

Валецька О. В., к.с.-г.н., доцент, Налобіна О. О., д.т.н., професор, Голотюк М. В., к.т.н., доцент, Пилипака Т. С., к.т.н., доцент, Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, Бундза О. З., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.v.valetska@nuwm.edu.ua; o.o.nalobina@nuwm.edu.ua; m.v.holotiuk@nuwm.edu.ua; t.s.pylypaka@nuwm.edu.ua; t.m.kolesnyk@nuwm.edu.ua; o.z.bundza@nuwm.edu.ua)

ВПЛИВ ВАПНУВАННЯ ТА МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ НА КИСЛОТНІСТЬ ҐРУНТІВ У РІЗНИХ АГРОКЛІМАТИЧНИХ ЗОНАХ

У статті досліджено вплив вапнування та мінерального удобрення на кислотність ґрунтів у різних агрокліматичних зонах України. Однією з ключових проблем сучасного сільськогосподарського виробництва є підтримання оптимального рівня рН ґрунтів, оскільки надмірна кислотність негативно впливає на доступність поживних речовин, фізико-хімічні властивості ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур. У дослідженні розглянуто два основних методи регулювання кислотності ґрунту: вапнування та застосування мінеральних добрив. Вапнування є традиційним заходом для зниження кислотності, яке полягає у внесенні вапнякових матеріалів, що нейтралізують кислі компоненти ґрунту. Досліджено ефективність вапнування для різних типів ґрунтів та агрокліматичних умов, зокрема для зон Полісся, Лісостепу та Степу України. Встановлено, що оптимальні дози вапнування можуть варіюватися від 4 до 6 тонн на гектар залежно від рівня початкової кислотності ґрунту та його фізичних властивостей. У більш вологих зонах закислення ґрунту відбувається швидше, що потребує частішого внесення вапна порівняно зі Степом, де процеси закислення відбуваються повільніше. Застосування мінеральних добрив, зокрема азотних, також впливає на кислотність ґрунту. Амонійні форми азоту під час нітрифікації можуть підвищувати рівень кислотності, що вимагає комбінованого підходу з використанням вапнування для нейтралізації цього ефекту. Визначено, що раціональне поєднання

мінеральних добрив і вапна дозволяє оптимізувати рівень рН та підвищити доступність поживних речовин. Математичні моделі, розроблені в межах дослідження, дозволяють прогнозувати динаміку зміни кислотності залежно від доз вапна та мінеральних добрив. Застосовані моделі враховують вплив кліматичних умов, що робить їх особливо корисними для адаптації агротехнічних заходів до специфічних регіональних умов. В результаті проведених досліджень зроблено висновки, що ефективне управління кислотністю ґрунтів залежить від поєднання вапнування з правильним використанням добрив та врахування агрокліматичних особливостей кожної зони.

Ключові слова: мінеральні добрива; хімічні меліоранти; кислотність; елементи живлення.

Вступ. Одним із найважливіших показників родючості ґрунтів є їх кислотність (рН), що безпосередньо впливає на ефективність засвоєння рослинами поживних речовин, фізико-хімічні властивості ґрунту та розвиток рослинних культур. В умовах надмірної кислотності, ґрунти зазнають значних змін у структурі, що призводить до зниження доступності макро- і мікроелементів, необхідних для росту рослин, таких як азот, фосфор, калій та кальцій. Крім того, підвищується ризик токсичності, зокрема через зростання концентрації алюмінію і марганцю, які негативно впливають на кореневу систему рослин. Таким чином, контроль рівня кислотності ґрунтів є однією з основних складових успішного ведення сільського господарства, оскільки це дозволяє покращити умови для росту культур та збільшити врожайність.

Вапнування є традиційним і широко застосовуваним методом для зниження кислотності ґрунтів. Додавання вапна сприяє нейтралізації кислотних компонентів, підвищуючи рівень рН до оптимальних показників, які є сприятливими для більшості сільськогосподарських культур. Цей процес поліпшує структуру ґрунту, знижує токсичність металів і підвищує доступність поживних елементів. Однак вплив вапнування на ґрунт може значно варіювати залежно від його типу, фізико-хімічних властивостей і агрокліматичних умов, що створює потребу в детальному вивченні цих аспектів для кожної конкретної зони.

