

ОПТИМІЗАЦІЯ ЖИВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ФІЗИКО-ХІМІЧНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ КИСЛИХ ҐРУНТІВ

М.А. Ткаченко¹, Н.Є. Борис²

¹доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН

²кандидат сільськогосподарських наук

ННЦ «Інститут землеробства НААН»

вул. Машинобудівників, 2б, смт Чабани Фастівського р-ну

Київської обл., 08162, Україна

¹i.z.naan.tkachenko@gmail.com, ²nataliaborys2020@gmail.com

ORCID: ¹0000-0001-6128-4703, ²0000-0002-9385-1263

Надійшла 26.10.2020

Мета. Дослідити та виявити особливості оптимізації живлення сільськогосподарських культур за фізико-хімічної деградації кислих ґрунтів. **Методи.** Польовий, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математико-статистичний. **Результати.** Наведено отримані впродовж 2016–2019 рр. результати досліджень впливу різного агрохімічного навантаження на сірий лісовий ґрунт зі зростаючими дозами добрив у поєднанні із заходами докорінної хімічної меліорації і без них. Установлено, що застосування інтенсивних систем удобрення без проведення докорінної хімічної меліорації призводить до погіршення фізико-хімічних властивостей сірого лісового ґрунту. На фоні зниження післядії докорінної хімічної меліорації на 10–13 років застосування щороку дози лужноземельних елементів з урахуванням фізіологічних особливостей культури (у середньому 11,4 та 4,6 кг/га д.р. кальцію та магнію відповідно) забезпечує на 10–12 років близьку до нейтральної, а на 13-й рік дії слабокислу реакцію ґрунтового розчину. Крім цього, незначною мірою зростає уміст обмінного Са та Mg у ГВК, він підвищується до 6,71–7,00 мг-екв/100 г ґрунту. **Висновки.** Застосування на сірому лісовому ґрунті дози мінеральних добрив, яку розраховують за видовим генотипним співвідношенням (ВГС) умісту елементів у біомасі культури на фоні післядії унесення вапна, забезпечує оптимізацію живлення культур, фізико-хімічних властивостей ґрунту, зменшення дози фосфору і калію та зниження токсичної дії H^+ та Al^{3+} . Оптимальне поєднання N, P, K, Ca і Mg (216 кг/га д.р. у співвідношенні 1:0,4:0,5:0,3:0,1) у комплексі з інокуляцією насіння азотофіксувальними та фосформобілізувальними бактеріями забезпечує зростання рівня продуктивності ланки зернової сівозміни до 5,45 т/га з. од. та окупності 1 кг д. р. унесених добрив до 15,6 кг з. од. Фізико-хімічній деградації на кислих ґрунтах за внесення підвищених доз азотних добрив частково можна запобігти насиченням ґрунтового вбирного комплексу обмінними катіонами лужноземельних металів, доповнюючи систему удобрення невеликими дозами Са і Mg, які розраховують за видовим генотипним співвідношенням умісту елементів у біомасі культури, беручи за основу рекомендовану дозу азоту, лімітованого на кислих ґрунтах.

Ключові слова: вапнування, кислотність ґрунту, сірий лісовий ґрунт, система удобрення, дози добрив, окупність добрив, продуктивність сільськогосподарських культур.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-02>

На сучасному етапі розвитку землеробства дедалі актуальним стає питання стабільності та ефективності застосування мінеральних добрив і мікробних препаратів. Низька окупність рекомендованих доз мінеральних і органічних добрив, яка залежно від типу ґрунту та культури становить 5–12 кг зерна на 1 кг NPK, порівняно з високорозвинутими країнами, у яких віддача 1 кг NPK — 20–36 кг зерна, потребує пошуку нових підходів до визначення оптимальних доз їх унесення. Дуже важлива проблема зниженого рівня кислотності ґрунтів і підвищення їхнього рівня родючості, що є наслідком обмеженого застосування лужноземельних елементів (Ca, Mg) та органічних добрив [1]. Запобігання фізико-хімічній деградації ґрунту, досягнення оптимального кислотно-лужного балансу та збереження родючості ґрунту можливі за оптимізації системи удобрення культур і властивостей ґрунту через запровадження заходів докорінної хімічної меліорації 1 раз на кілька років. На фоні післядії хімічної меліорації щороку в системі удобрення культур потрібно застосовувати біогенні (P, K) та лужноземельні (Ca, Mg) елементи, дози яких слід розраховувати за видовим генотипним співвідношенням (ВГС) умісту елементів у біомасі культури.

