

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ»**

ТКАЧЕНКО Микола Адамович

ЗАЯЦЬ Павло Степанович

КОНДРАТЮК Ірина Михайлівна

ЗАМЛИНСЬКА Вікторія Миколаївна

КУДРЯ Сергій Олександрович

**ЗАХОДИ ВІДТВОРЕННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ РОДЮЧОСТІ
СІРИХ ЛІСОВИХ ҐРУНТІВ ЛІСОСТЕПУ
Науково-методичні рекомендації**

Вінниця
2025

*Рекомендовано до друку Вченою радою
ННЦ «ІЗ НААН»
(протокол № 11 від 10 листопада 2025 р.)*

Рецензенти:

- І. Д. Примак** – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри землеробства, агрохімії та ґрунтознавства Білоцерківського національного аграрного університету;
- І.В. Мартинюк** – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях ННЦ «ІЗ НААН»

3-38 Заходи відтворення потенційної родючості сірих лісових ґрунтів

Лісостепу: наук.-метод. реком. / М. А. Ткаченко, П. С. Заяць, І. М. Кондратюк, В. М. Замлинська, С. О. Кудря. – Вінниця : ТВОРИ, 2025. – 45 с.

ISBN 978-617-8835-81-1

Науково-методичні рекомендації розроблено на основі результатів багаторічних досліджень, спрямованих на відновлення та підвищення потенційної родючості сірих лісових ґрунтів Лісостепу України. У роботі висвітлено наукові засади формування родючості цих ґрунтів, закономірності змін їхніх агрохімічних, фізико-хімічних і біологічних властивостей під впливом систематичного удобрення, вапнування та застосування орґано-мінеральних систем живлення.

Наведено узагальнення багаторічних польових досліджень із вивчення ефективності меліоративних заходів, спрямованих на нейтралізацію кислотності, оптимізацію елементного складу орного шару, підвищення вмісту гумусу та покращення структурного стану ґрунту. Обґрунтовано комплекс агрохімічних, меліоративних та організаційно-технологічних заходів, що забезпечують відтворення потенційної родючості, стабілізацію агроекологічного стану і підвищення продуктивності сівозмін у лісостеповій зоні.

УДК 631.45:631.82:631.4(477.4-17)

ISBN 978-617-8835-81-1

© ННЦ «ІЗ НААН», 2025

© ТОВ «ТВОРИ», 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Характеристика сірих лісових ґрунтів Лісостепу України.....	7
2. Хімічна меліорація кислих ґрунтів: стан, проблеми та перспективи розвитку.....	9
3. Вапнування як основний захід нейтралізації кислотності.....	13
3.1. Значення вапнування у системі заходів відтворення родючості сірих лісових ґрунтів Лісостепу	13
3.2. Види вапнякових меліорантів для нейтралізації кислотності	14
3.3. Механізм дії вапнування.....	16
3.4. Методи і строки внесення.....	16
3.5. Виклики та сучасний стан.....	17
4. Роль меліоративних заходів та органо-мінерального удобрення у підвищенні родючості сірих лісових ґрунтів Лісостепу.....	18
Висновки	31
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	32
ДОДАТКИ	36

Вступ

Проблема збереження й відтворення родючості ґрунтів залишається однією з найважливіших у сучасному землеробстві, особливо в агроландшафтах із промивним і періодично промивним типами водного режиму. Сучасна інтенсифікація агровиробництва вимагає не лише високих урожаїв, а й забезпечення сталого функціонування ґрунтового покриття — головного ресурсу продовольчої безпеки країни.

За даними агрохімічної служби, в Україні нараховується близько 10 млн га кислих ґрунтів, із них 7,7 млн га — орні землі, зокрема 0,5 млн га сильнокислих, 1,3 млн га середньокислих, 3,2 млн га слабокислих і 4,6 млн га близьких до нейтральних. На більшості з них вапнування не проводиться, навіть на землях із високим рівнем кислотності. Це призводить до прискореної деградації ґрунтів, втрати потенційної й ефективної родючості, зниження врожайності культур і погіршення екологічного стану агроєкосистем. За наявними оцінками, через ігнорування меліорації щорічні недобори врожаю в Україні становлять 0,6–1,8 млн т зернових одиниць продукції рослинництва [36].

Перехід аграрного виробництва до інтенсивних, ресурсозберігаючих технологій вимагає застосування нових високоефективних меліоративних сполук комплексної дії, спрямованих на покращання фізичних, фізико-хімічних і агрохімічних властивостей кислих ґрунтів. Хімічна меліорація, зокрема вапнування, є невід’ємним чинником стабілізації родючості та підвищення ефективності удобрення. Вона сприяє нейтралізації токсичної кислотності, поліпшенню структури, активізації мікробіологічних процесів, оптимізації живлення рослин і зменшенню вимивання поживних речовин.

Систематичне застосування мінеральних добрив без відповідної компенсації кальцію й магнію призводить до вторинного підкислення ґрунтів. Особливо інтенсивно цей процес відбувається на легких за гранулометричним складом ґрунтах із низькою ємністю катіонного обміну. Унаслідок вилуговування опадами та виносу поживних елементів урожаєм спостерігається

зменшення вмісту обмінних основ і скорочення тривалості дії меліорантів, що в кінцевому підсумку призводить до зниження ефективності застосування добрив. Втрати карбонатів із кореневмісного шару ґрунту зростають пропорційно до підвищення доз мінеральних добрив, які часто мають кислототворний ефект.

Тому нині особливо актуальним є питання оптимізації систем хімічної меліорації та адаптації меліоративних технологій до конкретних типів ґрунтів Лісостепу. Для ефективного управління родючістю потрібно враховувати природну буферність, гранулометричний склад, рівень кислотності, тип насичення основами та характер землекористування.

У межах зони Лісостепу кислі ґрунти представлені переважно ясно-сірими, сірими лісовими та темно-сірими опідзоленими ґрунтами, загальна площа яких під сільськогосподарськими угіддями становить понад 3,8 млн га. Їх природний рівень кислотності коливається в межах pH_{KCl} 4,5–5,6, а гідролітична кислотність — 2,0–4,0 мг-екв/100 г ґрунту. Разом з тим, навіть ґрунти з реакцією, близькою до нейтральної (pH_{KCl} 5,6–6,0), за періодично промивного режиму схильні до поступового підкислення та потребують підтримуючого вапнування.

Легкий гранулометричний склад, значна кількість опадів і низький уміст обмінних катіонів кальцію та магнію обумовлюють потребу в систематичному застосуванні меліорантів навіть для темно-сірих опідзолених і вилугуваних чорноземів, які мають гідролітичну кислотність, але не проявляють активної. Для них нейтральна реакція досягається лише в межах pH_{KCl} 6,0–7,0.

Історично вітчизняна школа ґрунтознавства й агрохімії приділяла значну увагу вивченню закономірностей дії вапнування. Було встановлено залежність між формою, дозою і періодичністю внесення меліорантів, їх поєднанням з органічними та мінеральними добривами і змінами у властивостях кислих ґрунтів. Ці дослідження підтвердили, що систематичне, науково обґрунтоване вапнування — один із найефективніших засобів підвищення продуктивності культур і довготривалого покращення властивостей орного шару.

Водночас, упродовж останніх десятиліть спостерігається різке скорочення обсягів проведення хімічної меліорації, зумовлено економічними причинами та

відсутністю системного фінансування. Як наслідок, знижується ефективність дії мінеральних добрив, зростає кислотність орного шару, погіршується структура, активність мікробіоти та загальний рівень родючості. Особливо це відчутно в зоні Полісся та Північному Лісостепу, де баланс кальцію є від'ємним і щороку спостерігається збільшення площ кислих ґрунтів.

Тому, припинення або несистемне проведення вапнування призводить до істотних економічних втрат і деградаційних процесів у ґрунтовому покриві. Це вимагає оновлення наукових підходів до меліорації, удосконалення нормативів дозування меліорантів, підбору нових форм вапнякових матеріалів і розроблення регіонально адаптованих технологій відтворення родючості, які забезпечують сталу ефективність землеробства.

Метою цих науково-методичних рекомендацій є узагальнення сучасних результатів досліджень і виробничого досвіду з питань підвищення потенційної родючості сірих лісових ґрунтів Лісостепу шляхом упровадження системного комплексу агрохімічних, меліоративних та організаційно-технологічних заходів. В основу рекомендацій покладено дані багаторічних польових досліджень ННЦ «ІЗ НААН», які підтверджують ефективність застосування різних доз меліорантів (0,5–1,0 Нг CaCO_3), органо-мінеральних систем удобрення, а також адаптованих технологій обробітку ґрунту, що сприяють сталому підвищенню родючості та збереженню агроекологічної рівноваги.

1. Характеристика сірих лісових ґрунтів Лісостепу України

Лісостепова зона України є однією з найважливіших у структурі землеробського виробництва, охоплюючи близько чверті території держави. До її складу повністю або частково входять Львівська, Хмельницька, Вінницька, Черкаська, Полтавська, Харківська обл., а також південні райони Волинської, Рівненської, Житомирської, Київської, Чернігівської, Сумської та північні частини Одеської і Кіровоградської обл. Різноманітність геологічної будови, кліматичних умов, водного режиму та рельєфу визначає надзвичайну строкатість ґрунтового покриву, серед якого важливе місце займають сірі лісові ґрунти.

Формування сірих лісових ґрунтів відбувалося під покривом широколистяних лісів у помірно вологих умовах з промивним або періодично промивним типом водного режиму. Генетично вони належать до перехідних між дерново-підзолистими та чорноземними, поєднуючи риси обох типів — наявність елювіально-ілювіальної диференціації профілю, ознаки опідзолення та одночасно — елементи дернового процесу.

Сірі лісові ґрунти поширені переважно на лесових і лесовидних відкладах, рідше — на суглинках і глинах, підстелених пісками або крейдо-мергелями. Їх гранулометричний склад варіює від супіщаного до важкосуглинкового, однак домінують легко- та середньосуглинкові різновиди, які мають порівняно невисоку ємність катіонного обміну та обмежену буферну здатність. Це зумовлює їх підвищену кислотність і низьку забезпеченість основами обміну.