Іншим важливим фактором, який впливає на кислотність ґрунтів, є застосування мінеральних добрив. Мінеральні добрива є незамінним інструментом підвищення врожайності сільськогосподарських культур, однак їх неправильне або надмірне використання може спричинити підкислення ґрунтів. Це стосується насамперед добрив, що містять азот у формах, які сприяють кислотним реакціям у ґрунті. Негативний вплив добрив на кислотність може нейтралізуватися за допомогою раціонального підходу до вапнування, що вимагає комплексного дослідження їхнього спільного впливу [1; 2; 3].

Агрокліматичні умови різних регіонів також впливають на процеси, що відбуваються в ґрунтах під впливом вапнування та внесення добрив. Кліматичні умови, такі як температура, вологість, кількість опадів та випаровування, впливають на інтенсивність хімічних і біологічних процесів у ґрунті, зокрема на розкладання добрив і реакцію на вапнування. Це означає, що одні й ті самі агротехнічні заходи можуть мати різний ефект у різних агрокліматичних зонах. Тому важливо адаптувати стратегії управління ґрунтовою кислотністю до умов конкретних регіонів [4; 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема регулювання кислотності ґрунтів та підвищення їх родючості завжди перебувала в центрі уваги українських аграрних науковців. Особливий інтерес викликають дослідження впливу вапнування та мінерального удобрення на ґрунти, оскільки ці агротехнічні заходи є ключовими для вирішення проблеми деградації ґрунтів і забезпечення стабільної врожайності. У межах сучасних досліджень українські вчені проводять численні експерименти щодо оптимізації вапнування та добрив у різних агрокліматичних зонах України.

Одним із провідних закладів у цій сфері є Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського НААН України. Дослідження, проведені вченими цього інституту, показують, що оптимізація вапнування ґрунтів в Україні є особливо важливою в умовах Полісся та Лісостепу, де спостерігається підвищений рівень кислотності. Науковці встановили, що внесення вапна дозволяє значно покращити структуру ґрунту, підвищуючи його родючість і врожайність сільськогосподарських культур. Дослідження також вказують на важливість обліку специфічних кліматичних і ґрунтових

умов для кожної агрокліматичної зони, оскільки кількість та частота внесення вапна може суттєво варіюватися.

Науковці з Національного університету біоресурсів і природокористування України також активно досліджують вплив мінеральних добрив та їхню взаємодію з вапнуванням на ґрунтову кислотність. Їхні дослідження показують, що правильне співвідношення азотних, фосфорних та калійних добрив разом із вапнуванням дозволяє не лише стабілізувати кислотність ґрунтів, але й покращити їхній водно-повітряний режим. Зокрема, вони підкреслюють важливість оптимальних доз добрив для різних культур і зон, оскільки надлишкове використання азотних добрив може підсилювати підкислення ґрунту. Дослідження Національного університету біоресурсів і природокористування України також доводять, що ефективність вапнування значно підвищується при поєднанні з органічними добривами.

Важливі внески в дослідження управління ґрунтовою кислотністю зроблені науковцями Інституту агроєкології і природокористування НААН України. Вони акцентують увагу на важливості збереження природного балансу ґрунтових екосистем, підкреслюючи, що надмірне використання хімічних добрив і недостатня увага до природних властивостей ґрунтів може призвести до довготривалих негативних наслідків для екології. За результатами їхніх досліджень, вапнування і використання мінеральних добрив повинні враховувати не тільки короткострокові агротехнічні завдання, але й питання екологічної стійкості та здоров'я ґрунтових екосистем.

Окремі дослідження також присвячені використанню альтернативних матеріалів для вапнування, таких як відходи виробництва, наприклад, цементна пилюка або вапнякові відходи. У цьому напрямку активно працюють науковці Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, які експериментують з нетрадиційними матеріалами, щоб зменшити витрати на традиційні засоби вапнування та підвищити екологічну ефективність цих технологій.

Загалом, українські науковці досягли значних успіхів у дослідженні впливу вапнування та мінерального удобрення на ґрунтову кислотність, розробляючи нові моделі та підходи для різних агрокліматичних зон країни. Їхні результати є важливими для

вдосконалення практик управління ґрунтовими ресурсами, забезпечення стабільного сільськогосподарського виробництва та збереження родючості ґрунтів на тривалий час [6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16].