Унаслідок інтенсивного використання сільськогосподарських угідь спостерігається їх виснаження і зростає навантаження на навколишнє середовище [2, 3]. В Україні площа кислих ґрунтів — 10,3 млн га, що становить 26,3% від загальної площі, тобто кожний 4-й гектар землі є кислим, у зонах Лісостепу та Полісся — майже кожний 2-й (49,7 та 47,4%). Дефіцит унесення органічних добрив (0,5 т/га) та інтенсивний винос органічної речовини щороку спричиняють втрати гумусу близько 1,0 т/га, а за останні 130 років вони становлять 30% [4]. За таких обставин надзвичайно важливим є зменшення екологічного навантаження на ґрунт.

Особливістю сірих лісових ґрунтів є порушення фізіологічної рівноваги розчину в ґрунтовому середовищі в бік підвищення кислотності [1, 3, 4], низька ємність поглинання і слабка буферність, унаслідок чого погіршуються фізико-хімічні властивості [1, 5], знижується діяльність ґрунтових мікроорганізмів і зростає напруженість мікробіологічних процесів [6]. Відбувається зниження родючості, забруднюється рослинницька продукція і погіршується екологічна рівновага [7, 8]. Зниження рівня кислотності ґрунтів, залучених під інтенсивне сільськогосподарське виробництво, можливе в разі докорінного поліпшення властивостей ґрунтового середовища та нейтралізації надмірної кислотності, а також вапнування, яке проводять 1 раз на кілька років, або щорічного унесення незначної (підтримувальної — 350–500 кг CaCO₃) дози меліоранта [1, 5].

Інтенсивність засвоєння елементів живлення сільськогосподарськими культурами є досить динамічним процесом і залежить від гідротермічних умов вегетаційного періоду, фенологічної фази розвитку рослин, реакції ґрунтового розчину, сортових особливостей і тривалості вегетаційного періоду культури, норми, глибини заорювання [16] та локалізації елементів живлення у профілі ґрунту [8, 9, 12, 14, 15]. Відповідно й динаміка засвоєння елементів рослиною буде досить різною і змінюватиметься залежно від дії певних чинників [9, 10, 13].

Співвідношення елементів живлення у сільськогосподарських рослинах (культурах) не залежало від дози удобрення, географічних чи ґрунтово-кліматичних умов, агротехнічних заходів [1, 3, 9, 15–18]. Можна стверджувати, що співвідношення цих елементів є наслідковою (генетичною) ознакою і може бути прийняте як видове генотипне співвідношення і належати лише одному біологічному виду, або, як у нашому випадку, сорту чи гібриду сільськогосподарської культури. Визначивши ВГС культури,

скажімо за вмістом N:P:K:Ca:Mg в основній та побічній продукціях, можна ретельно вивчати й уточнювати різні фактори впливу та істотно знижувати кількість варіантів досліду при розробленні схеми.

Мета досліджень — дослідити та виявити особливості оптимізації живлення сільськогосподарських культур за фізико-хімічної деградації кислих ґрунтів.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження особливостей оптимізації живлення сільськогосподарських культур за різної фізико-хімічної деградації ґрунту проводили впродовж 2016–2019 рр. у тривалому стаціонарному досліді відділу агроґрунтознавства і ґрунтової мікробіології ННЦ «Інститут землеробства НААН». Ґрунт дослідної ділянки — сірий лісовий крупнопилувато-легкосуглинковий на карбонатному лесоподібному суглинку. За гранулометричним складом ґрунт дослідної ділянки — крупнопилувато-легкосуглинкової відміни: уміст фізичної глини — 20,51%, мулу — 12,85, фракція середнього і дрібного піску — 6,51, фракція пилу — 79,5, зокрема крупного пилу — 52,4%.

