

ОСОБЛИВОСТІ МІГРАЦІЇ ВОДОРОЗЧИННОЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ТА БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ

Л. В. Потапенко, Н. І. Горбаченко

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14035, Україна; e-mail: potapienko74@ukr.net

Мета. Дослідити особливості вертикальної міграції продуктів біологічної трансформації органічної речовини та біогенних елементів у дерново-підзолистому ґрунті за різних режимів кореневого живлення рослин. **Методи.** Лізиметричного дослідження, агрохімічні, математико-статистичні. **Результати.** На основі досліджень, проведених у тривалому лізиметричному досліді на дерново-підзолистому ґрунті, встановлено періодично промивний тип водного режиму, унаслідок чого за сівозмину за використання мінеральної системи удобрення втрачається на фоні без інокуляції — 37 мм вологи, 23 кг/га водорозчинних гумусових речовин, азоту (NO_3^-) — 55 кг/га, окису кальцію — 91 кг/га та 26 кг/га окису магнію. Застосування мікробних препаратів зменшує втрати цих елементів до 33 мм, 20 кг/га, 52 кг/га, 83 кг/га і 25 кг/га відповідно. Визначено, що середня інфільтрація вологи з шару 0–155 см під культурами суцільного посіву становила 25–37 мм на фоні без використання мікробних препаратів та 22–33 мм на фоні інокуляції. Мінеральна система удобрення збільшувала втрати ґрунтового розчину проти контрольних варіантів на 9 мм та на 7 мм відповідно до фонів. Найменші втрати продуктивної вологи відзначено у варіантах, де використовували сидеральні добрива. У разі заміни мінеральної системи удобрення сидерально-мінеральною та органо-мінеральною без шкоди для врожайності культур сівозмину можливе зменшення втрат продуктивної вологи в 1,5 раза, зниження втрат лабільної ґрунтової органічної речовини в 1,7–1,8 раза, нітратного азоту на 8–10 %, кальцію на 18–24 % та на 40–50 % магнію. За рахунок використання біопрепаратів спостерігається зменшення втрат нітратного азоту на 5–18 %, магнію — на 5–14 %, кальцію — на 6–16 %. **Висновки.** Для зменшення не-виробничих втрат вологи, водорозчинної органічної речовини та сполук біогенних елементів доцільно використовувати зелену масу сидератів та мікробні препарати на фоні мінеральної системи та системи удобрення NPK + гній. Застосування мікробних препаратів сприяє зменшенню втрат нітратного азоту на 5–18 %, магнію — на 5–14 %, кальцію — на 6–16 %.

Ключові слова: лізиметрична установка, волога, водорозчинна органічна речовина, біогенні елементи, мікробні препарати, системи удобрення.

Вступ. Розв'язання теоретичних і практичних завдань сучасного землеробства пов'язано з раціональними витратами опадів, які надійшли з атмосфери, та створенням оптимальних умов мінерального живлення рослин для отримання високих і стійких урожаїв.

Важливо мати науково обґрунтоване уяв-

лення в зональному аспекті щодо процесів колообігу і балансу поживних речовин у системі ґрунт – добриво – рослина для розробки агротехнічних заходів, спрямованих на підвищення коефіцієнтів використання вологи, поживних речовин ґрунту і добрив рослинами та запобігання забрудненню довкілля, а також регулювання якості отриманої продукції.

Нині одним із основних методів, які дозволяють з певною достовірністю прослідкувати за процесом вертикальної міграції ґрунтового розчину, варто вважати лізиметричний метод.

Лізиметричні дослідження доцільно розглядати як інструмент, який дозволяє дослідити міграцію вологи, лабільної органічної речовини та біогенних елементів за межі кореневмісного шару ґрунту залежно від кількості опадів, типу рослинності, сівозміни, систем удобрення та видів добрив, визначити шляхи регулювання цих процесів, що важливо для оцінки будь-яких агротехнологій в аспекті ресурсозбереження.

У зв'язку з цим набувають особливої актуальності знання щодо динамічності процесів інфільтрації вологи й рівня вимивання легкорозчинних речовин із ґрунту та залежності цих процесів від застосування різних агротехнічних прийомів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ґрунтово-кліматичні умови більшості регіонів України сприятливі для ведення ефективного сільськогосподарського виробництва. Водночас на відміну від країн Західної Європи, тут може успішно функціонувати аграрний сектор навіть за обмежених ресурсів, оскільки рівень родючості ґрунтів та кліматичні умови дають можливість формувати стійку агросферу [1].

