

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

**Зенон ТОМАШІВСЬКИЙ, Григорій КОНИК,
Оксана КАЧМАР, Юрій ОЛФІР**

ПІДВИЩЕННЯ РОДЮЧОСТІ КИСЛИХ ҐРУНТІВ

Монографія

Видання друге, доповнене

Львів
СПОЛОМ
2021

Томашівський, Зенон Михайлович.

Підвищення родючості кислих ґрунтів : монографія / З. М. Томашівський, Г. С. Коник, О. Й. Качмар, Ю. М. Оліфір ; [2-ге вид., допов.] ; [за ред. З. М. Томашівського]. – Львів : СПОЛОМ, 2021. – 220 с. ; [87] табл. ; рис. – Бібліогр.: с. 206–216 (143 назви).

Подано характеристику поширених в Україні кислих ґрунтів, висвітлено значення кальцію для життя рослин, підвищення родючості ґрунту, обґрунтовано комплекс заходів щодо поліпшення цих ґрунтів. Розглянуто головні питання їх вапнування в умовах інтенсивного землеробства, висвітлено роль поєднання вапнування та удобрення органічними, мінеральними та мікродобривами для поліпшення властивостей ґрунтів і підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Обґрунтовано інноваційні аспекти технологій вапнування кислих ґрунтів. Узагальнено дані наукових установ, показано економічну ефективність від застосування вапнування кислих ґрунтів.

Для спеціалістів сільського господарства і студентів учбових закладів.

Рецензенти:

Лихочвор В. В. – завідувач кафедри технологій у рослинництві Львівського НАУ, доктор сільськогосподарських наук, професор;

Дзюбайло А. Г. – головний науковий співробітник Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, доктор сільськогосподарських наук, професор.

Рекомендовано до друку

*Рішенням вченої ради Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН від 24 березня 2021 р., протокол № 3*

© Томашівський З. М., Коник Г. С.,
Качмар О. Й., Оліфір Ю. М., 2021

ISBN 978-966-919-698-9

© Вид-во "СПОЛОМ", 2021

ВСТУП

Підвищення родючості ґрунту здійснюється шляхом застосування комплексу заходів, серед яких найважливіше значення мають раціональна система удобрення сільськогосподарських культур, найбільш продуктивні сівозміни щодо спеціалізації господарства, прогресивна система обробітку землі та інтенсивні технології вирощування культур з відповідними заходами боротьби з бур'янами, шкідниками. Однак, в умовах кислих ґрунтів одним з найважливіших заходів, який має передувати переліченим вище, є вапнування.

В Україні кислі ґрунти поширені на площі біля 11 млн га; з них близько 1,8 млн га – орні землі і більше 3 млн га – природні кормові угіддя.

У західних областях України на Поліссі, в Лісостепу і особливо в передгірних і гірських районах Карпат загальна площа кислих ґрунтів становить близько 8 млн га.

Кислі ґрунти – це ґрунти, в яких кислотність є найважливішою проблемою, що визначає ефективність їх використання у сільськогосподарському виробництві. Кисле середовище є генетичною ознакою кислих ґрунтів, що займають значні площі серед орних земель та характеризується несприятливими фізико-хімічними властивостями. Потенціал родючості таких ґрунтів, як правило, низький, а успішне ведення землеробства гальмують ціла низка несприятливих властивостей і процесів, до яких слід віднести диференційованість ґрунтового профілю, надто укорочений гумусовий горизонт, збіднення на орґано-мінеральний колоїдний комплекс, низький рівень біогенності та мікробіологічної активності.

Кисла реакція ґрунтового розчину перешкоджає поглинанню катіонів кальцію, магнію, амонію, руйнує ґрунтові колоїди, підвищує дисперсність і рухомість гумусу. У кислих ґрунтах ослаблена або припинена фіксація азоту повітря, приглушені процеси амоніфікації і нітрифікації, різко погіршуються умови азотного живлення, а доступні форми фосфору утворюють нерозчинні і малодоступні рослинам фосфати алюмінію і заліза.

Ґрунти з підвищеною кислотністю (дерново-підзолисті, ясно-сірі і сірі лісові, бурі лісові, буроземно-підзолисті та ін.) мають понижену

родючість. Ґрунтова кислотність також особливо негативно позначається на врожайності буряків цукрових, ячменю, пшениці, зернобобових культур, кукурудзи і багаторічних бобових трав. Тому на Поліссі та в районах Передкарпаття і Карпат ще багато земель використовують під стійкі проти кислотності ґрунту і разом з тим менш продуктивні культури – жито, овес, люпин тощо.

Важливого значення вапнування кислих ґрунтів набуває також у зв'язку з швидким зростанням застосування мінеральних добрив. Їх ефективність, особливо кислих і фізіологічно кислих форм, на таких ґрунтах низька і різко зростає при вапнуванні. Внесенням фізіологічно та хімічно кислих мінеральних добрив збільшуються втрати кальцію ґрунтами, внаслідок чого вони підкислюються. Негативні властивості кислих ґрунтів (пригнічення мікробіологічної діяльності в кореневмісному шарі, нагромадження шкідливих для рослин рухомих форм алюмінію та марганцю, погіршення фізичних властивостей, особливо суглинкового гранулометричного складу, недостатній поживний режим у зв'язку із зниженням ефективності внесення мінеральних добрив) зумовлені кислою реакцією ґрунтового розчину. Всі ці негативні явища усуваються шляхом вапнування.

На підставі багаторічних досліджень численних авторів, узагальнення досягнень науки та передового досвіду в книзі обґрунтовано питання ефективності застосування оптимальних норм і форм вапна в різних умовах на богарних і осушених землях, їх поєднання з добривами, періодичності вапнування, техніки його проведення, основні прийоми підвищення і стабілізації родючості кислих ґрунтів.

РОЗДІЛ 1. РОЗВИТОК ВЧЕННЯ ПРО ВАПНУВАННЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ

1.1. З історії вчення про вапнування ґрунтів

Вапнування кислих ґрунтів – стародавній захід підвищення їх родючості. Перші відомості про застосування вапнякових матеріалів знаходимо в матеріалах історика стародавнього Риму Плінія Старшого (І ст. н. е.). У його сімнадцятій книзі «Природної історії» вміщено широкий трактат про мергель, який, за словами автора, застосовували для збагачення ґрунтів Галльських провінцій і островів Британії.

Про використання вапна і мергелю як добрива в XVI ст. вказував В. Палієсі (Франція, 1580 р.), Г. Оден (Англія, початок XVII ст.). В середині XVII ст. Габрієль Плат у книзі «Відкриття невичерпного вкладу» вказував, що той, хто відкрив, хай навіть випадково, спосіб удобрення ґрунту вапном і мергелем, зробив більше добра людям, ніж якби він побудував усі благодійні установи Англії, разом узяті.