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є дослідження впливу вапнування та мінерального удобрення на кислотність ґрунтів у різних агрокліматичних зонах. Науково обґрунтоване розуміння цих процесів дає можливість раціоналізувати підходи до удобрення та вапнування в різних умовах. У роботі особливий акцент робиться на математичному моделюванні цих процесів для визначення оптимальних агротехнічних рішень, які б дозволили досягти балансу між підвищенням врожайності та збереженням природних ресурсів.

Виклад основного матеріалу. Кислотність ґрунту є важливим параметром, який впливає на доступність поживних речовин для рослин, наявність токсичних елементів і мікробіологічну активність ґрунту. Надмірна кислотність знижує родючість ґрунтів, погіршує їхню структуру та може викликати токсичні реакції у рослин через підвищений рівень алюмінію та марганцю, що вивільняються в кислих ґрунтах. Різні культури мають специфічні вимоги до рівня рН ґрунту, і для більшості сільськогосподарських рослин оптимальним є слабокислий або нейтральний рівень рН (6.0–7.0). Тому контроль і регулювання кислотності ґрунтів є важливими агротехнічними заходами для забезпечення їхнього сталого використання.

Вапнування є найбільш ефективним методом зниження кислотності ґрунтів, особливо в регіонах з кислими ґрунтами, таких як Полісся та Лісостеп України. Вапно реагує з кислотними компонентами в ґрунті, зменшуючи концентрацію вільних іонів водню і підвищуючи рівень рН. Процес вапнування також позитивно впливає на фізико-хімічні властивості ґрунту, зокрема покращує його структуру, зменшує щільність і сприяє аерації. Це сприяє підвищенню ефективності використання добрив, доступності макро- та мікроелементів для рослин і зниженню токсичності металів.

Дослідження показують, що ефективність вапнування залежить від кількох факторів:

- Типу ґрунту: кислі ґрунти, такі як підзоли, вимагають регулярного вапнування через їхню здатність швидко закислюватися.

- Агрокліматичних умов: у більш вологих зонах (Полісся) закислення відбувається швидше, ніж у посушливих регіонах (Степ), що вимагає частішого або інтенсивнішого вапнування.

- Дози вапна: оптимальні дози вапнування варіюють залежно від рівня початкової кислотності, механічного складу ґрунту та культур, що вирощуються. Дослідження показують, що внесення 4–6 тонн вапна на гектар дозволяє досягти нейтрального рівня рН для більшості культур.

Мінеральні добрива, особливо азотні, є важливим джерелом поживних речовин для рослин, але при цьому вони можуть підвищувати кислотність ґрунту. Амонійні форми азотних добрив (NH_4^+) під час процесів нітрифікації окислюються в нітрати (NO_3^-), що супроводжується виділенням іонів водню (H^+), які сприяють закисненню ґрунту. Тривале використання таких добрив без відповідних заходів з нейтралізації кислотності може призвести до погіршення властивостей ґрунту та зниження врожайності.

Правильне поєднання вапнування і мінеральних добрив може суттєво покращити стан ґрунту. Наприклад:

- Азотні добрива: їхній негативний вплив на кислотність можна компенсувати шляхом попереднього або одночасного вапнування.

- Фосфорні добрива: їхня ефективність підвищується в нейтральному або слабнокислому середовищі, яке забезпечується вапнуванням.

- Калійні добрива: вапнування підвищує доступність калію в ґрунті, що важливо для зростання культур.

Дослідження показують, що використання вапна у поєднанні з комплексними добривами дозволяє не лише зберегти нейтральний рівень рН, але й покращити загальну ефективність використання поживних речовин.

Для прогнозування впливу різних доз вапна та добрив на кислотність ґрунту в залежності від агрокліматичних умов проведено математичне моделювання процесу та отримано моделі. У нашому дослідженні було розроблено три математичні моделі для опису цих процесів.

Лінійна регресія залежності рН ґрунту від кількості вапнування описує прямий вплив вапнування на рН ґрунту. Вона свідчить про лінійну залежність між кількістю вапна і підвищенням рН.

$$pH(x) = a_1 + b_1 \cdot L, \quad (1)$$

де L – кількість вапна (тонн на гектар); a_1, b_1 – параметри моделі (залежні від агрокліматичної зони).