Схема досліду містить поєднання різних доз біогенних і лужноземельних елементів із застосуванням хімічної меліорації вапняковими добривами і без них. Досліджувані дози добрив розраховували згідно з методичними рекомендаціями [19–20], основою яких є оптимізація удобрення сільськогосподарських культур. Розрахунок доз унесення біогенних і лужноземельних елементів за ВГС їх вмісту в біомасі культури здійснювали, беручи за основу дозу азоту, який у дефіциті на кислих ґрунтах. Досліджувані варіанти: без добрив (контроль); $N_{45}P_{33}K_{51}$; $N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6}$; $N_{45}P_{33}K_{51}+CaCO_3$ (1,0 Нг); $N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6}+CaCO_3$ (1,0 Нг); $N_{67,5}P_{24,9}K_{45,6}Ca_{17,0}Mg_{6,9}+CaCO_3$ (1,0 Нг); $N_{90}P_{33,1}K_{46}Ca_{22,7}Mg_{9,2}+CaCO_3$ (1,0 Нг); $N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6}+CaCO_3$ (1,0 Нг)+побічна продукція і сидерат; $N_{90}P_{33,1}K_{46}Ca_{22,7}Mg_{9,2}+CaCO_3$ (1,0 Нг)+побічна продукція і сидерат. Схемою досліду передбачено застосування препаратів поліфункціональної дії для зернових Фосфоагробактерину, зернобобових культур — Фосфонітрагіну. Лужноземельні елементи вносили в гранульованій формі Отуя

Calciprill (CaO — 52% + MgO — 0,5%) та Отуя Magprill (CaO — 36% + MgO — 15%).

З метою визначення змін фізико-хімічних властивостей шару ґрунту 0–20 см відібрано і підготовлено (ISO 11464:1994, IDT) проби ґрунту. Аналітичні роботи виконували за такими методами: pH_{KCl} сольової витяжки — потенціометричним методом згідно із ДСТУ ISO 10390–2001; гідролітичну кислотність визначали за ДСТУ 7537:2014; обмінну — за ДСТУ 7910:2015, уміст рухомого алюмінію — за Соколовим ГОСТ 26485–85; обмінні кальцій і магній — атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі ААС–3 ДСТУ 3866–99 і ДСТУ 7945:2015. В основній і побічній продукціях уміст азоту визначали методом К'ельдаля за ДСТУ ISO 5983:1997, фосфору — спектрометричним методом за ДСТУ ISO 6491:1998, калію — з використанням полуменеве-емісійної спектрометрії за ДСТУ ISO 7485:2000. Облік урожаю та показники його структури проводили згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» (2001). Площа дослідної ділянки — 30 м², облікова — 24 м². Повторність досліду — 4-разова.

Результати досліджень. Застосування у системі живлення біогенних елементів на кислих (pH_{KCl} 4,1–5,5) непровапнованих ґрунтах призводить до погіршення фізико-хімічних властивостей, особливо це спостерігалось на фоні застосування $N_{45}P_{33}K_{51}$ без проведення заходів докорінної хімічної меліорації. Використання на сірому лісовому ґрунті, характерною ознакою якого є кисла реакція ґрунтового середовища, у системі удобрення фізіологічно кислих азотних добрив і біогенних елементів без хімічної меліорації спричиняє погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту, зростання гранично допустимого значення кислотності ґрунту (Нг — 2,81–3,09 мг-екв./100 г ґрунту). Із застосуванням щорічно в сівозміні дози добрив 129 кг/га д.р. ($N_{45}P_{33}K_{51}$) зростає обмінна і гідролітична кислотність на 0,062 мг-екв./100 г ґрунту (табл. 1). На ґрунтах із таким рівнем гідролітичної кислотності (Нг \geq 3,0 мг-екв./100 г ґрунту) слід проводити докорінну хімічну меліорацію і застосовувати не менше 4,50 т/га д.р. $CaCO_3$. Для зниження структури витрат, що

регламентують вартість хімічного меліоранта, можна застосовувати щороку з осені підтримувальні дози CaCO_3 500 кг/га д.р. комплексно з фосфорними та калійними добривами, що дасть змогу нейтралізувати за осінньо-зимовий період кислотність ґрунту, частку фізіологічно кислих азотних добрив, які застосовують навесні, та оптимізувати фізико-хімічні показники ґрунту.