На використання сиромеленого вапняку як добрива вперше звернув увагу французький вчений Дюамаль (середина XVIII ст.). Він стверджував, що твердий камінь, перетворений в порошок, може викликати дію, подібну до дії мергелю (Н. С. Авдонін, 1972).

У сільськогосподарській літературі в країнах Західної Європи в кінці XVIII ст. і на початку XIX ст. вапнування вважали (як і удобрення ґноєм) основним засобом підвищення родючості ґрунтів. Широко застосовували в той час вапнякові матеріали в Англії і Німеччині. Успіхи сільського господарства Німеччини в першій половині XIX ст. пов'язували з вапнуванням ґрунтів. Сільські господарі того часу вважали, що застосування мергелю вивело Північну Німеччину від бідності, із безплідних пустирів створило благословенну землю (А. Н. Соколовський, 1919). Вапнування ґрунтів відіграло винятково велику роль у сільськогосподарському освоєнні понад 1 млн га дуже кислих малопродуктивних верескових пустирів Данії (кінець XIX – початок XX ст.). Ці пустирі неодноразово пробували залісити сосною, але це не вдалося – посадки гинули. Лише застосування вапна дозволило освоїти цю місцевість. Внесення ж у подальшому мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням забезпечило вирощування конюшини та інших бобових культур (Д. М. Прянишников, 1957).

У XIX ст. ще не вміли науково обґрунтовано визначати дозу вапна. Деякі господарі припускали, що вапно може замінити гній і зловживали вапнуванням: часто його повторювали або застосовували надто великі дози вапна. Це звичайно, негативно позначалося на врожаях, тому викликало рух проти вапнування і зумовило виникнення виразу: «Вапно збагачує батьків і зубожіє дітей». В цей вираз вкладали припущення, що вапно виснажує ґрунт (Г. Гарнер, Г. Гарнер, 1954).

Лише в кінці минулого сторіччя (з 80-х рр.) виробилося правильне розуміння дії вапна як добрива, яке треба застосовувати не замість гною, а поряд з гноєм, мінеральними добривами і вирощуванням бобових культур.

У сільському господарстві царської Росії вапнякові матеріали майже не застосовували, хоч у вітчизняній агрономічній літературі питання вапнування ґрунтів піднімали давно. Ще в першій половині XIX ст. про вапнування ґрунтів з достатньою для того часу повнотою було викладено в книгах професора Московського університету М. Г. Павлова «Землеробська хімія» (1825 р.) і «Курс сільського господарства» російського агронома проф. О. І. Стебута «Вапнування ґрунту». В цій книзі було переконливо доведено винятково важливе значення вапнякових матеріалів для поліпшення кислих ґрунтів.

У 1867–1869 рр. у чотирьох губерніях Нечорноземної зони Росії (Петербурзькій, Московській, Смоленській і Симбірській) були проведені польові дослідження з вивчення дії всіх відомих тоді добрив, і зокрема вапнякових матеріалів, під керівництвом Д. І. Менделєєва. Вапнякові матеріали в цих дослідженнях зумовили великі прирости врожаю. У зв'язку з цим Д. І. Менделєєв відзначав, що це добриво (вапно) є найбільш корисним порівняно з іншими добривами, бо дає можливість одержати повернення затрати з вигодою (О. Н. Соколовський, 1934).

Цікаві дослідження з питань вапнування провели О. М. Енгельгард, П. А. Костичев, П. С. Косович, Д. М. Прянишников та інші вчені. Гаряче пропагував вапно як добриво проф. Кнірім (м. Рига). Він вважав, що для сільського господарства вапно могло б мати таке ж саме значення, як застосування гною.

У подальшому питання вапнування набуває широкого цілеспрямованого вивчення на теренах колишнього Радянського Союзу. У зв'язку з цим було створено Всесоюзний науково-дослідний інститут добрив і агроґрунтознавства, який розгорнув велику дослідну роботу з

питань застосування добрив, і зокрема вапнякових матеріалів. Результати досліджень вчених цього інституту вказують на важливе значення вапнування кислих ґрунтів для піднесення сільського господарства, зокрема для ефективного застосування мінеральних добрив (Н. С. Авдонін, 1970; А. П. Андрусиник, 1979).

Результати багаторічних польових дослідів з вапнування ґрунтів, проведених на території Російської Федерації, зокрема Всесоюзним науково-дослідним інститутом добрив і агроґрунтознавства, а також рядом сільськогосподарських дослідних станцій, показали, що вапнування – це довготривалий діючий засіб, і враховувати його ефективність потрібно до тих пір, поки не буде вичерпаний позитивний вплив на врожай сільськогосподарських культур. Внесене вапно один раз у кількості, достатній для нейтралізації ґрунтової кислотності, є засобом корінної меліорації кислих ґрунтів, який забезпечує підвищення врожаю рослин протягом 20–30 рр. і навіть більше (Н. І. Алямовский, 1966).

Великий внесок у розвиток теорії вапнування кислих ґрунтів зробили такі російські вчені, як: К. К. Гедройц, С. В. Щербина, С. С. Ярусов, Д. І. Менделєєв, Д. М. Прянишников, О. К. Кедров-Зіхман, А. В. Петербургський, Н. С. Авдонін, а серед українських – Г. М. Самбур, О. Н. Соколовський, П. О. Дмитренко, С. М. Міневич, Г. А. Мазур, А. І. Гуменюк та інші.

РОЗДІЛ 2. ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ В РАЙОНАХ ПОШИРЕННЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ

2.1. Кліматичні умови. Умови утворення кислих ґрунтів

Кислі ґрунти поширені переважно на Поліссі, в західних районах України та в Лісостепу, тобто в умовах достатньої або надмірної кількості опадів, хоч в окремих випадках такі ґрунти зустрічаються і в районах нестійкого зволоження.

У Західному Поліссі клімат менш континентальний, ніж у Східному. Середня сума опадів за рік у Східному Поліссі становить 550–580 мм, у Західному – 600–650, в південно-західних районах Полісся 700–740 мм, збільшуючись до 1000–1400 мм у гірських районах Карпат.

Значні коливання температури й опадів характерні для зони Лісостепу. За кількістю опадів тут виділяються три підзони – достатнього (сума опадів більше 550 мм), нестійкого (сума опадів 480–550 мм) та недостатнього (сума опадів 430–480 мм) зволоження. Кількість опадів у Лісостепу зменшується в міру просування із заходу на південний схід.

На Поліссі та в західних районах України водний режим промивного типу, а на більшій частині території Лісостепу – періодично промивного типу (П. О. Дорошенко, 1967; А. І. Гуменюк, 1964; Г. А. Мазур, 1984).

