УДК 633.1:631.8 :631.95 DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183475

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ НА ВМІСТ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ І ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У РОСЛИНАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Г.В. Давидюк, К.М. Олійник, І.І. Клименко

ННЦ «Інститут землеробства НААН»

Проведено дослідження щодо впливу технологій вирощування різної інтенсивності на вміст мікроелементів і важких металів у зерні і соломі пшениці озимої та їх винос урожаєм. Визначено, що із зростанням внесених доз добрив підвищується вміст важких металів і мікроелементів у зерні і соломі. Експериментально доведено, що досліджувані технології вирощування не забезпечували значного накопичення зерном пшениці озимої сорту Славна і Царівна елементів: міді, цинку, кадмію, марганцю та заліза. Визначено величини виносу мікроелементів і важких металів урожаєм зерна і соломи досліджуваних сортів пшениці озимої залежно від технології вирощування. Встановлено, що відчуження мікроелементів і важких металів урожаєм зерна і соломи цієї культури визначалось ступенем інтенсивності технології вирощування, величиною врожаю та біологічними особливостями сорту.

Ключові слова: *мікроелементи, важкі метали, пшениця озима, сорт, технології вирощування, врожайність.*

Сучасні технології вирощування зернових культур передбачають застосування мінеральних, органічних добрив, пестицидів і вапнякових матеріалів, які мають істотний вплив на мікроелементний склад ґрунтів і доступність поживних елементів для рослин. Накопичення мікроелементів і важких металів (ВМ) сільськогосподарськими культурами залежить від їх умісту в ґрунті, співвідношення, форм і обсягів унесених добрив, біологічних особливостей рослин, погодних умов вегетаційного періоду. Застосування азотних, фосфорних, калійних добрив поліпшує живлення рослин, але порушує природне співвідношення між макро- та мікроелементами у ґрунтовому середовищі екотопу. Високий рівень хімізації сприяє збільшенню врожайності сільськогосподарських культур, але й підвищує винос мікроелементів із ґрунту. Також існує небезпека забруднення ґрунту, продуктів харчування і кормів такими ВМ, як свинець, кадмій, нікель тощо. Найпоширенішими ВМ, що можуть найчастіше мігрувати з ґрунту в організм, є свинець і кадмій [1–11].

Реакція зернових культур на забруднення ґрунтів ВМ є неоднаковою. Найбільш толерантними до них є пшениця та жито озимі, овес, ячмінь. Жито характеризується найвищим адаптивним потенціалом, а ячмінь — найнижчим. Екологічно безпечний урожай зернових колосових культур формується за вдвічі меншого вмісту ВМ у ґрунті від максимально допустимого рівня. Характерно, що найбільша їх кількість у цієї групи культур накопичується в кореневій системі та вегетативних органах [12].

Розробка технологій вирощування для оптимізації балансу мікроелементів і ВМ потребує обґрунтованого співвідношення органічних і мінеральних добрив. Доцільно широке використання у системі удобрення сільськогосподарських культур нетоварної продукції (соломи та сидератів) [13]. Рослинні рештки містять значну кількість елементів живлення, тому врахування їх маси і хімічного складу є особливо значущим для

© Г.В. Давидюк, К.М. Олійник, І.І. Клименко, 2019

відтворення родючості ґрунту [14]. Залежно від технології вирощування зернових культур може змінюватись інтенсивність надходження елементів до рослинного організму, а також їх винос урожаєм.

Мета роботи — визначення впливу технологій вирощування різної інтенсивності пшениці озимої сортів Славна та Царівна на вміст мікроелементів і ВМ у зерні і соломі.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили впродовж 2012–2015 рр. на базі стаціонарного багатофакторного досліду відділу адаптивних інтенсивних технологій зернових колосових культур і кукурудзи Національного наукового центру „Інститут землеробства НААН» у державному підприємстві «Дослідне господарство Чабани» (смт Чабани Києво-Святошинського р-ну Київської обл., північна частина Правобережного Лісостепу України). Попередник пшениці озимої — горох. Досліджували сорти пшениці озимої Славна та Царівна. Сорт Славна високоінтенсивного типу належить до сильних пшениць, зареєстрований у Державному реєстрі сортів рослин України у 2010 р.; Сорт Царівна напівінтенсивного типу належить до сильних пшениць, зареєстрований там само у 2008 р. Уміст ВМ та мікроелементів у зерні та соломі пшениці озимої визначали методом сухого озолення з наступним аналізом розчину золи атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі AAS-3 (ГОСТ 30178-96) [15]. Математико-статистичний аналіз даних виконували за Б.О. Доспєховим з використанням комп'ютерних програм Microsoft Office Excel 2007, Statistica 5.0 [16].