За результатами досліджень, комплексна дія хімічної меліорації CaCO_3 (1,0 Нг), заорювання побічної продукції культур сівозміни, що в середньому становить 5,69 т/га сівозмінної площі, інокуляція насіння (для зернових колосових — Фосфоагробактерином, зернобобових — Фосфонітрагіном), застосування доз кальцієво-магнієвих добрив, розрахованих за ВГС культури, з їх часткою у співвідношенні системи живлення Ca — 5,0–15,3 та Mg — 2,3–6,4%, забезпечує близьку до нейтральної реакцію ґрунтового середовища pH_{KCl} 5,8

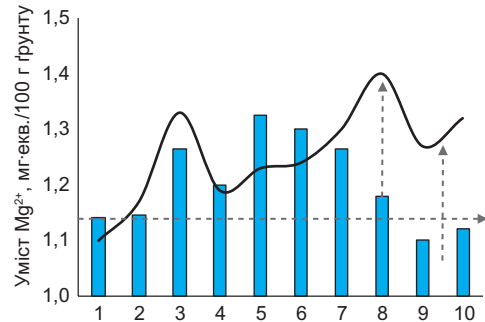
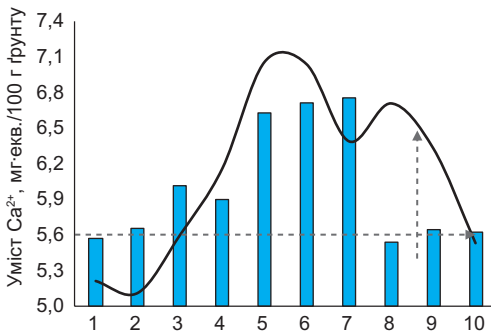
(середнє за 2016–2018 рр. — 6,05) та Нг — 2,64 мг-екв./100 г ґрунту (середнє за 2016–2018 рр. — 1,95). На фоні дії хімічної меліорації на 10–13 років, застосовуючи щороку дози лужноземельних елементів з урахуванням фізіологічних особливостей культури (у середньому 11,4 та 4,6 кг/га д.р.) уміст обмінного кальцію та магнію зростає до середнього рівня забезпеченості і на 25–27% відповідно до показників природного фону, де не застосовували органічні та мінеральні добрива (рисунок).

Застосування підвищених доз фізіологічно кислих азотних добрив N_{67} і N_{90} менш ефективне на кислих ґрунтах із низьким насиченням основами, а в деяких випадках саме зростаючі дози цих добрив, навпаки, погіршують фізико-хімічні показники орного шару ґрунту. Фактично створені умови реакції ґрунтового середовища є несприятливими для реалізації потенціалу культури та ефективного засвоєння елементів

1. Вплив застосування різних доз добрив на фізико-хімічні властивості сірого лісового ґрунту (шар 0–20 см)

Система удобрення	pH_{KCl}		Al^{3+} , мг/100 г ґрунту		H^+ _{обм}		Нг	
	мг-екв./100 г ґрунту							
	Середнє за 2016–2018 рр.	2019 р.	Середнє за 2016–2018 рр.	2019 р.	Середнє за 2016–2018 рр.	2019 р.	Середнє за 2016–2018 рр.	2019 р.
Без добрив (контроль)	4,65	4,60	0,221	0,350	0,078	0,049	1,81	3,09
$\text{N}_{45}\text{P}_{33}\text{K}_{51}$	5,00	4,10	0,307	0,280	0,039	0,062	1,98	3,36
$\text{N}_{45}\text{P}_{16,6}\text{K}_{30,4}\text{Ca}_{11,4}\text{Mg}_{4,6}$	5,25	4,50	0,219	0,204	0,034	0,054	1,87	3,14
$\text{N}_{45}\text{P}_{33}\text{K}_{51} + \text{CaCO}_3$ (1,0 Нг)	5,45	5,10	0,215	0,200	0,030	0,037	1,74	3,04
$\text{N}_{45}\text{P}_{16,6}\text{K}_{30,4}\text{Ca}_{11,4}\text{Mg}_{4,6} + \text{CaCO}_3$ (1,0 Нг)	5,50	5,30	0,178	0,187	0,027	0,030	1,50	2,57
$\text{N}_{67}\text{P}_{24,9}\text{K}_{45,6}\text{Ca}_{17,0}\text{Mg}_{6,9} + \text{CaCO}_3$ (1,0 Нг)	5,55	5,50	0,148	0,308	0,034	0,049	1,83	2,86
$\text{N}_{90}\text{P}_{33,1}\text{K}_{46,8}\text{Ca}_{22,7}\text{Mg}_{9,2} + \text{CaCO}_3$ (1,0 Нг)	5,55	5,00	0,145	0,449	0,056	0,065	1,96	2,99
$\text{N}_{45}\text{P}_{16,6}\text{K}_{30,4}\text{Ca}_{11,4}\text{Mg}_{4,6} + \text{CaCO}_3$ (1,0 Нг)*	6,05	5,80	0,163	0,225	0,038	0,067	1,95	2,64
$\text{N}_{67}\text{P}_{24,9}\text{K}_{45,6}\text{Ca}_{17,0}\text{Mg}_{6,9} + \text{CaCO}_3$ (1,0 Нг)*	5,70	5,50	0,340	0,328	0,043	0,035	1,99	2,57
$\text{N}_{90}\text{P}_{33,1}\text{K}_{46,8}\text{Ca}_{22,7}\text{Mg}_{9,2} + \text{CaCO}_3$ (1,0 Нг)*	5,50	5,30	0,355	0,450	0,059	0,045	1,76	2,68