Складність ґрунтового покриву обумовлюється складністю геологічної та геоморфологічної будови Полісся і особливо частою зміною ґрунтотворних порід та рельєфу. Полісся являє собою терасову знижену рівнину. Течія річок тут у зв'язку з рівнинністю рельєфу дуже повільна, а дренажна роль їх незначна. Тому на рівнинних елементах рельєфу ґрунтові води залягають неглибоко від поверхні, а на зниженнях рівень їх настільки високий, що призводить до оглеєння верхніх шарів ґрунту.

Під впливом атмосферних вод, що скупчувалися в цій низовині, визначився хімічний склад і природа тих покладів, на яких у подальшому утворювалися ґрунти, а також хімічні і агрономічні властивості самих ґрунтів Полісся.

Найбільш поширеними і переважаючими ґрунтотворними породами в межах Полісся є давні та сучасні відклади водно-льодовикових потоків давнього минулого – часів льодовикової доби. Всі ці поклади, перемиті текучими водами, являють собою переважно піски або супіскові матеріали

і лише є більш важкими за гранулометричним складом (легкі та пилюваті суглинки) (П. О. Дорошенко, 1967).

У процесі ґрунтотворення відбувається перехід кальцію, магнію та інших елементів із складних хімічних сполук гірських порід у прості солі. Внаслідок розкладу органічних решток утворюється вугільна кислота, яка збагачує ґрунтовий розчин іонами водню, що сприяє прискоренню хімічного вивітрювання. За цих умов відбувається заміна лужних елементів силікатів та алюмоферосилікатів на іони водню і алюмінію з утворенням простих солей: бікарбонатів, сульфатів, хлоридів кальцію, магнію, калію тощо. Подальше перетворення цих солей залежить від погодніх умов, насамперед, від кількості опадів і температури. Якщо сума опадів перевищує загальне випаровування (промивний водний режим), то солі кальцію, магнію, калію та інших металів вимиваються за межі ґрунтового профілю, який менше чи більше підкислюється. Цей процес набуває систематичного й безперервного характеру. За умови, що опади менші від загального випаровування або дорівнюють йому, прості солі акумулюються у верхніх шарах, утворюючи гумати кальцію, вторинні мінерали типу люблініту тощо, тому підкислення ґрунту неможливе. Ось чому кислі ґрунти найбільш поширені на Поліссі і в західних районах України, менше в Лісостепу і практично відсутні в Степу (П. О. Дорошенко, 1967).

Однією з важливих причин утворення кислих ґрунтів є властивості ґрунтотворної (материнська) породи. Не менш важливий вплив на реакцію ґрунтового розчину має рослинність. Широколистяні ліси, трав'яниста злакова рослинність сприяють нагромадженню в ґрунті обмінних основ, а хвойні – ще більше підкислюють його (А. І. Гуменюк, 1964, 1965; Г. А. Мазур, 1984).

Властивості ґрунтів і їх реакція знаходяться в прямій залежності від діяльності людини (антропогенний фактор). Одне лише щорічне розорювання земель призводить до їх змін. На орних землях завжди більші втрати обмінних основ та елементів живлення внаслідок їх вилугування. Зміна ж біоценозу, що формувався тисячоліттями, на культурну рослинність (агробіоценоз) і постійний винос біологічної маси у вигляді врожаїв сільськогосподарських культур є важливим фактором впливу не тільки на властивості ґрунтів, а й на ґрунтотворний процес. З урожаєми виноситься велика кількість обмінних основ. Окремі просапні культури виносять до 200 кг/га оксидів кальцію, а така овочева культура, як

капуста – до 600 кг/га і більше оксидів кальцію і магнію, на місце яких стають водень, алюміній, а це підвищує кислотність.

Зміни властивостей ґрунтів пов'язані із хімізацією сільського господарства. Навіть короточасне застосування фізіологічно кислих добрив різко підкислює ґрунт і скорочує строки позитивної дії вапна (Н. С. Авдонін, 1960, 1963, 1970).

Отже, причин утворення кислих ґрунтів досить багато, але серед них виділяються головні: ґрунтоутворна (материнська) порода, клімат та діяльність людини.

2.2. Ґрунти Полісся

Ґрунтовий покрив на Поліссі дуже складний, що обумовлено наявністю великої кількості ґрунтових відмін, так і дуже частим чергуванням їх на відносно невеликих ділянках території.

Українське Полісся – чітко окреслена природно-економічна зона, в якій знаходиться 19 % території країни. Воно являє собою низовину, виповнену водно-льодовиковими та річковими відкладами – пісками, супісками та зрідка суглинками.

Найбільш поширеними в цій зоні ґрунтами є дерново-підзолисті, дернові та болотні. Вони займають 85,2 % загальної площі громадських земель і 75,5 % їх орних земель (табл. 1). Переважний розвиток підзолистого дернового і болотного процесів ґрунтоутворення зумовлювався переважанням безкарбонатних відкладів, значним зволоженням як поверхневими (550–700 мм атмосферних опадів за рік), так і підґрунтовими водами та суцільним вкриттям місцевості лісовою і лучно-болотною рослинністю в минулому (П. А. Андрушенко, 1970).

Переважаючими є кислі дерново-підзолисті часто глеюваті та глейові (перезволожені) піщані та зрідка легкосуглинкові ґрунти.

Вони вкривають 69 % території зони, 47,1 % площі громадських земель і 63,7 % орних земель (А. І. Гуменюк, 1968).

Близько 10 % загальної площі зони і 23 % громадських земель займають дернові, і зокрема глибокі дернові або лучні ґрунти. Більша частина їх площі знаходиться під сіножатями і пасовищами, а менша – розорана. Вилугувані та глейові відміни цих ґрунтів мають кислу реакцію і потребують вапнування.

Таблиця 1

Ґрунти Полісся та їх відсоткове співвідношення
(Г. М. Самбур, А. І. Гуменюк, С. О. Скорина, І. А. Власюк, 1967)

Ґрунт	На всій території	На орних громадських землях
Дерново-підзолисті піщані	23,6	25,3
їх глейові відміни	5,0	4,9
Дерново-підзолисті переважно супіщані	23,5	38,4
їх глейові відміни	7,0	8,9
Світло-сірі та сірі лісові суглинкові та супіщані	6,4	11,6
Темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені переважно суглинкові	3,8	7,0
Чорноземи глибокі та неглибокі малогумусні суглинкові	0,7	1,4
Сірі та світло-сірі лісові солончакуваті переважно суглинкові	0,5	0,8
Перегнійно-карбонатні та чорноземи карбонатні на крейдяних мергелях суглинкові та супіщані	1,9	3,6
Дернові та лучні різного гранулометричного складу	22,6	10,9
Болотні	15,5	0,9
торфовища (переважно низинні)	0,8	0,2
Незадерновані піски	1,5	0,1

Загальна площа орних дерново-підзолистих і дернових піщаних, супіщаних і частково суглинкових ґрунтів України, що потребують вапнування, становить понад 1,9 млн га, або 25,1 % загальної площі таких ґрунтів країни (П. О. Дорошенко, 1967).