Агротехніка вирощування пшениці озимої була типовою для зони Лісостепу. Ґрунт ділянки — темно-сірий опідзолений, грубопилувато-легкосуглинковий з умістом гумусу в орному шарі 1,7%, $pH_{сол.}$ — 5,5, низьким умістом гідролізного азоту, високим — обмінного фосфору й підвищеним умістом обмінного калію. Вивчали моделі технологій вирощування, які відрізнялися за дозами внесених мінеральних добрив на фоні заробляння побічної продукції попередника (солома гороху) та інтегрованого захисту рослин, що передбачав застосування засобів захисту посівів пшениці від бур'янів, хвороб та шкідників відповідно до економічного порогу їх шкідливості (ЕПШ). Схема удобрення у технологіях вирощування пшениці озимої: вар. 1 (енергоощадна) — фон + $P_{45}K_{45} + N_{30(II)} + N_{30(IV)}$; вар. 2 (інтенсивна) — фон + $P_{90}K_{90} + N_{30(II)} + N_{60(IV)} + N_{30(VII)}$; вар. 3 (інтенсивна енергонасичена 1) — фон + $P_{80}K_{100} + N_{80(II)} + N_{100(IV)} + N_{60(VIII)}$; вар. 5 (інтенсивна енергонасичена 2) — фон + $P_{135}K_{135} + N_{60(II)} + N_{75(IV)} + N_{45(VII)}$; вар. 10 — заробляння побічної продукції — фон (альтернативна); вар. 12 (контроль) — без добрив. Фосфорні та калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту, азотні — як підживлення на основних етапах органогенезу за Ф.М. Куперман.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Під час визначення наявності мікроелементів і ВМ у зерні пшениці озимої встановлено, що вміст міді варіював у межах 2,2–2,8 мг/кг і був значно нижчим від граничнодопустимої концентрації (ГДК) (табл. 1). Залежно від сорту і технологій вирощування вміст цього елемента у зерні змінювався мало через низький уміст доступних сполук міді у ґрунті. Не перевищував ГДК і вміст цинку в зерні, де його кількість була в межах 10,1–12,5 мг/кг. Прослідковувалась залежність вмісту елемента в зерні від технологій вирощування і сорту. Зерно сорту Царівна містило 11,1–12,3 мг/кг цинку залежно від технологій вирощування і перевищувало його вміст у зерні сорту Славна.

Уміст свинцю в зерні пшениці озимої сорту Славна був на рівні ГДК, а в зерні сорту Царівна спостерігалося незначне його перевищення. Наші дослідження підтверджують попередні результати досліджень, проведені з іншими сортами пшениці, вирощеними за технологіями з меншим ступенем інтенсивності [8]. Уміст кадмію в зерні у кількості, що дорівнює ГДК, зафіксовано в зерні обох сортів за інтенсивних

Таблиця 1

Уміст мікроелементів і важких металів у зерні та соломі пшениці озимої залежно від технології вирощування, середнє за 2012–2015 рр., мг/кг

Варіант технології*	Cu		Zn		Pb		Cd		Ni		Mn		Fe	
	I**	II***	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
	Зерно													
1	2,4	2,5	11,0	11,8	0,4	0,6	0,0	0,0	0,6	0,5	7,0	7,5	8,3	8,5
2	2,7	2,8	11,5	12,2	0,5	0,7	0,1	0,1	0,7	0,6	8,0	8,5	9,8	9,7
3	2,3	2,5	10,9	11,4	0,5	0,7	0,0	0,1	0,6	0,7	9,9	9,8	10,0	12,5
5	2,2	2,4	10,5	11,1	0,5	0,7	0,1	0,1	0,6	0,7	9,8	9,7	10,0	12,3
10	2,6	2,5	10,2	12,2	0,5	0,6	0,0	0,0	0,5	0,5	7,2	7,1	7,3	7,4
12	2,6	2,5	10,1	12,3	0,5	0,6	0,0	0,0	0,5	0,5	7,2	7,0	7,3	7,3
$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*2,4± 0,08*	*2,5± 0,06*	*10,7± 0,22*	*11,8 ±0,20*	*0,4± 0,02*	*0,65± 0,02*	*0,03± 0,02*	*0,05± 0,02*	*0,58± 0,03*	*0,58± 0,04*	*8,18± 0,55*	*8,27± 0,52*	*8,78± 0,54*	*9,62± 0,95*
V, %	*7,9*	*5,3*	*4,9*	*4,1*	*8,4*	*8,4*	*154,9*	*109,5*	*12,9*	*16,8*	*16,3*	*15,3*	*14,9*	*24,19*
$НІР_{05}$	*0,21*	*0,14*	*0,56*	*0,52*	*0,04*	*0,06*	*0,05*	*0,06*	*0,08*	*0,10*	*1,40*	*1,33*	*1,38*	*2,44*
ГДК	10		50		0,5		0,1		0,5		–		50	
	Солома													
1	1,0	1,1	3,0	2,7	1,2	1,3	0,1	0,1	5,0	6,5	21,1	28,5	39,5	55,0
2	1,1	1,1	3,2	2,9	1,4	1,4	0,1	0,1	5,4	7,0	23,4	36,8	42,6	60,4
3	1,3	1,5	4,5	4,3	1,2	1,5	0,1	0,1	6,6	6,4	36,6	33,1	72,9	89,7
5	1,3	1,4	4,4	4,1	1,3	1,5	0,1	0,1	6,5	6,2	32,5	30,5	68,5	88,0
10	1,0	0,8	3,0	3,1	1,3	1,2	0,1	0,1	7,5	5,5	27,0	20,0	40,0	45,0
12	1,0	0,7	2,9	3,0	1,4	1,2	0,1	0,1	7,8	5,3	26,8	18,0	39,6	42,6
$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*1,1± 0,06*	*1,1± 0,13*	*3,50± 0,30*	*3,35± 0,28*	*1,30± 0,04*	*1,35± 0,06*	*0,10± 0,00*	*0,10± 0,00*	*6,47± 0,45*	*6,15± 0,26*	*27,9± 2,35*	*27,8± 3,02*	*50,5± 6,42*	*63,4± 8,46*
V, %	*13,2*	*28,7*	*21,2*	*20,1*	*6,9*	*10,2*	*0,0*	*0,0*	*17,1*	*10,4*	*20,6*	*26,6*	*31,3*	*32,7*
$НІР_{05}$	*0,15*	*0,33*	*0,78*	*0,71*	*0,09*	*0,14*	*0,00*	*0,00*	*1,16*	*0,67*	*6,04*	*7,7*	*16,5*	*21,7*