*У 2005 р. було проведено вапнування з унесенням дефекату з умістом 52% CaCO_3 (для табл. 1, 2).



Уміст обмінних катіонів у сірому лісовому ґрунті за різних систем удобрення культур, мг-екв./100 г ґрунту: 1 — без добрив (контроль); 2 — $N_{45}P_{33}K_{51}$; 3 — $N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6}$; 4 — $N_{45}P_{33}K_{51} + CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$; 5 — $N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6} + CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$; 6 — $N_{67}P_{24,9}K_{45,6}Ca_{17,0}Mg_{6,9} + CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$; 7 — $N_{90}P_{33,1}K_{46,8}Ca_{22,7}Mg_{9,2} + CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$; 8 — $N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6} + CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$ + побічна продукція + сидерат; 9 — $N_{67}P_{24,9}K_{45,6}Ca_{17,0}Mg_{6,9} + CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$ + побічна продукція + сидерат; 10 — $N_{90}P_{33,1}K_{46,8}Ca_{22,7}Mg_{9,2} + CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$ + побічна продукція + сидерат; ■ — середнє за 2016–2018 рр.; — — 2019 р.

живлення. Гідролітична кислотність підвищилася за внесення доз добрив — $N_{45}P_{33}K_{51}$ та $N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6}$ на 0,57 та 0,89 мг-екв./100 г ґрунту, або 21,6 та 33,7% відповідно порівняно із системою удобрення, що передбачала проведення хімічної меліорації $CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$ 1 раз у 14 років, застосування біогенних і лужноземельних металів, дози яких розраховували за ВГС культури $N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6} + CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$. Це свідчить про комплексну дію агротехнічних заходів, високу ефективність принципу розрахунку та застосування доз кальцію і магнію саме в останні 10–13 років післядії хімічної меліорації $CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$.

Поєднання органічної і мінеральної систем удобрення, які передбачають щорічне заорювання нетоварної частини врожаю культур сівозміни (5,0–5,5 т/га) та розрахунок дози мінеральних добрив за ВГС умісту біогенних і лужноземельних елементів у біомасі культур $N_{90}P_{33,1}K_{46,8}Ca_{22,7}Mg_{9,2} + CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$, забезпечило найвищий рівень продуктивності — 5,45 т/га з. од., що на 16,7 та 33,2% відповідно перевищує застосування доз мінеральних добрив, які в 0,5 та 1,0 раз є меншими. Використання 129 кг/га д.р. мінеральних добрив у співвідношенні NPK — 1:0,7:1,1 без проведення хімічної меліорації забезпечило окупність

мінеральних добрив на рівні 10,2 кг з. од. (табл. 2).

За комплексної дії заходів меліорації та удобрення в сукупності забезпечується зростання окупності 1 кг д.р. на 4,5 кг з. од. (14,7 кг з. од. відповідає 1 кг д.р). Зниження дози фосфорних і калійних добрив на 49,7 і 40,4%, що становить відповідно 16,6 та 30,4 кг/га д.р., і доповнення системи удобрення незначними дозами 11, та 4,6 кг/га д.р. Ca та Mg відповідно забезпечує окупність на рівні 14,3 кг з. од. на 1 кг д.р. добрив за системи удобрення $N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6}$ — 1:0,4:0,7:0,3:0,1.