Значно поширені на Поліссі невластиві для цієї зони лісостепові ґрунти, головним чином, ясно-сірі та сірі опідзолені займають 11,6 % орних земель. Їх утворення зумовлено наявними тут лісовими островами, на яких ці ґрунти залягають. Опідзолені ґрунти Полісся порівняно з такими ж ґрунтами Лісостепу відзначаються легким гранулометричним складом,

меншим вмістом гумусу і вищою кислотністю. Майже на всій площі поширення ці ґрунти потребують вапнування.

На заході зони (Волинська, Львівська і частково Рівненська області) поширені перегнійно-карбонатні ґрунти та неглибокі чорноземи на крейдяних мергелях і їх делювії (займають 3,6 % орних земель). Це високопродуктивні ґрунти Полісся. Реакція їх нейтральна та слабо лужна, і вапнування вони не вимагають.

Велике поширення в даній зоні мають болотні ґрунти. На Полісся припадає близько 70 % заболочених земель України. Болотні ґрунти займають 13 % площі зони і 15,5 % площі громадських земель. Майже половина площі болотних ґрунтів – це торфовища (переважно низинні), які тепер інтенсивно перетворюються після осушення на родючі поля і луки. Болотні ґрунти здебільшого слабокислі та нейтральні і вапнування вимагають досить рідко.

Фізико-хімічні властивості найбільш поширених ґрунтів Полісся наведено в табл. 2.

Українське Полісся розділяють на шість фізико-географічних областей (А. І. Ланько; О. М. Маринич, 1963).

Волинське (Західне, Західноукраїнське) Полісся відзначається поширенням крейдових відкладів, більш хвилястим рельєфом і меншою, ніж в інших поліських районах, континентальністю клімату. Це найбільш залісена і заболочена частина зони. Ліси та чагарники займають близько 40 % і болота та заболочені землі – близько 15 % його площі. У ґрунтовому покриві, крім пануючих дерново-підзолистих ґрунтів, значне місце посідають лучні, дернові, перегнійно-карбонатні та болотні ґрунти. Тут налічується понад 350 тис. га орних земель з кислими дерново-підзолистими і дерновими, переважно піщаними і супісковими ґрунтами, що потребують вапнування, зокрема понад 200 тис. га у Волинській і близько 150 тис. га у Рівненській областях (П. О. Дорошенко, 1967).

Мале Полісся – це своєрідна азональна «затока» поліської низовини в Лісостепу.

Рельєф акумулятивно-рівнинний, слабохвилястий. Лише в районі Радехова поряд з акумулятивним спостерігається горбкувато-хвилястий рельєф. На великих площах на поверхню виходять крейдяні мергелі, які беруть участь у ґрунтоутворенні.

Таблиця 2

Фізико-хімічні властивості найбільш поширених ґрунтів Полісся (за А. І. Гуменюком, 1968)

Ґрунт	Гли- бина, см	Гумус, %	рН сольо- вої ви- тяжки	Гідролітич- на кислот- ність	Сума увібраних основ	Ступінь наси- чення основами	Область
				мг-екв на 100 г ґрунту			
Дерново-підзолистий піщаний	0–15	0,61	4,4	2,13	3,76	64,0	Волинська
	20–35	0,21	4,4	1,19	2,60	70,0	
Те ж	0–10	1,36	5,2	2,10	3,45	62,0	Житомирська
	25–35	0,24	6,1	0,70	3,10	81,0	
Дерново-підзолистий глейовий піщаний	0–17	0,90	4,0	2,95	1,27	30,1	Рівненська
	25–35	0,20	4,3	1,80	0,80	30,8	
Дерново-підзолистий піщаний, підстелений крейдяним мергелем	0–14	1,33	5,8	0,77	1,96	71,8	Львівська (мале Полісся)
	25–35	0,53	6,0	0,43	1,35	75,5	
Дерново-підзолистий супісковий	0–20	1,29	5,5	1,27	5,10	76,4	Львівська (Надсяння)
	25–35	0,42	5,4	1,31	7,06	84,3	
Дерново-підзолистий глинисто- піщаний	0–10	1,25	4,7	2,90	3,20	62,3	Київська
	25–35	0,35	5,0	1,00	2,10	67,5	
Дерново-підзолистий супісковий	0–18	1,11	5,8	2,39	3,60	60,1	Чернігівська
	30–40	0,30	6,3	1,00	3,85	79,4	

Продовження таблиці 2

Дерново-підзолистий глеюватий супісковий	0–23	1,52	4,6	3,39	3,40	50,0	Львівська (Надсяння)
	24–34	0,68	4,4	1,52	2,00	51,0	
Дерново-підзолистий глейовий супісковий	0–20	1,45	4,9	2,80	3,83	57,7	Волинська
	20–40	0,54	4,5	1,28	2,45	66,2	
Сірий лісовий пилувато- супісковий	0–20	2,20	4,6	3,28	9,55	75,7	Чернігівська
	24–34	1,00	4,9	2,75	10,05	78,6	
Дерновий глейовий супісковий	0–18	1,52	4,8	3,17	6,53	67,3	Рівненська
	20–25	0,84	5,0	2,95	4,92	62,5	

Найбільш поширені лучні, дернові та болотні ґрунти. Це один з найбільш заболочених районів України. Досить поширені дерново-підзолисті піщані (переважають), супіскові та зрідка легкосуглинкові ґрунти. Глеюваті та глейові відміни цих ґрунтів становлять більше половини їх загальної площі (А. І. Гуменюк, 1964).

Переважно поліський ландшафт властивий також Розточчю і Надсянню. Рельєф Розточчя сильно хвилястий, розчленований, а Надсяння – увалисто хвилястий. На більшості площі тут поширені дерново-підзолисті піщані та супіскові ґрунти. Острівками є сірі опідзолені супіскові та легкосуглинкові ґрунти на лесовидних суглинках. Площі боліт значно менші ніж на Малому Поліссі.

На Малому Поліссі, Розточчі і Надсянні (Львівщина) налічується понад 100 тис. га кислих, переважно дерново-підзолистих піщаних і супіскових ґрунтів, що вимагають вапнування. Із них на глейові відміни, що вимагають вапнування в першу чергу, припадає близько 40 тис. га.

Житомирське Полісся відзначається виходами кристалічних порід, відносно високим положенням над рівнем моря, наявністю великих лесових островів і значно меншою заболоченістю.