Примітки: * 1 — енергоощадна технологія; 2 — інтенсивна; 3 — інтенсивна енергонасичена 1; 5 — інтенсивна енергонасичена 2; 10 — альтернативна; 12 — контроль; ** I — сорт Славна; *** II — сорт Царівна.

та інтенсивних енергонасичених технологій. За використання цих технологій спостерігалося незначне перевищення вмісту нікелю у зерні (на 0,1–0,2 мг/кг), тоді як за альтернативної технології вміст нікелю був на рівні ГДК. Уміст марганцю у зерні варіював: від 7,0–7,2 мг/кг на контролі та за альтернативної технології — до 9,8–9,9 мг/кг у зерні, отриманому за інтенсивних енергонасичених технологій. Подібна закономірність спостерігалась щодо вмісту заліза у зерні залежно від технологій вирощування. Його кількість змінювалася: від 7,3–7,4 мг/кг за альтернативної технології — до 9,7–9,8 за інтенсивної та до 12,3–12,5 мг/кг за енергонасиченої інтенсивної технології, але була значно нижчою від ГДК.

Отже, застосування досліджуваних технологій не призводило до значного накопичення зерном пшениці озимої сорту Славна і Царівна елементів міді, цинку, кадмію, марганцю та заліза. Відзначено лише незначне перевищення ГДК у зерні пшениці (мг/кг): за вмістом свинцю — на 0,1–0,2 (ГДК 0,5) та нікелю — на 0,1–0,2 (ГДК 0,5).

Невідповідність зерна пшениці озимої санітарно-гігієнічним нормативам за вмістом свинцю можна пояснити дефіцитом цинку та перевищенням фонового вмісту кислоторозчинних форм свинцю у ґрунті, вміст останнього становив 3,8–5,2 мг/кг (фон 3,0 мг/кг). Застосування мінеральних добрив за інтенсивних технологій вирощування пшениці озимої спричиняє підвищення кислотності ґрунту, що посилює рухомість ВМ, тобто може мати індирективну дію на підвищення вмісту свинцю в рослинах пшениці озимої. Також поліпшення поживного режиму ґрунту внаслідок застосування інтенсивних технологій підвищує вміст рухомих форм азоту, фосфору і калію сприяючи кращому розвитку рослин, що своєю чергою потребує необхідної кількості інших елементів. За дефіциту кальцію, магнію та мікроелементів їх можуть заміщувати ВМ. Перевищення ГДК за вмістом нікелю у зерні також можна пояснити залученням цього елемента до біохімічних процесів унаслідок дефіциту цинку, міді та марганцю у ґрунті [17].

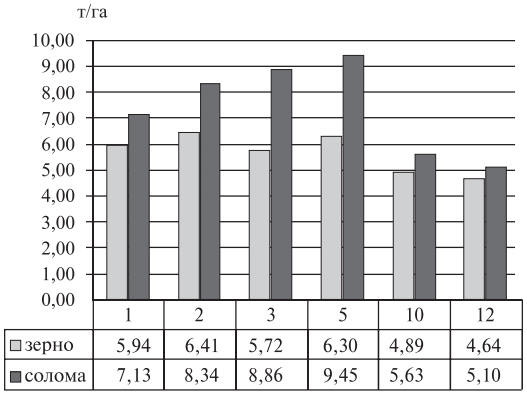
Подібна тенденція спостерігається під час аналізу вмісту мікроелементів і ВМ у соломі пшениці озимої. За альтернативних технологій вирощування у ній містилося 0,7–1,0 мг/кг міді. Із зростанням інтенсифікації виробництва, в т.ч. із збільшенням доз внесених добрив за інтенсивної та інтенсивних енергонасичених технологій, уміст міді в соломі збільшувався на 0,5–0,8 мг/кг, а вміст цинку — на 1,1–1,5 мг/кг порівняно з його вмістом у вирощуванні за альтернативними технологіями (2,9–3,1 мг/кг). Уміст свинцю в соломі варіював у межах 1,2–1,5 мг/кг і мало різнився залежно від сорту і технологій вирощування. Накопичення кадмію соломою було однаковим у всіх варіантах технологій вирощування пшениці озимої — 0,1 мг/кг. Уміст нікелю в соломі змінювався у межах 5,3–7,8 мг/кг.

