

ЗНАЧЕННЯ ЛІЗИМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В ЕКОЛОГО-АГРОХІМІЧНІЙ ОЦІНЦІ АГРАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

О.М. Бердников¹, В.В. Волкогон¹, М.М. Мірошніченко²,
О.І. Гриник³, Л.В. Потапенко¹

¹ Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН

² ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» НААН

³ Інститут агроєкології і природокористування НААН

Встановлено, що втрати ґрунтом лабільних сполук азоту, кальцію і магнію у вигляді їх окислів можуть змінюватися залежно від типу рослинності у кілька разів. Так, за вирощування пшениці озимої втрати азоту в середньому становлять 25 кг/га, кукурудзи — 77,5 кг/га; за органічної системи удобрення втрати кальцію за вирощування пшениці озимої варіюють у межах 44 кг/га, кукурудзи — 101 кг/га. Зменшити втрати поживних речовин з ґрунту можна за вирощування у сівозміні проміжних сидеральних культур, які, розвиваючись, використовують мінеральні сполуки для конструктивного метаболізму. Після весняно-літньої мінералізації сидеральної біомаси поживні речовини надходять для засвоєння наступною у сівозміні сільськогосподарською культурою. Висвітлено, що втрати сполук біогенних елементів різко зростають за внесення кальцієвмісних матеріалів у дозі, розрахованій за повною гідролітичною кислотністю. Доведено, що максимально ефективним і ресурсозбережним як за разового (один раз у 5 років), так і за періодичного використання меліорантів (через рік) є застосування дози кальцію із розрахунку 1/4 г.к. У цьому разі зменшується вимивання сполук кальцію, азоту та інших елементів, зростає ефективність передпосівної бактеризації. Результати лізиметричних досліджень доцільно розглядати як інструмент, що надає змогу простежити міграцію вологи, гумусових речовин і сполук біогенних елементів за межі кореневмісного шару ґрунту залежно від кількості опадів і систем удобрення, а також визначати шляхи регулювання цих процесів, що важливо для оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Ключові слова: лізиметри, промивні води, системи удобрення, хімічна меліорація, аграрні технології, дерново-підзолистий ґрунт, сидерати, мікробні препарати.

Не викликає сумніву, що сучасні системи землеробства в зоні Полісся повинні базуватися на використанні енерго- і ресурсозбережних технологій, спрямованих на охорону і відтворення родючості ґрунту, досягнення стійкого виробництва, створення екологічно безпечних агроєкосистем. Це цілком можливо завдяки оптимізації основних ланок землеробства: сівозміні, меліорації ґрунтів, оптимальної системи удобрення, використання біологічних засобів [1].

Інтенсивні технології, як відомо, призводять до надмірної мінералізації гумусу,

втрат вологи і біогенних елементів, підсилюють процеси ерозії, у т.ч. й внутрішньогрунтової, тобто за цих умов ґрунтовий покрив деградує. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва на цьому фоні не забезпечила належної віддачі продуктивності ріллі, стала вкрай затратною і нестійкою, призвела до погіршення екологічного стану агроценозів [2]. З огляду на це, основою сучасного наукового підходу як необхідною умовою успішного розвитку землеробства має бути системний зональний метод. Його важливою складовою, що дає змогу з високою вірогідністю прослідкувати за процесами міграції ґрунтового розчину, а отже й біогенних елементів

(а також їх невиробничих втрат), слід вважати лізіметричний метод [3].

Лізіметричні дослідження є важливими для наукового обґрунтування сівозмін у землеробстві, а також їх оптимальної структури, оскільки надають змогу з'ясувати вплив типу рослинності на ступені міграції вологи і біогенних елементів у системі «ґрунт – рослина». Впровадження екологічно доцільних сівозмін є особливо актуальним для зони Полісся, ґрунти якої характеризуються переважно промивним типом водного режиму. Донедавна сівозміни поліської зони України були 7–10-пільними з відносно широким набором культур, призначених для покриття потреб як у товарному зерні і картоплі, так і кормів для тваринництва; останнє своєю чергою забезпечувало сівозміну органічним добривом – гноєм у обсязі 10–12 т/га, що гарантувало стабільність землеробства і розширене відтворення родючості типових для Полісся дерново-підзолистих ґрунтів. Нині через різке скорочення поголів'я великої рогатої худоби у зоні Полісся вноситься на поля 1–3 т/га органічних добрив, що призводить до різкого зниження водоутримувальної здатності ґрунтів і зниження їх родючості.

За результатами багаторічних досліджень М.А. Бобрицька [5] дійшла висновку, що дерново-підзолисті супіщані ґрунти потребують захисту від внутрішньогрунтового стоку, зокрема, необхідно враховувати втрати ними біогенних елементів унаслідок інфільтрації атмосферних опадів. Аналогічні висновки прослідковуються в роботах М.З. Мілащенко [4] і Г.А. Мазура [6].

Отже, науково обґрунтоване уявлення щодо процесів колообігу і балансу поживних речовин у системі «ґрунт – рослина» є основою для розробки агротехнічних прийомів, спрямованих на підвищення використання вологи, збільшення коефіцієнтів засвоєння культурними рослинами біогенних елементів ґрунту і добрив. Це питання є актуальним як для традиційного, так і альтернативного землеробства.

Метою наших досліджень було визначення моделей зональних технологій, здат-

них обмежити невиробничі втрати сполук біогенних елементів і підвищити ступінь їх використання культурними рослинами.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в стаціонарній лізіметричній установці Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, яка має 48 секцій-лізіметрів, розмішених двома паралельними рядами з 24 лізіметрами в кожному. Під ними встановлено посудини для збирання фільтрату.