Серед пануючих дерново-підзолистих ґрунтів площі супіскових різновидностей значно більші, ніж піщаних. Значні площі займають дерново-слабопідзолисті ґрунти на кристалічній основі. Часто ці ґрунти щебенюваті. На лесових островах поширені сірі опідзолені легкосуглинкові та супіскові ґрунти.

Загальна площа кислих дерново-підзолистих і дернових ґрунтів Житомирського і частково Київського Полісся (в межах Житомирської області), що вимагають вапнування, становить понад 500 тис. га. Потребують вапнування також сірі опідзолені на всій площі їх поширення.

Київське Полісся – це акумулятивна терасова низовина, вкрита великою товщею (до 15–25 м) річкових та водно-льодовикових пісків і супісків. Значне поширення мають еолові форми рельєфу – піщані дюни, пасма, кучугури. Зустрічаються лісові островки. Дуже поширені піщані дерново-підзолисті ґрунти. Значне місце в ґрунтовому покриві займають дернові та болотні ґрунти.

На Київському і частково Чернігівському Поліссі (в межах Київської області) налічується понад 250 тис. га кислих переважно дерново-

підзолистих ґрунтів, які потрібно вапнувати. Майже половину їх площі становлять піщані різновидності.

Чернігівське Полісся – також акумулятивна рівнина з широкими піщаними та супісковими терасами Дніпра, Десни та інших річок. Її особливістю є часті вкраплення лесових островів з лісостеповим ландшафтом (18,6 % території) і значне поширення заплаво-лучно-болотних місцевостей (18,4 %).

Крім переважаючих дерново-підзолистих піщаних і супіщаних ґрунтів, поширені сірі опідзолені (на лесових островах) та болотні. Торфові болота займають площу понад 4,5 % території (П. О. Дорошенко, 1967).

На Чернігівському і західній половині Новгород-Сіверського Полісся (в межах Чернігівської області) налічується понад 550 тис. га земель з кислими ґрунтами, що вимагають вапнування.

Новгород-Сіверське Полісся відзначається наявністю крейдових відкладів, значною висотою над рівнем моря і найбільшою в зоні континентальністю клімату. Більше 10 % території займають підвищені лесові вододіли з хвилястим яружно-балковим рельєфом і сірими опідзоленими (часто еродованими) ґрунтами. Ці ґрунти (дерново-підзолисті) в більшості випадків піщані та супіщані займають близько 150 тис. га, мають підвищену кислотність і вимагають вапнування.

Ґрунти Полісся, які вимагають першочергового вапнування

1. *Дерново-підзолисті піщані ґрунти* в складі орних земель країни становлять 2,6 %. На Поліссі на них припадає понад 25 %.

Піщаний ґрунт складається із 90–95 % піску і 1–4 % мулу, орний шар неглибокий (14–20 см), лише в окремих випадках 25 см. Наявність крупних пор зумовлює високу аерацію, містять найменше гумусу (0,4–0,9 %), а також дуже малі запаси поживних речовин, рН сольової витяжки 4,0–4,4, гідролітична кислотність 2,10–2,13 мг-екв. на 100 г ґрунту, рухомі форми P_2O_5 – 3,5 і K_2O – 4,2 мг на 100 г ґрунту.

2. *Дерново-підзолисті глинисто-піщані ґрунти* також бідні на елементи живлення і особливо на азот. Гумусу містять 1,1–1,3 %. Деяке збільшення мулистої фракції і крупного пилу підвищує їх вологоємність, рН сольової витяжки – 4,0–5,1, гідролітична кислотність 1,9–2,9 мг-екв. на 100 г ґрунту, рухомі форми P_2O_5 – 3,7 і K_2O – 3,7 мг на 100 г ґрунту.

3. *Дерново-підзолисті супіщані ґрунти.* Верхній гумусово-елювіальний горизонт – 18–20 см, іноді до 25 см, в орному шарі міститься 0,8–1,5 % гумусу, рухомих форм P_2O_5 6,3–8,2 і K_2O – 3,4–4,5 мг на 100 г ґрунту, рН сольової витяжки – 4,9–5,3, гідролітична кислотність 2,8 мг-екв. на 100 г ґрунту.

2.3. Ґрунти передгірних і гірських районів Карпат

Райони українських Карпат займають 5 % території країни. Це складна і дуже різноманітна за природними умовами зона. Її ґрунтовий покрив представлений, головним чином, кислими дерновими опідзоленими, дерново-підзолистими, бурими лісовими і буроземно-підзолистими ґрунтами (табл. 3).

Таблиця 3

**Ґрунти передгірних і гірських районів Карпат
та їх відсоткове співвідношення
(Г. М. Самбур, А. І. Гуменюк, С. О. Скорина, І. А. Власюк, 1967)**

Ґрунт	На всій території	На орних громадських землях
Дерново-підзолисті та буроземно-підзолисті здебільшого поверхнево оглеєні	23,6	37,1
Дернові опідзолені	12,8	25,1
Бурі лісові (гірські)	34,5	12,7
Дерново-буроземні	16,1	9,9
Дернові та лучні	10,6	14,4
Гірські лучні	0,6	0,3
Лучно-болотні та болотні	1,1	0,5
Торфоболотні та торфовища	0,5	–

З усіх природних зон України райони Карпат відзначаються найбільшим відносним поширенням кислих ґрунтів і найвищим ступенем їх кислотності. Якщо в цілому в країні орні землі з кислими ґрунтами, що підлягають вапнуванню, становлять 24 %, а в зонах, де поширені кислі ґрунти – близько 40 %, то в передгірних і гірських районах Карпат – понад 80 %. Крім орних земель, тут вимагають вапнування на великих площах і

грунти сіножатей та пасовищ. Вапнування ґрунтів у цій зоні поряд з осушувальною меліорацією є передумовою високої ефективності всіх агротехнічних заходів.

Карпатську лучно-лісову зону України підрозділяють на чотири основні фізико-географічні області.

Передкарпаття являє собою природний район Карпатської лісочуно́ї зони (смуга змішаних лісів і луків). У смугі Передкарпаття знаходиться 16,3 % території Львівської, 36,4 % – Івано-Франківської і 16,9 % – Чернівецької областей.

Ґрунтовий покрив формувався тут у минулому під пологом лісу, а на пониженнях – під лучною трав'янистою рослинністю. Тому основними типами ґрунтів є дерново-підзолисті і дернові. Поширене явище накладання підзолистого процесу на дерновий і дернового на підзолистий, наслідком чого є дернові опідзолені і підзолисто-дернові ґрунти. Поширені також ґрунти болотного типу.

За рельєфом Передкарпаття неоднорідне. Більшу частину його території займають хвилясті межиріччя.

Основними генетико-виробничими групами ґрунтів є:

- 1) дерново-підзолисті поверхнево оглеєні;
- 2) дернові опідзолені різною мірою глейові;
- 3) лучні та дернові;
- 4) болотні.

