

ВПЛИВ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ВЕГЕТАТИВНИМИ І ГЕНЕРАТИВНИМИ ОРГАНАМИ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ

Наведено результати досліджень щодо впливу технологій вирощування пшениці ярої на вміст рухомих форм важких металів (Zn, Ni, Co, Cu) в ґрунті та вегетативних і генеративних органах рослин. Представлені мінеральна ($N_{120}P_{100}K_{100}$), мінерально-органічна ($N_{60}P_{50}K_{50}$ + побічна продукція + сидерат, $N_{40}P_{10}K_{10}$ + побічна продукція + сидерат) системи удобрення, які впливають на накопичення токсичних речовин в акумулятивних шарах ґрунту і переходу їх в рослини пшениці ярої. Визначено коефіцієнти біологічного поглинання, встановлено взаємозв'язок між вмістом важких металів у вегетативних і генеративних органах рослин та їх кількістю в ґрунті.

Ключові слова: важкі метали, агротехнології, пшениця яра, коефіцієнт біологічного поглинання.

Постановка проблеми

Вчені-аграрії приділяють все більше уваги безпеці та якості продукції рослинництва, яка визначається рядом показників безпеки, які в подальшому можуть впливати негативно на стан здоров'я людини [6].

Забруднення сільськогосподарської продукції відбувається у процесі використання органо-мінеральних добрив, до складу яких входять важкі метали. Вони можуть забруднювати ґрунти, змінювати його агрохімічні, мікробіологічні, екологічні властивості, які потім мігрують і забруднюють поверхневі, ґрунтові води та рослини [1-4]. Важкі метали можуть затримувати ріст і розвиток рослин, пригнічувати важливі процеси метаболізму, що в подальшому знижує продуктивність і якість сільськогосподарської продукції [5, 7, 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз наукових досліджень показав, що новітні агротехнології вирощування сільськогосподарських культур можуть погіршувати показники якості продукції рослинництва. Тому питаннями вивчення впливу антропогенних факторів на якість і безпечність продукції рослинництва займалися Білявський Ю. А., Макаренко Н. А., Жигарева Т. Л., Самохвалова В. Л. [1, 4, 5, 7, 8]. Роботи Макаренко Н. А. присвячені вивченню впливу отрутохімкатів на якість і безпечність продукції рослинництва [2, 3].

Мета, завдання та методика досліджень

Метою досліджень було вивчено вплив агротехнологій вирощування пшениці ярої на вміст рухомих форм важких металів у ґрунті, вегетативних і генеративних органах рослин та встановлення інтенсивності переходу їх із ґрунту в органи рослин та проведення екологічного оцінювання технологій вирощування пшениці ярої.

Дослідження проводили в Інституті агроєкології НААНУ з ярою пшеницею на сіро-лісовому супіщаному слабogleюватому ґрунті. Схема стаціонарного дослідження включала наступні варіанти: 1 – контроль; 2 – $N_{120}P_{100}K_{100}$; 3 – $N_{60}P_{50}K_{50}$ + побічна продукція + сидерат; 4 – $N_{40}P_{10}K_{10}$ + побічна продукція + сидерат.

Об'єктом досліджень є ґрунт сірий лісовий, солома і зерно пшениці ярої.

Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий супіщаний слабogleюватий на перемитій карбонатній супіщаній морені з такою характеристикою основних хімічних показників: рН – 5,4–6,1 у.о., вміст загального гумусу – 1,2–1,5 (за Тюрінім), рухомого фосфору – 150–200 мг/кг (за Кірсановим), обмінного калію 110–130 мг/кг (за Кірсановим).

Облікова площа ділянки – 403,2 м², повторність – чотириразова, розміщення ділянок послідовне. Агротехніка вирощування пшениці ярої загальноприйнята для даної ґрунтово-кліматичної зони.

Вміст важких металів визначали в зразках соломи, зерні та ґрунті, який відбирали з орного шару (0–20) одночасно з рослинними зразками. Рухомі форми важких металів із ґрунту вилучали за допомогою екстракції 1 н НСІ, а їх кількісне визначення проводили атомно-адсорбційним методом [6].

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою дисперсійного і регресійного аналізів.