Ця модель показує лінійну залежність рівня рН ґрунту від кількості внесеного вапна (L). Згідно з цією моделлю, з кожним збільшенням кількості вапна на 1 тонну на гектар рівень рН знижується на 0.4 одиниці (рис. 1).

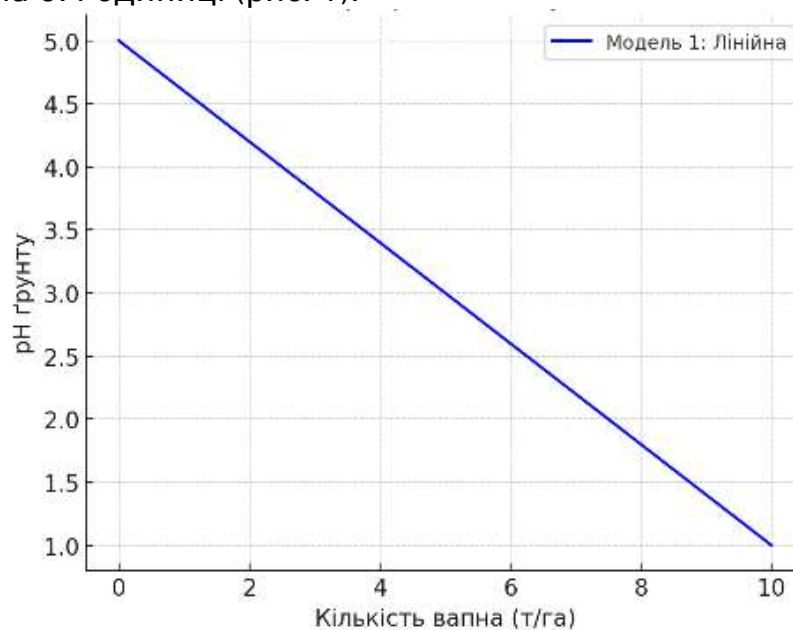


Рис. 1. Лінійна регресія, яка показує вплив кількості вапнування на рівень рН ґрунту

На графіку видно, що кислотність ґрунту (рН) зменшується прямо пропорційно кількості вапна. Це свідчить про те, що чим більше вапна вноситься, тим нижча кислотність ґрунту (більш лужне середовище).

Множинна регресія для впливу вапнування і мінеральних добрив враховує вплив як вапнування, так і мінеральних добрив, показуючи їхній комбінований вплив на кислотність.

Ця модель описує сумарний вплив кількості вапна та мінеральних добрив на кислотність ґрунту.

$$pH(x) = a_2 + b_2 \cdot L + c_2 \cdot M, \quad (2)$$

де L – кількість вапна (тонн на гектар); M – кількість мінеральних добрив (кг на гектар); a_2, b_2, c_2 – параметри моделі.

У цій моделі ми враховуємо одночасний вплив кількості вапна (L) та мінеральних добрив (M) на рівень рН ґрунту. Модель показує, що як збільшення кількості вапна, так і мінеральних добрив сприяє зниженню рН (підвищенню кислотності).

Графічне зображення процесу (рис. 2) є контурним та демонструє взаємозалежність між вапнуванням та мінеральними добривами. Чим більше обидвох факторів, тим нижчий рівень рН. Це корисно для визначення оптимальних доз добрив та вапнування для контролю кислотності ґрунту.