Накопичення марганцю в соломі пшениці озимої було в межах 18–27 мг/кг за альтернативних технологій і зростало до 30,5–36,8 мг/кг за інтенсивних енергонасичених технологій. Уміст заліза в соломі залежав від технології вирощування та біологічних особливостей сорту і змінювався у межах 39,6–72,9 мг/кг у сорту Славна і 42,6–89,7 мг/кг у сорту Царівна.

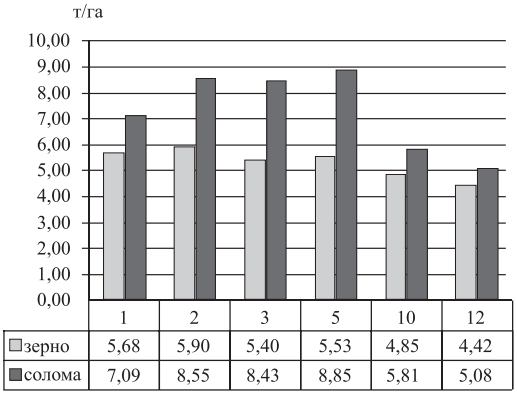
На основі результатів визначення вмісту мікроелементів і ВМ у зерні і соломі пшениці озимої були проведені розрахунки виносу цих елементів з урожаєм зерна і відповідною кількістю соломи пшениці озимої обох сортів.

За результатами досліджень величини врожайності зерна і соломи обох сортів були близькими, особливо за альтернативних технологій. Так, урожайність зерна пшениці озимої сорту Царівна варіювала від 4,42 т/га за технології вирощування без добрив — до 5,9 т/га за інтенсивними технологіями (рис. 1). Урожайність соломи вказаного сорту становила 5,08–8,85 т/га.

У сорту Славна урожайність зерна зафіксовано у межах 4,64–6,41 т/га залежно від технологій, урожайність соломи — 5,1–9,45 т/га.



а



б

Рис. 1. Урожайність зерна і соломи пшениці озимої сортів Славна (*а*) і Царівна (*б*): 1 — енергоощадна технологія; 2 — інтенсивна; 3 — інтенсивна енергонасичена 1; 5 — інтенсивна енергонасичена 2; 10 — альтернативна; 12 — контроль

Визначено, що з урожаєм зерна пшениці озимої виноситься від 14,6–26,2 г/га міді. Величина виносу зростала від 14,6–17,2 г/га за альтернативних технологій — до 26,15 г/га за інтенсивних енергонасичених. Прослідковувалась залежність величини виносу від сорту, що пояснюється як урожайністю, так і біологічними особливостями кожного із сортів. Кількість міді, що виноситься з урожаєм зерна, була на рівні 11,05–17,3 г/га, або 52–76% від загального виносу (рис. 2). Із зростанням інтенсифікації технологій ця частка знижувалася з 70–76 до 52–53%, натомість зростала частка соломи — з 24–30 до 47–48%.

Кількість цинку, що виносилася з урожаєм зерна і соломи, змінювалась від 61,65–69,62 г/га на контролі — до 86,12–86,73 г/га за енергоощадних технологій і 96,75–100,4 г/га за інтенсивних, та 102–107 г/га за інтенсивних енергонасичених технологій. Зокрема, із зерном виносилося 46,86–73,7 г/га, або 61–78% від загального виносу. Частка виносу цинку соломою становить 22–39%.

Величина виносу свинцю варіювала залежно від сорту від 8,75–9,46 г/га на контролі — до 10,93–12,63 г/га за енергоощадних технологій та 15,44–17,15 г/га за інтенсивних енергонасичених технологій. Зокрема, з урожаєм зерна виносилось 2,65–4,13 г/га, або 20–30% від загального виносу. Величина виносу цього елемента соломою становить 6,1–12,64 г/га, або 70–80% від загального виносу.

Від технологій вирощування пшениці озимої залежав і винос кадмію з урожаєм культури, величина якого змінювалась від 0,51 г/га на контролі — до 1,44–1,58 г/га за енергонасичених технологій. За цих технологій вирощування величину виносу вказаного елемента обумовлено переважно його концентрацією у соломі та її урожайністю, за винятком енергонасичених інтенсивних технологій.