Результати досліджень

Результати дослідження показали, що вміст нікелю, кобальту, міді у сірому лісовому ґрунті після збирання пшениці ярої має неістотний вплив застосованих агротехнологій на процеси акумуляції потенційно рухомих форм важких металів у ґрунті. Проте дослідження засвідчили, що вміст потенційно рухомих форм цинку змінювався під впливом різних систем удобрення. Спостерігалася пропорційна залежність між кількістю внесених добрив та вмістом цинку в орному шарі ґрунту. Його підвищення при застосуванні мінеральної системи удобрення ($N_{120}P_{100}K_{100}$) складало 9,0 мг/кг, а при органо-мінеральній системі удобрення кількість його коливалася в межах 5,0–8,0 мг/кг проти контролю 4,5 мг/кг (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив агротехнологій вирощування пшениці ярої на вміст важких металів у сірому лісовому ґрунті (шар ґрунту 0–20 см)

№ варіанту	Система удобрення	Zn	Ni	Co	Cu
1	Контроль	4,50	3,75	0,75	1,75
2	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	9,00	3,00	0,40	2,00
3	N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ +побічна продукція+сидерат	8,00	3,50	0,35	2,00
4	N ₄₀ P ₁₀ K ₁₀ +побічна продукція+сидерат	5,00	2,00	0,30	2,00
5	ГДК, мг/кг	23	4	5	3

Відомо, що внесення добрив сприяє надходженню важких металів із ґрунту до вегетативних органів рослин. Так, внесення максимальної норми мінеральних добрив N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀ сприяло більшому накопиченню вмісту цинку 18,6 мг/кг, нікелю 0,35 мг/кг та кобальту 0,32 мг/кг (табл. 2). Застосування органо-мінеральних норм добрив призводило до зниження активності переходу важких металів із ґрунту до рослин. Особливо у варіанті N₄₀P₁₀K₁₀ + побічна продукція + сидерат відмічено незначне перевищення вмісту цинку, нікелю та кобальту у вегетативних органах порівняно з контрольними показниками. Кількість міді у всіх варіантах удобрення сягала нижчого значення відповідно до контролю 2,78 мг/кг (табл. 2).

Таблиця 2. Вплив агротехнологій вирощування пшениці ярої на вміст важких металів у вегетативній масі

№ варіантів	Система удобрення	Zn	Ni	Co	Cu
1	Контроль	12,6	0,28	0,25	2,78
2	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	18,6	0,35	0,32	2,53
3	N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ +побічна продукція+сидерат	14,24	0,33	0,30	2,45
4	N ₄₀ P ₁₀ K ₁₀ +побічна продукція+сидерат	13,5	0,34	0,28	2,55

Було встановлено, що максимальне накопичення цинку в зерні відбувалося на варіантах N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀ та N₆₀P₅₀K₅₀ + побічна продукція + сидерат, де його вміст становив 21,5 та 22,2 мг/кг, порівняно з контролем 15 мг/кг. Найбільший вміст нікелю відмічено у варіанті з максимальною нормою добрив N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀ –0,45 мг/кг. Відмічено збільшення вмісту кобальту в зерні при застосуванні середньої (N₆₀P₅₀K₅₀ + побічна продукція + сидерат) та мінімальної (N₄₀P₁₀K₁₀ + органо-мінеральної) норми добрив, складав 0,30 та 0,26 мг/кг, тоді як на контролі 0,22 мг/кг. Норма внесених добрив суттєво впливала також на вміст міді в зерні, де із збільшенням норм добрив збільшувався вміст міді (табл. 3). Можливо таке

збільшення вмісту міді впливає на утворення азотистих речовин, які входять до складу білка, що приймає участь у білково нуклеїному обміні.

Слід зазначити, що на всіх варіантах досліду не відмічено перевищення ГДК цинку, нікелю, кобальту та міді в зерні.

Таблиця 3. Вплив агротехнологій вирощування пшениці ярої на вміст важких металів у зерні

№ варіантів	Система удобрення	Zn	Ni	Co	Cu
1	Контроль	15,00	0,30	0,22	2,50
2	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	21,50	0,45	0,25	3,70
3	N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ +побічна продукція+сидерат	22,20	0,40	0,30	3,10
4	N ₄₀ P ₁₀ K ₁₀ +побічна продукція+сидерат	15,30	0,30	0,26	2,35
5	ГДК, мг/кг	50	0,5	1,0	10,0

Для встановлення кількісних параметрів переходу важких металів з ґрунту у рослини пшениці було визначено коефіцієнти біологічного поглинання (K_{б.п.}), які дають можливість оцінити вплив технології не лише на процеси накопичення важких металів рослинами, а і охопити всю систему ґрунт–добриво–рослина. Коефіцієнт біологічного поглинання визначали за співвідношенням хімічного елемента в рослині до його вмісту в ґрунті.