Дерново-підзолисті поверхнево оглеєні ґрунти тут найбільш поширені, складають фон ґрунтового покриву. Вони залягають майже на всіх вододільних просторах і схилах, сформувавшись на делювіальних і давніх алювіальних, рідше лесоподібних безкарбонатних суглинках. Глибина їх верхнього перегнійно-елювіального горизонту здебільшого становить 20–25 см, збігаючись з глибиною орного шару.

За гранулометричним складом ці ґрунти здебільшого пилювато-легкосуглинкові безструктурні і запливають після обробітку. Вони містять мало гумусу (переважно в орному шарі), не насичені основами, в зв'язку з чим середньо- і сильнокислі. Аналізи підтверджують у них значну кількість шкідливих для культурних рослин рухомих сполук алюмінію і малу кількість доступних для рослин сполук фосфору і азоту (табл. 4).

Передкарпаття – помірно тепла і волога місцевість, проте ґрунтовий покрив не зовсім сприятливий для сільського господарства. Особливістю цих ґрунтів є поверхнева оглеєність внаслідок їх поверхневого перезволоження, що виникає періодично, переважно навесні чи влітку в надто вологі роки, які тут часто спостерігаються.

Внаслідок згаданих вище ґрунтово-кліматичних умов на низових і улогових хвилястих міжріччях залягають дернові опідзолені, переважно суглинкові, різною мірою оглеєні і кислі ґрунти, а також дернові та болотні ґрунти.

Підтвердженням того, що тут є значне поширення з високим ступенем кислотності ґрунтів міжрічкових просторів Передкарпаття, є дані Івано-Франківської обласної зональної агрохімічної лабораторії про ґрунти Коломийського району цієї області. В цьому районі середньо- і дужекислі ґрунти займають 76 % загальної площі орних земель господарств, причому понад 50 % припадає на землі з дуже кислими ґрунтами; слабокислі ґрунти становлять 17 %, а нейтральні – лише 7 % (А. М. Слєпцов, Ф. В. Грималюк, 1967).

Гірські райони Карпат – волога і досить холодна смуга цієї зони. Гірський рельєф зумовлює вертикальну поясність кліматичних і інших природних умов (річна кількість опадів становить від 800 до 1500 мм).

Загальна площа гірських районів Карпат становить 19,5 тис. км². Тут знаходиться 18,6 % території Львівської, 37,5 % Івано-Франківської, 15,8 % Чернівецької і 65,9 % Закарпатської областей.

Ґрунти цієї місцевості утворилися на продуктах звітрювання корінних порід пісковиків, глинистих і зрідка мергелястих сланців, які називають карпатським флішем.

Переважаючим типом ґрунтів є буроземи. Деяке поширення мають гірсько-підзолисті, гірсько-лучні та торфоболотні ґрунти.

Бурі лісові ґрунти (буроземи) є переважаючими до верхньої межі лісів. Властивості цих ґрунтів дуже різні і залежать від характеру ґрунотвірної породи, умов залягання та рельєфу, висоти над рівнем моря, природної рослинності і ступеня окультурення.

На вододілах і крутих схилах, де ці ґрунти утворилися на грубощебенистому ілювії карпатського флішу, вони неглибокі (профіль менше 40–50 см), мало гумусовані грубощебенисті і різною мірою змиті.

Загальною особливістю буроземних ґрунтів є їх висока кислотність і незадовільний режим фосфорного живлення. Ці негативні властивості зростають із збільшенням висоти місцевості і згасають у міру окультурення ґрунту. Так, дерново-буроземні ґрунти однієї і тієї ж смуги найбільш кислі і бідні на доступні для рослин фосфати під пасовищами і сіножатями, менше – на періодично розорюваних землях і найменше – на систематично і давно розорюваних землях. Порівняно найменш кислотними і найбільш родючими є здавна розорювані дерново-буроземні та бурі лісові опідзолені суглинкові і супіскові слабощербеністі ґрунти річкових заплав і давніх терас нижнього поясу гір.

Найбільш родючими, але малопоширеними тут є лучно-буроземні ґрунти, які зустрічаються на зернистих заплавах річок (табл. 4).

Основними заходами підвищення продуктивності буроземних ґрунтів є вапнування, фосфоритування, внесення добрив і сімба кормових бобових культур.

Закарпатське передгір'я за своєю природою різко відрізняється від Передкарпаття. Якщо останнє являє собою досить однорідну височину, яка відділяється від гір уступом, то Закарпатське передгір'я є типовим передгір'ям – перехідною від гір до Закарпатської рівнини вузькою смугою. Різко відрізняється від Передкарпаття і своїм теплим кліматом. Загальна його площа становить приблизно 2 тис. км², або 17 % Закарпатської області. Воно охоплює вузьку смугу Ужгород-Хустського вулканічного низькогір'я та Іршавську терасову котловину.

Ґрунти досить однорідні і представлені переважно типом буроземно-підзолистих, деяке поширення мають дерново-буроземні опідзолені та дерново-буроземні підзолисті. Буроземно-підзолисті ґрунти залягають майже на всіх вододілах, схилах і давніх терасах річок (табл. 4).

Глибина верхнього перегнійно-елювіального горизонту коливається в межах 20–35 см. За гранулометричним складом ці ґрунти середньо суглинкові (Г. А. Андрущенко, 1970; П. О. Дорошенко, 1967).

Здебільшого буроземно-підзолисті ґрунти Закарпатського передгір'я тією чи іншою мірою оглеєні, що є зовнішнім виявленням їх перезволоження. За цією важливою з виробничої точки зору ознакою вони поділяються на такі групи: а) оглеєні і слабооглеєні (глеюваті); б) поверхнево оглеєні; в) сильно оглеєні (глейові).

Сильно оглеєні (глейові) буроземно-підзолисті ґрунти залягають на малостічних і безстічних рівнинах. Вони оглеєні як поверхнево, так і під впливом ґрунтових вод. Це ґрунти низькопродуктивних (ситникових) сіножатей.

Всі види буроземно-підзолистих ґрунтів є малогумусовими і кислими. Основними заходами підвищення їх родючості є регулювання поверхневого стоку меліоративними і агромеліоративними засобами, вапнування, внесення добрив і сівба вологолюбних бобових культур (Г. А. Андрущенко, 1970; П. О. Дорошенко, 1967).

Закарпатська рівнина (низовина) – це частина притисенської терасової алювіальної рівнини загальною площею понад 2 тис. км², що становить понад 17 % території Закарпатської області.

