бактеризації насіння і позакореневої обробки рослин

Варіант досліджу	Ґрунт		Зерно			
	вміст ВМ, мг/кг		вміст ВМ, мг/кг		$K_{бп}$	
	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd
Відстань до ТЕС 2 км						
Контроль (вода)	7,0	0,63	0,43	0,12	0,061	0,19
Поліміксобактерин + айдар	5,9	0,52	0,28	0,08	0,047	0,15
Відстань до ТЕС 10 км						
Контроль (вода)	4,7	0,38	0,31	0,08	0,066	0,21
Поліміксобактерин + айдар	4,1	0,28	0,20	0,05	0,049	0,18
НІР _{0,5}	0,5	0,04	0,08	0,02		

Коефіцієнти біологічного поглинання хімічних елементів зменшились в 1,3 раза. Їх аналіз уможливив виявити деякі закономірності в біологічному поглинанні важких металів. Вміст свинцю в ґрунті значно більший порівняно з вмістом кадмію, але коефіцієнт біологічного поглинання кадмію майже втричі вище. Це вочевидь зумовлено наявністю у кореневої системи рослин бар'єрних властивостей щодо свинцю. Крім того, мікроорганізми поліміксобактерину розчиняють мінералофосфати та гідролізують органічні фосфоровмісні сполуки ґрунту, що забезпечує поліпшення фосфорного живлення рослин протягом вегетаційного періоду, а також може сприяти тому, що іони свинцю швидко

втрачають рухливість у ґрунті в результаті хімічних реакцій з утворенням важкорозчинних фосфатів.

Бактеризація насіння мікробними препаратами забезпечує прискорене формування кореневої системи, що значно покращує забезпечення рослин вологою в умовах посухи. Активний розвиток кореневої системи, посилення абсорбуючої здатності коріння також зумовлює посилення використання поживних речовин. Оскільки біологічні прийоми вирощування пшениці озимої сприяли доброму розвитку рослин протягом всієї вегетації, врожайність зерна значно перевищила показники контрольного варіанту (табл. 3).

Таблиця 3. Комплексний вплив бактеризації насіння і обробки рослин пшениці озимої на їх розвиток і продуктивність

Варіант досліджу	Кількість рослин/1 м ² , шт.	Висота рослин, см	Кількість продуктивних стебел/м ² , шт.	Коефіцієнт продуктивної кущистості	Довжина колосу, см	Урожайність, т/га
Контроль (вода)	252	95	633	2,5	8,2	7,0
Поліміксобактерин + айдар	273	99	710	2,6	8,6	7,9

На контрольних ділянках урожайність зерна пшениці озимої становила 7,0 т/га, бактеризація насіння мікробним препаратом поліміксобактерин та обробка вегетуючих рослин розчином айдару зумовили достовірну прибавку врожаю зерна 0,9 т/га (12,9 %) при $НІР_{0,5 \text{ т/га}} = 0,4$.

Таким чином, бактеризація насіння препаратом поліміксобактерин та обприскування рослин фізіологічно активними гуміновими стимуляторами в цілому уможливають зменшити ризик забруднення зернової продукції за вирощування в умовах промислових регіонів з високим рівнем техногенного навантаження на агросферу.

Висновки

Результати проведених експериментальних досліджень свідчать про те, що сьогодні перспективним напрямом адаптації рослин до забруднення природного середовища іонами важких металів і підвищення

якості зерна є комплексне застосування мікробних препаратів і регуляторів росту рослин як протекторних речовин. В зерні пшениці озимої сорту Попелюшка при вирощуванні в зоні небезпечного рівня забруднення на відстані 2 км від ТЕС за впровадження бактеризації насіння препаратом поліміксобактерин та обприскування рослин фізіологічно активними гуміновими стимуляторами айдар, або вермістим вміст міді зменшився на 16,9 %, цинку – на 19,5 %, свинцю – на 34,9 %, кадмію – на 33,3 %. Одночасно встановлено підвищення продуктивності на 12,9 % порівняно з контрольним варіантом, врожайність зерна підвищилася на 0,9 т/га. Зважаючи на досягнуті результати, наведені агрозаходи уможливають зменшити ризик забруднення зернової продукції при вирощуванні пшениці озимої в умовах промислових регіонів з високим рівнем техногенного навантаження на агросферу.