Головним резервом підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва в зоні Полісся є поліпшення родючості ґрунтів за рахунок застосування органічних і мінеральних добрив, сидеральних культур [2; 3].

На супіщаних дерново-підзолистих ґрунтах за значної кількості опадів і промивному типі водного режиму частина мінерального азоту ґрунту і добрив, передусім у формі NO_3^- , вимивається до рівня ґрунтових вод [4; 5]. У зв'язку з необхідністю охорони довкілля особливо важливого значення набуває регулювання процесів переміщення у ґрунті поживних речовин, зокрема азоту як найбільш рухомого і життєво важливого елементу живлення.

Відомо, що рівень родючості дерново-підзолистих ґрунтів суттєво залежить від наявності в них кальцію й магнію. Поряд із вимиванням поживних речовин, вилуговування сполук кальцію й магнію з ґрунтів на тери-

торіях з промивним і періодично промивним типами водного режиму є закономірною і невід'ємною особливістю колообігу цих елементів у природі. Виняткового значення процесам колообігу кальцію й магнію у природі у зв'язку з ґрунтоутворенням надавали багато відомих дослідників [6; 7].

Проведені в різних установах дослідження за використання лізиметричного методу підтвердили переважання в інфільтраційних водах обмінних основ кальцію і меншою мірою магнію. Згідно з одержаними результатами, максимальні втрати з орного шару сягали 400–500 кг/га карбонату кальцію та 100 кг/га карбонату магнію. У ґрунтах Англії втрати в середньому коливалися від 48 до 195 кг/га в перерахунку на карбонат, у Шотландії — від 8 до 121 кг/га [8–11].

Загалом орні дерново-підзолисті ґрунти Полісся щороку втрачають із шару 0–40 см близько 400 тис. т. карбонатів у перерахунку на CaCO_3 , а з метрового шару — 256 тис. т., що становить відповідно 19,3 % і 12,3 % від щорічної кількості застосування карбонатів у разі вапнування [12].

Тривалі й тимчасові досліді з добривами, проведені науковими установами України, Росії і Білорусі, забезпечують достатню кількість інформації для визначення оптимальних доз добрив з точки зору їхньої агрономічної й економічної ефективності. Значно менше досліджень проведено для оцінки екологічної безпеки застосування добрив у сівозмінах. У зв'язку з цим дослідження інфільтрації вологи та вимивання легкорозчинних речовин із кореневмісних шарів ґрунту є актуальними.

Мета. Встановити особливості вертикальної міграції продуктів біологічної трансформації органічної речовини та біогенних елементів у дерново-підзолистому ґрунті за різних режимів кореневого живлення рослин та під впливом мікробних препаратів.

Матеріали та методи. Дослідження проводили в стаціонарній лізиметричній установці Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН протягом 2016–2020 рр.

Лізиметричну установку побудовано в 1971–1972 рр. згідно з методичними вказівками Б. Голубєва, Е. Арінушкіної [13]. Наповнення лізиметрів ґрунтом проведено, починаючи з материнської породи з урахуванням

потужності кожного генетичного горизонту за їхнього природного складення. Грунт дерново-підзолистий супіщаний з такою агрохімічною характеристикою орного шару (0–23 см): вміст гумусу (за Тюриним) — 1,1 %, рН_{сол.} — 5,0, гідролітична кислотність (за Каппеном) — 2,5 мг-екв. на 100 г, вміст P₂O₅ (за Кірсановим) — 17,0 мг на 100 г, K₂O (за Масловою) — 6,2 мг на 100 г ґрунту. Фільтрат аналізували за Е. Арінушкіною [13].

Загальна глибина лізіметрів становить 155 см, маса ґрунту в одній чарунці — 10,5 т, посівна площа — 3,8 м².