Лізіметри – бетонні конструкції, насипного типу. Заповнення їх ґрунтом здійснювали, починаючи з материнської породи, з урахуванням потужності кожного генетичного горизонту ґрунту в природному стані. Ґрунт – дерново-підзолистий супіщаний, типовий для Лівобережного Полісся. Шар ґрунту однієї чарунки – 155 см, маса – 10,5 т. Посівна площа лізіметричної чарунки – 3,8 м², повторність – триразова.

Агрохімічна характеристика орного шару (0–23 см): уміст гумусу (за Тюрнімом) – 1,1%, рН_{сол.} – 5,0, гідролітична кислотність (за Капшеном) – 2,5 мг-екв/100 г, уміст Р₂О₅ (за Кірсановим) – 170,0 та К₂О (за Масловою) – 62,0 мг/кг ґрунту.

Фільтрати аналізували за методикою Е.Ф. Аринушкіної [7]. Відповідно, вміст біогенних елементів у лізіметричних водах визначали: NO₃ – дисульфифеноловим методом, Р₂О₅ – методом Кірсанова за використання фотоелектрокалориметра, К₂О – методом полум'яної фотометрії, Са і Mg – трилонометричним методом.

Погодні умови за роки проведення досліджень мали певні відмінності: за середньобагаторічної норми 557 мм опадів їх кількість становила 365–537 мм, або 66–96%. Зокрема, 2011 та 2012 рр. слід відзначити як роки з недостатнім зволоженням. Водночас період вегетації картоплі у 2011 та 2012 рр., навпаки, характеризувався близьким до середньобагаторічних показників ступенем зволоження – кількість опадів становила 88–92% від норми. У 2010 та 2013 рр. ці показники були у межах 74–72% від норми.

У досліді № 1 вивчали вплив типу рослинності на втрати вологи і сполук біогенних елементів за беззмінного вирощування сільськогосподарських культур на тлі різних систем удобрення: без добрив; органо-мінеральної № 1 (NPK + гній), органічної (гній) і органо-мінеральної № 2 (NPK + сидерат), (табл. 1–3).

У досліді № 2 визначали втрати поживних речовин з лізіметричними водами за вирощування сільськогосподарських культур у двох короткоротаційних сівозмінах: «пшениця озима – картопля – пшениця яра – люпин вузьколистий» та «пшениця озима – картопля – пшениця яра – конюшина». Паралельно, в умовах польового досліді, за дотримання вказаних сівозмін визначали їх продуктивність. Система удобрення в обох сівозмінах: гній (10 т/га сівозмінної площі) + N₆₀P₅₈K₆₅ (середньо-сівозмінне) + проміжний люпиновий сидерат після вирощування пшениці озимої.

У досліді № 3 за беззмінного вирощування кукурудзи вивчали ефективність хімічної меліорації на тлі внесення дефекації. Крім того, схема досліді передбачала

також застосування мікробного препарату Біогран. Цей препарат характеризується комплексною удобрювальною дією, виготовляється на основі азотфіксувальної бактерії *Azospirillum brasilense* 410, клітини якої іммобілізовані в гранулах біогумусу, отриманого за технологією, що передбачає підвищений синтез фізіологічно активних речовин [8].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вплив типу рослинності на втрати вологи та поживних речовин. Міграція сполук біогенних елементів за межі кореневмісного шару ґрунту визначається як кількістю вологи, що надійшла до приймачів, так і їх концентрацією в розчині. У середньому за восьмирічний період (2006–2013) за беззмінного вирощування культур втрачалася різна її кількість, що залежало від типу рослинності та систем удобрення (табл. 1). Так, під пшеницею озимою за беззмінного вирощування в середньому за 8 років втрати вологи становили 61 мм, або 11% від середньобагаторічної норми опадів (550 мм). Під ярими культурами кількість втраченої

Таблиця 1

Втрати вологи під сільськогосподарськими культурами за їх беззмінного вирощування, мм

Тип рослинності (культура)	Системи удобрення							
	без добрив		органомінеральна № 1 (7,5 т гною + N ₄₅ P ₄₅ P ₆₀)		органічна (10 т/га гною)		органомінеральна № 2 (сидерат + N ₄₅ P ₄₅ P ₆₀)	
	мм	%*	мм	%*	мм	%	мм	%
Пшениця озима	61	–	79	–	85	–	66	–
Овес	73	120	85	108	89	105	78	118
Картопля	95	156	123	156	156	184	102	155
Кукурудза	102	167	119	151	161	189	106	161
Люпин	80	131	88	111	93	109	80	121
Багаторічні трави (конюшина)	46	75	54	68	60	71	–	–
Переліг	38	–	–	–	–	–	–	–
Пар чистий	156	–	–	–	–	–	–	–

Примітка: * % – втрати порівняно з показниками варіанта з пшеницею озимою.

вологи ґрунтом була більшою за відповідні показники варіанта з пшеницею озимою на 1,2–1,3%, а у варіанті з багаторічними травами цей показник зменшувався – до 46 мм за 1 рік (8% до суми опадів), що є нижчим порівняно із втратами під пшеницею на 25%. Щодо просапних культур – кукурудзи і картоплі, то порівняно з варіантом, де вирощували пшеницю, втрати вологи були більшими в 1,6–1,7 раза (102–95 мм, або 17–19% кількості опадів). Під чистим паром інфільтрація становила 28% до річної кількості опадів. Під перелогом втрачалось 38 мм, або 7% від суми опадів за 1 рік.

За впливом на кількість втрат вологи досліджені типи рослинності можна розмістити в такій послідовності: багаторічні трави < озимі колосові < ярі колосові < зернобобові < просапні < пар чистий.