Використана література

1. Екологічна ситуація в зоні впливу Зміївської ТЕС / за загальною ред. С. А. Балюк. Харків: Бровін О. В., 2019. 88 с.
2. Фатеев Ф. І., Самохвалова В. Л. Концепція використання техногенно забруднених ґрунтів. Харків: Стильна типографія, 2018. 57 с.
3. Некос А. Н. Акумулятивні властивості рослин як фактор формування екологічної безпеки рослинної харчової продукції (на прикладі Харківського регіону). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2012. № 1–2. С. 100–107.
4. Найдьонова О. Є. Застосування гумінового препарату «Huminplus» в органічному землеробстві. *Вісн. ХНАУ*, 2015. № 2. С. 39–50
5. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин / М. Г. Василенко та ін. *Агроекологічний журн.* 2018. № 1. С. 96–101. DOI:10.33730/2077-4893.1.2018.161350
6. Гаврилюк В. А., Дідковська Т. П. Ефективність використання нових видів мікробіологічних препаратів і стимуляторів росту. *Вісн. ХНАУ*. 2008. № 4. С. 49–52. (Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»).
7. Василенко М. Г. Органо-мінеральні добрива і регулятори росту рослин в органічному землероб-

- стві. *Вісн. аграр. науки*. 2017. № 2. С. 11–18. DOI:10.31073/agrovisnyk201702-02
8. Эффективность предпосевной обработки семян яровой пшеницы микробиологическим препаратом бисолбисан в условиях загрязнения почвы кадмием / Л. Н. Ульяненко та ін. *Агрохімія*. 2009. № 3. С. 76–83.
9. Корсун С. Г., Клименко І. І., Болоховська В. А., Болоховський В. В. Транслокація важких металів у системі «ґрунт - рослина» за вапнування та впливу біологічних препаратів. *Агроекологічний журн.* 2019. № 1. С. 29–35. DOI:10.33730/2077-4893.1.2019.163245
10. Abd E., Bouthaina F. Effect of some soil microorganisms on soil properties and wheat production under North Sinai conditions. *Journal of Applied Sciences Research*. 2010. No 4. P. 559–579.
11. Бондарь В. І., Макаренко Н. А. Вплив технологій вирощування пшениці озимої на процеси акумуляції і транслокації свинцю. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т. 11. № 1–2. С. 41–50. DOI:10.31548/bio2019.01.005
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 352 с.

References

1. Balyuk, S. A. (Ed.). (2019). *Ekolohichna sytuatsiya v zoni vplyvu Zmiivskoyi TES* [Ecological situation in the zone of influence of Zmiiv TPP]. Kharkiv: Broyin O.V. 88 p. [in Ukrainian]
2. Fateev, F. I., & Samokhvalova, V. L. (2018).

Kontseptsiya vykorystannya tekhnohenno zabrudnennykh hruntiv [The concept of using man-made contaminated soils]. Kharkiv: Stylna typohrafiya. 57 p. [in Ukrainian]

3. Nekos, A.N. (2012). Accumulative properties of plants as a factor in the formation of environment safety of plant foods (on the example of the Kharkiv region). *Lyudynatadovkillya. Problemyne-oekolohiyi* [Man and the environment. Problems of neoecology], 1–2, 100–107. [in Ukrainian]
4. Naidenova, O.E. (2015). The use of humic drug "Huminplus" in organic farming. *Visnyk KHNAU* [Bulletin of KhNAU], 2, 39–50. [in Ukrainian]
5. Vasilenko, M. G., Stadnik, A. P., Dushko, P. M., et al. (2018). Yield and quality of seeds of agricultural crops under the action of plant growth regulators. *Ahroekolohichnyy zhurnal* [Agroecological journal], 1, 96–101. DOI:10.33730/2077-4893.1.2018.161350 [in Ukrainian]
6. Gavriluk, V. A., & Didkovskaya, T. P. (2008). The effectiveness of new types of microbiological drugs and growth stimulants. *Visnyk KHNAU (Ser. «Gruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisovohospodarstvo»)* [Bulletin of KhNAU (Ser. "Soil Science, Agrochemistry, Agriculture, Forestry")], 4, 49–52. [in Ukrainian]
7. Vasilenko, M. G. (2017). Organo-mineral fertilizers and growth regulators of plants in organic farming. *Visnyk ahrarnoyi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 2, 11–18. DOI:10.31073/agrovisnyk201702-02 [in Ukrainian]
8. Ulyanenko, L. N., Filipas, A. S., Loy, N. N. et al. (2009). Efficiency of pre-sowing treatment of spring whe at seeds with the microbiological preparation bisolbisan in the conditions of soil contamination with cadmium. *Ahrokhymyya* [Agrochemistry], 3, 76–83. [in Russian]
9. Korsun, S. G., Klimenko, I. I., Bolokhovskaya, V. A., & Bolokhovskiy, V. V. (2019). Translocation of heavy metal in the system "soil-plant" under liming and exposure to biological products. *Ahroekolohichnyy zhurnal* [Agroecological journal], 1, 29–35. DOI:10.33730/2077-4893.1.2019.163245 [in Ukrainian]
10. Abd, E., Bouthaina, F. (2010). Effect of some soil microorganisms on soil properties and wheat production under North Sinai conditions. *Journal of Applied Sciences Research*. 4, 559–579.
11. Bondar, V. I., & Makarenko, N. A. (2019). Influence of winter wheat cultivation technologies on lead accumulation and translocation processes. *Bioresursy i pryrodokorystuvannya* [Bioresource and nature management], 11, 1–2, 41–50. DOI:10.31548/bio2019.01.005 [in Ukrainian]
12. Dospekhov, B. A. *Metodika polevogo opyta s osnovamy statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results] (5th ed. rev.). Moscow: Agropromizdat. 352 p. [in Russian]