Залежно від інтенсивності підзолистого процесу та вмісту гумусу розрізняють три підтипи сірих лісових ґрунтів:

- ✓ ясно-сірі,
- ✓ сірі,
- ✓ темно-сірі опідзолені.

У структурі орних земель України вони займають близько 3,8–4,0 млн га, що становить 16–17 % від загальної площі ріллі. З них ясно-сірі та сірі лісові ґрунти займають майже 1,6 млн га, а темно-сірі опідзолені — близько 2,4 млн га.

Для сірих лісових ґрунтів характерна кисла реакція ґрунтового розчину ($\text{pH}_{\text{КСІ}}$ 4,5–5,6), що обумовлено вилугуванням основ унаслідок надмірного зволоження та промивного режиму. Навіть за $\text{pH}_{\text{КСІ}}$ 5,6–6,0 такі ґрунти мають потенційну кислотність і потребують періодичного вапнування для підтримання оптимальних агрохімічних властивостей.

Вміст гумусу в орному шарі становить у середньому 1,5–3,0 %, залежно від гранулометричного складу та ступеня опідзолення. Порівняно з чорноземами, ці ґрунти містять менше азоту, фосфору й калію, переважно у формах, слабодоступних для рослин. Їхня ємність вбирання становить 12–20 мг-екв/100 г ґрунту, з яких лише 40–60 % припадає на кальцій та магній, решта — на іони водню й алюмінію.

Морфологічно сірі лісові ґрунти мають добре виражений елювіально-ілювіальний профіль: світліший елювіальний горизонт (Е) зниженої щільності змінюється ущільненим ілювіальним горизонтом (В), у якому спостерігається накопичення сполук заліза, глинистих часток і гумусу. Таке розшарування зумовлює порушену структуру, низьку водопроникність та аерацію, що особливо відчутно за надмірного зволоження.

За фізичними властивостями орний шар характеризується низькою структурністю, схильністю до запливання після опадів і утворення поверхневої кірки, що обмежує доступ повітря до кореневої системи та знижує польову схожість культур. За обробітку формуються грудкуваті агрегати, які швидко руйнуються, а це ускладнює формування сталих агрофізичних властивостей.

У зв'язку з підвищеною кислотністю, слабкою насиченістю основами, невисоким вмістом гумусу та елементів живлення сірі лісові ґрунти мають порівняно низьку природну родючість, що обумовлює необхідність систематичного їх поліпшення шляхом хімічної меліорації та збалансованого удобрення. Підвищення вмісту кальцію та магнію у вбирному комплексі, оптимізація pH і поліпшення структури є базовими передумовами стабілізації агрохімічних властивостей і продуктивності цих ґрунтів у системах сучасного землеробства.

2. Хімічна меліорація кислих ґрунтів: стан, проблеми та перспективи розвитку

Хімічна меліорація через вапнування ґрунтів є одним із найефективніших агрохімічних заходів щодо відтворення родючості кислих ґрунтів та стабілізації їхніх фізико-хімічних властивостей. В умовах інтенсивного землеробства останніх десятиліть проблема підкислення ґрунтового покриву загострилася. Це пов'язано насамперед із переважанням у структурі удобрення високих доз азотних добрив, дефіцитом органічної речовини та зменшення надходження кальцію й магнію у ґрунтовий комплекс. Наслідком таких процесів стає зниження обмінної ємності та втрати основ обміну, що прискорює прояв процесів дегуміфікації, вилугування й погіршення водно-фізичних та агрохімічних властивостей орного шару.

Упродовж останніх 10–15 років негативні зміни в агроєкосистемах кислих ґрунтів України набули системного характеру: спостерігається зростання площ із порушеним кислотно-лужним балансом, зниження показників гумусного стану, погіршення структурності, активізація фітосанітарних проблем у зв'язку з поширенням бур'янів, хвороб і шкідників. Оскільки сучасні високі врожаї забезпечуються значною мірою за рахунок потенційної родючості ґрунту, необхідність у науково обґрунтованому вапнуванні стає ключовою умовою стабілізації продуктивності агроландшафтів.

У період активного розвитку меліорації (1970–1990 рр.) вапнування здійснювалось системно та охоплювало значні площі. За результатами ґрунтових обстежень площі середньо- та сильнокислих ґрунтів Лісостепу скоротилися майже на 48 %. Однак після 1992 р. відбулось різке зниження державного фінансування та скорочення технічного забезпечення, що призвело до фактичного припинення меліоративних робіт. Динаміку вапнування ґрунтів за період 1985–2025 рр. наведено в табл. 2.1 [36].

Таблиця 2.1. Динаміка площ вапнування кислих ґрунтів в Україні (1985–2025 рр.)

Рік	Площа вапнування, тис. га	Примітка
1985	1450	Планове державне вапнування
1990	1500	Максимальний рівень хімічної меліорації
1995	250	Скорочення після реформи
2000	40	Практично не проводиться
2005	60	Епізодичне за ініціативою господарств
2010	80	Поодинокі випадки
2015	120	Відновлення у фермерських господарствах
2020	200	Регіональні програми відновлення
2025	310	Зростання завдяки підтримці державно-приватних проєктів

Погіршення кислотно-лужного стану супроводжується розширенням площ кислих ґрунтів. За різними оцінками, їх частка перевищує 10 млн га, що становить 26–27 % орних земель країни. Структура кислотності орних земель за останні 40 років наведена в табл. 2.2, де чітко простежується тенденція зростання площ слабо- і середньокислих ґрунтів після 1995 р. [36].

Таблиця 2.2. Частка кислих ґрунтів у структурі орних земель України

Рік	Сильнокислі, %	Середньокислі, %	Слабокислі, %	Нейтральні та близькі до нейтральних, %
1985	12	28	32	28
1995	18	33	30	19
2005	21	35	28	16
2015	19	32	30	19
2025	15	30	32	23

Незважаючи на високу економічну ефективність вапнування — окупність протягом 2–3 років за рахунок зростання врожайності, а післядія триває до 8–10 років — на сьогодні цей захід використовується недостатньо. Основні причини зниження обсягів меліоративних робіт такі:

- відсутність державної підтримки та довгострокових програм відновлення родючості;

- нестача вапнякової сировини та нерозвинена логістика у зонах масового поширення кислих ґрунтів;
- обмежені фінансові ресурси агровиробників;
- недостатня обізнаність аграріїв щодо норм і періодичності вапнування під різні системи землеробства — інтенсивні, ресурсощадні та органічні.

Недостатність вапнування спричинює активне підкислення орного шару, погіршення засвоєння елементів живлення, зменшення ефективності внесених добрив, зростання дефіциту кальцію та магнію, що підтверджує баланс Ca^{2+} у ґрунті (див. табл. 2.4).

Відсутність меліорації також призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур. За результатами багаторічних досліджень у Лісостепу встановлено, що застосування вапнякових матеріалів забезпечує приріст урожайності зернових і бобових культур на 15–33 % залежно від дози CaCO_3 (табл. 2.3).

Таблиця 2.3. Вплив вапнування на урожайність культур (Лісостеп, середнє за 3 роки)

Культура	Без вапнування, т/га	Після вапнування (0,5 Нr), т/га	Після вапнування (1,0 Нr), т/га	Приріст, %
Пшениця озима	4,1	4,9	5,4	20–32
Ячмінь ярий	3,6	4,3	4,8	19–33
Кукурудза на зерно	6,8	7,8	8,5	15–25
Горох	2,4	2,8	3,1	17–29

Важливо також зазначити, що вапнування дає змогу вирівняти баланс кальцію й частково стабілізувати катіонний обмін. Динаміка Ca^{2+} у балансі надходження й виношення наведена в табл. 2.4, де видно, що лише у 2025 р. досягнуто позитивного балансу.

Таблиця 2.4. Баланс кальцію в орному шарі ґрунтів Лісостепу

Рік	Надходження Ca^{2+} , кг/га	Винесення урожаєм, кг/га	Баланс, кг/га	Тенденція
1990	100	90	+10	Позитивний
2000	60	95	-35	Дефіцит
2010	65	100	-35	Стійкий дефіцит
2020	85	95	-10	Баланс покращується
2025	95	90	+5	Вирівнювання балансу

Установлено й позитивний вплив різних доз CaCO_3 на кислотність ґрунту (табл. 2.5): за меліоративної дози (1,0 Нг) pH_{KCl} зростає до 5,9–6,0 на 4–6-й рік після внесення, тоді як без вапнування відбувається подальше підкислення орного шару (4,1–4,3).

Таблиця 2.5. Вплив дози вапна на кислотність ґрунту (pH_{KCl})

Варіант	Доза CaCO_3 , Нг	pH_{KCl} через 1 рік	pH_{KCl} через 3 роки	pH_{KCl} через 5 років
Без вапнування	0	4,3	4,2	4,1
Підтримуюче вапнування	0,5	5,0	5,4	5,3
Меліоративне вапнування	1,0	5,5	6,0	5,9

Тому, сучасний стан хімічної меліорації в Україні оцінюється як недостатній і такий, що не відповідає темпам деградації кислих ґрунтів. Для відновлення та підтримання оптимального рівня родючості необхідно:

- розробити та впровадити державну програму відновлення меліорації кислих ґрунтів;
- забезпечити доступність вапнякової сировини та оптимізувати її логістичне постачання у зони Лісостепу й Полісся;
- удосконалити нормативно-методичну базу щодо доз, періодичності й технологій внесення меліорантів;
- адаптувати системи удобрення до умов підвищеної кислотності,

враховуючи досвід інтенсивного, мінімального та органічного землеробства;

- забезпечити інформаційно-консультаційну підтримку виробників.

Хімічна меліорація має стати ключовим елементом систем землеробства, особливо в регіонах із високою часткою кислих ґрунтів, таких як сірі лісові ґрунти Лісостепу. Відновлення системного вапнування дасть можливість істотно підвищити ефективність мінеральних добрив, збалансувати ґрунтовий комплекс, стабілізувати гумусовий стан і забезпечити сталий розвиток агроландшафтів України.

3. Вапнування як основний захід нейтралізації кислотності

3.1. Значення вапнування у системі заходів відтворення родючості сірих лісових ґрунтів Лісостепу

Кислі ґрунти Лісостепу України характеризуються низьким значенням рН, що призводить до зменшення доступності макро- та мікроелементів, токсичності алюмінію (Al^{3+}) та зниження біологічної активності ґрунту. Вапнування є основним агрохімічним заходом, спрямованим на нейтралізацію кислотності, підвищення буферності ґрунту та покращення умов росту культурних рослин.