Розрахунки, що базуються на отриманих результатах, засвідчили необхідність дотримання певних правил для ефективного використання вологи в сівозмінах: питома частка просапних культур повинна бути

еквівалентною питомій частці трав; площі під чистим паром утримувати недоцільно; за вирощування зернових колосових перевагу слід надавати озимим культурам.

У досліді, залежно від агрофону, рослини відрізнялися за розвитком як наземної частини, так і кореневої системи, що визначало втрати вологи. Найменшими вони були на фоні вирощування без добрив та за орґано-мінеральної системи удобрення № 2; найбільшими – за орґанічної та орґано-мінеральної системи № 1 (табл. 1).

Втрати сполук біогенних елементів визначаються не лише кількістю профільтрованої вологи, але й концентрацією їх у лізиметричному розчині (табл. 2). Як правило, найвища концентрація біогенних елементів спостерігалася за умови незаїнятості ґрунту рослинністю – під чистим паром, найнижча – під багаторічними травами.

За внесення різних видів добрив та їх поєднань концентрація в розчині нітратів, CaO та MgO істотно зростала і сягала максимальних значень за внесення ґною.

Таблиця 2

Концентрація сполук біогенних елементів у розчині залежно від типу рослинності та систем удобрення, мг/дм³

Тип рослинності (культура)	Системи удобрення											
	без добрив			орґано-мінеральна № 1 (7,5 т ґною + N ₄₅ P ₄₅ P ₆₀)			орґанічна (10 т/га ґною)			орґано-мінеральна № 2 (сидерат + N ₄₅ P ₄₅ P ₆₀)		
	NO ₃	CaO	MgO	NO ₃	CaO	MgO	NO ₃	CaO	MgO	NO ₃	CaO	MgO
Пшениця озима	41	31	20	58	40	25	66	52	40	44	35	22
Овес	46	40	22	58	46	26	70	60	42	39	39	19
Картопля	75	61	20	92	69	30	114	82	32	70	64	21
Кукурудза	76	60	22	90	59	28	118	63	24	80	56	23
Люпин	50	40	18	64	42	24	70	46	24	54	36	14
Багаторічні трави (конюшина)	28	22	18	34	30	22	36	32	24	–	–	–
Переліг	24	16	18	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Пар чистий	172	85	26	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблиця 3

Втрати сполук біогенних елементів під сільськогосподарськими культурами

Тип рослинності (культура)	NO ₃		CaO		MgO		NO ₃		CaO		MgO	
	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
	<i>Без добрив</i>						<i>Органо-мінеральна система удобрення № 1 (7,5 т гною + N₄₅P₄₅P₆₀)</i>					
Пшениця озима	25,0	100	18,9	100	12,2	100	45,8	100	31,6	100	19,8	100
Овес	33,6	134	29,2	154	16,1	132	49,3	108	39,1	124	22,1	112
Картопля	40,0	160	32,0	169	14,4	118	56,3	123	37,0	117	21,1	107
Кукурудза	71,3	285	58,0	307	19,0	156	113,2	247	84,9	269	36,9	186
Люпин	77,5	310	61,2	324	22,4	184	107,1	234	70,2	222	33,3	168
Багаторічні трави (коношина)	12,9	52	10,1	53	8,3	68	18,4	40	16,2	51	11,9	60
Переліг	12,9	52	6,1	32	6,8	56	-	-	-	-	-	-
Пар чистий	112,3	449	132,6	702	40,7	337	-	-	-	-	-	-
	<i>Органічна система удобрення (10 т/га гною)</i>						<i>Органо-мінеральна система удобрення № 2 (сидерат + N₄₅P₄₅P₆₀)</i>					
Пшениця озима	56,1	100	44,2	100	34,0	100	29,0	100	23,1	100	14,5	100
Овес	62,3	111	53,4	121	37,4	109	30,4	105	30,4	132	14,8	102
Картопля	65,1	116	42,8	97	22,3	66	43,2	149	28,8	125	11,2	77
Кукурудза	177,8	317	127,9	289	49,9	147	71,4	246	65,3	283	21,4	148
Люпин	190,0	339	101,4	229	38,6	114	84,8	292	59,4	257	24,4	168
Багаторічні трави (коношина)	21,6	39	19,2	43	14,4	42	-	-	-	-	-	-
Переліг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Пар чистий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

За результатами досліджень встановлено (табл. 3): втрати лабільних сполук азоту, кальцію і магнію у вигляді їх окислів можуть змінюватися залежно від типу рослинності у кілька разів. Так, наприклад, під пшеницею озимою втрати азоту становили 25 кг/га, під кукурудзою — 77,5 кг/га; за органічної системи удобрення втрати кальцію під пшеницею озимою були в межах 44 кг/га, під кукурудзою — 101 кг/га.

Найбільші втрати сполук біогенних елементів спостерігалися за органічної системи удобрення № 1, дещо менші — за традиційної і органо-мінеральної № 2 систем удобрення.

Слід зауважити, що частково зменшити втрати поживних речовин з ґрунту можна за вирощування у сівозміні проміжних сидеральних культур, які, розвиваючись, використовують мінеральні сполуки для конструктивного метаболізму, а після весняно-літньої мінералізації біомаси повертають їх для засвоєння наступною у сівозміні сільськогосподарською культурою [9]. Отже, у процесі обґрунтування раціональних сівозмін та розробки систем удобрення сільськогосподарських культур необхідно передбачати вирощування проміжних сидеральних культур.

Продуктивність сівозмін та втрати поживних речовин за різних сівозмін. У лізиметричному досліді № 2 та в польових умовах впродовж 2006–2012 рр. досліджували особливості міграції біогенних елементів і продуктивність культур у сівозмінах з багаторічними травами і вузьколистим люпином.