УДК 631.95: 633.11

Винюков А. А., Коноваленко Л. И., Бондарева О. Б. Улучшение качества зерна пшеницы озимой в зоне влияния ТЭС.

Зерновые культуры. 2021. Т. 5. № 2. С. 275–281

Донецкая государственная сельскохозяйственная опытная станция НААН, ул. Защитников Украины, 1, г. Покровск, Донецкая область, 85307, Украина

Исследованиями, которые проводились в условиях восточной части северной Степи Украины в 2018–2020 гг., предусматривалось определение комплексного влияния инокуляции семян пшеницы озимой препаратом полимиксобактерин и обработки растений стимуляторами роста на накопление тяжелых металлов в зерне, формирование которого осуществлялось под действием аэрогенных выбросов теплоэлектростанции (ТЕС). Установлено эффективность использования биопрепарата полимиксобактерин и гуминовых стимуляторов роста растений, совместное действие которых направлено на снижение биоаккумуляции тяжелых металлов в зерне пшеницы озимой при выращивании в зонах высокого техногенного давления. Содержание меди в образцах зерна пшеницы, взятых на расстоянии 2 км от ТЭС, в сравнении с контрольным вариантом уменьшилось на 16,9 %, цинка – на 19,5. Существенно снижались уровни содержания элементов первого класса опасности: свинца – на 34,9 %, а кадмия – на 33,3 %. Урожайность зерна пшеницы озимой сорта Попелюшка при этом составляла 7,9 т/га, что в сравнении с контролем больше на 0,9 т/га, или на 12,9 %. Путем инокуляции семян и обработки растений стимуляторами роста возможно уменьшить рискованность загрязнения зерновой продукции в условиях промышленных регионов с высоким уровнем техногенной нагрузки на сельскохозяйственные угодья.

Установлено, что зерно пшеницы озимой, которое сформировалось на расстоянии 20 км от ТЭС (опасный уровень загрязнения почвы), содержало меньше тяжелых металлов: меди и цинка – на 15,3 %, свинца – на 32,3 %, кадмия – на 33,3 %. Коэффициенты биологического поглощения химических элементов, позволяющие оценивать влияние агротехнологических мероприятий на биоаккумулятивные процессы тяжелых металлов в зоне техногенного давления, уменьшались в 1,3 раза.

Ключові слова: пшеница озимая, техногенная нагрузка, биопрепараты, стимулятор роста растений, тяжелые металлы, коэффициент биологического поглощения тяжелых металлов, урожайность.

During 2018–2020, we conducted researches in the eastern part of the Northern Steppe of Ukraine, which were aimed to determine the complex influence of winter wheat seed inoculation with biologic polymyxobacterin and plant treatment with growth stimulants on the accumulation of heavy metals in grain under aerogenic emissions by thermal power station. It was established effectiveness of the biologic polymyxobacterin and humic plant growth stimulants, which complex action was aimed to decrease the bioaccumulation of heavy metals in the grain of winter wheat cultivated in high man-made load areas. At 2 km distance from the thermal power station (extremely dangerous level of pollution), the copper content in the samples of wheat grain decreased compared to the control variant by 16.9%, the zinc content – by 19.5%. It was identified a significant decrease in the content of the Class 1 dangerous elements: lead – by 34.9%, cadmium – by 33.3%. The winter wheat grain yield of Popeliushka variety was 7.9 t/ha, which was by 0.9 t/ha or 12.9% higher compared to the control. The introduction of seed inoculation and plant growth stimulants allow to reduce the pollution risk of grain products at the crop cultivation in industrial regions with a high level of man-made load on agricultural land.

The grain grown in 20 km distance from thermal power station (dangerous level of soil pollution) had the less content of heavy metals: copper and zinc – by 15.3%, lead – by 32.3%, cadmium – by 33.3%. The coefficients of biological absorption of chemical elements, which allow to assess the impact of agro-technological measures on the bioaccumulative processes of heavy metals in man-made load areas, decreased by 1.3 times.

Key words: winter wheat, technogenic load, biopreparation, growth stimulant, heavy metals, biological absorption coefficient of heavy metals, yield.