За розрахунками з урожаєм зерна та соломи пшениці озимої, крім інших елементів, виносилось: 29,15–63,44 та 42,1–65,21 г/га нікелю — сорт Царівна та сорт Славна відповідно. Зерном виносилось 5–9% від загального виносу, а основна частина виносу цього елемента припадала на солому — 84–91%.

Величина виносу марганцю урожаєм зерна і соломи залежала від урожайності культури, яку забезпечувала технологія вирощування, і біологічних особливостей сорту. Так, з урожаєм зерна і соломи сорту Царівна відчужувалося від 122,43 г/га марганцю в контрольному варіанті — до 150,68 г/га за технології з внесенням лише побічної продукції попередника. З внесенням

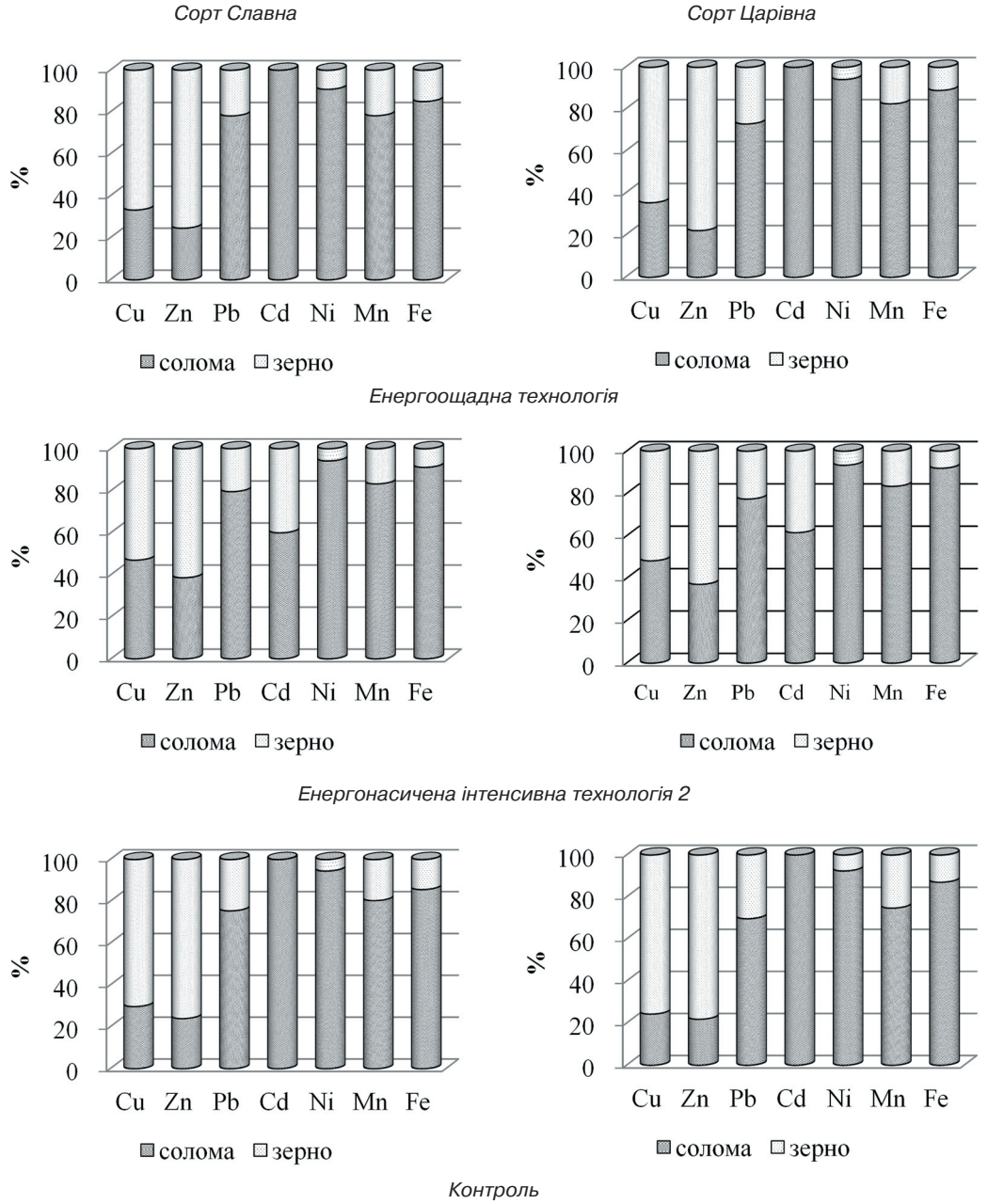


Рис. 2. Частка виносу мікроелементів і важких металів зерном і соломою пшениці озимої залежно від технології вирощування та сорту

добрив за енергоощадної технології цей показник зростав до 244,73 г/га, за інтенсивних технологій — до 364,82 г/га. Кількість марганцю, винесеного урожаєм зерна, для цього сорту становить 30,9–52,94 г/га, а з урожаєм соломи відчужувалося 91,49–314,69 г/га. Частка зерна у загальному виносі становить 14–25%, а со-

ломи — 75–86%. Щодо сорту Славна, спостерігалася аналогічна закономірність.