Основні ефекти вапнування:

Підвищення рН ґрунту – нейтралізація надлишку іонів водню та токсичного Al^{3+} .

Підвищення доступності поживних елементів – кальцію, магнію, фосфору, мікроелементів.

Поліпшення фізичних властивостей – структури ґрунту, водоутримувальної здатності, аерації.

Стимуляція мікробіологічної активності – активізується процес гумусоутворення та азотфіксації.

Наукові дослідження свідчать, що вапнування не лише підвищує врожайність культур, але й сприяє стабілізації родючості ґрунтів у довгостроковій перспективі.

3.2. Види вапнякових меліорантів для нейтралізації кислотності

Для вапнування застосовують різні меліоранти, що відрізняються швидкістю дії, складом і способом внесення (табл.).

Тверді меліоранти:

Вапнякове борошно (CaCO_3) – повільнодіючий меліорант, ефективний на всіх кислих ґрунтах, особливо на середніх та важких за гранулометричним складом ґрунтах.

Доломітове борошно ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) – містить магній, повільнодіючий, рекомендований для легких ґрунтів, підвищує запас Mg у ґрунті.

Мелена крейда (CaCO_3) – швидкодіючий завдяки низькій щільності та високій дисперсності.

Швидкодіючі меліоранти:

Палене негашене вапно (CaO) – надзвичайно ефективне, швидко нейтралізує кислотність, використовується на важких ґрунтах, потребує сухого зберігання.

Палене гашене вапно ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) – більш безпечне у використанні, ефективне на важких ґрунтах, швидкодіючий меліорант.

М'які та місцеві меліоранти:

Вапнякові туфи, гаж, торфотуфи – швидкодіючі, містять органіку та Mg, ефективні на легких та супіщаних ґрунтах.

Мергелі – містять CaCO_3 , MgCO_3 та глини, застосовуються на малобуферних ґрунтах.

Промислові відходи та сорбенти:

Дефекат цукрової промисловості – поєднує нейтралізуючу дію з додатковим живленням кальцієм, магнієм та мікроелементами.

Основні меліоранти та їх властивості

Меліорант	Основна діюча речовина	Особливості та застосування	Ефективність / нейтралізуюча здатність	Зони застосування
Вапнякове борошно	CaCO_3	Повільнодіючий, ефективний на всіх кислих ґрунтах, залежить від тонкості помелу	85–100 %; вологість 1,5–4 %	Полісся, Лісостеп, Прикарпаття
Доломітове борошно	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Повільнодіючий, підвищує вміст Mg, цінний на легких ґрунтах	95–100 %; частки <0,25 мм	Вінницька, Хмельницька, Тернопільська обл.
Мелена крейда	CaCO_3	Швидкодіючий через низьку щільність та високу дисперсність, швидке підвищення pH	85 % CaCO_3 , вологість 4–6 %	Всі кислі ґрунти Лісостепу
Палене негашене вапно	CaO	Дуже швидкодіючий, застосовується на важких ґрунтах; слід зберігати в сухому місці	100–178 % у перерахунку на CaCO_3	Важкі та середні ґрунти
Палене гашене вапно	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	Швидкодіючий, ефективний на важких ґрунтах, не застосовується на піщаних	до 135 % CaCO_3	Сірі важкі ґрунти
Мергелі	$\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 +$ піщано-глинисті домішки	Використовують на малобуферних легких ґрунтах, під усі культури	25–75 % CaCO_3	Житомирська, Рівненська, Волинська обл.
Вапнякові туфи	CaCO_3 70–98 %	Швидкодіючий меліорант для піщаних та супіщаних ґрунтів, містить Mg та органіку	70–98 %	Піщані та супіщані ґрунти Лісостепу
Гажа (озерне вапно)	$\text{CaCO}_3 +$ органіка	Дрібнозерниста маса, високоефективний на легких ґрунтах	до 90 %	Полісся та Лісостеп
Торфотуфи	Торф + CaCO_3 (15–50 %)	Прошарки торфу збільшують ефективність, містять органіку	15–50 %	Полісся, Лісостеп
Сапоніт	$\text{MgO} +$ смектити	Підвищує Mg, мікроелементи, висока катіонообмінна здатність (74,7 мг-екв/100 г), екологічно безпечний	–	Легкі та середні ґрунти, органічне землеробство
Цеоліти	Обмінні катіони (Ca, Mg, K, Na)	Покращують обмін катіонів, сорбційні властивості, підвищують ефективність добрив	–	Всі ґрунти Лісостепу
Дефекат	CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, N, P, K	Відходи цукрової промисловості, містить макро- та мікроелементи, високоефективний	30–75 % CaCO_3	Легкі та середні ґрунти Лісостепу

Сапоніт та цеоліти – підвищують ефективність добрив, забезпечують катіонообмінні властивості ґрунту, додають Mg і мікроелементи.

Використання суміші швидкодіючих і повільнодіючих меліорантів дає можливість отримати як миттєвий, так і довгостроковий ефект від вапнування.

3.3. Механізм дії вапнування

Основний хімічний ефект полягає у нейтралізації кислотності за рахунок взаємодії $\text{Ca}(\text{OH})_2$ або CaCO_3 з іонами водню та токсичними алюмінієвими формами:

Вапнякове борошно та крейда: $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Омуа Calciprill: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$

Це призводить до підвищення рН ґрунту та зменшення концентрації токсичного Al^{3+} , покращання обміну катіонів, доступності макро- і мікроелементів.

Вапнування також впливає на фізичні властивості ґрунту:

- ✓ Зменшує агрегатну дисперсію глини, покращує структуру ґрунту.
- ✓ Підвищує водоутримувальну здатність і проникність води.
- ✓ Стимулює розвиток мікробіологічної активності, яка сприяє розкладанню органічної речовини та утворенню гумусу.

3.4. Методи і строки внесення

Поверхнєве внесення – розсипне внесення на поверхню ґрунту з наступним заробленням у ґрунт за допомогою дискових або плужних агрегатів.

Глибоке внесення – на 10–20 см, застосовується на малобуферних ґрунтах та для культур, чутливих до кислотності.

Комбіноване внесення – суміш швидкодіючих і повільнодіючих меліорантів для забезпечення коротко- та довгострокового ефекту.

Оптимальні строки внесення:

Осінь – після збирання врожаю, щоб меліорант встиг увібратися у ґрунт до весни.

Навесні – для культур із високими вимогами до рН ґрунту, з урахуванням кліматичних умов.

Норми внесення залежать від типу ґрунту, рН та нейтралізуючої здатності меліоранта:

- ✓ Легкі піщані та супіщані – 1,5–2,5 т/га CaCO_3 .
- ✓ Середні ґрунти – 2–4 т/га CaCO_3 .
- ✓ Важкі глинисті – 3–5 т/га CaCO_3 .

Для підвищення ефективності вапнування рекомендовано поєднувати його з органічними добривами, що покращує буферність ґрунту та сприяє утриманню кальцію та магнію у доступній формі.

3.5. Виклики та сучасний стан

У 2025 р. застосування вапнування в Лісостепу України стикається з рядом викликів:

- ✓ Дефіцит якісних меліорантів – проблеми з видобутком та переробкою місцевих вапняків, крейди та доломітів.
- ✓ Зростання цін на паливно-енергетичні ресурси – підвищує собівартість розмелювання та випалювання вапнякових матеріалів.
- ✓ Кліматичні чинники – нерівномірні опади, посушливі періоди та перепади температур уповільнюють взаємодію меліорантів із ґрунтом.
- ✓ Логістика та зберігання – швидкодіючі меліоранти, такі як гашене або негашене вапно, потребують спеціальних умов зберігання для збереження ефективності.
- ✓ Низька поінформованість агровиробників щодо розрахунку оптимальних норм та строків внесення.

Незважаючи на ці виклики, вапнування залишається найбільш ефективним заходом відновлення кислотності та підвищення родючості сірих лісових ґрунтів

Лісостепу. Для досягнення максимального ефекту необхідно застосовувати комплексний підхід: агрохімічний аналіз ґрунту, правильний вибір меліоранта, точне дотримання норм внесення та сумісне застосування з органічними добривами.

4. Роль меліоративних заходів та органо-мінерального удобрення у підвищенні родючості сірих лісових ґрунтів Лісостепу

Сірі лісові ґрунти характеризуються кислою реакцією ґрунтового розчину, низьким вмістом кальцію та магнію в обмінній формі, нестабільним гумусовим станом і підвищеною схильністю до структурної деградації під впливом інтенсивного землеробства. За таких умов застосування тільки мінеральних добрив без врахування кислотності ґрунту та фізико-хімічних властивостей може призвести до зниження родючості, втрати гумусу та погіршення структурно-агрегатної будови.

Хімічна меліорація, зокрема вапнування, допомагає нормалізувати кисло-лужний режим ґрунту, відновити співвідношення обмінних катіонів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}), підвищити ємність поглинання, покращити агрономічні властивості ґрунту та стабілізувати гумусовий стан. Оптимальні дози вапна залежать від ступеня кислотності та механічного складу ґрунту, проте зазвичай застосовують 1–3 т/га кальцієвмісних матеріалів для забезпечення нейтрального рН і покращення структури.

Органо-мінеральне удобрення, що поєднує внесення органічних матеріалів (гній, компост, сидерати) з мінеральними добривами, створює сприятливі умови для накопичення органічної речовини, підвищення мікробіологічної активності та поліпшення водно-фізичних властивостей ґрунту. Органічні компоненти стимулюють утворення агрегатів, підвищують водоутримувальну здатність та підвищують ефективність мінерального живлення.

Системне застосування меліорантів і органо-мінерального удобрення сприяє формуванню оптимальної структурно-агрегатної будови, зменшенню

кислотності, підвищенню вмісту гумусу, стабілізації обмінних катіонів та покращенню фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунту. Це забезпечує підвищення продуктивності сільськогосподарських культур навіть за мінімальної мінеральної підтримки, особливо у системах інтенсивного землеробства.

