

ВПЛИВ ДОБРИВ НА ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ ТА ЇХ НАКОПИЧЕННЯ РОСЛИНАМИ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

О. О. Вінюков, кандидат сільськогосподарських наук;

Л. І. Коноваленко, кандидат хімічних наук;

О. Б. Бондарева, кандидат технічних наук

Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН України

Наведено результати досліджень впливу елементів технологій вирощування ячменю ярого на вміст рухомих форм важких металів (Zn, Pb, Cd, Cu) в ґрунті і вегетативних та генеративних органах рослин. Представлені мінеральна ($N_{30}P_{30}K_{30}$) і органо-мінеральна (біогумус + $N_{15}P_{15}K_{15}$) системи удобрення, які впливають на накопичення токсичних речовин в акумулятивних шарах ґрунту і перехід їх в рослини ячменю ярого. Встановлено умови зменшення рівня накопичення токсикантів в зерні і одержання екологічно безпечної продукції.

Ключові слова: важкі метали, безпека зерна, системи удобрення, ячмінь ярий.

В останні десятиліття дедалі більш актуальною у світі і Україні зокрема стає проблема продовольчої безпеки. Світова спільнота при вирішенні даного питання, в першу чергу, звертає увагу на обов'язкове врахування екологічного аспекту – збереження природних ресурсів, мінімізацію впливу на навколишнє природне середовище, якість довкілля, виробництво якісних і безпечних продуктів харчування. У країнах ЄС широко впроваджується методологія отримання якісної і безпечної сільськогосподарської продукції, принцип якої – перехід від контролю кінцевого продукту до прогнозування можливих негативних впливів та уникнення їх на стадії виробництва [1].

Сучасні технології рослинництва можуть самі негативно впливати на показники безпеки продукції і природного середовища. Відомо, що споживання польовими культурами азоту з мінеральних добрив становить 24–25 %, фосфору – 10–33 %, калію – 25–77 % [2]. Частина добрив надходить до навколишнього середовища, забруднюючи його. Крім того, мінеральні добрива містять важкі метали, які можуть накопичуватися в продукції рослинництва і негативно впливати на її якість [3–5].

Комплексна оцінка якості зерна ячменю ярого включає показники безпеки зерна, які характеризують вміст важких металів [6]. Накопичення важких металів рослинами значною мірою залежить від рівня забруднення ґрунтів. Особливо актуальним є врахування цього показника в індустріальних регіонах, де аграрне виробництво йде в умовах високого техно-генного навантаження. Для зменшення антропогенного впливу на агросферу і оптимізації процесу живлення рослин в умовах скорочення обсягів використання агрохімікатів доцільно застосовувати біодобрива.

Мета досліджень – встановлення впливу агротехнологій вирощування зернових коло-сових культур на вміст рухомих форм важких металів у ґрунті, вегетативних і генеративних органах рослин в умовах південно-східного промислового регіону.

Дослідження виконувались у польовій сівозміні лабораторії землеробства, рослинництва та механізації Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції НААН України у 2012–2014 рр. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки – чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий. Валовий вміст поживних речовин: N – 0,28–0,31 %, P_2O_5 – 0,16–0,18 %, K_2O – 1,8–2,0 %, вміст гумусу в орному шарі – 4,3–4,5 %, рН – слаболужна (рН_{водн} – 7,50–7,95).

Обробіток ґрунту звичайний, загальноприйнятий в господарствах області. Технологія вирощування ячменю ярого загальноприйнята в господарствах області, за винятком факто-рів, які досліджувалися. Під передпосівну культивуацію сівалкою СН-16 вносились мінеральні та органічні добрива згідно зі схемою дослідів. Посівна площа ділянки 88,2 м², облікова – 62,7 м². Повторність – триразова, розміщення ділянок систематичне.

У посівах ячменю ярого сорту Аверс з'ясовували вплив мінеральної і органо-мінеральної систем удобрення на накопичення важких металів у зерні, соломі і ґрунті. Мінеральна система удобрення передбачала внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$. За органо-мінеральної системи живлення і передпосівної культивування на фоні $N_{15}P_{15}K_{15}$ вносили біогумус у нормі 500 кг/га. Досліджували два види біогумусу: біогумус-1, одержаний шляхом біотехнологічної переробки стічних вод з вермікомпостуванням і біогумус-2, отриманий в біогазовій установці з переробки гною свиней (ТОВ «Агрооувен» Магдалинівського району Дніпропетровської області). Закладання дослідів, обліки та спостереження проводили згідно з загальноприйнятими методиками та рекомендаціями [7, 8].

