

ПРОЦЕСИ АКУМУЛЯЦІЇ ТА МІГРАЦІЇ МІДІ В ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ

Тогачинська О.В., Семенова О.І., Котинський А.В., Ничик О.В., Кравченко І.Й.
Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, 01601, м. Київ
tytyn29@ukr.net

Поглиблено вивчено негативні наслідки взамовпливу систем удобрення і захисту рослин на екотоксикологічний стан ґрунту. Висвітлено результати пресів акумуляції і міграції міді в генетичних горизонтах ґрунту під час впливу різних елементів технологій вирощування пшениці озимої. Показано накопичення міді у вегетативних і генеративних органах ґрунту та транслокацію їх переходу в зерно пшениці. Було проведено екологічну експертизу технологій вирощування озимої пшениці за впливом на процеси міграції важких металів у генетичних горизонтах ґрунту. Дослідження вмісту міді дали змогу виявити, що внесення мінеральних добрив та інтенсивне використання засобів захисту можуть бути причиною нагромадження потенційно небезпечних шкідливих речовин у верхніх горизонтах ґрунту, а також сприяти їхній міграції вниз за ґрунтовим профілем і створювати потенційну загрозу забруднення ґрунтових вод. Було визначено коефіцієнт концентрації, який характеризує ступінь накопичення елементів (важких металів) у ґрунті щодо контролю, тобто накопичення концентрацій міді у верхніх горизонтах ґрунту, що свідчить про активність процесів вилугування і накопичення катіонів міді у генетичних горизонтах ґрунту. Встановлено, що під впливом мінеральних добрив на фоні інтенсивного захисту відбувалося більш активне накопичення потенційно небезпечних речовин вегетативними (стебло, листя) органами пшениці. Застосування побічної продукції сприяло зниженню активності цих процесів. Системи удобрення та, особливо, захисту рослин мали істотний вплив на перерозподіл шкідливих речовин між вегетативними та генеративними органами пшениці. Кількість їх у зерні озимої пшениці за інтенсивного захисту рослин значно зростала. *Ключові слова:* якість, безпечність, екологічна оцінка, пшениця озима, ґрунт, темно-сірий опідзолений ґрунт, мідь.

Processes of accumulation and migration of copper in the dark-gray controlled soil. Tohachynska O., Semenova O., Kotynskyi A., Nychyk O., Kravchenko I. The accumulation and migration of copper in the genetic horizons of dark gray podzolized soil was conducted and studied, with further study of the content of winter wheat's vegetative and generative organs. The negative effects of the mutual influence of fertilizer and plant protection systems on the ecotoxicological state of the soil have been thoroughly studied. The results of the presses of the accumulation and migration of copper in the genetic horizons of the soil under the influence of different elements of winter wheat growing technologies are highlighted. Studies of copper content have revealed that the introduction of mineral fertilizers and the intensive use of remedies can cause the accumulation of potentially dangerous harmful substances in the upper horizons of the soil, as well as facilitate their migration downstream of the soil profile and create a potential threat of pollution. A concentration coefficient was determined to characterize the degree of accumulation of elements (heavy metals) in the soil relative to the control, the accumulation of copper concentrations in the upper soil horizons, indicating the activity of leaching and accumulation of copper cations in the genetic horizons. It was established that under the influence of mineral fertilizers on the background of intensive protection there was a more active accumulation of potentially dangerous substances by vegetative (stem, leaves) organs of wheat. The use of by-products contributed to the decrease of the activity of these processes. Fertilization systems and, in particular, plant protection have had a significant impact on the redistribution of harmful substances between the vegetative and generative organs of wheat. *Key words:* quality, safety, environmental assessment, winter wheat, sanitary and hygienic indicators, dark gray podzolized soil, copper.

Постановка проблеми. Забруднення навколишнього середовища відбувається не тільки від промислових викидів і скидів, від використання пестицидів, але й від надмірного застосування мінеральних добрив, до складу яких можуть входити важкі метали (далі – ВМ), які потенційно здатні забруднювати ґрунт, рослини та ґрунтові води, а також можуть змінювати агрохімічні і мікробіологічні властивості ґрунту та впливати на міграцію важких металів у ньому з подальшим їх надходженням у генеративних органах рослин [6].