Закарпатська рівнина (низовина) являє собою тераси р. Тиса та її приток. Тут розвинений мікрорельєф у формі неглибоких западин, різних за розміром і формою. Це найтепліша частина зони Карпат (середньорічна температура повітря коливається від 9,2 до 9,8 °С). Ґрунтовий покрив, як і в попередній області, досить однорідний. Поширені, головним чином, кислі дернові глибокі опідзолені суглинкові ґрунти на алювіальних відкладах. Вони залягають на всіх рівнинах і дещо підвищених елементах рельєфу, створюючи фон ґрунтового покриву. Невеликі площі займають дернові та лучні неопідзолені і болотні ґрунти. Переважна частина площ ґрунтів Закарпатської низовини періодично чи постійно зволожується підґрунтовими водами, тому вимагає осушення (табл. 4).

Кислі ґрунти передгірних і гірських районів Карпат, які вимагають першочергового вапнування:

1. **Дерново-середньо- і сильнопідзолисті поверхнево-оглеєні легкосуглинкові** займають найбільші площі і становлять основний фонд сільськогосподарських угідь. Гумусово-елювіальний горизонт їх 20–25 см. Будова профілю зумовлена надмірним зволоженням і промивним водним режимом. За гранулометричним складом це легкі безструктурні суглинки, що запливають після дощів.

В орному шарі ґрунту міститься від 1 до 3 % гумусу, 0,5–2 мг рухомого фосфору і 3–5 мг обмінного калію на 100 г ґрунту, характеризуються високою кислотністю: рН сольової витяжки 4,2–4,6, гідролітична кислотність 3–12 мг на 100 г ґрунту.

Таблиця 4

Фізико-хімічні властивості найбільш поширених ґрунтів передгірних і гірських районів Карпат

Ґрунт	Гли- бина, см	Гу- мус, %	рН сольо- вої ви- тяжки	Гідролітич- на кислот- ність	Сума увіб- раних основ	Ступінь наси- чення основами	Рухомий алюміній, мг на 100 г ґрунту	Область
				мг-екв на 100 г ґрунту				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Передкарпаття								
Дерново-підзолистий поверх- нево оглеєний суглинковий	5–15	2,42	4,7	5,07	5,45	57,1	0,9	Львівська
	22–32	0,80	4,0	5,95	5,55	48,2	12,3	
Те ж	0–16	2,73	4,2	12,25	7,05	36,6	–	Івано-Франківська
	25–30	1,14	4,2	13,65	8,76	39,0	–	
Дерновий глибокий опідзоле- ний піщано-легкосуглинковий	0–15	1,82	4,6	5,40	4,67	46,1	–	Те ж
	25–30	1,01	4,8	4,50	5,27	53,0	–	
Гірські райони Карпат								
Бурий лісовий легкосуглинковий (поле)	0–16	1,94	4,0	12,15	10,96	47,4	–	Те ж
	20–30	1,66	4,5	10,42	7,66	57,6	–	
Бурий лісовий легкосуглинковий (поле)	0–19	3,12	4,3	6,42	4,60	41,8	14,6	Закарпатська
	35–45	1,21	4,3	6,42	4,00	38,4	25,4	
Дерново-буроземний легко- суглинковий (поле)	0–22	3,84	4,4	6,04	15,05	71,0	–	Івано-Франківська
	24–34	1,25	4,2	4,57	9,86	69,0	–	

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бурий лісовий суглинковий (ліс)	0–10	5,01	4,0	12,30	8,10	40,0	23,4	Чернівецька
	20–27	1,55	4,4	5,30	0,10	49,0	18,0	
Закарпатське передгір'я								
Буроземно-підзолистий глеюватий суглинковий	0–18	2,76	4,1	6,40	8,86	58,0	0,36	Закарпатська
	20–30	0,98	4,1	6,92	8,50	57,0	14,49	
Буроземно-підзолистий поверхнево оглеєний легкосуглинковий	5–15	2,34	4,0	5,32	3,12	36,9	8,4	Те ж
	25–35	1,00	4,0	4,50	3,96	46,8	10,6	
Закарпатська рівнина (низовина)								
Дерновий глибокий опідзолений суглинковий	0–10	2,00	5,1	3,70	9,40	71,7	–	Закарпатська
	16–26	2,20	5,1	3,93	9,20	70,0	–	
Дерновий глибокий опідзо-лений легкосуглинковий	0–10	1,60	4,5	4,50	6,80	60,0	–	Те ж
	35–45	0,80	4,4	4,40	7,50	63,0	–	
Дерновий глейовий суглинковий	5–15	1,50	4,9	5,00	18,60	79,0	2,1	Те ж

2. *Дерново-буроземні піщані легкосуглинкові ґрунти* характеризуються незадовільними агрофізичними і агрохімічними властивостями. Вони мають високу ґрунтову кислотність. Гідролітична кислотність в орному шарі ґрунту становить від 6 до 12 мг-екв. на 100 г ґрунту, рН сольової витяжки 4,0–4,4, вміст гумусу 1,66–2,34, рухомі форми фосфору 1,8–3,6, обмінного калію 4,0–4,6 мг на 100 г ґрунту і алюмінію 4,6–10,6 мг на 100 г ґрунту.

3. *Дернові опідзолені глеюваті суглинкові, бідні на поживні речовини, сильнокислі.* Мають високу гідролітичну кислотність – 5,0–7,0 мг-екв. на 100 г ґрунту, рН сольової витяжки 4,8–5,0, вміст гумусу 1,5–2,0 %, рухомих форм фосфору 2,8–3,0, обмінного калію 5,0–6,0 мг на 100 г ґрунту.

2.4. Ґрунти Лісостепу

Лісостепова зона України займає близько 34 % території країни. Особливістю Лісостепу, який, головним чином, зумовлює різко відмінні від поліських і карпатських ґрунтовий покрив і природну рослинність, є майже суцільне поширення на межиріччях суглинкових карбонатних лесових відкладів, які слугують ґрунотворною породою. У ґрунтовому покриві переважають чорноземні та опідзолені ґрунти.

Чорноземні ґрунти представлені в основному типовими малогумусними чорноземами (вміст гумусу до 5 %). У південній смузі зони деяке поширення мають чорноземи типові середньогумусні (вміст гумусу понад 5 %). Чорноземи переважають у ґрунтовому покриві лівобережної частини зони, а на Правобережжі більші площі займають опідзолені ґрунти з кислою реакцією (табл. 5). Серед останніх поширені ясно-сірі та темно-сірі опідзолені ґрунти і чорноземи опідзолені.

Гранулометричний склад ґрунтів поступово змінюється від легких суглинків на півночі зони до середніх – на півдні.

Великої шкоди землеробству та іншим галузям народного господарства завдає поширена тут водна ерозія ґрунтів.

Лісостеп – найважливіша зерно-бурякова зона України.

В Україні є 4,4 млн га світло-сірих лісових і темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених, що потребують вапнування. Більша частина площ цих ґрунтів знаходиться в лісостеповій зоні. Крім цього, тут є

понад 900 тис. га інших видів ґрунтів, що потребують внесення вапнякових матеріалів.