Вміст важких металів визначали у зразках соломи, зерні ячменю та ґрунті, який відбирали з орного шару одночасно з рослинними зразками. Рухомі форми важких металів вилучали з ґрунту шляхом екстракції 1н HCL, а їх кількість визначали атомно-абсорбційним методом [9]. Зразки ґрунту відбирали по шарах згідно з ГОСТ 17.4.4.02.84. «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа». Рослинні зразки для аналітичних досліджень відбирали відповідно до «Методичних вказівок по проведенню досліджень в довготривалих дослідах з добривами». Статистичну обробку результатів проводили згідно з Б. О. Доспеховим [7].

У результаті проведених досліджень виявлено збільшення відносно контролю кількості рухомих форм важких металів у ґрунті за мінеральної системи живлення, що підвищує ризик забруднення рослинницької продукції цими токсикантами. За органо-мінеральної системи удобрення з внесенням біогумусу в орному шарі ґрунту спостерігалось зменшення вмісту рухомих форм важких металів, особливо свинцю (табл. 1).

1. Вміст важких металів у ґрунті за різних систем удобрення

Варіант досліджу	Вміст рухомих форм важких металів, мг/кг							
	Cu		Zn		Pb		Cd	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2
Контроль	7,4	6,6	32	26	2,19	1,88	0,21	0,19
$N_{30}P_{30}K_{30}$	7,5	6,8	38,	30	2,55	2,28	0,30	0,25
Біогумус-1 + $N_{15}P_{15}K_{15}$	6,3	5,8	30	26	1,64	1,55	0,15	0,13
Біогумус-2 + $N_{15}P_{15}K_{15}$	6,6	5,8	30	27	1,57	1,50	0,17	0,13
НП _{0,5}	0,4		1,6		0,2		0,03	
Фоновий вміст [10]	5,0		10,0		5,0		<0,3	
Загальний вміст [10]	22,0		55,0		13,0		1,0	

* Шар ґрунту 0–20 см. ** Шар ґрунту 20–40 см.

Попередньо було проведене аналітичне дослідження складу біодобрив. Вміст поживних речовин становив: азот загальний – 1,5–1,8 %, фосфор загальний – 1,5–2,0, калій загальний – 0,3–0,5, органічна речовина – 91–93 %. Експериментально вивчали також вміст най-більш токсичних важких металів – свинцю і кадмію в біогумусі-1 і біогумусі-2.

Так, свинцю і кадмію в них було відповідно 0,05–0,07 та 0,007–0,01 мг/кг, отже, застосування біодобрив не призводить до суттєвої зміни кількості цих елементів у ґрунті.

За експериментальними даними вміст міді і цинку перевищував фоновий рівень у всіх варіантах досліджу. Перевищення фонових значень у контрольному варіанті коливалось в межах 1,3–1,5 раза для міді та 2,6–3,2 раза для цинку. Підвищений вміст Cu і Zn є наслідком надходження цих елементів з аеротехногенними викидами, оскільки дослідні ділянки розташовані в зоні дії Авдієвського коксохімічного заводу.

Дані таблиці 1 свідчать, що рухомі форми свинцю і цинку більшою мірою акумулюються у верхньому шарі ґрунту. Іони міді і кадмію відзначаються більшою рухомістю,

тому вміст їх по шарах ґрунту майже не відрізнявся. Застосування мінеральних добрив зумовлює не тільки внесення додаткової кількості важких металів у ґрунт, але й порушення рівноваги між формами існування цих токсикантів у ґрунті. Це призводить до збільшення вмісту рухомих форм важких металів у ґрунті за цих умов. Так, вміст свинцю за мінеральної системи живлення збільшився проти контролю на 0,36 мг/кг, або на 16,8 %, а цинку – на 6 мг/кг, або на 18,8 %. Порівняно з контролем найбільше зросла кількість кадмію – 42,9 % За орґано-мінеральної системи живлення з внесенням біогумусу в орґаному шарі ґрунту мало місце зменшення вмісту рухомих форм важких металів, особливо свинцю та кадмію – елементів 1-го класу небезпеки. Вміст рухомих форм свинцю порівняно з контрольними показниками зменшився у середньому в 1,4 раза, а кадмію – в 1,3 раза.

Відомо, що внесення мінеральних добрив сприяє транслокації важких металів із ґрунту до вегетативних орґанів рослин. Експериментальні дані показали, що внесення мінеральних добрив зумовило значне накопичення цинку – 32,4 мг/кг, міді – 7,8, свинцю – 0,88, кадмію – 0,21 мг/кг в соломі ячменю ярого (табл. 2).