Найвищу окупність 1 кг внесених біогенних елементів та ефективність застосування різних доз мінеральних добрив відображено саме на рівні продуктивності культур та збиранні зернових одиниць з 1 га сівозмінної площі отримано при застосуванні 108 кг/га д.р. мінеральних добрив, де розрахунок дози та співвідношення частки між елементами здійснювали на основі фізіологічних особливостей культур і їх ВГС елементів у біомасі, що становить $N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6} + CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$. Водночас підвищені дози добрив 162 та 216 кг/га д.р. відповідно $N_{67}P_{24,9}K_{45,6}Ca_{17,0}Mg_{6,9}$ та $N_{90}P_{33,1}K_{46,8}Ca_{22,7}Mg_{9,2} + CaCO_3 (1,0 \text{ Нг})$ не забезпечують істотного зростання продуктивності культур та окупності мінеральних

2. Продуктивність ланки зернової сівозміни та ефективність застосування різних доз добрив на сірому лісовому ґрунті

Варіант	Продуктивність, т/га з. од.	± до контролю		± від ВГС		Доза добрив, кг/га д.р.	Окупність 1 кг д.р. 1 кг з. од.
		т/га	%	т/га	%		
Без добрив (контроль)	2,07	–	–	–	–	–	–
$N_{45}P_{33}K_{51}$	3,39	1,32	63,5	–	–	129	10,2
$N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6}$ (контроль за ВГС)	3,62	1,54	74,4	–	–	108	14,3
$N_{45}P_{33}K_{51} + CaCO_3$ (1,0 Нг)	3,97	1,90	91,5	0,36	9,8	129	14,7
$N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6} +$ $+ CaCO_3$ (1,0 Нг)	4,20	2,13	103	0,58	16,2	108	19,7
$N_{67,5}P_{24,9}K_{45,6}Ca_{17,0}Mg_{6,9} +$ $+ CaCO_3$ (1,0 Нг)	4,49	2,42	116	0,87	24,1	162	14,9
$N_{90}P_{33,1}K_{46,8}Ca_{22,7}Mg_{9,2} +$ $+ CaCO_3$ (1,0 Нг)	4,81	2,74	132	1,20	33,1	216	12,7
$N_{45}P_{16,6}K_{30,4}Ca_{11,4}Mg_{4,6} +$ $+ CaCO_3$ (1,0 Нг)*	3,64	1,57	75,6	0,03	0,7	108	14,5
$N_{67,5}P_{24,9}K_{45,6}Ca_{17,0}Mg_{6,9} +$ $+ CaCO_3$ (1,0 Нг)*	4,54	2,47	119	0,92	25,5	162	15,2
$N_{90}P_{33,1}K_{46,8}Ca_{22,7}Mg_{9,2} +$ $+ CaCO_3$ (1,0 Нг)*	5,45	3,38	163	1,84	50,8	216	15,6
Sx, %	2,05	–	–	–	–	–	–
HIP _{0,05}	0,26	–	–	–	–	–	–

добрив. Ефективність застосування мінеральних добрив, особливо підвищених доз 162 та 216 кг/га д.р., зростає саме на провапнованому фоні ($CaCO_3$ 1,0 Нг). Із застосуванням у комплексі підтримувальних доз кальцієвих (11,4 кг/га д.р.) і магнеєвих (4,6 кг/га д.р.) добрив в останні роки дії хімічної меліорації, мінімальної дози азоту (45 кг/га) та знижених доз фосфорних (16,6 кг/га д.р.) і калійних (30,4 кг/га д.р.) добрив у 2 і 1,6 раза менше забезпечується найвища окупність мінеральних добрив та оптимізація фізико-хімічних властивостей ґрунту.

Щорічне накопичення фосфору і калію у ґрунті відбувається унаслідок застосування надмірних доз добрив, їх низького засвоєння сільськогосподарськими культурами,

низького рівня поглинання кореневою системою поживних речовин, закріплення у ґрунтового вбирному комплексі фосфору (зафосфаченість), неправильно підібраних форм мінеральних добрив без урахування властивостей ґрунту (невідповідність хімічного складу препарату), зниження активності ґрунтової мікрофлори. З метою регулювання фосфорного живлення і доступності для засвоєння рослинами саме на кислих ґрунтах слід проводити оптимізацію фізико-хімічних властивостей ґрунтового середовища, підвищуючи рівень pH_{KCl} до 6,0–7,0. Це відбувається після хімічної меліорації або застосування тризаміщених фосфатів кальцію і забезпечує пролонговану меліоративну дію. Засвоєння рослинами може в перший рік становити 52–100% від дози внесення.