Продуктивність сівозміни «пшениця озима — картопля — пшениця яра — люпин вузьколистий» становила 56,0 кормових одиниць (к.од.) з 1 га; втрати NO_3 — 111,3 кг/га, СаО — 146, MgO — 32 кг/га, тоді як показники сівозміни «пшениця озима — картопля — пшениця яра — конюшина» — 72,6, або вище в 1,3 раза; втрати — 81,0, 91,2 і 16,2 кг/га відповідно. Отже, у чотирипільній вузькоспеціалізованій сівозміні переваги конюшини порівняно з люпином вузьколистим є беззаперечними.

Так, на закономірності вертикальної міграції вологи у ґрунтах за промивного

типу водного режиму, що спостерігається в Поліссі, необхідно зважати під час розміщення культур у сівозмінах.

Слід також пам'ятати, що чистий пар і просапні культури зумовлюють найбільші втрати вологи і біогенних елементів унаслідок інфільтрації, а багаторічні трави й озимі колосові — мінімальні. Тому частка чистого пару в умовах Полісся повинна бути зведеною до мінімуму, а питома частка просапних культур у сівозміні не повинна перевищувати частку багаторічних трав.

Так, короткоротаційна сівозіна, яка забезпечує стійку продуктивність понад 7 т/га к.од., повинна включати одне поле багаторічних трав (25%), картоплі або кукурудзи (25), пшениці озимої (25) і ярих колосових (25%).

Традиційну органо-мінеральну та органічну системи удобрення доцільно поєднувати з вирощуванням сидератів (як чинника ресурсозбереження) у проміжних посівах.

Оцінка ефективності хімічної меліорації ґрунту та мікробного препарату за вирощування кукурудзи. Вирішення теоретичних і практичних питань сучасного землеробства зводиться до створення оптимальних умов повітряного і мінерального живлення рослин, що своєю чергою визначається кислотністю ґрунту, раціональним використанням ґрунтової вологи та біогенних елементів.

У зональному аспекті важливо мати науково обґрунтовані висновки щодо балансу поживних речовин у системі «ґрунт — рослина» для розробки агротехнічних прийомів, спрямованих на ефективне використання добрив, хімічних меліорантів, а також засобів біологізації землеробства.

Зростання родючості ґрунтів дерново-підзолистого типу з підвищеною кислотністю є неможливим без хімічної меліорації [10–12]. Дослідженнями вчених переконливо доведено істотне значення кальцієвмісних меліорантів щодо акумуляції і трансформації гумусових речовин сірих лісових та чорноземних ґрунтів [13, 14], що свідчить про актуальність вказаного питання як для збереження потенцій-

ної, так і підвищення ефективної родючості ґрунту. Оптимізація кислотності ґрунту також є важливою умовою забезпечення ефективності сучасних біопрепаратів. Також слід зауважити, що застосування класичного вапнування дерново-підзолистих ґрунтів передбачає внесення на 1 га ріллі 3–4 т кальцієвмісних сполук, що є доволі затратним агротехнічним заходом.

За результатами проведених нами досліджень встановлено, що вапнування забезпечило зростання врожайності зерна кукурудзи, в середньому за 5 років, з 7,40 до 8,20 т/га (на 0,8 т/га) за внесення кальцію у дозі, розрахованій за повною гідролітичною кислотністю (г.к.), (табл. 4, варіанти № 1 і 2). За зменшення дози кальцію вдвічі (№ 3 порівняно з № 2) відзначено тенденцію до зниження продуктивності культур на 0,2 т/га, а за зменшення дози у 4 рази (№ 4) зниження врожайності становило 0,6 т/га. Крім того, за разового внесення

меліоранту з розрахунку на 1/4 г.к. математично достовірні прирости в досліді отримано лише впродовж перших трьох років.

За внесення кальцію із розрахунку 1/4 г.к. через 1 рік рівень продуктивності кукурудзи становив 8,02 т/га (табл. 4, № 5), що еквівалентно рівню показників варіантів № 2 і 3. Тому такий спосіб меліорації в беззмінних посівах кукурудзи слід вважати оптимальним. Отже, якщо критерієм оцінки ефективності агрозаходу є рівень врожайності, то за хімічної меліорації ґрунту для вирощування кукурудзи на зерно в беззмінних посівах доцільним є внесення дози дефекату з розрахунку 2,8–1,4 т/га CaCO_3 (1/2–1/4 г.к.).

За використання мікробного препарату Біогран (фон – II) найвищу продуктивність культури отримано на тлі внесення невисоких доз кальцію (№ 3 і 5) – на рівні 8,9 т/га, що вище за контроль на 1,1 т/га і незначно вище за відповідний показник

Таблиця 4

Продуктивність кукурудзи у беззмінному посіві за хімічної меліорації та використання біопрепарату, т/га (середнє за 2009–2013 рр.)

№ варіанта	Варіанти дослідів	Без біопрепарату			За використання Біограну			
		урожайність, т/га	% до фону	приріст від вапнування, т/га	урожайність, т/га	% до фону	приріст від вапнування, т/га	приріст від бактеризації, т/га
1	Мінеральна система удобрення – $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{120}$ (фон)	7,40	100	–	7,80	100	–	0,40
2	Фон + CaCO_3 у дозі за 1 г.к.	8,20	111	0,8	8,60	110	0,8	0,40
3	Фон + CaCO_3 у дозі за 1/2 г.к.	8,00	108	0,6	8,92	114	1,12	0,92
4	Фон + CaCO_3 у дозі за 1/4 г.к.	7,60	103	0,2	8,48	109	0,68	0,88
5	Фон + CaCO_3 у дозі за 1/4 г.к. через рік	8,02	108	0,6	8,90	114	1,10	0,88
	НІР_{05}	0,26			0,29			

варіанта з внесенням повної дози вапна (№ 2).