У лізіметричному досліді моделювали умови короткоротаційної сівозміни: пшениця озима – кукурудза – пшениця яра – люпин за вирощування культур на двох фонах: I — з інокуляцією та II — без інокуляції. Підбір мікробних препаратів для інокуляції насіння проведено залежно від сільськогосподарської культури згідно з рекомендаціями із їх застосування. Відповідно, для кукурудзи, пшениць озимої та ярої використовували Поліміксобактерин, люпину — Ризогумін. Поліміксобактерин — препарат на основі фосфатмобілізувальної бактерії *Paenibacillus polytuxa* KB (ТУ У 24.1-00497360-004:2008) — активізує фосфорне живлення, стимулює ріст і розвиток рослин; сприяє зростанню урожайності, збільшенню вмісту в продукції білків та жирів. Ризогумін — препарат комплексної дії на основі селекціонованих штамів бульбочкових бактерій та фізіологічно активних речовин біологічного походження (ТУ У 24.1-00497360-003:2007). Забезпечує збільшення польової схожості й енергії проростання насіння, сприяє формуванню розвиненої кореневої системи й активного рослинно-бактеріального азотфіксувального симбіозу.

Схему дослідів наведено під час викладення одержаних результатів досліджень (табл.). Середня сівозмінна норма внесення мінеральних добрив — N₆₀P₅₀K₆₀, органічних (підстилковий гній великої рогатої худоби (ВРХ) — 10 т/га та 20 т/га. Норми внесення мінеральних добрив під культури сівозміни складають: пшениця озима — N₆₀P₅₀K₆₀, кукурудза — N₉₀P₁₀₀K₉₀, люпин — P₂₀K₂₀, пшениця яра — N₆₀P₅₀K₆₀. На фоні інокуляції дози технічного фосфору та азоту зменшували на 20 кг/га у діючій речовині. Як сидеральні культури вирощували люпин вузьколистий

(далі як сидерат 1) і жито озиме (сидерат 2) та висівали як проміжні культури, після збирання врожаю озимих на зерно. Посів проводили у першу декаду серпня. Одержану зелену масу люпину вузьколистого (18–22 т/га) та жита озимого (17–21 т/га) зароблювали в ґрунт на зиму в другій декаді листопада. Органічні добрива, такі як сидерати та гній, застосовували під просапну культуру — кукурудзу.

Результати та їх обговорення. За роки досліджень середня інфільтрація вологи з шару 0–155 см під культурами суцільного посіву (табл.) становила 25–37 мм на фоні без використання мікробних препаратів та 22–33 мм на фоні інокуляції. Мінеральна система удобрення забезпечувала збільшення кількості фільтрату проти контрольних варіантів на 9 мм та на 7 мм відповідно до фонів.

Найменші втрати продуктивної вологи відзначено у варіантах, де використовували сидеральні добрива. Втрати біогенних елементів і водорозчинних органічних речовин визначали за кількістю профільтрованої вологи за межі кореневмісного шару ґрунту та концентрацією у ґрунтовому розчині. Найбільші втрати водорозчинних органічних сполук відзначено за мінеральною та органічною систем добрив. Втрати водорозчинної органічної речовини ґрунту за використання мінеральної системи удобрення проти контролю збільшилися на 48 % на фоні без інокуляції та на 39 % за використання біопрепаратів. Органічна система удобрення (гній, 20 т/га) також підвищує втрати водорозчинних органічних сполук відповідно до фонів на 31 % та 59 %.

Поєднання сидерату з мінеральними добривами та гноєм сприяло суттєвому обмеженню вимивання водорозчинних органічних сполук. За рахунок сидеральних культур втрати органічних сполук відповідно до фонів зменшилися на 10,2–9,3 кг/га та 7,5–8,9 кг/га проти варіантів, де застосовували мінеральні добрива.