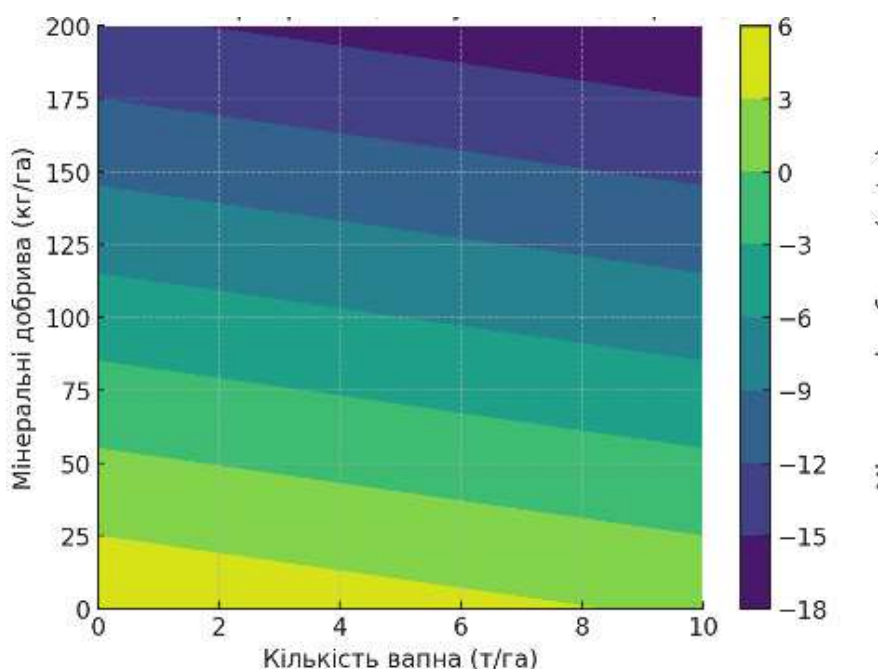


Рис. 2. Множинна регресія, що враховує вплив як вапнування, так і мінеральних добрив на кислотність ґрунту

Нелінійна регресія з урахуванням взаємодії факторів (вапнування та мінеральні добрива) описує взаємодію між добривами і вапнуванням, демонструючи, що їх сумісне застосування може мати нелінійний ефект на рН ґрунту.

Ця модель описує нелінійний вплив вапнування та мінеральних добрив із взаємодією факторів на кислотність ґрунту.

$$pH(x) = a_3 + b_3 \cdot L + c_3 \cdot M + d_3 \cdot M \cdot L, \quad (3)$$

де L – кількість вапна; M — кількість мінеральних добрив; a_3, b_3, c_3, d_3 – параметр взаємодії між вапнуванням та мінеральними добривами.

Ця модель враховує не лише окремий вплив кожного фактора, але й їхню взаємодію. Зокрема, член $0.05 \cdot L \cdot M$ описує синергетичний ефект, який виникає при одночасному внесенні вапна і мінеральних добрив (рис. 3).

Графік показує більш складну залежність та демонструє, що збільшення обох факторів окремо знижує рівень рН, але взаємодія між ними (вапнування і добрива разом) може частково компенсувати цей ефект. Це показує, що правильне комбінування вапна і добрив може бути ключем до досягнення оптимального рівня рН ґрунту.

Результати моделювання показали, що для кожної агрокліматичної зони необхідно розробляти індивідуальні рекомендації щодо доз вапна та добрив. Наприклад, у регіонах з високою вологістю (Полісся) вапнування потрібно проводити частіше через швидше закислення ґрунтів, тоді як у посушливих зонах (Степ) можна використовувати менші дози вапна з більшими інтервалами між внесеннями.