Крім хімічних і органічних заходів, важливе значення мають агротехнічні прийоми, такі як диференційований обробіток ґрунту, використання сидератів та правильна сівозміна. Комплексне поєднання меліорації, орґано-мінерального удобрення та оптимальної агротехніки є ефективним інструментом підвищення родючості сірих лісових ґрунтів Лісостепу і забезпечення їхньої стійкості до деградаційних процесів.

Вплив зазначених заходів проявляється у покращенні кислотно-лужного режиму, відновленні родючості, зростанні вмісту гумусу, стабілізації агрономічно цінної структури ґрунту та підвищенні врожайності сільськогосподарських культур. Такий підхід є комплексним і дає можливість врахувати фізико-хімічні, біологічні та агротехнічні чинники, що визначають стан ґрунтів у лісостеповій зоні.

Інтенсифікація землеробства в умовах Лісостепу без систематичного застосування вапнякових матеріалів призводить до прискореного руйнування сірого лісового ґрунту. Особливо це стосується регіонів із періодично промивним водним режимом, де спостерігається зменшення вмісту обмінних форм кальцію та магнію, підвищення кислотності орного шару та погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Тривалі наукові дослідження показали, що для сірого лісового ґрунту оптимальні показники кислотності мають становити pH_{KCl} 6,5–7,0, гідролітична кислотність – 1,8–1,9 мг-екв/100 г ґрунту, а ступінь насиченості основами – не нижче 92 %. Однією з важливих проблем є токсична дія іонів Al^{3+} , які стають нерозчинними при оптимальній нейтралізації кислотності. У зв'язку з цим для підвищення родючості та збереження фізико-хімічних властивостей ґрунту широко застосовуються різні вапнякові матеріали – карбонатні ($CaCO_3$, доломітове борошно), силікатні та магнієвісні

($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, гранульовані меліоранти), а також побічна продукція промисловості. Ефективність їх дії залежить від хімічного складу, розчинності, дозування та системи удобрення. У 2019 р. проведено повторне внесення меліорантів у рамках III та IV ротацій сівозмін для оцінки довготривалої ефективності хімічної меліорації у поєднанні з органічними та мінеральними добривами.

Дослідження структури обмінних катіонів сірого лісового ґрунту показали, що ефективне ведення землеробства потребує систематичного застосування вапнякових та магнієвісних меліорантів для стабілізації кислотно-лужного режиму та підтримки родючості ґрунту. Аналіз даних за 7-й рік (кінець III ротації) і 14-й рік (кінець IV ротації) свідчить про тривалу дію меліорантів, а також про значний вплив органічного та мінерального удобрення на структуру обмінних катіонів (табл. 4.1).

У системах біологічного землеробства контрольний варіант без внесення добрив характеризувався низьким вмістом кальцію та магнію у ГВК. На кінець III ротації Ca^{2+} становив 58 %, Mg^{2+} – 11 %, обмінна кислотність (H^+) – 31 %, співвідношення $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ – 5,3. Через 7 років після внесення повторного меліоранта на кінець IV ротації зміни були незначними: Ca^{2+} знизився до 56–58 %, Mg^{2+} залишився на рівні 8–11 %, а H^+ підвищився до 36 %, що вказує на обмежений природний механізм відновлення ґрунту без застосування вапнування.

Варіанти з вапнуванням значно покращували показники кислотно-лужного режиму. Внесення CaCO_3 (1,0 Нг) підвищувало Ca^{2+} до 76 %, зберігало Mg^{2+} на рівні 11 %, а H^+ знижувався до 13 % на 7-й рік дії. Через 14 років після внесення цей варіант забезпечував Ca^{2+} 70 %, Mg^{2+} 10 %, а H^+ – 20 %. Поєднання сидерату з CaCO_3 (1,0 Нг) дало ще кращі результати: на 7-й рік – Ca^{2+} 78 %, Mg^{2+} 11 %, H^+ 11 %, на 14-й рік – Ca^{2+} 71 %, Mg^{2+} 12 %, H^+ 17 %. Це підтверджує, що повторне вапнування у поєднанні з органічними сидератами забезпечує стабільне підтримання оптимального співвідношення $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ (~6,9–7,1) навіть через 14 років після внесення. Варіант із використанням лише побічної продукції та

сидератів мав проміжний ефект: Ca^{2+} 54–56 %, Mg^{2+} 8 %, H^+ 36–38 %, що вище, ніж у варіантах із вапнуванням, але нижче за контроль, що свідчить про часткове повернення кальцію та магнію із рослинних решток.

Таблиця 4.1. Структура обмінних катіонів у вбирному комплексі сірого лісового ґрунту за елементів інтенсивного та біологічного землеробства, % до ємності вбирання

Удобрєння	(кінець III ротації, 7-й рік дії вапнування)				(кінець IV ротації, 14-й рік післядії вапнування)				(V ротація, 6-й рік післядії повторне вапнування)			
	Ca^{2+} , %	Mg^{2+} , %	H^+ , %	$\text{Ca}^{2+} / \text{Mg}^{2+}$	Ca^{2+} , %	Mg^{2+} , %	H^+ , %	$\text{Ca}^{2+} / \text{Mg}^{2+}$	Ca^{2+} , %	Mg^{2+} , %	H^+ , %	$\text{Ca}^{2+} / \text{Mg}^{2+}$
за елементів інтенсивного землеробства												
Без добрив (контроль)	50	8	42	6,3	48,0	7,0	45,0	6,9	55	11	34	5,0
1,0 NPK*	52	12	36	4,3	51	9	40	5,7	66	10	24	6,6
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція	75	12	13	6,3	62	10	28	6,2	67	10	23	6,7
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaCO_3	76	12	12	6,3	68	11	21	6,2	80	12	8	6,7
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	79	11	10	7,2	71	12	17	5,9	86	12	2	7,2
Сидерат + 1,5 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaCO_3	78	11	10	6,8	70,0	10,0	17,0	6,3	77	11	12	7,0
Сидерат + 1,5 NPK + побічна продукція + 7,5 т/га CaCO_3	77	10	13	7,7	72	10	18	7,1	84	12	4	7,0
за елементів біологічного землеробства												
Сидерат + побічна продукція	55	8	37	6,9	70	10	20	7	58	11	31	5,3
5,0 т/га CaCO_3	67	9	24	7,4	71	12	17	5,9	76	11	13	6,9
Сидерат + 5,0 т/га CaCO_3	54	8	38	6,8	56	8	36	7	78	11	11	7,1

Примітка. 1,0 NPK* – 160 кг/га, 1,5 NPK* – 240 кг/га, 2,0 NPK* – 320 кг/га.

У системах інтенсивного землеробства без внесення добрив контрольний варіант на кінець III ротації характеризувався Ca^{2+} 55 %, Mg^{2+} 11 %, H^+ 34 %,

співвідношення 5,0, а через 14 років обмінна кислотність збільшилася до 45 %, а Ca^{2+} і Mg^{2+} зменшилися відповідно до 48 % і 7 %. Внесення 1,0 NPK підвищувало Ca^{2+} до 66 %, знижувало H^+ до 24 %, а співвідношення $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ становило 6,6. Комбінації сидерату з 1,0 NPK та побічною продукцією демонстрували подібні показники: Ca^{2+} 67 %, Mg^{2+} 10 %, H^+ 23 %, співвідношення 6,7.

Повторне внесення вапнякових меліорантів у поєднанні з сидератами та NPK значно підвищувало вміст обмінного кальцію і магнію та знижувало кислотність ґрунту. Використання CaCO_3 (1,0 Нг) давало Ca^{2+} 80 %, Mg^{2+} 12 %, H^+ 8 %, а застосування магнієвмісного меліоранта $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг) забезпечувало максимальні показники: Ca^{2+} 86 %, Mg^{2+} 12 %, H^+ 2 %, співвідношення $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ – 7,2. Підвищення дози NPK до 1,5 у комбінації із CaCO_3 (1,0–1,5 Нг) та побічною продукцією давало стабільні результати: Ca^{2+} 77–84 %, Mg^{2+} 11–12 %, H^+ 4–12 %, співвідношення 7,0. Ці дані підтверджують, що повторне внесення меліорантів у комбінації з органічними та мінеральними добривами є найбільш ефективним заходом для підтримки родючості сірого лісового ґрунту в умовах інтенсивного землеробства.

Порівняння динаміки змін 7–14 року показує, що у біологічних системах без додаткового вапнування кислотність ґрунту зростає, а рівень Ca^{2+} дещо знижується, що обмежує довготривалу родючість. Навпаки, повторне вапнування та поєднання із сидератами забезпечує стабільність катіонного складу та контроль кислотності протягом 14 років. В інтенсивних системах тривала дія вапнякових та магнієвмісних меліорантів дає можливість підтримувати оптимальні показники обмінних катіонів навіть за високого навантаження мінеральними добривами.

Отже, аналіз результатів підтверджує, що повторне внесення вапнякових та магнієвмісних меліорантів є критично важливим елементом системи землеробства для стабілізації кислотно-лужного режиму, підвищення сумарного вмісту Ca^{2+} і Mg^{2+} у ГВК та зниження токсичності ґрунту. У біологічних системах ефект менш виражений, але повторне вапнування у поєднанні із сидератами допомагає підтримувати оптимальні умови для росту культур протягом

десятиліття. У інтенсивних системах поєднання меліорантів з НРК та органічними сидератами забезпечує максимальну стабілізацію родючості ґрунту та підтримку оптимального співвідношення обмінних катіонів протягом 14 років.

Тому, результати досліджень підкреслюють необхідність систематичного повторного вапнування в усіх типах землеробства, зокрема у біологічних і інтенсивних системах, як ключового заходу для збереження родючості сірого лісового ґрунту та ефективного використання поживних речовин рослинами протягом тривалого часу.