Актуальність дослідження. У зв'язку з цим було проведено та вивчено акумуляцію і міграцію міді в генетичних горизонтах темно-сірого опідзоленого ґрунту з подальшим дослідженням вмісту у вегетативних і генеративних органах пшениці озимої.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження проводились на базі Інституту агроєкології і природокористування НААН та ННЦ «Інститут землеробства УААН». Сорт пшениці озимої – Лада одеська. Ґрунт дослідного поля – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий на лесовидному суглинку з наступною характеристикою основних агрохімічних показників: $pH_{\text{сол}}$ – 5,2, гідролітична кислотність – 39 мг-екв кг ґрунту, вміст гумусу – 2,0% (за Тюрнімом), рухомого фосфору – 160 мг/кг ґрунту (за Чириковим), обмінного калію – 140 мг/кг ґрунту (за Масловою).

У досліді вивчали 2 системи захисту рослин: інтенсивну – з використанням пестицидів Амістар, Карате-Зеон, Альто-Супер, Лінтур; мінімальну – з використанням протруювача насіння Максим-Стар.

Схема досліду передбачала вивчення варіантів удобрення на фоні мінімальної та інтенсивної системи захисту рослин: контроль (без добрив), $N_{60}N_{30}$, $P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55}$, побічна продукція, $P_{90}K_{90}+N_{60}+N_{30}$.

Вміст важких металів визначали в ґрунті та рослинних зразках. Ґрунт відбирали з орного шару 0–20 см одночасно з рослинними зразками. Рухомі форми важких металів із ґрунту вилучали за допомогою екстракції 1 н HNO_3 , а їхнє кількісне визначення проводили на атомно-адсорбційному спектрофотометрі [3].

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою дисперсійного і регресійного аналізів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням процесів акумуляції і міграції важких металів у генетичних горизонтах ґрунту під час внесення різних доз добрив займалися провідні вчені в галузі екології: Н.А. Макаренко, І.В. Парашенко, В.І. Бондарь, Т.Л. Жегарьова, Р.М. Алексахін та інші [1; 5–7].

Тому ці дослідження були спрямовані на вивчення міграції міді в генетичних горизонтах темно-сірого опідзоленого ґрунту під час використання різних норм мінеральних добрив із використанням інтенсивного захисту та накопичення концентрацій міді в генеративних органах озимої пшениці.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Різні форми добрив і способи їх внесення істотно впливають на надходження рухливості ВМ, синергізм і антагонізм іонів. Результати досліджень показують, що в умовах техногенного забруднення мінеральні добрива часто не дають сподіваної надбавки урожаю та підвищення його якості, тобто їхня ефективність знижується. Одна

з причин цього – фізіологічне підкислення ґрунтового розчину, що зумовлює збільшення рухливості важких металів і їхньої токсичної дії [5–7]. З цієї метою наші дослідження були спрямовані на вивчення процесів акумуляції і міграції важких металів у генетичних горизонтах ґрунту під час внесення комплексних мінеральних добрив та інтенсивного використання засобів захисту рослин від хвороб, шкідників, бур'янів, накопичення концентрацій міді і транслокації переходу катіонів міді в рослини пшениці озимої.

Новизна. Поглиблено вивчено негативні наслідки взаємовпливу систем удобрення і захисту рослин на екоотоксикологічний стан ґрунту та санітарно-гігієнічні показники якості зерна пшениці.

Методологічне або загальнонаукове значення. Результати наукової роботи в комплексі з іншими дослідженнями дадуть змогу виявити, що мінеральна система удобрення та інтенсивний захист рослин можуть бути причиною нагромадження потенційно небезпечних шкідливих речовин у верхніх горизонтах ґрунту, а також сприяти їхній міграції вниз за ґрунтовым профілем і створювати потенційну загрозу забруднення ґрунтових вод.

Виклад основного матеріалу. Було проведено екологічну експертизу технологій вирощування озимої пшениці за впливом на процеси міграції важких металів у генетичних горизонтах ґрунту.