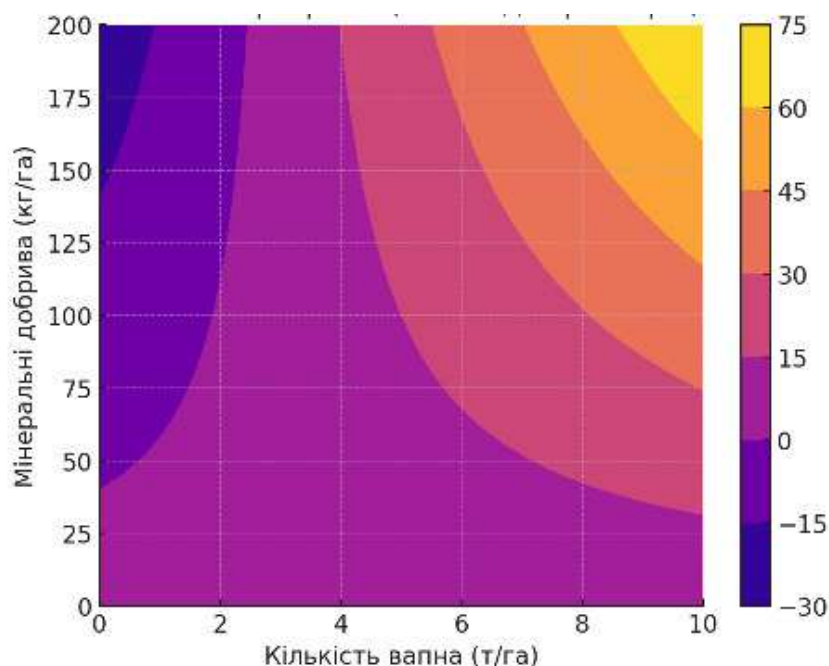


Рис. 3. Нелінійна регресія, яка відображає взаємодію між вапнуванням та мінеральними добривами і їхній сумарний вплив на кислотність ґрунту

Україна має декілька агрокліматичних зон, кожна з яких вимагає індивідуального підходу до управління кислотністю ґрунтів:

- Полісся: висока вологість і кислі підзолисті ґрунти вимагають регулярного вапнування (4-6 т/га) та обмеженого використання амонійних добрив.

- Лісостеп: тут спостерігається помірний рівень кислотності, і вапнування потрібно проводити раз на кілька років у поєднанні з азотними та фосфорними добривами.

- Степ: у цій зоні ґрунти переважно нейтральні, але у разі локального підкислення можна використовувати менші дози вапна.

Висновки. Вапнування є ефективним заходом для зниження кислотності ґрунтів у різних агрокліматичних зонах України. Воно сприяє підвищенню рівня рН, поліпшенню фізико-хімічних властивостей ґрунту, підвищенню доступності поживних елементів і зменшенню токсичності металів. Оптимальні дози вапна повинні визначатися залежно від типу ґрунту, його початкової кислотності та кліматичних умов регіону. Мінеральні добрива, особливо азотні, можуть сприяти підкисленню ґрунтів, тому їх застосування потребує контролю за рівнем кислотності та додаткового вапнування. Найбільш ефективним є поєднання мінерального удобрення з вапнуванням, що дозволяє зберігати оптимальний рівень рН і підвищити врожайність сільськогосподарських культур. Агрокліматичні умови суттєво впливають на динаміку кислотності ґрунтів. У вологих регіонах вапнування слід проводити частіше через швидше закислення ґрунтів, тоді як у посушливих зонах можливе використання менших доз вапна з більш тривалими інтервалами між внесеннями. Математичне моделювання впливу вапнування та мінерального удобрення дозволяє прогнозувати зміни кислотності ґрунту та розробляти ефективні стратегії для управління рН. Застосування лінійних і нелінійних моделей допомагає адаптувати агротехнічні заходи до конкретних умов агрокліматичних зон, забезпечуючи раціональне використання ресурсів і підвищення ефективності виробництва. В результаті дослідження було доведено, що комплексний підхід до управління кислотністю ґрунтів, який включає вапнування та правильне дозування мінеральних добрив, дозволяє значно покращити їх родючість та забезпечити стабільну врожайність сільськогосподарських культур у різних агрокліматичних зонах України.