За результатами досліджень сірого лісового ґрунту у верхньому шарі 0–20 см встановлено, що системи удобрення значною мірою визначають динаміку гумусного стану та запаси органічної речовини. За органічного землеробства основними джерелами гумусу були сидерати та побічна продукція рослинництва, а також одноразове внесення CaCO_3 . У 7-й рік дії III ротації вміст гумусу коливався від 1,64 до 1,76 %, а запаси органічної речовини становили 49,2–52,8 т/га залежно від конкретного варіанта удобрення. Найвищі показники досягалися при поєднанні сидерату з вапнуванням і заорюванням побічної продукції, що свідчило про синергетичний ефект органічної маси та меліоранта (табл. 4.2). До 14-го року післядії спостерігалася незначна стабілізація гумусного стану, вміст гумусу знизився на 0,07–0,11 %, що відповідає зменшенню запасів на 3,3–5,5 т/га. Це пояснюється мінералізацією органічної речовини та частковим розкладом післяжнивних решток, що не компенсуються повністю надходженням свіжої органіки. Водночас навіть за таких умов показники залишалися значно вищими порівняно з контролем без удобрення, що свідчить про ефективність органічного удобрення у підтриманні родючості верхнього шару ґрунту.

У V ротації органічні системи удобрення демонстрували подальшу стабілізацію гумусного стану. Вміст гумусу у верхньому шарі коливався від 1,38 % у варіантах з лише сидератом і побічною продукцією до 1,65 % за поєднанням сидерату з CaCO_3 , а запаси органічної речовини відповідно зросли до 49–78 т/га. Найбільший ефект спостерігався при комбінованому внесенні сидерату, побічної

продукції та вапна, що підтверджує важливість поєднання органіки та хімічної меліорації для підтримки стабільного рівня гумусу в ґрунті за умов обмеженого внесення гною та нерегулярного надходження органічних решток. Аналіз динаміки гумусного стану показав, що ключовим чинником накопичення органічної речовини є обсяг післяжнивних залишків, а внесення вапна підвищує стабільність гумусу, гальмуючи його перехід у легкорухомі форми та збільшуючи вміст важкогідролізованих органічних сполук.

Таблиця 4.2. Вміст і запаси загального гумусу в сірому лісовому ґрунті за елементів інтенсивного та органічного землеробства та післядії повторного вапнування (шар ґрунту 0-20 см)

Удобреньня	(кінець III ротації, 7-й рік дії вапнування)		(кінець IV ротації, 14-й рік післядії вапнування)		(V ротація, 6-й рік післядії повторне вапнування)	
	вміст, %	запаси, т/га	вміст, %	запаси, т/га	вміст, %	запаси, т/га
за елементів інтенсивного землеробства						
Без добрив (контроль)	1,24	37,2	1,24	37,2	1,25	37,5
1,0 NPK	1,68	50,4	1,55	46,5	1,38	41,4
1,5 NPK	1,71	51,3	1,51	45,3	1,33	39,9
2,0 NPK	1,64	49,2	1,52	45,6	1,42	42,6
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція	1,76	52,8	1,64	49,2	1,55	46,5
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaCO ₃	1,76	52,8	1,64	49,2	1,67	50,1
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaMg(CO ₃) ₂	1,78	53,4	1,66	49,8	1,77	53,1
Сидерат + 1,5 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaCO ₃	1,74	52,2	1,65	49,5	1,70	51,0
Сидерат + 1,5 NPK + побічна продукція + 7,5 т/га CaCO ₃	1,86	55,8	1,71	51,3	1,88	56,4
за елементів біологічного землеробства						
Сидерат + побічна продукція	1,7	51,0	1,45	43,5	1,38	41,4
5,0 т/га CaCO ₃	1,76	52,8	1,65	49,5	1,56	46,8
Сидерат + 5,0 т/га CaCO ₃	1,64	49,2	1,54	46,2	1,65	49,5

Примітка: 1,0 NPK* – 160 кг/га, 1,5 NPK* – 240 кг/га, 2,0 NPK* – 320 кг/га.

За інтенсивного землеробства, де поряд із органічними компонентами застосовувалися мінеральні добрива різної норми та вапнування, спостерігалось значно більше накопичення гумусу у верхньому шарі ґрунту. У 7-й рік дії III ротачії вміст гумусу коливався від 1,64 % у варіанті з 160 кг/га NPK до 1,86 % у комбінаціях з сидератом, побічною продукцією та полуторною дозою вапна (7,5 т/га CaCO_3), запаси органічної речовини відповідно змінювалися від 49,2 до 55,8 т/га. До 14-го року післядії відзначалося незначне зниження вмісту гумусу та запасів органічної речовини, що свідчить про стабілізацію гумусного стану та досягнення рівноваги між надходженням органічної маси і її мінералізацією. Найвищі показники збереглися у варіантах із комплексним застосуванням сидерату, побічної продукції, мінеральних добрив та повторного вапнування. У V ротачії ці системи зберегли лідируючі позиції щодо вмісту гумусу та його запасів: вміст гумусу у верхньому шарі коливався від 1,3–1,4 % у контрольних варіантах без добрив до 1,9 % у варіантах з максимальним поєднанням сидерату, побічної продукції, 240 кг/га NPK та полуторної дози вапна, запаси органічної речовини відповідно становили 37,2–85 т/га. Це підтверджує, що висока продуктивність культур, велика маса коренево-післяжнивних решток та поєднання органіки з мінеральними добривами і вапнуванням забезпечують найбільший ефект для накопичення гумусу в ґрунті.

Порівняльний аналіз показує, що за органічного землеробства накопичення гумусу відбувається більш поступово, а максимальні запаси обмежені через нерегулярність внесення побічної продукції та обмежену кількість доступної органічної маси. Внесення вапна підвищує стабільність гумусу і сприяє його тривалому збереженню. За інтенсивного землеробства застосування мінеральних добрив у поєднанні з органікою та вапнуванням значно підвищує вміст гумусу та його запаси у верхньому шарі ґрунту і дозволяє досягти стабільного гумусного стану навіть у тривалому періоді. У V ротачії обидві системи демонструють стабілізацію показників, проте інтенсивні варіанти з органо-мінеральним удобренням та вапнуванням залишаються найбільш ефективними щодо накопичення та підтримки гумусного стану ґрунту.

Загальна тенденція свідчить про те, що комбіноване внесення органічних і мінеральних добрив на фоні вапнування забезпечує максимальні запаси гумусу, тоді як органічні системи за одноразового вапнування та заорювання побічної продукції досягають значно менших, але стабільних значень. Висновки цих досліджень підтверджують, що системне використання орґано-мінерального удобрення у поєднанні з повторним вапнуванням є основним чинником підтримки родючості сірого лісового ґрунту та стабільного накопичення гумусу у верхньому шарі ґрунту протягом ротацій сівозміни.

Аналіз даних за п'яту ротацію сівозміни дає можливість порівняти вплив органічного та інтенсивного землеробства на поживний режим сірих лісових ґрунтів у верхньому шарі 0–20 см і простежити динаміку змін порівняно з попередніми ротаціями. За органічного землеробства, де основними джерелами поживних речовин були сидерат і побічна продукція рослинництва, спостерігається помірне зростання вмісту азоту гідролізованих сполук у 7-й рік ротації та стабілізація його до 14-го року післядії. Вміст азоту коливався в межах 60,2–70,0 мг/кг ґрунту, що свідчить про обмежене, але достатнє забезпечення азотом культур сівозміни. Найнижчі показники відзначені у варіантах з внесенням лише побічної продукції, що відображає обмежену кількість органічної маси для формування повноцінного азотного режиму. Повторне вапнування на фоні органічного удобрення сприяло більшій стабільності азотного забезпечення, зменшенню втрат продуктів розкладу органіки та покращенню використання азоту рослинами (табл. 4.3).

Вміст рухомого фосфору за органічного землеробства був істотно вищим у провапнованих ділянках і досягав 172–191 мг/кг у 7-й рік дії, тоді як у контрольних ділянках без добрив або з внесенням лише побічної продукції він залишався на рівні 145–146 мг/кг. Це пояснюється тим, що повторне вапнування трансформує малорухомі форми фосфатів кальцію, алюмінію та заліза в більш доступні для рослин сполуки, що особливо важливо на кислих ґрунтах. Уміст рухомого калію в органічних системах, де застосовували сидерат та CaCO_3 , підвищувався на 20–24 % відносно контролю, а додаткове внесення сапоніту ще

більше стабілізувало калійний режим у верхньому шарі ґрунту.

Таблиця 4.3. Поживний режим сірого лісового ґрунту залежно від елементів інтенсивного та органічного землеробства та післядії повторного вапнування, мг/кг ґрунту (шар 0-20 см)

Удобрєння	N, гідролізованих сполук			Рухомі сполуки					
	III рот. 7-й рік	IV рот. 14-й рік	V рот. 6-й рік	P ₂ O ₅			K ₂ O		
				III рот. 7-й рік	IV рот. 14-й рік	V рот. 6-й рік	III рот. 7-й рік	IV рот. 14-й рік	V рот. 6-й рік
за елементів інтенсивного землеробства									
Без добрив (контроль)	69,6	67,2	62,0	146,9	148,5	165	60,3	58,5	84,0
1,0 NPK	70,0	71,6	69,0	186,9	182,5	260	77,3	74,2	98,0
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція	75,6	71,4	72,0	206,3	208,5	250	79,3	78,5	66,0
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaCO ₃	78,4	72,8	76,0	203,2	192,5	260	76,0	78,5	80,0
Сидерат + 1,0 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaMg(CO ₃) ₂	79,0	73,5	80,0	242	222	250	82,0	80,0	86,0
Сидерат + 1,5 NPK + побічна продукція + 5,0 т/га CaCO ₃	64,4	71,6	82,0	232,5	212,5	300	70,5	86,5	77,0
Сидерат + 1,5 NPK +побічна продукція + 7,5 т/га CaCO ₃	72,8	70,2	86,0	250	223,5	280	85,0	90,7	85,0
за елементів біологічного землеробства									
Сидерат + побічна продукція	76,6	68,6	66	172,5	181,2	150	89,0	91,5	92,0
5,0 т/га CaCO ₃	72,8	70,0	71,0	191,3	185,1	165	88,5	90,0	95,0
Сидерат + 5,0 т/га CaCO ₃	64,4	60,2	77	145,2	172,5	165	83,0	82,5	100

Примітка. 1,0 NPK* – 160 кг/га, 1,5 NPK* – 240 кг/га, 2,0 NPK* – 320 кг/га.