У величині виносу заліза урожаєм зерна і соломи найбільше проявилась залежність цього показника від технології вирощування і біологічних особливостей сорту. Так, для сорту Царівна кількість відчуженого елемента зростала від 248,8 г/га на контролі — до 438,39 за енергоощадних технологій та до 573,71 г/га за інтенсивних і була найбільшою за енергонасичених інтенсивних технологій — 823,51–847,0 г/га. В цьому разі частка зерна становила 8–13%, а частка соломи була у межах 87–92%. Для сорту Славна спостерігалась подібна закономірність.

Дані щодо виносу мікроелементів соломою пшениці озимої, вирощеної за енергонасичених інтенсивних технологій, можуть бути використані для розробки системи удобрення з використанням соломи як часткового джерела мікроелементів побічної продукції попередника у технологіях вирощування культур.

ВИСНОВКИ

Аналіз умісту в зерні і соломі пшениці озимої мікроелементів і ВМ та їх виносу з урожаєм культури за технологій вирощування різної інтенсивності засвідчив, що із зростанням обсягів внесення добрив цей показник збільшується.

Встановлено, що застосування досліджуваних технологій спричиняло значне накопичення зерном пшениці озимої сорту Славна і Царівна елементів міді, цинку, кадмію, марганцю та заліза. Відзначено лише незначне перевищення ГДК у зерні пшениці за вмістом свинцю та нікелю.

Аналіз вмісту мікроелементів і ВМ у соломі пшениці озимої засвідчив, що їх кількість збільшувалася із зростанням ступеня інтенсивності технології, зокрема із збільшенням доз внесених добрив, за винятком свинцю і кадмію, вміст яких мало різнився залежно від сорту і технології вирощування.

Визначено величини виносу мікроелементів і ВМ урожаєм зерна і соломи сортів пшениці озимої Славна і Царівна залежно від технології вирощування. Встановлено, що відчуження мікроелементів і ВМ з урожаєм зерна і соломи цієї культури залежало від ступеня інтенсивності технології вирощування, врожайності та біологічних особливостей сорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ильин В.Б.* Влияние тяжелых металлов на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур / В.Б. Ильин, Г.А. Гармаш, Н.Ю. Гармаш // Агрохимия. — 1983. — № 6. — С. 91–99.
2. Вплив попередників і добрив на вміст нітратів і важких металів у зерні пшениці озимої в північному Степу / Ю.М. Рудаков, Н.В. Гончар, В.І. Козечко, Ю.І. Накльова // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. — 2012. — Ч. 1. — Вип. 81. — С. 160–164. — (Серія: Агрономія).
3. *Карпова Е.А.* Накопление тяжелых металлов растениями озимой ржи и овса при применении азотных, калийных и длительном последействии фосфорных удобрений на дерново-подзолистой почве / Е.А. Карпова, Ю.А. Потутаева // Агрохимия. — 2005. — № 4. — С. 59–66.
4. Сільськогосподарська екологія / За заг. ред. В.О. Головка, А.З. Злотіна, В.Л. Мєшкової. — Х.: Еспада, 2009. — 624 с.
5. *Ткачук О.П.* Особливості забруднення зернової продукції важкими металами в умовах Вінницької області / О.П. Ткачук, Л.А. Яковець // Збірник наукових праць Вінницького Національного аграрного університету «Сільське господарство та лісівництво». — 2016. — № 4. — С. 179–186. — (Серія: Екологія та охорона навколишнього середовища).
6. *Корсун С.Г.* Баланс важких металів та мікроелементів у зерновій сівозміні в умовах Північного Лісостепу / С.Г. Корсун, Г.В. Давидюк, І.М. Свидинюк // Агроекологічний журнал. — 2004. — № 4. — С. 33–36.
7. *Черных Н.А.* Интенсивность поступления тяжёлых металлов в агроландщафты / Н.А. Черных // Проблемы экологической безопасности агропромышленного комплекса. — 1996. — Вып. 2. — С. 9.
8. Поглинання свинцю пшеницею озимою за різних технологій вирощування в умовах Північного Лісостепу України [Електронний ресурс] / Н.А.Макаренко, В.І.Бондар, О.В.Тогачинська та ін. // Наукові доповіді НУБіП України. — 2009. — № 4(16). — Режим доступу: http://nd.nubip.equ.ua/2009-4/09mnanlu.pdf
9. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт-рослина / за ред. А.І. Фатєєва, В.Л. Самохвалової. — Х.: Міськдрук, 2012. — 146 с.