За всіма варіантами дослідів використання мікробних препаратів сприяло зменшенню втрат водорозчинної органічної речовини на 4–14 %. За системи удобрення NPK+гній+сидерат втрати водорозчинних органічних сполук склали 13,1 та 12,7 кг/га (відповідно по фоні без інокуляції та за використання

84 Таблиця. Втрати вологи, водорозчинної органічної речовини та біогенних елементів у сівозміні залежно від агротехнічних прийомів, кг/га

Варіанти дослідів	Волога, мм		Водорозчинна органічна речовина		CaO		MgO		NO ₃ ⁻	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II
Без добрив, контроль	28	26	15,6	14,5	70,2	66,2	17,8	16,5	39,3	33,5
N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	37	33	23,1	20,2	90,6	83,3	25,7	24,6	55,0	52,1
Сидерат (люпин) + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	27	25	13,8	12,7	78,0	69,4	20,2	17,4	40,2	35,8
Сидерат (жито озиме) + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	25	22	12,9	11,3	80,1	71,8	17,1	16,2	38,8	34,9
Гній, 10 т/га + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	30	27	22,5	21,7	85,3	72,0	25,2	23,8	57,8	51,2
Сидерат (люпин) + гній, 10 т/га + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	28	26	13,1	12,7	68,8	60,9	17,9	15,9	41,5	33,4
Гній, 20 т/га	35	29	24,0	23,0	122,0	115,1	23,2	22,4	69,5	67,4

Примітка: I — без інокуляції; II — з інокуляцією.

мікробних препаратів), що на 10,9 та 10,3 кг/га менше, ніж за органічної системи удобрення. За вирощування культур у сівозміні органічна система удобрення (гній 20 т/га) щодо мінералізації ґрунтової органічної речовини виявилася найбільш витратною (23,0 і 24,0 кг/га відповідно до фонів).

Найбільші втрати нітратів по ґрунтовому профілю спостерігали за застосування гною (20 т/га) — 69,5 кг/га без інокуляції та 67,4 кг/га з інокуляцією проти 39,3 кг/га і 33,5 кг/га на контролях. Зелені добрива сприяли зменшенню концентрації нітратів у ґрунтовому розчині. Поєднання мінеральних добрив із сидератами позитивно позначилося на міграції нітратів. Так, якщо порівняти з використанням туків, за орґано-мінеральних систем удобрення вимивання NO_3^- зменшилося з 36,0 кг/га до 26,8 кг/га. Зазначений ефект спостерігається і за іншими сполуками біогенних елементів. Інокуляція забезпечує значний вплив щодо обмеження вимивання сполук азоту — втрати нітратів зменшуються на 5–16 % залежно від систем удобрення.

Застосування мінеральних добрив викликає підвищену рухомість сполук кальцію. Результати досліджень, представлені у таблиці, показують, що за використання сидератів у мінеральній та орґано-мінеральній системах удобрення досягається зниження втрат кальцієвмісних сполук у ґрунтовому розчині. Так, якщо за мінеральної системи удобрення під культурами вимито по фоні без інокуляції 90,6 кг/га, а за використання мікробних препаратів — 83,3 кг/га сполук кальцію, то за системи удобрення NPK+сидерат вони становили 78,0 та 69,4 кг/га відповідно, або ж були в 1,2 раза меншими. За орґано-мінеральної системи удобрення NPK+гній втрати окису кальцію становили 85,3 кг/га на фоні без інокуляції та 72,0 кг/га з інокуляцією насіння, а за введення в систему удобрення сидератів втрати сполук кальцію зменшилися на 16,5 та 11,1 кг/га відповідно до фонів, або на 24 % та 18 %. Аналогічна закономірність спостерігається і за втратами окису магнію за межі кореневмісного шару. Сидеральні культури знижують вимивання магнію на 29–34 %. Використання біопрепаратів сприяє зменшенню втрат сполук магнію на 5–14 %, кальцію — на 6–16 %.

Отже, застосування сидератів у мінеральній системі удобрення та системі NPK+

+гній в умовах дерново-підзолистих ґрунтів зменшує втрати продуктивної вологи в 1,5 раза, знижує інтенсивність вимивання водорозчинної органічної речовини ґрунту в 1,7–1,8 раза, втрати нітратного азоту — на 8–10 %, сполук кальцію — на 18–24 % та магнію — на 40–50 %. Застосування біопрепаратів сприяє зменшенню втрат нітратного азоту на 5–18 %, магнію — на 5–14 %, кальцію — на 6–16 %.

Висновки. Для зменшення невикористаних втрат вологи, водорозчинної органічної речовини та сполук біогенних елементів за межі кореневмісного шару ґрунту доцільне використання зеленої маси сидератів та мікробних препаратів у мінеральній системі удобрення та системі NPK+гній.

ЦИТОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Созінов О. О. Агроєкологія — шляхи до ноосфери. *Агроєкологія та біотехнологія*. 2000. Вип. 4. С. 3–12.
2. Устойчивость земледелия — проблемы и пути решения / Под ред. В. Ф. Сайко. К. : Урожай, 1996. 208 с.
3. Носко Б. С., Пати́ка В. П., Тарарі́ко О. Г. Шляхи підвищення родючості ґрунтів у сучасних умовах сільськогосподарського виробництва. К. : Аграрна наука, 1999. 110 с.
4. Тарарі́ко Ю. О. Формування сталих агроєкосистем: теорія і практика. К. : Аграрна наука, 2005. 508 с.
5. Макаренко Н. А. Агроєкологічна оцінка мінеральних добрив за впливом на ґрунтову систему : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук / Інститут агроєкології та біотехнології УААН. К., 2002. 36 с.
6. Прянишников Д. Н. Избранные сочинения. Т. 1. Агрoхимия. М. : Колос, 1965. 767 с.
7. Кук Дж. У. Регулирование плодородия почв. М. : Колос, 1980. 520 с.
8. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів. К. : Аграрна наука, 2008. 308 с.
9. Бердніков О. М., Волкогон В. В., Потапенко Л. В., Козар С. Ф. Агрoхімічна оцінка ефективності біопрепаратів у вузькоспеціалізованій сівозміні. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2020. Вип. 31. С. 44–50. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.31.44-50>
10. Бердніков О. М., Волкогон В. В., Мірошніченко М. М., Гриник І. В., Потапенко Л. В. Значення лізиметричних досліджень в еколого-агрoхімічній оцінці аграрних технологій. *Агроєкологічний журнал*. Вип. 1. 2020. С. 58–70. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201271>

11. Kim N., Zabaloy V. C., Guan K., Villamil M. B. Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research. *Soil. Biol. Biochem.* 2020. № 142. P. 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107701>

12. Мудрак О. В. Пріоритетні напрямки роз-

витку в АПК України. *Агроекологія і біотехнологія*. 2000. Вип. 4. С. 68–76.

13. Аринушкина Е. М. Руководство по химическому анализу почв. 2-е изд. М. : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.

Отримано 08.04.2021

<https://doi.org/10.35868/1997-3004.33.81-87>

UDC 631.461.7:631.8:631.622

SPECIAL ASPECTS OF MIGRATION OF WATER-SOLUBLE ORGANIC SUBSTANCE AND BIOGENIC ELEMENTS IN SOD-PODZOLIC SOIL DEPENDING ON FERTILIZATION SYSTEM AND MICROBIAL PREPARATIONS

L. V. Potapenko, N. I. Horbachenko

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv
e-mail: potapenko74@ukr.net

Objective. To study special aspects of vertical migration of products of biological transformation of organic matter and biogenic elements in sod-podzolic soil under different modes of root nutrition of plants. **Methods.** Lysimetric experiment, agrochemical, mathematical and statistical. **Results.** Based on studies conducted in a long-term lysimetric experiment on sod-podzolic soil, periodically washed type of water regime was established, as a result of which 37 mm of moisture, 23 kg/ha of water-soluble humic substances, nitrogen (NO_3^-) 55 kg/ha, calcium oxide 91 kg/ha and magnesium oxide 26 kg/ha magnesium oxide is lost at the background without inoculation per crop rotation when using mineral fertilization system. The use of microbial preparations reduces the loss of these elements to 33 mm, 20 kg/ha, 52 kg/ha, 83 kg/ha and 25 kg/ha, respectively. It was established that the average infiltration of moisture from the layer 0–155 cm under crops of continuous sowing was 25–37 mm at the background without the use of microbial preparations and 22–33 mm at the background of inoculation. The mineral fertilizer system increased the losses of the soil solution by 9 mm and 7 mm versus the control variants, respective to the backgrounds. The lowest losses of productive moisture were reported in the variants where sidereal fertilizers were used. When replacing the mineral fertilization system with sidereal-mineral and organo-mineral fertilizers without compromising the yield of crop rotations, it is possible to reduce the loss of productive moisture by 1.5 times, reduce the loss of labile soil organic matter by 1.7–1.8 times, nitrate nitrogen by 8–10 %, calcium by 18–24 % and magnesium by 40–50 %. Due to the use of biopreparations, there is a reduction in losses of nitrate nitrogen by 5–18 %, magnesium — by 5–14 %, calcium — by 6–16 %. **Conclusion.** To reduce non-productive losses of moisture, water-soluble organic matter and biogenic element compounds, it is advisable to use green mass of green manures and microbial preparations at the background of the mineral system and fertilizer system NPK+manure. The use of microbial preparations helps to reduce the loss of nitrate nitrogen by 5–18 %, magnesium — by 5–14 %, calcium — by 6–16 %.