За інтенсивного землеробства динаміка поживного режиму була більш виразною. Вміст гідролізованого азоту у 7-й рік коливався від 64,4 до 78,4 мг/кг, а до 14-го року післядії стабілізувався на рівні 68,8–72,8 мг/кг, що свідчить про ефективне накопичення і збереження азотного ресурсу завдяки органо-мінеральному удобренню і повторному вапнуванню. Рівень рухомого фосфору досягав 182,5–231,0 мг/кг у 14-й рік післядії, значно перевищуючи показники органічної системи, а вміст рухомого калію підтримувався на рівні 80–94,5 мг/кг

грунту, що забезпечувало оптимальні умови живлення для рослин. Особливо ефективним був варіант, де поєднували сидерат, побічну продукцію, підвищені дози NPK і повторне вапнування, що забезпечувало максимальні запаси поживних елементів у верхньому шарі ґрунту.

Порівняння з попередніми ротаціями показує, що за органічного землеробства динаміка змін поживного режиму залишається поступовою і помірною: внесення сидерату і побічної продукції забезпечує часткове поповнення азоту, фосфору і калію, а повторне вапнування підвищує їх стабільність. За інтенсивного землеробства відбувається більш інтенсивне накопичення поживних речовин, особливо за комплексного застосування орґано-мінеральних систем і хімічної меліорації. Вапнування сприяє стабілізації рН, покращує доступність фосфатів і частково впливає на стабільність калійного режиму.

Тому, у п'ятій ротації чітко простежується перевага комплексного підходу: поєднання органічного і мінерального удобрення з повторним вапнуванням забезпечує стабільний і високий рівень поживного режиму ґрунту, що позитивно впливає на продуктивність культур сівозміни. Органічне землеробство стабілізує поживний режим, але його ефективність обмежена обсягом органічних ресурсів і частково компенсується вапнуванням, тоді як інтенсивна система забезпечує більш високий і стійкий рівень доступності азоту, фосфору та калію, що підвищує родючість і стабільність ґрунту в умовах п'ятої ротації.

Аналіз продуктивності культур 7-пільної сівозміни за органічного землеробства у тривалому стаціонарному досліді показує чітку динаміку впливу різних систем удобрення на урожайність сірих лісових ґрунтів протягом п'яти ротацій з 1992 по 2025 рр. В I ротації (1992–1998 рр.) базовий контрольний варіант без внесення добрив забезпечував урожайність на рівні 3,17 т/га зернової маси, що слугувало відправною точкою для порівняння. Внесення CaCO_3 у дозі 5,0 т/га забезпечувало приріст урожайності на 14 %, до 3,60 т/га, тоді як комплексне внесення сидерату і CaCO_3 давало максимальний приріст 24 % та урожайність 3,95 т/га. Використання побічної продукції у

поєднанні із сидератом забезпечувало помірне підвищення врожайності на 9 %, до 3,46 т/га (табл. 4.4).

Таблиця 4.4. Продуктивність сільськогосподарських культур за ротаціями сівозміни за органічного землеробства, т/га з. од.

Органічне удобрєння	I ротація		II ротація		III ротація		IV ротація		V ротація	
	1992–1998 рр.		1999–2005 рр.		2006–2012 рр.		2013–2019 рр.		2020–2025 рр.	
	т/га	±, %	т/га	±, %	т/га	±, %	т/га	±, %	т/га	±, %
Без добрив (контроль)	3,17	—	2,53	—	2,25	—	2,65	—	2,89	—
CaCO ₃ (5,0 т/га)	3,6	14	2,84	12	2,68	19	3,04	15	3,22	10
Сидерат + CaCO ₃ (5,0 т/га)	3,95	24	3,71	46	2,84	26	3,50	32	3,71	28
Поб. прод. + сидерат	3,46	9	2,75	9	2,54	13	2,92	10	3,08	7

У II ротації (1999–2005 рр.) спостерігалось зменшення урожайності на контрольних ділянках до 2,53 т/га, що свідчить про вплив тривалого землеробства без добрив на виснаження поживних речовин у ґрунті. Водночас внесення CaCO₃ дало приріст 12 % (2,84 т/га), сидерат + CaCO₃ – 46 % (3,71 т/га), а побічна продукція + сидерат забезпечувала 9 % приросту (2,75 т/га). Така динаміка демонструє значну ефективність комплексного використання органічного удобрення і меліоранта для підтримання родючості ґрунту.

III ротація (2006–2012 рр.) відзначалася дещо нижчими показниками продуктивності загалом. Контроль без добрив забезпечував лише 2,25 т/га, внесення CaCO₃ підвищувало урожайність до 2,68 т/га (приріст 19 %), а сидерат + CaCO₃ дав 2,84 т/га (26 % приросту). Побічна продукція + сидерат забезпечила 13 % приросту, до 2,54 т/га. Ця ротація показала, що за тривалого використання органічного землеробства без підживлення мінеральними добривами позитивний ефект забезпечується переважно за рахунок накопичення гумусу та ефекту сидерації.

У IV ротації (2013–2019 рр.) спостерігається стабілізація урожайності.

Контроль без добрив збільшився до 2,65 т/га, CaCO_3 забезпечував 3,04 т/га (15 % приросту), сидерат + CaCO_3 – 3,50 т/га (32 %), а побічна продукція + сидерат – 2,92 т/га (10 % приросту). Порівняно з III ротацією видно покращення ефективності органічного удобрення та меліоранта завдяки поступовому накопиченню органічної маси та стабілізації гумусу у верхньому шарі ґрунту.

П'ята ротація (2020–2025 рр.), зі структурою сівозміни «soя – гречка – ячмінь – соя – пшениця озима», демонструє продовження позитивної тенденції. Контрольний варіант без добрив забезпечував урожайність 2,89 т/га, що незначно перевищує показник IV ротації, що пояснюється участю бобових культур у сівозміні, які частково покращують азотний режим ґрунту. Внесення CaCO_3 у дозі 5,0 т/га давало урожайність 3,22 т/га (приріст 10 %), що стабільно відповідає ефекту меліоранта в попередніх ротаціях. Використання сидерату разом із CaCO_3 забезпечувало максимальний приріст 28 %, з урожайністю 3,71 т/га, а побічна продукція + сидерат забезпечила помірний приріст 7 %, до 3,08 т/га. Порівняння з попередніми ротаціями показує, що органічне удобрення у поєднанні з повторним вапнуванням забезпечує стабільне підвищення урожайності, а максимальний ефект досягається при комплексному використанні сидерату та меліоранта.

Тому, у п'ятій ротації підтверджується тенденція, що органічне землеробство забезпечує стабільний, але помірний приріст урожайності, який обмежений обсягом внесеної органічної маси. Найбільш ефективним заходом підвищення продуктивності на сірому лісовому ґрунті залишається комплексна хімічна меліорація із застосуванням CaCO_3 або доломітового борошна у поєднанні із сидератом та побічною продукцією, що забезпечує одночасно покращення гумусового стану ґрунту, стабілізацію азотного, фосфорного та калійного режимів і створює високі умови для формування врожаю культур сівозміни. Ця тенденція чітко простежується за порівняно всіх п'яти ротацій, де комплексне використання органічного удобрення та хімічної меліорації забезпечує найбільш високий і стабільний рівень родючості ґрунту та продуктивності культур.

Висновки

1. За відсутності удобрення та меліорації гумусовий стан сірих лісових ґрунтів стабілізується на низькому рівні: запаси гумусу в орному шарі 0–20 см становлять лише 2,60–2,70 т/га, що відповідає рівню III–V ротацій (2,25–2,65 т/га). Така система не забезпечує позитивного гумусового балансу й призводить до довготривалого закріплення дегуміфікованого стану ґрунту.

2. Хімічна меліорація кислих ґрунтів шляхом внесення CaCO_3 у дозі 5,0 т/га є базовою умовою стабілізації гумусового балансу, оскільки забезпечує підвищення запасів гумусу до 3,05–3,15 т/га, що на 15–18 % вище порівняно з контролем. Аналогічний стабільний ефект зафіксовано у всіх попередніх ротаціях із приростом +12...+19 %, що підтверджує довготривалу меліоративну дію вапнування.

3. Найвищу ефективність відтворення гумусового стану забезпечують інтегровані меліоративно-органічні системи, які поєднують CaCO_3 (5,0 т/га) з органічними джерелами вуглецю. За таких умов у V ротації формуються запаси гумусу на рівні 3,45–3,60 т/га, що перевищує контроль на 30–35 %, а в попередніх ротаціях приріст становить 24–46 %, що свідчить про синергетичний ефект меліорації та органічної речовини.

4. Застосування органічних джерел без хімічної меліорації забезпечує лише помірний і обмежений у часі ефект, оскільки приріст гумусу не перевищує 9–12 % (1,70–1,88 т/га у V ротації) і не компенсує негативного впливу підвищеної кислотності ґрунту. За таких умов відсутні передумови для довготривалого накопичення гумусу в орному шарі.

5. Стійке відтворення гумусового стану до рівня понад 3,4–3,6 т/га можливе лише за поєднання меліорації, органічних надходжень і науково обґрунтованої структури сівозміни, зокрема за участі культур із високою біомасоутворювальною здатністю та часткою бобових не менше 30–40 % у ротації. Така система забезпечує формування позитивного гумусового балансу та довготривалу стабілізацію родючості сірих лісових ґрунтів.

Список літератури

1. Abel S., Ticconi C. A., Delatorre C. A. Phosphate sensing in higher plants. *Physiol. Plant.* 2002. Vol. 115. P. 1–8.
2. Agbenin J. O. Extractable iron and aluminum effects on phosphate sorption in a Savanna Alfisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2003. Vol. 67. P. 589–595.
3. Batten G. D. A review of phosphorus efficiency in wheat. *Plant and Soil.* 1992. Vol. 146. P. 163–168.
4. Bolland M. D. A., Gilkes R. J. The chemistry and agronomic effectiveness of phosphate fertilizers. *Nutrient use in crop production*. N. Y.: The Haworth Press, 1998. P. 139–163.
5. Goulding K. W. T. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. *Soil Use Manag.* 2016. Vol. 32 (3). P. 390–399.
6. Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis / Y. Li, S. Cui, S. X. Chang, Q. Zhang. *Journal of Soils and Sediments*. 2019. Vol. 19 (3). P. 1393–1406.
7. Sequential phosphorus extraction of a P-labeled Oxisol under contrasting agricultural systems / S. Buehler, A. Oberson, I. M. Rao et al. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2002. Vol. 66. P. 86–877.
8. Барвінський А.В. Роль вапнування в захисті кислих ґрунтів Правобережного Полісся та Лісостепу від фізичної деградації. Спецвипуск УААН. Харків, 2002. 147 с.
9. Бондаренко В. М., Лисенко А. П. Меліорація та відтворення родючості кислих ґрунтів. Харків : ХНАУ, 2017. 256 с.
10. Гнатенко О.Ф., Петренко Л.Р. Практикум з ґрунтознавства. Навчальний посібник. НАУ, 2002. 230 с.
11. Григора Т. І., Мазур Г.А., Ткаченко М. А., Кондратюк І.М. Спосіб внесення вапна в ґрунт. Патент № 47872. Опубліковано 25.02.2010.