Отримані результати показали, що застосування мінеральних добрив призводило до збільшення величини K_{б.п.} у ряду ґрунт–вегетативні органи–генеративні органи (зерно). Застосування органо–мінеральної системи удобрення з застосуванням побічної продукції сприяло зниженню переходу важких металів із ґрунту у рослини. Так, на варіанті N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀ коефіцієнт біологічного поглинання нікелю соломою становив – 0,12, кобальту – 0,8, міді – 1,27, а на варіантах з нормою внесення N₆₀P₅₀K₅₀, N₄₀P₁₀K₁₀ + побічна продукція + сидерат складав для нікелю 0,09–0,17, кобальту 0,86–,93, міді 1,22–1,28. Найбільший коефіцієнт біологічного поглинання цинку вегетативною масою відмічено на варіанті N₄₀P₁₀K₁₀ + побічна продукція + сидерат, який становив 2,7, на інших варіантах він коливався в межах 1,78 – 2,07 (табл. 4).

Таблиця 4. Коефіцієнт біологічного поглинання (K_{б.п.}) важких металів вегетативними органами пшениці ярої (солома)

№ варіантів	Система удобрення	Zn	Ni	Co	Cu
1	Контроль	2,8	0,08	0,33	1,45
2	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	2,07	0,12	0,80	1,27
3	N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ +побічна продукція+сидерат	1,78	0,09	0,86	1,22
4	N ₄₀ P ₁₀ K ₁₀ +побічна продукція+сидерат	2,7	0,17	0,93	1,28

З даної таблиці видно, що у варіантах $N_{120}P_{100}K_{100}$, $N_{60}P_{50}K_{50+}$ побічна продукція + сидерат та $N_{40}P_{10}K_{10}$ + побічна продукція + сидерат коефіцієнт біологічного поглинання цинку для зерна спостерігається більшим, ніж його коефіцієнт біологічного поглинання вегетативною масою пшениці, який коливався в межах 2,39–3,3 (табл. 5). Коефіцієнти біологічного поглинання інших важких металів у зерні пшениці зростає пропорційно зі збільшенням норми мінеральних добрив, окрім кобальту, який мав показники 0,86–0,87 на варіантах $N_{60}P_{50}K_{50+}$ побічна продукція + сидерат та $N_{40}P_{10}K_{10}$ + побічна продукція + сидерат

Таблиця 5. Коефіцієнт біологічного поглинання ($K_{би}$) важких металів генеративними органами пшениці ярої (зерно)

№ варіантів	Система удобрення	Zn	Ni	Co	Cu
1	Контроль	3,30	0,08	0,29	1,43
2	$N_{120}P_{100}K_{100}$	2,39	0,15	0,63	1,85
3	$N_{60}P_{50}K_{50+}$ побічна продукція+сидерат	2,78	0,11	0,86	1,55
4	$N_{40}P_{10}K_{10}$ + побічна продукція+сидерат	3,05	0,15	0,87	1,18

Відповідно до визначених коефіцієнтів біологічного поглинання цинку, нікелю, кобальту і міді було проведено екологічне оцінювання технологій вирощування пшениці ярої (табл. 6) [2].

Екологічне оцінювання технологій за коефіцієнтом біологічного поглинання цинку характеризувалося оптимальним екологічним станом. Величина коефіцієнта біологічного поглинання нікелю, кобальту та міді при повному внесенні мінеральних добрив $N_{120}P_{100}K_{100}$ відображала незадовільний екологічний стан. А органо-мінеральна система удобрення $N_{60}P_{50}K_{50+}$ побічна продукція + сидерат та $N_{40}P_{10}K_{10}$ + побічна продукція + сидерат за екологічним оцінюванням з значеннями біологічного поглинання нікелю, кобальту, міді належала до незадовільного, задовільного та нормального стану.