10. The heavy metal and mineral compositions of some Triticale grains / S. Ahmet Bağci, M. Musa Özcan, Nesim Dursun, Nurhan Usiu and Írfan Özer // 10th International Seminar on Harnessing Science and Technology Applications through Capacity Building and Economic Policies for Sustainable Development (September 13–15, 2018). — Mahatma Gandhi House, Gőttingen, Germany. — P. 21.
11. Cadmium minimization in wheat: A critical review (Review) / M. Rizwan, S. Ali, T. Abbas et al. // Ecotoxicology and Environmental Safety. — 2016 (August 01). — Vol. 130. — P. 43–53.
12. Рекомендації щодо запобігання забрудненню важкими металами ґрунтів та рослинної продукції в умовах зрошуваного землеробства / С.А. Балюк, В.Я. Ладних, А.І. Фатєєв та ін. // Аграрна наука — виробництву. — К., 2000. — С. 5–9.
13. *Залевський Р.А.* Оцінка джерел надходження важких металів у інтенсивних агроекосистемах Полісся / Р.А. Залевський // Вісник ДАУ. — 2005. — № 2. — С. 297–302.
14. *Кисель В.И.* Биологическое земледелие в Украине: проблемы и перспективы / В.И. Кисель. — Х.: Штрих, 2001. — 162 с.
15. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: ГОСТ 30178-96. — [Действует от 2002-04-01]. — К.: Госстандарт Украины, 2001. — 9 с. — (Межгосударственный стандарт).
16. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
17. *Кабата-Пендиас А.* Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. — М.: Мир, 1989. — 439 с.

REFERENCES

1. Ilin,V.B., Garmash, G.A. & Garmash, N.Yu. (1983). Vliyanie tiazhelukh metallov na rost, razvytye i urozhainost selskokhoziaistvennukh kultur [The influence of heavy metals on the growth, development and yield of crops]. *Agrokhymyia — Agrochemistry, 6,* 91–99 [in Russian].
2. Rudakov, Yu.M., Honchar, N.V., Kozechko, V.I. & Nakloka, Yu.I. (2012) Vplyv poperednykiv i dobryv na vmist nitrativ i vazhkykh metaliv u zerni pshenytsi ozymoi v pivnichnomu Stepu [Effect of precursors and fertilizers on the content of nitrates and heavy metals in winter wheat in the northern Steppe]. *Zbirnyk naukovykh prats umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. Ahronomiia — Agronomy, 1, 81,* 160–164 [in Ukrainian].
3. Karpova, E.A. & Potutaeva, Yu.A. (2005). Nakoplenie tyazhelyih metallov rasteniyami ozimoy rzhi i ovsa pri primenenii azotnyih, kaliynyih i dlitelnom posledeystvii fosfornyih udobreniy na dernovo-podzolistoy pochve [The accumulation of heavy metals by plants of winter rye and oats with the use of nitrogen, potash and long-term aftereffect of phosphorus fertilizers on sod-podzolic soil]. *Agrokhymyia — Agrochemistry, 4,* 59–66 [in Russian].
4. Holovko, V.O., Zlotin, A.Z. & Mieshkova, V.L. (2009). *Silskohospodarska ekolohiia [Agricultural ecology].* Kharkiv: Espada [in Ukrainian].
5. Tkachuk, O.P. & Yakovets, L.A. (2016). Osoblyvosti zabrudnennia zernovoi produktsii vazhkymy metalamy v umovakh vinnytskoi oblasti [Features of contamination of grain products by heavy metals in the Vinnitsa region]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho Natsionalnoho ahrarnoho universytetu «Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo» — Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University «Agriculture and Forestry, 4,* 179–186 [in Ukrainian].
6. Korsun, S.H., Davydiuk, H.V. & Svydyniuk, I.M. (2004). Balans vazhkykh metaliv ta mikroelementiv u zernovii sivozmini v umovakh Pivnichnoho Lisostepu [Balance of heavy metals and trace elements in grain rotation in Northern Forest-steppe conditions]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological Journal, 4,* 33–36 [in Ukrainian].
7. Chernyih, N.A. (1996). Intensivnost postupleniya tyazhelyih metallov v agrolandschafty [The intensity of heavy metals in agrolandshafts]. *Problemyi ekologicheskoy bezopasnosti agropromyishlennogo kompleksa — Problems of environmental safety of the agro-industrial complex, 2,* 9 [in Russian].
8. Makarenko, N.A., Bondar, V.I., Tohachynska, O.V., Kononiuk, L.M. & Svydyniuk, I.M. (2009). Pohlynannia svyntsiu pshenytseiu ozymoiu za riznykh tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Pivnichnoho Lisostepu Ukrainy [Lead uptake by winter wheat under different growing techniques in the Northern Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy — Scientific reports of NULES of Ukraine, 4(16).* Retrieved from http://nd.nubip.equ.ua/2009-4/09mnanlu.pdf [in Ukrainian].
9. Fatieiev, A.I. & Samokhvalova, V.L. (2012). *Diahnostyka stanu khimichnykh elementiv systemy hrunt–roslyna [Diagnosis of chemical elements of soil-plant system].* Kharkiv: Miskdruk [in Ukrainian].
10. Ahmet Bağci, S., Musa Özcan, M., Nesim Dursun, Nurhan Usiu & Írfan Özer (2018). The heavy metal and mineral compositions of some Triticale grains'18: *10th International Seminar on Harnessing Science and Technology Applications through Capacity Building and Economic Policies for Sustainable Development (September 13–15).* (p. 21). Mahatma Gandhi House, Gőttingen, Germany [in English].
11. Rizwan, M., Ali, S., Abbas, T., Zia-ur-Rehman, M., Hannan, F., Keller, C., Al-Wabel, M.I. & Ok, Y.S. (2016). Cadmium minimization in wheat: A critical review (Review). *Ecotoxicology and Environmental Safety, 130,* 43–53 [in English].
12. Baliuk, S.A., Ladnykh, V.Ia., Fadeiev, A.I., Zakharova, M.A. & Moshnyk, L.I. (2000). Rekomendatsii shchodo zapobihannia zabrudnenniu vazhkymy metalamy gruntiv ta roslynnoi produktsii v umovakh zroshuvanoho zemlerobstva [Recommendations for the Prevention of Contamination of Heavy Metals Soils and Vegetable Products in Irrigated Farming].