Отже, застосування мікробного препарату Біогран для вирощування культури за внесення дефекату з розрахунку 1/4 г.к. в умовах досліду виявилось максимально ефективним як за разового (один раз у 5 років), так і за періодичного використання меліоранту (через рік).

Втрати біогенних елементів порівняно з фоном (№ 1), зокрема азоту, різко зросли (на 68%) за внесення дефекату у дозі, розрахованій за повною гідролітичною кислотністю (CaCO_3 – 2,8 т/га), і були нижчими на 63% на тлі зменшення дози кальцію в 4 рази (табл. 5, № 4).

Виявлена особливість є характерною також і для міграції сполук кальцію за межі кореневмісного шару ґрунту: за вапнування у повній дозі їх втрати зросли у 3 рази, за внесення CaCO_3 у дозі, розрахованій за 1/2 г.к., – у 2 рази, а за низьких доз меліоранту – на 34–21%.

Отже, з погляду ресурсосбереження внесення CaCO_3 за вирощування кукурудзи на зерно в беззмінних посівах повинно

здійснюватися за використання невисоких доз меліорантів.

Використання в технології вирощування кукурудзи мікробного препарату Біогран позитивно вплинуло на зменшення втрат майже всіх біогенних елементів (табл. 5). Це пояснюється позитивним впливом препарату на продукційний процес культури, що обумовлює як зростання вносу біогенних елементів з урожаєм, так і тимчасову їх акумуляцію збільшеною кореневою системою.

За вирощування кукурудзи на дерново-підзолистих ґрунтах доцільно проводити вапнування у дозі не вище 1/2–1/4 г.к. (1,4–0,7 т/га у перерахунку на CaCO_3).

Ефективність мікробного препарату Біогран є вищою за внесення незначних доз CaCO_3 . До того ж забезпечується підвищення продуктивності культури і значне збереження ресурсів унаслідок зменшення втрат біогенних елементів.

Оцінка систем удобрення на прикладі культури картоплі. Результати досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених свідчать про значний вплив на інтенсивність вими-

Таблиця 5

Втрати сполук біогенних елементів за хімічної меліорації та використання біопрепарату, кг/га (середнє за 2009–2013 рр.)

№ варіанта	Варіанти досліду	Без біопрепарату					За використання Біограну				
		NO ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Мінеральна система удобрення – N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₂₀ (фон)	70,0	76,0	24,0	4,8	6,4	64,0	72,0	18,0	4,0	5,6
2	Фон + CaCO_3 у дозі за 1 г.к.	128,1	210,0	42,0	6,2	3,6	114,0	192,0	34,0	5,6	3,4
3	Фон + CaCO_3 у дозі за 1/2 г.к.	92,0	140,1	30,1	6,0	4,0	84,1	135,0	24,5	5,0	3,4
4	Фон + CaCO_3 у дозі за 1/4 г.к.	80,1	92,2	28,4	5,0	4,2	70,1	71,1	20,5	5,0	3,4
5	Фон + CaCO_3 у дозі за 1/4 г.к. через рік	84,0	102,0	29,0	5,4	4,0	72,0	94,0	20,8	5,4	3,5
	НІР ₀₉₉	3,1	1,7	0,6	0,02	0,014	0,8	0,7	0,2	0,04	0,01

вання з ґрунту водорозчинних гумусових речовин і біогенних елементів таких чинників, як кількість опадів, дози, способів і строків внесення добрив, генетичних особливостей ґрунтів.

В агрохімії азоту питання міграції в ґрунті невикористаних його мінеральних форм є так само важливими, як і засвоєння цього елемента рослинами. Від їх вирішення залежить використання азоту з добрив сільськогосподарськими культурами в сівозміні, а також розміри втрат унаслідок інфільтрації опадів. Найбільшою мірою в ґрунті мігрує нітратна форма азоту.

Крім азоту, на дерново-підзолистих ґрунтах інтенсивно мігрують сполуки кальцію, магнію, а також лабільний гумус.

Інтенсивні процеси інфільтрації ґрунтової вологи і, відповідно, вимивання розчинних у воді сполук, спостерігаються на дерново-підзолистих легких ґрунтах у пізньоосінній і ранньовесняний періоди, коли ґрунт є вільним від рослинності, а в країнах з м'якою і теплою зимою — і в зимово-весняний період, коли втрачається 2/3–3/4 азоту і кальцію від загального обсягу сполук, вимитих упродовж річного циклу [5].

За дії добрив і вапна вимивання поживних речовин, як правило, підсилюється. Вимивання з ґрунту катіонів відбувається у

такому порядку: $Ca^{++} > Mg^{++} > K^+ > Na^+ > NH_4^+$; аніони вимиваються з послабленим процесом від хлору до фосфору: $Cl^- > SO_4^{--} > NO_3^- > PO_4^{--}$.

У кількісному відношенні середньорічні показники вимивання основних елементів з дерново-підзолистого ґрунту під культурами сівозміни варіюють у таких межах: щодо азоту — 6–53 кг/га, кальцію в перерахунку на $CaCO_3$ — 350–450, магнію — 18–25, калію — 3–6 кг/га; втрати фосфору є незначними — 3–5 кг/га.

Втрати біогенних елементів з кореневої частини шару ґрунту є доволі значними, на що слід зважити під час балансових розрахунків, а дослідження агрохімічних та інших заходів, спрямованих на запобігання втратам або їх зменшення, безумовно, мають науково-практичну цінність.