Таблиця 6. Екологічне оцінювання технологій вирощування пшениці ярої за величиною $K_{би}$ цинку, нікелю, кобальту та міді для генеративних органів (зерна)

Варіанти	Екологічне оцінювання							
	Zn		Ni		Co		Cu	
	екологічний стан	оцінка, бал	екологічний стан	оцінка, бал	екологічний стан	оцінка, бал	екологічний стан	оцінка, бал
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль	оптимальний	3	оптимальний	3	оптимальний	3	оптимальний	3
$N_{120}P_{100}K_{100}$	оптимальний	3	незадовільний	0	незадовільний	0	незадовільний	0

Закінчення таблиці 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ + побічна продукція + сидерат	оптималь- ний	3	задовіль- ний	1	незадо- вільний	0	нормаль- ний	2
N ₄₀ P ₁₀ K ₁₀ + побічна продукція + сидерат	оптималь- ний	3	незадо- вільний	0	незадо- вільний	0	оптималь- ний	3

Висновки та перспективи подальших досліджень

В умовах Північного Лісостепу України за різних технологій вирощування пшениці ярої кількість нікелю, кобальту, міді зменшувалася у ряду ґрунт – вегетативні органи – генеративні органи, за винятком цинку. У рослин пшениці саме коренева система виступала біохімічним бар'єром і сприяла стримуванню надходження надлишкових кількостей нікелю, кобальту та міді до вегетативних і генеративних органів рослин. Кількість цинку у зерні не лише перевищувала концентрацію металу у коренях і соломі, а й була майже у 2 рази більшою, ніж його концентрація у ґрунті. Застосування мінеральної системи удобрення N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀ призводило до збільшення величини коефіцієнта біологічного поглинання у зерні, а внесення добрив у нормі N₆₀P₅₀K₅₀ + побічна продукція + сидерат, N₄₀P₁₀K₁₀ + побічна продукція + сидерат з використанням побічної продукції сприяло зниженню переходу важких металів у рослини.

Визначення коефіцієнта біологічного поглинання дозволяє встановити взаємозв'язок між вмістом сполук важких металів у ґрунті, вегетативних і генеративних органах рослин та визначити біокумулятивні процеси важких металів в органах рослини пшениці озимої.

Перспективи нашої наукової роботи в подальшому направлені на вивчення впливу окремих технологічних операцій на якість продукції рослинництва, що надасть можливість розробити методи покращення якості сільськогосподарської продукції, яка буде відповідати міжнародним вимогам і стандартам. У зв'язку з цим буде проводитися моніторинг щодо біохімічних, токсикологічних, санітарно-гігієнічних показників якості сільськогосподарської продукції.

Література

1. Білявський Ю. А. Вміст важких металів у сірому опідзоленому ґрунті під озимую пшеницею залежно від систем удобрення та способів основного обробітку в сівозміні / Ю. А. Білявський, Н. Я. Кривіч, Г. А. Берегова // Вісн. ДАУ. – 2001. – № 2. – С. 48–51.

2. Екологічна експертиза технологій вирощування сільськогосподарських культур: метод. рекомендації / за ред. Н. А. Макаренко, В. В. Макаренка. – К., 2008. – 84 с.

3. *Макаренко Н. А.* Екологічна експертиза технологій вирощування сільськогосподарських культур / *Н. А. Макаренко, В. І. Бондар, В. В. Макаренко* // *Агроекологічний журнал*. – 2008. – № 3. – С. 14–18.

4. *Жигарева Т. Л.* Влияние природных мелиорантов и тяжелых металлов на урожайность зерновых культур и микрофлору дерново-подзолистой почвы / *Т. Л. Жигарева, Р. М. Алексахин, Д. Г. Свириденко* // *Агрохимия*. – 2005. – № 11. – С. 60–65.

5. *Кривіч Н. Я.* Вміст важких металів у ґрунті під озимою пшеницею та її продуктивність залежно від систем удобрення та способів основного обробітку / *Н. Я. Кривіч, Ю. А. Білявський, Я. П. Мандзик* // *Вісн. ДАУ*. – 2004. – № 1. – С. 61–68.

6. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / ЦИНАО. – М. : ЦИНАО, 1992. – 61 с.

7. *Подколзин О. А.* Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Ставропольского края / *О. А. Подколзин, О. Б. Анциферов* // *Агрохимический вестник*. – 2007. – № 6. – С. 5–7.

8. *Самохвалова В. Л.* Аспекты изучения и оценка состояния загрязненной тяжелыми металлами системы почва-растение / *В. Л. Самохвалова, А. И. Фатеев, И. М. Журавлева* // *Агроекологічний журнал*. – 2008. – № 1. – С. 28–36.