Висновки

Застосування на сірому лісовому ґрунті дози мінеральних добрив, яку розраховують за ВГС умісту елементів у біомасі культури на фоні післядії унесення вапна забезпечує оптимізацію живлення культур, оптимізацію фізико-хімічних властивостей ґрунту, зменшення дози фосфору і калію та зниження токсичної дії H^+ та Al^{3+} . Оптимальне поєднання N, P, K, Ca і Mg (216 кг/га д.р. у співвідношенні 1:0,4:0,5:0,3:0,1) у комплексі з інкуляцією насіння азотофіксувальними та фосформобілізувальними бактеріями забезпечує зростання рівня продуктивності

ланки зернової сівозміни до 5,45 т/га з од. та окупності 1 кг д. р. внесених добрив препаратами до 15,6 кг з од. Фізико-хімічній деградації на кислих ґрунтах за внесення підвищених доз азотних добрив частково можна запобігти насиченням ґрунтового вбирного комплексу обмінними катіонами лужноземельних металів, доповнюючи систему удобрення невисокими дозами Ca і Mg, які розраховують за ВГС умісту елементів у біомасі культури, беручи за основу рекомендовану дозу азоту, лімітованого на кислих ґрунтах.

Tkachenko M.¹, Borys N.²

NSC «Institute of Agriculture of NAAS», 2b Mashynobudivnykiv Str., Chabany, Kyiv-Sviatoshyh region, Kyiv oblast, 08162, Ukraine; e-mail: ¹i.z.naan.tkachenko@gmail.com, ²nataliaborys2020@gmail.com; ORCID: ¹0000-0001-6128-4703, ²0000-0002-9385-1263

Optimization of nutrition of crops in conditions of physicochemical degradation of acid soils

Goal. To study and to identify features of optimization of crop nutrition during physicochemical degradation of acid soils. **Methods.** Field, laboratory, computational, mathematical, and statistical. **Results.** Results are given of researches in the influence of agrochemical load on gray forest soil with increasing doses of fertilizers (in combination with measures of radical chemical reclamation and without them) received during 2016–2019. It is established that the use of intensive fertilizer systems without radical chemical reclamation leads to the deterioration of the physicochemical properties of gray forest soil. On the background of reducing the aftereffects of radical chemical reclamation for 10–13 years, the annual application of a dose of alkaline earth elements, taking into account the physiological characteristics of the culture (average 11.4 and 4.6 kg/ha of calcium and magnesium, respectively) ensures for 10–12 years close to neutral reaction, and on the 13th year of

application — the slightly acidic reaction of the soil solution. Besides, the content of exchangeable Ca and Mg in GVK increases slightly, it increases to 6.71–7.00 mg-eq/100 g of soil. **Conclusions.** The use of a dose of mineral fertilizers on gray forest soil, which is calculated according to the species genotypic ratio (SGR) of elements in the biomass of the culture on the background of application of lime, optimizes crop nutrition, physicochemical properties of the soil, reduces the dose of phosphorus and potassium and toxic action of H^+ and Al^{3+} . The optimal combination of N, P, K, Ca and Mg (216 kg/ha in the ratio of 1:0.4:0.5:0.3:0.1) in combination with seed inoculation with nitrogen-fixing and phosphorus-mobilizing bacteria provides an increase of productivity of the grain crop rotation to 5.45 t/ha g.p., and payback of 1 kg act. mat. of fertilizer applied to 15.6 kg g.p. Physicochemical degradation of acid soils at the application of high doses of nitrogen fertilizers can be partially prevented by saturation of the soil absorption complex with exchange cations of alkaline earth metals, supplementing the fertilization system with small doses of Ca and Mg, which are calculated according to the recommended dose of nitrogen, limited on acidic soils.

Key words: liming, soil acidity, gray forest soil, fertilizer system, fertilizer doses, fertilizer payback, crop productivity.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-02>

Бібліографія

1. Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Борис Н.Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів (монографія). Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. 318 с.