Під час лізиметричних досліджень, проведених нами в 2007–2010 рр., встановлено, що опади в зоні Чернігівського Полісся є значно мінералізованими. З розрахунку на 1 га ріллі щорічно надходить: оксиду кальцію — близько 35 кг, оксиду магнію — 22, значна кількість сірки і калію — 7, азоту — близько 14 кг (з істотними відхиленнями за роками) (табл. 6).

Упродовж 2010–2013 рр. у лізиметрах спостерігалась значна інфільтрація воло-

Таблиця 6

Надходження до ґрунту сполук біогенних елементів з атмосферними опадами

Сполуки	Вміст у атмосферних опадах, мг/л					Надходження з опадами, кг/га за гідрологічний рік				
	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.	середнє	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.	середнє
NO ₃	1,8	1,9	1,7	2,2	1,9	6,8	6,6	7,2	8,8	7,4
NH ₄	1,5	1,6	1,7	2,0	1,7	5,6	5,9	7,2	5,8	6,1
K ₂ O	1,6	1,6	2,0	1,8	1,8	6,8	5,9	8,5	6,9	7,0
Na ₂ O	1,5	1,6	1,7	1,6	1,6	6,8	5,9	6,8	7,2	6,7
CaO	9,5	9,4	9,4	12,6	10,2	35,7	34,4	39,8	30,6	35,1
MgO	5,0	5,4	6,2	5,8	5,6	18,8	19,8	26,2	24,0	22,2
SO ₄	8,0	5,0	6,0	9,0	7,0	30,0	18,3	25,4	30,4	26,0
Кількість опадів, мм	–	–	–	–	–	372	366	424	537	425

ги за межі кореневмісного шару ґрунту, що супроводжувалося втратами біогенних елементів і водорозчинного гумусу.

За вирощування картоплі біогенні елементи за ступенем рухомості і зменшення концентрації у фільтратах можна розмістити у такій послідовності: $\text{CaO} > \text{NO}_3^- > \text{MgO} > \text{K}_2\text{O} > \text{P}_2\text{O}_5 > \text{NH}_4^+$.

За внесення добрив максимальну концентрацію нітратного азоту (NO_3^-) у лізіметричних водах відзначено за мінеральної та органічної систем удобрення; на рівні контролю були ці показники у варіантах із сидератом. Найбільший уміст кальцію в промивних водах зафіксовано за органічної та мінеральної систем удобрення, аналогічну закономірність встановлено щодо водорозчинного гумусу, сполук фосфору і калію (табл. 7).

Найвища концентрація біогенних елементів у лізіметричних водах спостерігалася за традиційної системи удобрення картоплі. За сидерально-мінеральної системи відзначено низьку концентрацію сполук біогенних елементів у розчині.

Кількість вологи, яка надійшла в приймачі лізіметрів, і концентрація сполук біогенних елементів визначають їх втрати за межі шару ґрунту 0–155 см.

У середньому за роки досліджень під картоплею на 1 га втрачалося: у варіанті без добрив — 14,6% вологи від кількості опадів, 26 кг азоту, 44 — кальцію, 18 — магнію, 16 кг лабільного гумусу. Втрати калію і фосфору були незначними — у межах 2,6–4,0 кг/га (табл. 8).

За мінеральної системи удобрення втрати вологи зросли у 1,4 раза, за внесення гною — в 1,5, а за сидеральної системи цей показник знизився більше ніж у 2 рази. За мінеральної системи удобрення втрати азоту зросли у 2 рази, за внесення гною — у 2,5 раза.

В умовах сидеральної системи втрати азоту, магнію, фосфору і калію залишалися майже на рівні контролю, кальцію — були нижчими за контрольні показники на 23%.

Органо-мінеральна (традиційна система удобрення картоплі) характеризується більшими втратами лабільного гумусу і біогенних елементів, особливо азоту (64 кг/га), кальцію (118), магнію (31), фосфору (7), калію (8) і водорозчинного гумусу (40 кг/га).

Альтернативна система удобрення (сидерат + NPK) дає змогу зменшити втрати вологи в 2,2 раза, азоту (NO_3^-) — в 2,3 раза,

Таблиця 7

Концентрація сполук біогенних елементів і лабільного гумусу в лізіметричних водах залежно від удобрення (середнє за чотири роки)

№ варіанта	Системи удобрення	Уміст, мг/л						
		гумус водорозчинний	NH_4^+	NO_3^-	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O
1	Без добрив	22,0	0,6	66	84	26	2,6	4,0
2	$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$	48,2	2,0	98	206	44	5,0	6,8
3	Гній, 40 т/га	56,0	3,1	102	218	56	6,4	12,0
4	Сидерат	24,0	0,4	52	51	28	2,2	5,6
5	Традиційна (гній + $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$)	62,0	3,0	102	201	67	7,8	14
6	Альтернативна (сидерат + $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$)	30,2	2,0	60	74	32	3,4	5,0
	$\pm m$	1,9	0,2	3,4	6,0	1,1	0,02	0,02

Таблиця 8

Втрати сполук біогенних елементів, вологи і водорозчинного гумусу під картоплею залежно від систем удобрення (середнє за 2010–2013 рр.)