2. Вміст важких металів в зерні та соломі ячменю ярого сорту Аверс (2012–2014 рр.)

Варіант досліджу	Вміст важких металів, мг/кг							
	Cu (ГДК = 10)		Zn (ГДК = 50)		Pb (ГДК = 0,5)		Cd (ГДК = 0,1)	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2
Контроль	5,3	7,0	28,2	29,3	0,36	0,79	0,07	0,14
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,9	7,8	29,9	32,4	0,49	0,88	0,10	0,21
Біогумус-1 + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	5,5	7,1	28,0	29,5	0,28	0,83	0,05	0,16
Біогумус-2 + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	5,2	7,3	28,7	29,0	0,26	0,83	0,04	0,17
НІР _{0,5}	0,24	0,30	0,86	1,1	0,07	0,07	0,01	0,02

* Зерно. ** Солома.

Гумусова складова біодобрив здатна зв'язувати рухомі форми важких металів у малорухомі сполуки, що призводить до зниження активності переходу важких металів із ґрунту до рослин. Відмічене незначне перевищення вмісту важких металів у вегетативних орґанах ячменю ярого порівняно з контролем за орґано-мінеральної системи живлення.

Встановлено, що найбільше накопичення цинку, міді і свинцю в зерні було при внесенні N₃₀P₃₀K₃₀. У варіантах, де вносили біогумус на фоні N₁₅P₁₅K₁₅, вміст міді і цинку в зерні був практично на рівні контролю. Кількість свинцю та кадмію в цьому варіанті удобрення досягала нижчого значення відповідно до контролю. Вміст свинцю був 0,26–0,28 мг/кг, кадмію 0,04–0,05 мг/кг, тимчасом як в контролі ці показники становили відповідно 0,36 та 0,07 мг/кг. Експериментальні результати підтверджують протекторні властивості орґано-мінеральної системи удобрення з внесенням біогумусу до накопичення важких металів, особливо токсикантів першої групи небезпеки – свинцю і кадмію в зерні ячменю ярого.

Слід зазначити, що в усіх варіантах досліджу не було перевищення ГДК цинку, свинцю, кадмію та міді в зерні. Однак за мінеральної системи удобрення простежувалася тенденція до збільшення накопичення важких металів рослинами. У цьому варіанті вміст свинцю і кадмію становив 0,8 ГДК. Тому для зменшення ризику забруднення зерна цими токсикантами доцільно застосовувати орґано-мінеральну систему удобрення.

Головним лімітуючим фактором, який впливає на ріст та розвиток сільськогосподарських культур в умовах східної частини північного Степу, є запаси продуктивної вологи у ґрунті. Тому перед сівбою та впродовж вегетації рослин ячменю ярого відбирали ґрунтові проби для визначення впливу припосівного внесення мінеральних та орґанічних добрив на динаміку запасів вологи в ґрунті протягом вегетації (табл. 3).

Дослідженнями встановлено, що в фазі кушення ячменю ярого на ділянках з внесеним мінеральних добрив кількість продуктивної вологи була меншою за контроль на 0,9 мм в шарі ґрунту 0–20 см та на 5,8 мм – 0–100 см.

Внесення біогумусу сприяло більш економному споживанню вологи рослинами. Так, в шарі ґрунту 0–20 см (фаза кушення) кількість продуктивної вологи була більшою порівняно з контролем на 2,3–2,8 мм, або на 18,9–22,9 % та більшою за мінеральний фон на 3,2–3,7 мм, або на 28,3–52,7 %, в шарі ґрунту 0–100 см кількість продуктивної вологи перевищувала контрольний варіант на 1,4–1,7 мм, або на 1,7–2,0 %, а мінеральний фон на 7,2–7,5 мм, або на 9,2–9,7 % відповідно. У фазі воскової стиглості зерна ячменю ярого вологість ґрунту в удобрених варіантах перевищувала контроль в шарі ґрунту 0–20 см на 2,3 мм (мінеральні добрива) та 4,0–4,3 мм (органічні добрива), а 0–100 см на 10,3 мм (мінеральні добрива) та 18,0–18,3 мм (біогумус). Таким чином, можна зробити висновок, що використання біогумусних органічних добрив позитивно впливає на збереження продуктивної вологи ґрунту в посушливих умовах Донбасу.

3. Динаміка запасів продуктивної вологи під посівом ячменю ярого, мм (середнє за 2012–2014 рр.)