1. Веремеєнко С. І., Польовий В. М., Трушева С. С. Зміна складу та властивостей дерново-підзолистих ґрунтів Полісся України під впливом тривалого сільськогосподарського використання : монографія. Рівне : НУВГП, 2013. 180 с.
2. Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л., Притуляк Р. М. Агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого за різних доз азотних добрив і їх поєднання з іншими видами мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 18–22.
3. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західному регіоні України / Зубець М. В. та ін. Київ : Аграрна наука, 2010. 944 с.
4. Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Борис Н. Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів : монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2019. 318 с.
5. Мазуркевич Л. І. Вплив тривалого застосування добрив на вміст поживних елементів у ґрунті, врожайність пшениці ярої та якість зерна. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Агронія*. 2014. Вип. 195(1). С. 78–84.
6. Rekaby S. A., Eissa M. A., Hegab S. A., & Ragheb H. M. Wheat Response to Nitrogen and Irrigation under SemiArid Conditions. *World Journal of Agriculture and Soil Science*. 2019. № 1. P. 1–6.
7. Atique-ur-Rehman, Qamar R., Altaf M. M. et al. Phosphorus and potassium application improves fodder yield and quality of sorghum in Aridisol under diverse climatic conditions. *Agriculture*. 2022. Vol. 12, Iss. 5. Article 593.
8. B. S. Brar, J. Singh, G. Singh, and G. Kaur. Effects of long-term application of inorganic and organic fertilizers on soil organic carbon and physical properties in maizewheat rotation. *Agronomy*. 2015. Vol. 5 (2). P. 220–238.
9. Havlin J. L., Beaton J. D., Tisdale S. L. and Nelson W. L. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*. 7th Edition, Pearson Educational, Inc., Upper Saddle River, New Jersey. 2005. 515 p.
10. Sharma S. and Singh J. Evaluation of split application of potassium for improving yield and potassium uptake in wheat. *International Journal of Chemical Studies*. 2020. Vol. 8 (3). P. 459–464.
11. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів : монографія. К. : Аграрна наука, 2008. 308 с.
12. Лихочвор В. В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів : НВФ «Українські технології», 2008. Р. 312 с.
13. Малиновська І. М. Мікробіологічні процеси у сірому лісовому ґрунті за мінерального удобрення, вапнування та заорювання побічної продукції рослинництва. *Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство : матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої 120-річчю від Дня Народження Григорія Андрущенка*. 24–26 квітня 2023. С. 138–141.
14. Вапнування кислих ґрунтів як основа підвищення ефективності дії добрив / Мазур Г. А., Сімачинський В. М., Медвідь Ю. Г. та ін. *Збірник наукових праць Інституту землеробства Української академії аграрних наук*. К. : Нора-прінт, 1998. Вип. 1. С. 3–9.
15. Лопушняк В., Засекін Н. Оцінка мікробіологічної активності дерново-підзолистого ґрунту за використання ферментованих добрив. *Вісник Львівського національного аграрного*

університету. *Агрономія*. 2013. № 17 (1). С. 170–174. **16.** Li C. X., Yun S. H. A. O., Zhang L. L. Effects of long-term organic fertilization on soil microbiologic characteristics, yield and sustainable production of winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture*. 2018. Vol. 17, Issue (01). P. 210–219.

REFERENCES:

1. Veremeienko S. I., Polovyi V. M., Trusheva S. S. Zmina skladu ta vlastyvoستي derno-vidzolystrykh gruntiv Polissia Ukrainy pid vplyvom tryvaloho silskohospodarskoho vykorystannia : monohrafiia. Rivne : NUVHP, 2013. 180 s.
2. Hospodarenko H. M., Liubych V. V., Burliai O. L., Prytuliak R. M. Ahrokhimichni vlastyvoستي chornozemu opidzolenoho za riznykh doz azotnykh dobryv i yikh poiednannia z inshymy vydamy mineralnykh dobryv. *Ahrarni innovatsii*. 2022. № 14. S. 18–22.
3. Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva v zoni Polissia i zakhidnomu rehioni Ukrainy / Zubets M. V. ta in. Kyiv : Ahrarna nauka, 2010. 944 s.
4. Tkachenko M. A., Kondratiuk I. M., Borys N. Ye. Khimichna melioratsiia kyslykh gruntiv : monohrafiia. Vinnytsia : TVORY, 2019. 318 s.
5. Mazurkevych L. I. Vplyv tryvaloho zastosuvannia dobryv na vmist pozhyvnykh elementiv u hrunti, vrozhainist pshenytsi yaroї ta yakist zerna. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Ser. Ahronomiia*. 2014. Vyp. 195(1). S. 78–84.
6. Rekaby S. A., Eissa M. A., Hegab S. A., & Ragheb H. M. Wheat Response to Nitrogen and Irrigation under SemiArid Conditions. *World Journal of Agriculture and Soil Science*. 2019. № 1. P. 1–6.
7. Atique-ur-Rehman, Qamar R., Altaf M. M. et al. Phosphorus and potassium application improves fodder yield and quality of sorghum in Aridisol under diverse climatic conditions. *Agriculture*. 2022. Vol. 12, Iss. 5. Article 593.
8. B. S. Brar, J. Singh, G. Singh, and G. Kaur. Effects of long-term application of inorganic and organic fertilizers on soil organic carbon and physical properties in maizewheat rotation. *Agronomy*. 2015. Vol. 5 (2). P. 220–238.
9. Havlin J. L., Beaton J. D., Tisdale S. L. and Nelson W. L. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th Edition, Pearson Educational, Inc., Upper Saddle River, New Jersey. 2005. 515 p.
10. Sharma S. and Singh J. Evaluation of split application of potassium for improving yield and potassium uptake in wheat. *International Journal of Chemical Studies*. 2020. Vol. 8 (3). P. 459–464.
11. Mazur H. A. Vidtvorennia i rehuliuвання rodiuchosti lehkykh gruntiv : monohrafiia. K. : Ahrarna nauka, 2008. 308 s.
12. Lykhochvor V. V. Mineralni dobryva ta yikh zastosuvannia. Lviv : NVF «Ukrainski tekhnolohii», 2008. R. 312 s.
13. Malynovska I. M. Mikrobiolohichni protsesy u siromu lisovomu hrunti za mineralnoho udobrennia, vapnuvannia ta zaoriuvannia pobichnoi produktsii roslynnytstva. *Grunty, stalyy rozvytok ta ukrainske gruntoznavstvo : materialy Mizhnarodnoi*