Системи удобрення	Волога, % від опадів	Сполуки біогенних елементів, кг/га					Гумус лабільний
		NO ₃ ⁻	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Без добрив (контроль)	14,6	26,0	64,0	18,0	2,8	4,6	16,0
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	20,0	52,0	92,0	28,0	3,6	7,0	32,4
Гній, 40 т/га	22,0	64,0	106,0	40,0	4,0	7,6	38,8
Сидерат (люпин вузьколистий)	7,0	28,0	49,0	16,0	2,8	3,0	14,0
Традиційна (гній + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀)	22,0	64,0	118,0	31,0	7,0	8,1	40,0
Альтернативна (сидерат + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀)	10,0	28,0	77,0	16,0	3,2	5,0	14,0

Таблиця 9

Продуктивність картоплі за різних систем удобрення

Варіанти дослідю	Урожайність, т/га	Вміст			
		крохмалю, %	білка, %	аскорбінової кислоти, %	нітратів, мг/кг
Без добрив (контроль)	8,6	12,8	1,6	9,6	64
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	22,4	12,4	1,8	12,0	214
Гній, 40 т/га	16,8	13,0	2,0	12,6	202
Сидерат (люпин вузьколистий)	17,4	13,0	1,9	12,0	56
Гній + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	31,2	12,6	2,0	14,0	142
Сидерат + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	29,4	13,0	2,2	13,0	91
НІР _{0,95}	1,6	0,5	0,01	0,7	3,0

кальцію (CaO) на 33%, магнію — в 2 рази, лабільного гумусу в 2,9 рази.

Отже, проміжну сидерацію в поєднанні з туками за вирощування картоплі слід розглядати як ефективний ресурсозбережний агроприйом.

Продуктивність картоплі в умовах лізиметрів залежно від систем удобрення істотно різнилася. Альтернативна система забезпечила врожайність нижче на 6,0% від показників традиційної, проте продукція характеризувалася високими харчовими

властивостями, особливо за вмістом нітратів у бульбах (табл. 9).

ВИСНОВКИ

Отримані результати надають змогу визначити напрями підвищення реалізації ґрунтово-кліматичного потенціалу зони Полісся. Результати лізиметричних досліджень доцільно розглядати як інструмент технологій, що дає можливість прослідкувати міграцію вологи, гумусових речовин і сполук біогенних елементів за межі коре-

невмісного шару ґрунту, залежно від кількості опадів і систем удобрення, визначити шляхи регулювання цих процесів, що важливо для оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур. Для ресур-

созбереження та покращення екологічної ситуації в агроценозах за вирощування картоплі мінеральну та традиційну органіко-мінеральну системи удобрення доцільно доповнювати проміжною сидерацією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Милащенко Н.З. Экологические проблемы в интенсивном земледелии / Н.З. Милащенко // Труды ВИУА. — М., 1990. — С. 3–10.
2. Наукові основи агропромислового виробництва Чернігівської області / [І.В. Гриник, А.Г. Бардаков, Ю.О. Бакун та ін.]. — Чернігів: РВК «Десянська правда», 2004. — 344 с.
3. Лізиметричні дослідження в агрохімії і агроекології / О.М. Бердніков, Л.М. Скачок, Л.В. Потапенко, Т.Б. Милотенко // Зб. наук. праць «ННЦ Інститут землеробства НААН». — 2013. — Вип. 1–2. — С. 38–45.
4. Сайко В.Ф. Сівозміни у землеробстві України / В.Ф. Сайко, П.І. Бойко. — К.: Аграрна наука, 2002. — 146 с.
5. Бобрицкая М.А. Потери азота и других элементов при выщелачивании из слабокультуренной дерново-подзолистой почвы / М.А. Бобрицкая // Баланс азота в дерново-подзолистых почвах. — М., 1966. — С. 18–22.
6. Мазур Г.А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів / Г.А. Мазур. — К.: Аграрна наука, 2008. — 308 с.
7. Ариццукіна Е.Н. Руководство по химическому анализу почв / Е.Н. Ариццукіна. — М.: Изд-во МГУ, 1970. — 487 с.
8. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / За ред. В.В. Волкогона. — К.: Аграрна наука, 2006. — 312 с.
9. Довбан К.И. Зеленое удобрение / К.И. Довбан. — М.: Агропромиздат, 1990. — 208 с.
10. Панников В.Д. Лизиметрия — эффективный метод агрохимических исследований / В.Д. Панников // Сельское хозяйство за рубежом. — 1980. Вип. 6. — С. 2–7.
11. Мазур Г.А. Вплив вапнування і тривалого удобрення на врожайність культур сівозміни в умовах західного Полісся / Г.А. Мазур, В.М. Польовий, М.М. Лаврук // Науковий вісник Національного аграрного університету. — 2005. — Вип. 91. — С. 60–65.
12. Кулаковская Т.Н. Минеральные удобрения и плодородие почв / Т.Н. Кулаковская // Плодородие почвы и урожай. — Вильнюс: Периодика, 1974. — С. 82–90.
13. Сипко А.О. Вплив вапнування на вміст гумусу у чорноземі типовому в умовах північно-східного Лісостепу / А.О. Сипко, О.П. Стрілець, Г.А. Сінчук // Вісник аграрної науки. — 2013. — № 5. — С. 19–22.
14. Сипко А.О. Відтворення вмісту гумусу у слабокислому сірому лісовому ґрунті за хімічної меліорації в умовах Правобережного Лісостепу / А.О. Сипко, Г.С. Гончарук // Вісник аграрної науки. — 2014. — № 1. — С. 55–58.