Варіант	До сівби		Фаза кушення		Воскова стиглість	
	0–20 см	0–100 см	0–20 см	0–100 см	0–20 см	0–100 см
Контроль – без добрив	34,3	145,7	12,2	83,5	2,0	10,7
Фон N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	34,3	145,7	11,3	77,7	4,3	21,0
Біогумус-1 + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	34,3	145,7	15,0	84,9	6,3	28,7
Біогумус-2 + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	34,3	145,7	14,5	85,2	6,0	29,0

За результатами досліджень встановлено, що збагачена органічна субстанція ґрунту за рахунок внесення біогумусу при достатній кількості вологи сприяла збільшенню продуктивності ячменю ярого порівняно з контрольним варіантом (табл. 4).

4. Урожайність зерна ярого ячменю сорту Аверс

Варіант	Урожайність, т/га			Прибавка	
	2012 р.	2013 р.	Середнє	т/га	%
Контроль – без добрив	2,43	2,14	2,29	-	-
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,13	2,90	3,02	0,73	31,7
Біогумус-1	2,70	2,35	2,53	0,24	10,3
Біогумус-2	2,63	2,30	2,47	0,18	7,6
Біогумус-1 + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	3,10	2,80	2,95	0,66	28,8
Біогумус-2 + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	2,95	2,79	2,87	0,58	25,3
НІР _{0,5} , т/га	0,22	0,15			

Найбільша середня прибавка врожаю – 0,73 т/га (31,7 %) порівняно з контролем була у варіанті, де застосовували тільки мінеральну систему живлення N₃₀P₃₀K₃₀. За рахунок внесення половинної дози мінеральних добрив разом з біогумусом-1 і біогумусом-2 одержали додатковий врожай 0,66 т/га (28,8 %) і 0,58 т/га (25,3 %) порівняно з контролем. При цьому урожайність зерна ярого ячменю в даних варіантах відрізнялась несуттєво (0,07 та 0,15 т/га) від урожайності у варіанті з внесенням повної норми добрив.

Висновок. Отримати екологічно безпечну продукцію ячменю ярого при збереженні врожайності на рівні використання повної норми мінеральних добрив у південно-східному промисловому регіоні можливо за рахунок елементів біологізації агротехнологій з використанням біодобрив для підвищення стійкості рослин до впливу екологічних

стресорів, а також шляхом зменшення норми внесення агрохімікатів, що послаблює антропогенне навантаження на довкілля.

Бібліографічний список

1. *Фурдичко О. І.* Якість і безпека сільськогосподарської продукції в контексті продовольчої безпеки / *О. І. Фурдичко, О. С. Дем'янюк* // *Агроекологічний журн.* – 2014. – № 1. – С. 7–10.
2. *Петербургский А. В.* Агрохимия и физиология питания растений / *А. В. Петербургский.* – М.: Россельхозиздат, 1971. – 333 с.
3. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів / [*В. П. Патики, Н. А. Макарен-ко, Л. І. Моклячук* та ін.]; за ред. *В. П. Патики.* – К.: Основа, 2005. – С. 64–68.
4. *Кривіч Н. Я.* Вміст важких металів у ґрунті під озимую пшеницею та її продуктивність залежно від систем удобрення та способів основного обробітку / *Н. Я. Кривіч, Ю. А. Біля-вський, Я. П. Мандзик* // *Вісн. ДАУ.* – 2004. – № 1. – С. 61–68.
5. *Самохвалова В. Л.* Аспекты изучения и оценка состояния загрязненной тяжелыми металлами системы почва – растение / *В. Л. Самохвалова, А. И. Фатеев, И. М. Журавлева* // *Агроекологічний журн.* – 2008. – № 1. – С. 28–36.
6. Ячмінь. Технічні умови: ДСТУ 3769–98. – К.: Держспоживстандарт України, 1998. – 15 с.
7. *Доспехов Б. А.* Методика опытного дела / *Б. А. Доспехов.* – М.: Колос, 1985. – 336 с.
8. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с зерновыми, зернобобовыми и кормовыми культурами / Под ред. *В. С. Цикова и Г. Р. Пикуша.* – Днепропетровск, 1983. – 46 с.
9. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / ЦИНАО. – М.: ЦИНАО, 1992. – 61 с.
10. *Самохвалова В. Л.* Еколого-геохімічна оцінка фонового рівня вмісту різних форм мікроелементів ґрунту / *В. Л. Самохвалова, А. І. Фатеев, Є. О. Лучникова* // *Вісн. Львівського ун-ту.* – 2011. – Вип. 55. – С. 125–133. – (Серія "Біологічна").