naukovi konferentsii, prysviacheni 120-richchiu vid Dnia Narodzhennia Hryhoriia Andrushchenka. 24–26 kvitnia 2023. S. 138–141. **14.** Vapnuvannia kyslykh gruntiv yak osnova pidvyshchennia efektyvnosti dii dobryv / Mazur H. A., Simachynskiy V. M., Medvid Yu. H. ta in. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva Ukrainskoi akademii ahrarnykh nauk*. K. : Nora-print, 1998. Vyp. 1. S. 3–9. **15.** Lopushniak V., Zasiakin N. Otsinka mikrobiolohichnoi aktyvnosti derno-pidzolystoho gruntu za vykorystannia fermentovanykh dobryv. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia*. 2013. № 17 (1). S. 170–174. **16.** Li C. X., Yun S. H. A. O., Zhang L. L. Effects of long-term organic fertilization on soil microbiologic characteristics, yield and sustainable production of winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture*. 2018. Vol. 17, Issue (01). P. 210–219.

Valetska O. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Nalobina O. O., Doctor of Engineering, Professor, Holotiuk M. V., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor, Pylypaka T. S., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor, Kolesnyk T. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Bundza O. Z., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

INFLUENCE OF LIMING AND MINERAL FERTILIZER ON SOIL ACIDITY IN DIFFERENT AGRO-CLIMATIC ZONES

The article examines the influence of liming and mineral fertilization on soil acidity in different agro-climatic zones of Ukraine. One of the key problems of modern agricultural production is maintaining the optimal soil pH level, since excessive acidity negatively affects the availability of nutrients, physicochemical properties of the soil, and the yield of agricultural crops. The research examines two main methods of regulating soil acidity: liming and application of mineral fertilizers. Liming is a traditional measure to reduce acidity, which consists in the introduction of calcareous materials that neutralize acidic components of the soil. The effectiveness of liming for different types of soil and agro-climatic conditions, in particular for the Polissia, Forest-Steppe and Steppe zones of Ukraine, was investigated. It has been established that the

optimal doses of liming can vary from 4 to 6 tons per hectare depending on the level of initial acidity of the soil and its physical properties. In more humid zones (Polysia), soil acidification occurs faster, which requires more frequent application of lime compared to the Steppe, where acidification processes occur more slowly. The use of mineral fertilizers, in particular nitrogen fertilizers, also affects the acidity of the soil. Ammonium forms of nitrogen during nitrification can increase acidity, requiring a combined approach using liming to neutralize this effect. It was determined that a rational combination of mineral fertilizers and lime allows to optimize the pH level and increase the availability of nutrients. Mathematical models developed as part of the research allow predicting the dynamics of changes in acidity depending on the doses of lime and mineral fertilizers. The applied models take into account the influence of climatic conditions, which makes them particularly useful for adapting agrotechnical measures to specific regional conditions. As a result of the conducted research, it was concluded that the effective management of soil acidity depends on the combination of liming with the correct use of fertilizers and taking into account the agro-climatic features of each zone.

***Keywords:* mineral fertilizers; chemical ameliorants; acidity; nutrients.**