Ahrarna nauka — vyrobnytstvu [Agrarian science — production]. Kyiv [in Ukrainian].
13. Zalevskyi, R.A. (2005). Otsinka dzherel nadkhodzhennia vazhkykh metaliv u intensyvnykh ahroekosystemakh polissia [Assessment of sources of heavy metals in intensive forestry agroecosystems]. *Visnyk DAU — GAU Bulletin, 2,* 297–302 [in Ukrainian].
14. Kisel, V.I. (2001). *Biologicheskoe zemledelie v Ukraine: problemyi i perspektivyi [Biological farming in Ukraine: problems and prospects].* Harkov: Shtrih [in Russian].
15. Syr'ye i produkty pishchevyye. Atomno-absorbtsionnyy metod opredeleniya toksichnykh elementov. [Raw material and food-stuffs. Atomic absorption method for determination of toxic elements]. (2001). *GOST 30178-96. from -01th April 2002.* Kiev: Gosstandart Ukrainy [in Russian].
16. Dospehov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta [Methodology of field experiment].* Moskva: Agropromizdat [in Russian].
17. Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. (1989). *Mikroelementyi v pochvah i rasteniyah [Trace elements in soils and plants].* Moskva: Mir [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 30.07.2019

УДК 631.1:631.192

DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183476

ПОТЕНЦІАЛ БІОПРОДУКТИВНОСТІ ЗРОШУВАНИХ АГРОЕКОСИСТЕМ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПІ

Ю.О. Тараріко[1], Я.П. Цвей[2], Г.І. Личук[3]

[1] Інститут водних проблем і меліорації НААН
[2] Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
[3] ННЦ «Інститут землеробства НААН»

Висвітлено, що у лісостеповій зоні зрошувальною мережею на початку 90-х років минулого століття охоплювалося майже 0,8 млн га. Внаслідок кліматичних змін виникла потреба в обґрунтуванні доцільності відновлення і розширення зрошувальних меліорацій. Встановлено, що за впливом на врожайність усіх культур сівозміни тривале застосування соломи з NPK і гною з NPK виявилося рівнозначним щодо зростання продуктивності сівозміни з 4,7 на природному фоні до 6,4 т к. од./га, або на 27%. У найсприятливіші роки, що демонструють близький до оптимального рівень зволоження, продуктивність сівозміни на контролі збільшується до 7,6 т к. од./га, або на 37%; на тлі застосування соломи + NPK — до 8,9, або на 33%; за застосування гною + NPK — до 8,8 т к. од./га, або на 32%. Добрива зменшують коефіцієнт варіації врожайності культур з високого — 35% до середнього рівня — 23–25%. У загальній продуктивності сівозміни частка пшениці озимої варіює у межах 8–10%, цукрових буряків — 10–12, кукурудзи — 17–23, гороху — 5–6, конюшини — 7–8 і ячменю ярого — 7–9%. Встановлено, що для виробництва оптимальною є короткоротаційна сівозміна: 1 — кукурудза; 2 — пшениця озима (ячмінь ярий); 3 — цукрові буряки. За поліпшення поживного і водно-повітряного режимів та оптимізації сівозмінного чинника очікувана продуктивність чорнозему типового у Правобережному Лісостепі буде на рівні 12 т к. од./га.

Ключові слова: *лісостепова зона, кліматичні зміни, стаціонарний дослід, система удобрення, умови зволоження, коефіцієнт варіації, біопродуктивність, зрошення.*

Опрацювання сучасних виробничих систем з ефективним використанням усіх складових агроресурсного потенціалу сільськогосподарської території в оптимальному їх поєднанні потрібно розпочинати з оцінки значення основних чинників у формуванні біопродуктивності агроекосистем [1–4]. Особливо це стосується агрокліматичних ресурсів, а саме гідротермічних умов, які за останні десятиліття істотно змінилися як у глобальному вимірі [5], так і на території України зокрема [6, 7].

© Ю.О. Тараріко, Я.П. Цвей, Г.І. Личук, 2019