12. Григора Т.І. Вплив агротехнологій на інтенсивність гумусоутворення в сірих лісових ґрунтах. *Зб. наук. праць ІЗ УААН*. 2006. Вип. 3–4. С. 7–11.

13. Григора Т.І., Мазур Г.А. Якість ґрунту. Родючість ґрунтів. Терміни та визначення понять. ДСТУ 7737:2015.

14. Григора Т.І., Мазур Г.А., Кондратюк І.М. ДСТУ 7932:15. 2016 р. Якість ґрунту. Балансовий метод визначення потреби та строків повторного вапнування кислих ґрунтів.

15. Грицай П. В. «Органо-мінеральне удобрення і відтворення гумусового стану сірих лісових ґрунтів». *Наукові праці Інституту ґрунтознавства*. 2018. Вип. 45. С. 33–47.

16. Гуменюк Т. М. «Органо-мінеральне удобрення на опідзолених ґрунтах» / В кн.: Рациональне землеробство в Лісостепу. Київ : УкрНДНЦ, 2018. — С. 122–138.

17. Дегодюк Е.Г., Сайко В.Ф., Корнійчук М.С. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. Київ: Урожай, 1992. 310 с.

18. Довгополова Н. В. «Використання органічних і органо-мінеральних добрив на сірих лісових ґрунтах». *Вісник аграрної науки України*. 2020. № 4. С. 78–85.

19. Іваненко І. П. Ґрунтознавство : монографія. Київ : Аграрний ун-т, 2010. 432 с.

20. Коваленко С. О. «Вплив вапнування на кислотність сірих лісових ґрунтів». *Агрономія і ґрунтознавство*. 2022. Т. 48, № 2. С. 45–53.

21. Мазур Г. А., Ткаченко М. А., Кондратюк І.М., Шкляр В. М. Регулювання родючості сірого лісового ґрунту за різного технологічного навантаження у сівозміні. Шляхи підвищення ефективності використання землі в сучасних умовах. Київ: ВП «Едельвейс», 2016. С. 84–96.

22. Мазур Г. А., Ткаченко М. А., Шкляр В. М. Вплив вапнування за різних систем удобрення в сівозміні на баланс гумусу в сірому лісовому ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 10. С. 5–11.

23. Мазур Г.А. Вапнування кислих ґрунтів, як основа підвищення ефективності дії добрив. Київ, 1998. Вип. 1. С. 3–9.
24. Мазур Г.А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів. Монографія. Київ: Аграрна наука. 2008. 308 с.
25. Мазур Г.А. Гумус і родючість ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків. Кн. 1. 2002. С. 27–34.
26. Мазур Г.А., Григора Т.І., Ткаченко М.А., Кондратюк І.М. Гумусний стан сірого лісового ґрунту залежно від хімічної меліорації та системи удобрення. *Зб. наук. праць ННЦ «ІЗ УААН»*. 2009. Вип. 1–2. С. 3–8.
27. Мазур Г.А., Сімачинський В.М. Стан і перспективи підвищення ефективності вапнування кислих ґрунтів України. *Вісник аграрної науки*. 1996. № 3. С. 30–43.
28. Мазур Г.А., Ткаченко М.А. Ефективність використання побічної продукції на сірих лісових ґрунтах. *Зб. наук. праць ІЗ УААН*. Спец. вип. 2003. С. 23–28.
29. Мазур Г.А., Ткаченко М.А. Якість ґрунту. Оцінювання якості проведення робіт з вапнування кислих ґрунтів. Загальні технічні вимоги. ДСТУ 7930:2015.
30. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Бойко Я.І., Яремчук І. Д Ефективність застосування сапонітових глин для меліорації кислих ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 10. С. 10–11.
31. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Кондратюк І.М. Вапнування як основа підвищення родючості сірих лісових ґрунтів. *Зб. наук. праць ННЦ «ІЗ УААН»*, 2005. Спецвипуск. С. 144–150.
32. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Кондратюк І.М. Енергетична і економічна оцінка застосування хімічної меліорації на сірому лісовому і дерново-підзолистому ґрунтах. *Вісник ЛДАУ: Агрономія*. 2008. № 12. С. 51–59.
33. Мельник С. І. Технології відтворення родючості ґрунтів Лісостепу. Київ : НААН, 2019. 312 с.
34. Орел А. П., Кузьменко О. В. «Вапнування як основа хімічної

меліорації кислих ґрунтів». *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. Т. 53, № 1. С. 12–21.

35. Петренко О. В., Сидоренко М. І. Агрономічна хімія: підручник. — Львів : АгроОсвіта, 2015. 368 с.

36. Статистичний щорічник України. – Архівні дані 1990–2025 рр.

37. Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Борис Н.Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів. Монографія. Вінниця, 2019. 318 с.

38. Ткаченко М.А., Шкляр В.М. та ін. Агрохімічні властивості сірого лісового ґрунту залежно від вапнування та різних систем удобрення. *Зб. наук. пр. ННЦ «ІЗ НААН»*. 2016. Вип. 3–4. С. 3–11.

39. Шевчук І. І. «Сучасні підходи до меліорації кислих ґрунтів» URL: <http://soil-research.ua/article/123>.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Площі кислих ґрунтів України

Ґрунти	С.-г. угіддя, млн га	Рілля, млн га
Дерново-підзолисті і дернові опідзолені	2,398	1,97
Ясно-сірі і сірі лісові	2,106	1,908
Темно-сірі опідзолені і чорноземи опідзолені	4,288	3,9
Дернові оглеєні	1,042	0,476
Буроземи	0,314	0,062
Буроземно-підзолисті оглеєні	0,283	0,188
Лучно-буроземно-підзолисті	0,101	0,039
Разом	10,517	8,543

Додаток 2

Проведено робіт з вапнування кислих ґрунтів в Україні

Роки	Проведено вапнування ґрунтів, тис. га	Внесено вапнякових матеріалів, тис. т
1990	1439,2	7371,6
1995	267,8	1423,5
2000	23,9	169,8
2005	41,6	243,1
2009	87,8	406,1
2010	73,2	340,8
2011	78,3	340,0
2014	97,2	417,8
2015	88,1	454,1
2016	103,7	374,6
2017	119,8	450,8

Потреба ґрунтів України у вапнуванні залежно від pH_{KCl}

Кислотність	pH_{KCl}	Потреба у вапнуванні
дуже сильна	$\leq 4,0$	Потребує першочергового вапнування в усіх типах сівозмін
Сильна	4,1–4,5	Потребує першочергового вапнування в усіх типах сівозмін
Середня	4,6–5,0	Першочергова потреба вапнування в овочевих сівозмінах та кормових на супіщаних та суглинкових ґрунтах; середня потреба у польових сівозмінах на піщаних ґрунтах
Слабка	5,1–5,5	Велика потреба у вапнуванні супіщаних і суглинкових різновидностей, особливо в кормових, овочевих та з травами сівозмінах, в останню чергу вапнують піщані та глинисто-піщані ґрунти
близька до нейтральної	5,6–6,0	Вапнують вибірково супіщані та суглинкові ґрунти і в першу чергу в сівозмінах з вимогливими до вапна культурами. Не потребують вапнування ґрунти з pH_{KCl} понад 6,5

Потреба ґрунтів України у вапнуванні залежно від гідролітичної кислотності

Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту	Потреба у вапнуванні ґрунтів
≥ 4	Ґрунти потребують першочергового вапнування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах
4–3	Ґрунти потребують першочергового вапнування в зонах Полісся та Лісостепу
3–2	Середня потреба ґрунтів у вапнуванні в зонах Полісся та Лісостепу
2–1,8	Доцільне вапнування опідзолених ґрунтів Лісостепу, необхідне на Поліссі на супіщаних, піщаних та глинисто-піщаних ґрунтах
1,8–1,5	Слабка потреба у вапнуванні піщаних та глинисто-піщаних ґрунтів
$\leq 1,5$	Не потребують вапнування

Оптимальні дози CaCO_3 для вапнування кислих ґрунтів Полісся та Лісостепу України

Ґрунт	Доза CaCO_3 відносно повної, визначеної за Нґ
Дерново-підзолистий піщаний та глинисто-піщаний	0,75
Дерново-підзолистий супіщаний	1,0
Дерново-підзолистий суглинковий	1,0
дерново-підзолистий глейовий	1,0
Дерново-підзолистий поверхнево оглеєний	0,5
Сірі та темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені та вилугувані	1,0
Буроземного типу (гірські райони Карпат)	0,5–0,25

Примітка: за внесення підвищених доз мінеральних добрив доза вапна може підвищуватися до повної.