REFERENCES

1. Mylashchenko, N.Z. (1990). Ekologicheskiye problemy v intensivnom zemledelii [Ecological problems in intensive farming]. *Trudy VIUA* — *Proceedings of the VIUA*, 3–10 [in Russian].
2. Hrynyk, I.V., Bardakov, A.H. & Bakun Yu.O. (2004). *Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva Chernihiv's'koyi oblasti* [Scientific bases of agro-industrial production of Chernihiv region]. Chernihiv: Desnyanska Pravda RVC. [in Ukrainian].
3. Berdnikov, O.M., Skachok, L.M., Potapenko, L.V. & Myliutenko T.B. (2013). Lizymetrychni doslidzheniya v ahrokhimiyi i ahroekolohiyi [Lysimetric studies in agrochemistry and agroecology]. *Zbirnyk naukovykh prats' «NNTS Instytut zemlerobstva NAAN»* — *Proceedings of the NSC Institute of Agriculture NAAS*, 1–2, 38–35 [in Ukrainian].
4. Saiko, V.F. & Boiko, P.I. (2002). *Sivozminy u zemlerobstvi Ukrayiny* [Crop rotation in agriculture of Ukraine]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
5. Bobrytskaia, M.A. (1966). Poteri azota i drugikh elementov pri vyshchelachivaniy iz slabookul'tu-rennoy dernovo-podzolistoy pochvy [Losses of nitrogen and other elements during leaching from poorly cultivated ted sod-podzolic soil]. *Balans azota v dernovo-podzolistykh pochvakh* [Nitrogen balance in sod-podzolic soils]. Moskva [in Russian].
6. Mazur, H.A. (2008). *Vidtvorenniya i rehulyuvannya rodyuchosti lehkykh gruntiv* [Reproduction and regulation of fertility of light soils]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
7. Arynushkyina, E.N. (1970). *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Chemical Soil Analysis Guide]. Moskva: Yzd-vo MHU [in Russian].
8. Volkohon, V.V. (Ed.) (2006). *Mikrobnii preparaty u zemlerobstvi. Teoriya i praktyka* [Microbial preparations in agriculture. Theory and Practice]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
9. Dovban, K.Y. (1990). *Zelenoye udobreniye* [Green manure]. Moskva: Ahropromyzdat [in Russian].
10. Pannikov, V.D. (1980). Lizimetriya — effektivnyy metod ahrokhimicheskikh issledovaniy [Lysimetry — an effective method of agrochemical research].

- Sel'skoye khozyaystvo za rubezhom — Agriculture Abroad*, 6, 2–7 [in Russian].
11. Mazur, H.A., Poloviy, V.M. & Lavruk, M.M. (2005). Vplyv vapnuvannya i tryvaloho udobrennya na vrozhaynist' kul'tur sivozminy v umovakh zakhidnoho Polissya [Influence of liming and prolonged fertilization on crop yields of crop rotation in the western Polesie]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho ahrarnoho universytetu — Scientific Bulletin of the National Agrarian University*, 91, 60–65 [in Ukrainian].
 12. Kulakovskaia, T.N. (1974). Mineral'nyye udobreniya i plodorodiye pochv [Mineral fertilizers and soil fertility]. *Plodorodiye pochvy i urozhay [Soil fertility and yield]*. Vil'nyus: Periodika [in Russian].
 13. Sypko, A.O., Strilets, O.P. & Sinchuk, H.A. (2013). Vplyv vapnuvannya na vmistu humusu chornozemi typovomu v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu [The effect of liming on the content of humus of black soil typical in the conditions of the northeastern forest-steppe]. *Visnyk ahrarnoyi nauky — Bulletin of agrarian science*, 5, 19–22 [in Ukrainian].
 14. Sypko, A.O. & Honcharuk, H.S. (2014). Vidtvorennya vmistu humusu u slabokyslomu siromu lisovomu grunti za khimichnoyi melioratsiyi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [Reproduction of humus content in slightly acidic gray forest soil by chemical reclamation in the Right-bank Forest Steppe]. *Visnyk ahrarnoyi nauky — Bulletin of agrarian science*, 1, 55–58 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 24.01.2020

UDK 632.9:633.54

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201273>

USE OF TANK MIXTURES FOR POTATO PLANTS PROTECTION FROM *PHYTOPHTHORA INFESTANS* AND *ALTERNARIA SOLANI* DISEASE AGENTS

S. Fedorchuk¹, T. Klymenko¹, V. Radko¹, O. Trembitska¹, M. Lisovyy²

¹ Поліський національний університет

² Національний університет біоресурсів і природокористування України

На сьогодні однією із важливих проблем щодо отримання високих стабільних урожаїв картоплі є своєчасне вжиття відповідних заходів проти хвороб і шкідників. Незначний розмір земельних ділянок та неякісний садивний матеріал, відсутність доглядання сівозмін призводить до накопичення і поширення збудників хвороб, зокрема *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary та *Alternaria solani*, які без застосування засобів захисту можуть знизити врожайність культури до 60% і більше. Доведено, що найефективнішу дію проти ураження листків картоплі фітофторозом проявила суміш хімічного препарату Антракол та регулятора росту рослин Гумісол. Встановлено, що оптимальним було поєднання хімічного препарату Антракол із PPP Гумісол, де на різних за стійкістю сортах картоплі ураженість рослин у фазу цвітіння (максимальний розвиток патогенів) збудниками становила: *Phytophthora infestans* — 1,4–24,6%, а *Alternaria solani* — 6,8–22,2%.

Ключові слова: картопля, сорт, збудники хвороб, регулятор росту рослин, хімічний та біологічний препарати.

Complex systems of protection of crops against potato diseases have been developed during 60–80s of the past century. The necessity to combine preparations for plants protection against various groups of phytopathogens (insects, disease agents and weed plants) into

one integrated system of measures was taken as a main principle [1]. Factors that influence decrease of potato damage evidence complex nature of disease manifestation which, in its turn, requires systematic protection [2].

Complex combination of protection of plants was built on the basis of zonal approach, specifically, with consideration to