2. Балюк С.А., Мірошніченко М.М., Медведєв В.В. Наукові засади сталого управління

ґрунтовими ресурсами. Вісник аграрної науки. Спецвипуск. 2018. № 1. Р. 5–12. doi: 10.31073/agrovisnyk 201811-01

3. Kachmar O.Y., Vavrynovych O.V., Dubytska A.O., Ivaniuk V.Ya. Formation of erosion resis-

tance of gray forest soils in the conditions of carpathian region. *Agricultural Science and Practice J.* 2018. № 5 (3). P. 47–53. doi: 15407/agrisp5.03.047

4. Державна служба статистики України. Внесення мінеральних та органічних добрив. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>

5. Ткаченко М.А., Борис Н.Є., Коваленко Є.С. Ефективність застосування крейди гранульованої за вирощування пшениці озимої. *Агробіологія*. 2020. № 1. С. 181–191. doi: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-181-191

6. Malynovska I.M., Tkachenko N.A. Intensity of microbiological processes in gray forest soil under the liming and plowing of crop by-products. *Ecology and Noospherology*. 2019. 30 (1). P. 19–23. doi: 10.15421/031903

7. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the UK. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5032897/>

8. Шевчук М.Й., Веремєєнко С.І., Попушняк В.І. Агрехімія (підручник). Ч. 2. Добрива та їх вплив на біопродуктивність ґрунту. Луцьк: Надстир'я, 2012. 440 с.

9. Ткаченко М.А., Драч Ю.О., Шкляр В.М., Теслюк П.Р. Оптимізація удобрення пшениці ярої за видовим генотипним співвідношенням основних елементів живлення. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. Київ: ВП «Едельвейс», 2017. Вип. 2. С. 34–45.

10. Baliuk S., Solovey V., Zakharova M. et al. Analysis of Analysis of Information Support for the Condition of Soil Resources in Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2015. № 2. P. 77–84. doi: 10.15407/agrisp2.02.077

11. Mandal K.G., Kuntal Hati, Misra A.K. Biomass yield and energy analysis of soybean production in relation to fertilizer-NPK and organic manure. *Biomass and Bioenergy*. 2009. № 33 (12). P. 1670–1679. doi: 10.1016/j.biombioe.2009.08.010

12. Fageria N.K. The Role of Nutrient Efficient Plants in Improving Crop Yields in the Twenty

First Century. *J. of Plant Nutrition* 2008. № 31 (Б). doi: 10.1080/01904160802116068

13. Христенко А.А., Иванова С.Е., Гладких Е.Ю., Истомина Ю.А. Калийное состояние почв Украины и эффективность калийных удобрений. *Питание растений*. 2011. № 4. С. 2–5.

14. Мірошниченко М.М., Гладких Е.Ю., Ревтьє-Уварова А.В. та ін. Оптимізація живлення сільськогосподарських культур. *Агрехімія і ґрунтознавство*. 2018. Вип. 87. С. 82–91.

15. Носко Б.С. Сучасні проблеми фосфору в землеробстві і шляхи їх розв'язання. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 6 (771). С. 5–12. doi: 10.31073/agroviznyk201706-01/

16. Журбицкий З.И., Лавриченко В.М. Определение потребности растений в питании методом растительной диагностики. *Агрехімія*. 1977. № 9. С. 127–133.

17. Ткаченко М.А., Драч Ю.О. Видове генотипне співвідношення елементів живлення як основа оптимізації удобрення сільськогосподарських культур. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. Київ: ВП «Едельвейс». 2016. Вип. 1. С. 27–35.

18. Prolyakov A.A., Zharinova A.M. The relation between N:P:K in winter rye harvest on soddy-medium podzolic loamy loamy soils. *Tsentr. Belorussii. Agrohimiya*. 1968. V. 8.

19. Пат. № 133924 Україна, МПК (2019. 01) A01C 21/00. Спосіб оптимізації системи удобрення сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах. М.А. Ткаченко, Ю.О. Драч, Н.Є. Борис; заявник і патентовласник ННЦ «Інститут землеробства НААН». № u2018 11702; заявл. 28.11.2018; опубл. 25.04.2019. 5 с.

20 Ткаченко М.А., Борис Н.Є. Методика проведення хімічної меліорації ґрунту за оптимізації удобрення культур сівозміни із застосуванням лужноземельних елементів і бактеріальних препаратів з урахуванням видового генотипного співвідношення культур і показників родючості ґрунту. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 45 с.