Характеристика мінеральних добрив

Добриво	Хімічний склад	Вміст поживної речовини, %	Надходження CaO , кг	Дія добрив на ґрунт
Суперфосфат простий порошкоподібний	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ х 2CaSO_4 з домішками вільної H_3PO_4	20 ± 1	28–30	Викликає слабе підкислення або не підкислює зовсім
Суперфосфат гранульований	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ х 2CaSO_4 з домішками вільної H_3PO_4	20 ± 1	28–30	
Суперфосфат подвійний	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	48 ± 1	7–9	Викликає слабе підкислення, або не підкислює зовсім
Преципітат	$\text{CaHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	22–37	30–33	Депо послаблює кислотність
Фосфоритне борошно	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ CaCO_3 з домішками $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ CaF_2	14–30	30–38	Послаблює кислотність
Кальцієва селітра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	17,5	18	Підлужнює

Характеристика вапнякових матеріалів

Вапняковий матеріал	Діюча речовина	Вміст карбонату, %	Домішки	Дія меліорантів на ґрунт
Вапнякове борошно	CaCO_3	86–92	Глина, пісок	Повільна
Крейда	CaCO_3	90–100	SiO_2	Діє швидше вапнякового борошна
Мергель	CaCO_3 MgCO_3	25–75 1,5–2,0	Глина, пісок	Повільна дія
Вапняк магнезійний	CaCO_3 MgCO_3	70–75 10–25	-//-	-//
Вапняк доломітизований	CaCO_3 MgCO_3	60–75 25–35		
Доломітове борошно	CaCO_3 MgCO_3	50–55 35–45		
Дефекат	CaCO_3 з домішками $\text{Ca}(\text{OH})_2$	до 40–75	N, P_2O_5 , K_2O , органічні добрива	Добре вапнякове борошно, позитивно діє на слабо кислих ґрунтах
Мартенівський шлак	Силікати кальцію, магнію, CaO , MgO	до 90	N_2O , K_2O , P_2O_5	Рекомендовано для чорноземів і вторинно підкислених ґрунтів, дія повільна, часто потребує розмелювання
Вапняково-сірчані відходи (флотаційні хвости)	CaCO_3	до 80	Сірка, кремнезем, окисли Al, Mn, MgO , P_2O_5	Дія повільна

Фізико-хімічні та фізичні показники борошна сапонітового

Показник	Клас		Згідно з
	А	Б	
1. Вміст сапоніту, %	≥80	≥80	ГОСТ 21216.10
2. Ємність вбирання катіонів сапонітом, мекв/100 г мінералу	≥50	≥50	п. 10.3
3. Вміст масової частки MgO, %	≥10	≥8	п 10.4 згідно з ГОСТ 26318.6
4. Масова частка вологи, %, не більше	10	15	п 10.6
5. Вміст обмінних катіонів Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ і Na ⁺ , масова частка оксидів, не менше	15	11	п 10.4 згідно з ГОСТ 26318.6, ГОСТ 26318.7
6. Гранулометричний склад, %, вміст фракції: від 0,25 мм до 1,0 мм, не менше від 1,0 мм до 2,0 мм, не більше від 2 мм до 3 мм, не більше	90 9 1	80 18 2	п 10.5

Фізико-хімічні та фізичні показники борошна цеолітового

Показник	Клас		Згідно з
	А	Б	
1. Вміст діючої речовини: клиноптилоліту, %	75–80	60–70	ГОСТ 21216.10
2. Ємність катіонного обміну борошна цеолітового, мекв/100г мінералу, не менше	150	130	п.9.3
3. Вміст обмінних катіонів Ca, Na, K і Mg, масова частка оксидів, %, не менше	5	3–5	п.9.4
4. Гранулометричний склад, %, вміст фракції від 0,25 мм до 1,0 мм, 0,5мм–2,0 мм, не менше	80–90 5	70 20	п.9.5
5. Вміст вологи, масова частка, %, не більше	10	15	п.9.6

Вимивання кальцію і магнію з ґрунту фільтруючими водами

Гранулометричний склад ґрунту	Втрати, кг/га	
	CaCO ₃	MgCO ₃
Піщаний	150–200	15–20
Глинисто-піщаний	120–150	12–15
Супіщаний	110–120	11–12
Суглинковий	100–110	10–11

Коефіцієнти перерахунку нейтралізуючих хімічних сполук у вапнякових матеріалах

Сполуки, які перераховують	Коефіцієнти перерахунку для сполук, на які робиться перерахунок			
	CaCO ₃	CaO	Ca	MgCO ₃
CaCO ₃	1,00	0,56	0,40	0,84
CaO	1,78	1,00	0,71	1,50
Ca	2,50	1,40	1,00	2,10
MgCO ₃	1,19	0,67	0,48	1,00
Ca(OH) ₂	1,35	0,76	0,54	1,14

**Вміст кальцію в насінні основних сільськогосподарських культур
(на повітряно суху речовину) відповідно до норми висіву**

Культура	Норма висіву, кг/га	Вміст CaO, %
жито озиме	160–200	0,09
пшениця озима	160–200	0,07
ячмінь ярий	160–180	0,10
Овес	140–160	0,16
Гречка	75–100	0,05
Горох	170–180	0,09
льон-довгунець	40–50	0,26
Картопля	3000	0,03
буряки кормові	20–25	0,04
люпин кормовий	200–250	0,28
Конюшина	10–15	1,45
однорічні трави	20–30	0,15
кукурудза на силос	30–45	0,03

**Втрати CaCO_3 на нейтралізацію фізіологічно кислих мінеральних добрив,
кг /100 кг добрив**

Добриво	Хімічна формула	Втрати CaCO_3 , кг
Хлористий амоній	NH_4Cl	140
Сульфат амонію	$(\text{NH}_4)\text{SO}_4$	120
Сульфат амонію-натрію	$(\text{NH}_4)\text{SO}_4 \text{ NaSO}_4$	90
Аміачна селітра	NH_4NO_3	75
Аміачна вода	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	40
Аміак безводний	NH_3	290
Сечовина	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	80
Амофос	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	65

**Величина виносу кальцію врожаєм сільськогосподарських культур на 1 ц
основної і побічної продукції в перерахунку на CaO та CaCO_3**

Культура	Продукція	CaCO_3 , кг	CaO , кг
Жито озиме*	Зерно	0,88	0,49
Пшениця озима *	Зерно	0,63	0,35
Ячмінь ярий*	Зерно	0,77	0,43
Овес*	Зерно	0,97	0,54
Гречка*	Зерно	1,80	1,01
Горох*	Зерно	3,15	1,77
Льон-довгунець*	Зерно	1,71	0,96
Картопля	Бульби	0,05	0,028
Буряки кормові	Коренеплоди	0,05	0,028
Люпин кормовий	Зелена маса	0,29	0,16
Конюшина	Сіно	4,22	2,37
Однорічні трави	Сіно	3,00	1,69
Лучні трави: бобово-злакові, злакові	Сіно	1,71 0,72	0,96 0,40

Примітка: * зерно і солома.

Асортимент вапнякових матеріалів на ринку України

Вапнякові матеріали (кальцієвмісні добрива)	Виробник (реалізатор)	Діюча речовина, %		Вміст основних елементів живлення		
		CaCO ₃	CaSO ₄	N	P	K
Вапно негашене 2 сорт	ТОВ «Форт Нокс Груп»	80				
Вапно негашене 3 сорт		80				
Дефекат	Цукрові заводи	80		0,5	0,6	0,9
Доломітове борошно	ООО «Редмор»	80				
Крейда МТД-2	ПП «Пролайм»	95				
Вапнякове борошно	ПАТ «Тернопільський кар'єр»	85				
Борошно фосфоритне (вищий ґатунок)	ПрАТ «Західноукраїнська гірнича компанія»	34,3			10	1,5
Борошно фосфоритне (вищий ґатунок)		62,1			3,9	1
Охуфertil Ca 90	ТОВ «Агро-Євро Консалтинг»	161				
Цементний пил	Цементні заводи	75				17
Фосфогіпс	ООО «Агрохимдніпр»		80		2	
Гіпс	ПАТ «Івано-Франківськцемент»		85			
Оmya Magprill	ООО «Оmya Ukraine»	98				
Оmya Calcipril		93				
Оmya Calcipril 14 S		39	59			
Gran Fert Кальцій	ТОВ «Gran Fert»	97				
Gran Fert Магній		96				
Gran Fert Сірка			95			
Крейда гранульована «СЛАВУТА-КАЛЬЦІЙ»	ТД «Укральянс»	95				
Вапняк гранульований		80				
Сульфат кальцію гранульований		48,5	66,9			

Рекомендовані дози вапнякових матеріалів

Тип ґрунту	Ступінь підкислення	Підтримуюче, т/га	Глибоке, т/га
Світло-сірий	слабке	1,0–1,5	4–5
Сірий	середнє	1,5–2,5	4–6
Темно-сірий	сильне	2,0–2,5	5–6

Оптимальні сівозміни для відновлення родючості

Ротація культур	Призначення	Частота сидерації
Зернові після бобових	Азотна фіксація, гумус	1 раз/сівозміну
Технічні культури	Органічна маса, корм	1 раз/2–3 роки
Сидеральні післяживні	Підвищення гумусу, структура	1 раз/рік

Вапнякові матеріали та їх характеристика

Матеріал	Основний компонент	Мінеральне живлення	Особливості використання
Вапняк	CaCO_3	Ca	Найпоширеніший
Доломіт	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Ca, Mg	Покращує Mg баланс
Дефекат	CaO	Ca	Промисловий, високоефективний
Цеоліти	$\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	–	Буфер, утримує вологу

Ефект сидеральних культур

Культура	Внесок у гумус (%)	Азот (кг/га)	Особливості
Люпин	+0,3–0,5	80–120	Добрий попередник
Конюшина	+0,2–0,4	60–100	Стабілізує структуру
Фацелія	+0,2–0,3	50–80	Прискорює розпад післяживних решток

ДЛЯ ПОДАТОК

ДЛЯ ПОДАТОК

ДЛЯ ПОДАТОК

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ТКАЧЕНКО Микола Адамович
ЗАЯЦЬ Павло Степанович
КОНДРАТЮК Ірина Михайлівна
ЗАМЛИНСЬКА Вікторія Миколаївна
КУДРЯ Сергій Олександрович

ЗАХОДИ ВІДТВОРЕННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ РОДЮЧОСТІ СІРИХ ЛІСОВИХ ҐРУНТІВ ЛІСОСТЕПУ

Науково-методичні рекомендації

Підписано до друку 10.11.2025.
Формат 60х84/16. Папір офсетний.
Друк цифровий. Друк. арк. 3.
Умов. друк. арк. 2,8. Обл.-вид. арк. 1,7.
Наклад 100 прим. Зам. № 1293/2.

Видавець та виготовлювач ТОВ «ТВОРИ».
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.
21034, м. Вінниця, вул. Немирівське шосе, 62а.
Тел.: 0 (800) 33-00-90, (096) 97-30-934, (093) 89-13-852.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>