Екологічну експертизу технологій вирощування озимої пшениці проводили відповідно до методичних рекомендацій «Екологічна експертиза технологій вирощування сільськогосподарських культур» [4]. Технології оцінювали за впливом на стан агроєкосистеми:

Екологічний стан	Відхилення від оптимуму в бік погіршення	Бал
незадовільний	перевищує 25%	0
задовільний	понад 10%, але не перевищує 25%	1
нормальний	не перевищує 10%	2
оптимальний	не спостерігається	3

Розподіл важких металів за генетичними горизонтами залежить від процесу ґрунтоутворення, мінералогічного складу материнських порід, гранулометричного складу і вмісту органічної речовини в ґрунті [5; 7].

Екологічну експертизу проводили за коефіцієнтом концентрації у різних генетичних горизонтах ґрунту, який характеризує ступінь накопичення елементів (важких металів) у ґрунті щодо контролю [4]:

$$K_c = k_i / K_i, \quad (1)$$

k_i – вміст i – хімічного елемента у n – компоненті, K_i – вміст i – хімічного елемента в еталоні (контролі).

Величина коефіцієнта концентрації свідчить про активність процесів вилугування ($K_c < 1$) і накопичення ($K_c > 1$) катіонів у генетичних горизонтах ґрунту. За величиною коефіцієнта концентрації є наступна градація (табл. 1).

Таблиця 1

Оцінка технології за коефіцієнтами концентрації [1]

Екологічний стан	Перевищення коефіцієнта концентрації	Оцінка, бали
незадовільний	$\geq 5,0$	0
задовільний	3,0–5,0	1
нормальний	1,0–2,9	2
оптимальний	$\leq 1,0$	3

Нами було проведено екологічне оцінювання темно-сірого опідзоленого ґрунту за коефіцієнтом концентрації під час застосування різних технологічних операцій (табл. 2).

Екологічне оцінювання темно-сірого опідзоленого ґрунту за коефіцієнтом концентрації міді показало, що $N_{60}N_{30}$, $P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55}$ на фоні інтенсивного захисту і $P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55}$ на фоні мінімального захисту відповідали нормальному та оптимальному екологічним станам (коефіцієнти концентрації коли-

валися в межах 1,1–1,5). Це свідчить про незначне накопичення міді в генетичних горизонтах темно-сірого опідзоленого ґрунту (табл. 2).

Дослідження впливу мінеральних і органічних добрив за мінімального і інтенсивного захисту рослин показали, що внесення добрив протягом тривалого часу не приводило до значного зростання міді у ґрунті (рис. 1 – 2).

Під час вирощування озимої пшениці вміст важких металів у шарах ґрунту був нерівномірним.

Таблиця 2

Коефіцієнти концентрації міді під час застосування різних технологій вирощування пшениці

Варіанти дослідів	Генетичний горизонт					Екологічний стан	Оцінка, бали
	He	Hi	INgi	Pigl	Pkgl		
	коефіцієнт концентрації міді						
N ₆₀ N ₃₀	*1,1/**1,1	1,2/0,9	1,2/1,0	1,3/1,0	1,2/1,0	нормальний / оптимальний	2/3
P ₁₃₅ K ₁₃₅ +N ₈₀ +N ₅₅	1,2/1,1	1,4/1,0	1,3/1,1	1,2/1,1	1,2/1,0	нормальний / нормальний	2/3
P ₉₀ K ₉₀ +N ₆₀ +N ₃₀	1,1/1,1	1,1/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	оптимальний / оптимальний	3/3
побічна продукція	1,1/0,9	1,0/1,0	0,9/0,9	1,0/1,0	0,9/0,9	оптимальний / оптимальний	2/3