Key words: lysimetric unit, moisture, water-soluble organic matter, biogenic elements, microbial preparations, fertilization systems.

REFERENCES

1. Sozinov, O. O. (2000). *Aghroekologhija — shljakhy do noosfery*. [Agroecology — ways to the noosphere]. *Aghroekologhija ta biotekhnologhija* —

Agroecology and biotechnology, 4, 3–12. [in Ukrainian].

2. Sajko, V. F. (Ed.). (1996). *Ustojchivostj zemledelyja — problemi y puty reshennyja*. [Sustain-

ability of agriculture — problems and solutions]. Kyiv: Urozhaj [in Russian].

3. Nosko, B. S., Patyka, V. P., Tarariko, O. Gh. (1999). *Shljakhy pidvyshhennja rodjuchosti ghruntiv u suchasnykh umovakh siljsjkoghospodarsjkogho vyrobnyctva*. [Ways to increase soil fertility in timely agricultural production]. Kyiv: Aghrarna nauka [in Ukrainian].

4. Tarariko, Ju. O. (2005). *Formuvannja stalykh aghroekosystem: teorija i praktyka*. [Formation of sustainable agroecosystems: theory and practice]. Kyiv: Aghrarna nauka [in Ukrainian].

5. Makarenko, N. A. (2002). Agroecological evaluation of mineral fertilizers by impact on the soil system. (Extended abstract of Candidate thesis). Institute of agroecology and biotechnology UAAS. Kyiv. Ukraine [in Ukrainian].

6. Prjanyshnykov, D. N. (1965). *Yzbrannie sochynenyja* [Selected works]. Vol. 1. *Aghrokhymyja*. [Agrochemistry] Moskva: Kolos [in Russian].

7. Kuk, Dzh. U. (1980). *Regulyrovanye plodododnyja pochv* [Soil fertility regulation] Moskva: Kolos. [in Russian].

8. Mazur, Gh. A. (2008). *Vidtvorennja i reghuljuvannja rodjuchosti legkkykh ghruntiv* [Reproduction and regulation of fertility of light soils]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].

9. Berdnikov, O. M., Volkogon, V. V., Potapenko, L. V., Kozar, S. F. (2020). *Ahrokhimichna*

otsinka efektyvnosti biopreparativ u vuzkospetsializovanii sivozmini [Agrochemical evaluation of the efficacy of biopreparations in a highly crop rotation]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia — Agricultural microbiology*, 31, 44–50 [in Ukrainian].

10. Berdnikov, O. M., Volkohon, V. V., Miroschnyenko, M. M., Hrynyk, I. V., Potapenko, L. V. *Znachennia lizymetrychnykh doslidzhen v ekoloho-ahrokhimichnii otsintsi ahrarnykh tekhnolohii* [The value of lysimetric research in ecological and agrochemical assessment of agricultural technologies]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological Journal*, 1, 58–70. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201271> [in Ukrainian].

11. Kim, N., Zabaloy, V. C., Guan, K., Villamil, M. B. (2020). Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research. *Soil. Biol. Biochem.*, 142, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107701>

12. Mudrak, O. V. (2000). *Priorytetni naprjamky rozvytku v APK Ukrajinny* [Priority directions of development in the agroindustrial complex of Ukraine]. *Aghroekolohija i biotekhnolohija — Agroecology and biotechnology*, 4, 68–76. [in Ukrainian].

13. Arynushkyna, E. M. (1970). *Rukovodstvo po khymycheskomu analyzu pochv* [Guidelines for Chemical Analysis of Soils]. Moskva: Yzd-vo MGhU [in Russian].

Received 08.04.2021