*інтенсивний захист; **мінімальний захист

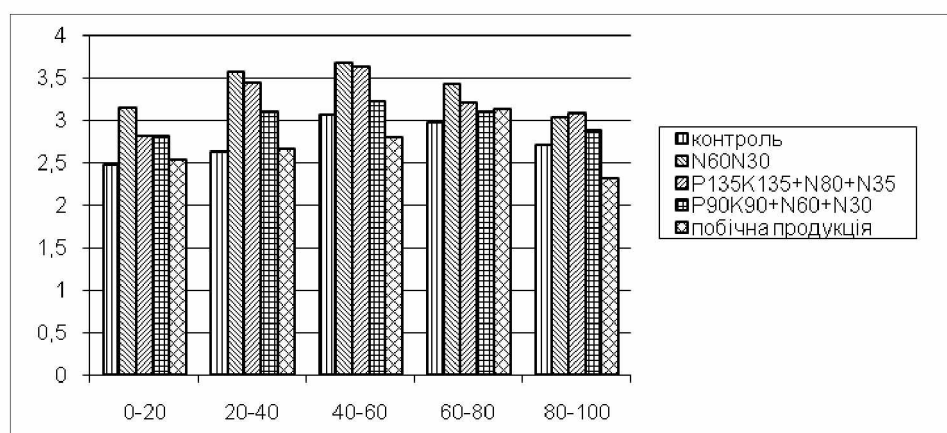


Рис. 1. Розподіл міді за профілем темно-сірого опідзоленого ґрунту за інтенсивного захисту

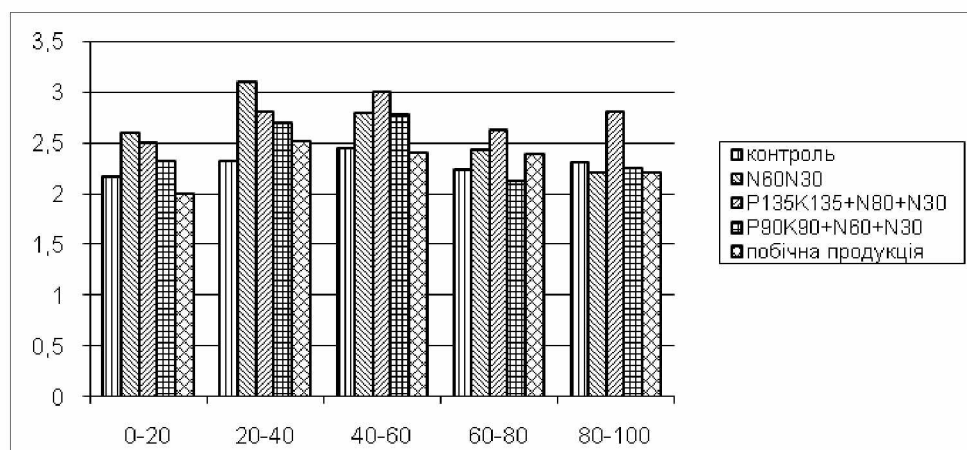


Рис. 2. Розподіл міді за профілем темно-сірого опідзоленого ґрунту за мінімального захисту

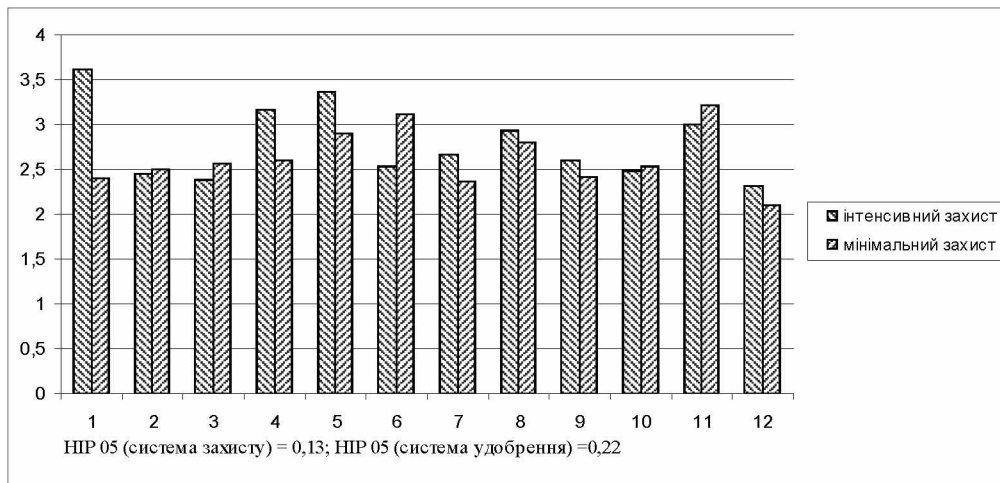


Рис. 3. Вплив технологій вирощування на вміст міді в зерні пшениці озимої (y – вміст міді, мг/кг; x – варіанти дослідів)

У нижніх шарах ґрунту кількість їх зменшувалась, порівняно з верхніми шарами. Під час застосування $P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55}$, $N_{60}N_{30}$ відбулося збільшення міді в шарах 20–40, 40–60 см на фоні інтенсивного захисту. На інших варіантах на фоні інтенсивного і мінімального захисту по всьому профілю ґрунту значного збільшення не помітно.

Було встановлено, що максимальне накопичення міді в зерні відбувалося за інтенсивного захисту у варіантах із внесенням мінеральних добрив ($P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55}$, $P_{90}K_{90}N_{60}+N_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$), її вміст становив 3,62, 3,87, 3,00 мг/кг відповідно. Зокрема, на інших варіантах вміст міді порівняно з контролем знизився і становив у зерні пшениці < 2,39 мг/кг. За мінімального захисту рослин вміст міді в зерні не перевищував 3,12 мг/кг (рис. 3).

Найбільші коефіцієнти біологічного поглинання міді генеративними органами спостерігалися за інтенсивного захисту рослин, вони становили 1,67–1,90. Коефіцієнти біологічного поглинання міді генеративними органами коливалися в межах 0,82–1,13.

Головні висновки. Було встановлено, що під впливом мінеральних добрив ($P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55}$, $P_{90}K_{90}N_{60}+N_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$) на фоні інтенсивного захисту відбувалося більш активне накопичення потенційно небезпечних речовин вегетативними (стебло, листя) органами пшениці. Застосування побічної продукції призводило до зниження активності цих процесів. Системи удобрення та, особливо, захисту рослин мали істотний вплив на перерозподіл шкідливих речовин між вегетативними та генеративними органами пшениці. Кількість їх у зерні озимої пшениці за інтенсивного захисту рослин значно зростала.

Перспективи використання результатів дослідження. Перспективи нашої наукової роботи надалі будуть спрямовані на вивчення впливу транслокації переходу нікелю, цинку, свинцю з ґрунту у вегетативні і генеративні органи сільськогосподарських культур та проведення екологічної оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур за токсикологічними показниками.

Література

1. Жигарева Т.Л., Алексахин Р.М., Свириденко Д.Г. Влияние природных мелиорантов и тяжелых металлов на урожайность зерновых культур и микрофлору дерново-подзолистой почвы. *Агрохимия*. 2005. № 11. С. 60–65.
2. Кринвич Н.Я., Білявський Ю.А., Мандзик Я.П. Вміст важких металів у ґрунті під озимою пшеницею та її продуктивність залежно від систем удобрення та способів основного обробітку. *Вісник ДАУ*. 2004. № 1. С. 61–68.
3. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. Москва: ЦИНАО, 1992. 61 с.
4. Методичні рекомендації «Екологічна експертиза технологій вирощування сільськогосподарських культур» / за ред. д-ра. с.-г. наук Н.А. Макаренко, канд. с.-г. наук В.В. Макаренко. Київ, 2008. 84 с.
5. Паращенко І.В. Екотоксикологічна оцінка небезпечності свинцю в компонентах агроєкосистеми: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 03.00.16 / Інститут агроєкології. Київ, 2009. 19 с.
6. Популан М.І., Величко В.А., Соловей В.Б. Родючість ґрунту як природно-антропогенна його властивість, її види та параметрична оцінка. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 2. С. 17–24.
7. Makarenko N.A., Bondar V.I. Technology of crops cultivation: environmental standardization by the degree of impact over agro-ecosystem's condition. *Annals of Agrarian Science*. 2013. P. 56–61.