У Лісостепу виділяється чотири провінції, а в останніх – ряд фізико-географічних областей і природних районів (М. П. Чижев, 1961; А. І. Ланько, О. М. Маринич, 1965).

Західний (Волино-Подільський) Лісостеп – найскладніша і найрізноманітніша провінція Лісостепу. Рельєф хвилястий, густо- і глибокорозчленований балками і долинами річок. Клімат найбільш вологий в цій зоні (випадає 600–700 мм опадів за рік).

У ґрунтовому покриві переважають сірі лісові ґрунти та чорноземи опідзолені, а в північно-західній частині провінції вони є пануючими. Неопідзолені та слабовилугувані чорноземні ґрунти трапляються там лише у вигляді окремих острівців (табл. 5).

Ґрунти Західного Лісостепу відзначаються високим ступенем вилугуваності від карбонатів і обмінного кальцію, а в зв'язку з цим і підвищеною кислотністю. Особливо вилугувані (карбонати вимиті глибше 2 м) і мають велику кислотність опідзолені ґрунти у верхньому поясі Опільської, Хотинської і Серето-Прутської височин. Так, на Опіллі зустрічаються глибоко гумусовані опідзолені чорноземи, гідролітична кислотність яких досягає 7 мг-екв. на 100 г ґрунту. На таких чорноземах вирощують льон-довгунець.

Отже, вапнування ґрунтів Західного Лісостепу – це важливий, ще недостатньо використаний резерв подальшого підвищення врожайності сільськогосподарських культур, зокрема цукрових буряків.

Другою особливістю ґрунтового покриву цієї місцевості є значне поширення еродованих ґрунтів. Водна ерозія завдає тут великої шкоди землеробству.

Центральний (Правобережний) Лісостеп відзначається меншою зволоженістю (500–550 мм опадів за рік). Рельєф хвилястий, розчленований у південній частині і рівнинний, слабохвилястий на півночі.

На більшій південній частині провінції переважають опідзолені чорноземи та сірі опідзолені ґрунти. На південному заході в районі Вінниця-Жмеринка-Тульчин знаходиться величезний масив сірих та світло-сірих опідзолених ґрунтів майже без жодної плями чорноземів. На цій території всі землі потребують вапнування.

Таблиця 5

Фізико-хімічні властивості опідзолених ґрунтів Лісостепу

Ґрунт	Гли- бина, см	Ґу- мус, %	рН сольо- вої ви- тяжки	Гідролітична	Сума увіб- раних основ	Ступінь насищення основами	Область
				кислотність	мг-екв. на 100 г ґрунту		
Світло-сірий лісовий глибоко- вилугуваний легкосуглинковий	0–20	1,63	4,4	4,31	6,04	60,0	Львівська (Опілля)
	2–35	0,52	4,2	5,90	5,14	51,0	
Світло-сірий лісовий легкосуглинковий	0–15	1,77	5,1	2,70	7,39	73,2	Тернопільська
	18–28	0,96	4,5	3,30	6,81	67,4	
Сірий лісовий глибоко- вилугуваний легкосуглинковий	0–20	2,48	4,4	6,03	9,92	62,2	Львівська (Опілля)
	35–45	1,70	4,3	6,64	9,48	58,8	
Сірий лісовий легкосуглинковий	0–25	1,39	5,2	2,63	6,68	71,7	Волинська
	25–35	0,65	5,7	2,18	10,02	82,1	
Темно-сірий опідзолений поверх- нево оглеєний легкосуглинковий	0–25	2,70	5,1	5,43	10,46	65,8	Львівська
	30–40	1,87	5,1	5,00	11,46	69,6	
Темно-сірий опідзолений легкосуглинковий	0–27	2,01	6,2	2,62	12,33	82,4	Рівненська
	30–35	1,50	6,0	1,86	14,39	88,5	
Чорнозем опідзолений глибоко- вилугуваний легкосуглинковий	0–23	4,44	5,4	5,54	18,42	76,8	Львівська
	30–40	4,37	4,8	6,79	16,66	71,0	
Чорнозем опідзолений середньо- суглинковий	0–15	3,63	5,7	2,32	24,50	91,3	Хмельницька
	25–35	3,12	5,8	1,94	24,00	92,5	

Лівобережний Лісостеп характеризується слабо хвилястим рельєфом і підвищеною континентальністю клімату. В ґрунтовому покриві переважають чорноземи типові. На півночі провінції поширені осолоділі чорноземи. Площі сірих опідзолених ґрунтів, які потребують вапнування, невеликі. Ці ґрунти залягають переважно вздовж правих берегів річок. Значне поширення мають чорноземно-лучні, здебільшого солончакуваті та солонцюваті ґрунти.

Східний Лісостеп – це крайня східна смуга Лісостепу, що знаходиться на західному схилі Середньоросійської височини. Відзначається неглибоким заляганням крейдових порід і хвилястим розчленованим рельєфом. Ґрунтовий покрив представлений переважно чорноземами типовими малогумусними в північній частині на середньогумусними в південній. Опідзолені чорноземи та сірі лісові ґрунти, які потребують вапнування, мають острівне поширення.

У степовій зоні України поширені чорноземи звичайні, чорноземи південні та каштанові ґрунти, яким властиві високий ступінь насиченості основами, нейтральна та близька до неї реакція. В зв'язку з цим вони не потребують вапнування. Лише чорноземно-лучні осолоділі ґрунти та глеєсолоді степових подів мають кислу реакцію. Однак питання доцільності їх вапнування недостатньо вивчене (П. О. Дорошенко, 1967; Н. К. Крупский, 1973).

У підсумку огляду ґрунтів Лісостепу можна стверджувати, що першочергового вапнування вимагають світло-сірі і сірі лісові глибоковилугувані часто з різним ступенем змитості, які знаходяться в основному на теренах Західного Лісостепу. Названі ґрунти характеризуються незадовільними агрофізичними і агрохімічними властивостями, в орному шарі містять від 2,8 до 7 мг-екв. на 100 г ґрунту гідролітичної кислотності, 4,1–4,4 рН сольової витяжки, 1,63–1,77 % гумусу, рухомих форм фосфору 10–12, обмінного калію 4,0–9,0 мг на 100 г ґрунту.

РОЗДІЛ 3. РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ

3.1. Шляхи утворення родючості ґрунту

Під родючістю ґрунту слід розуміти його здатність забезпечувати рослину елементами живлення і водою. Родючість ґрунту якісно відрізняється від безплідного каменю і інших природних тіл, нездатних забезпечувати життєву потребу рослин у двох факторах їх існування – воді і поживі.

Розрізняють такі форми родючості: природну (родючість цілинного ґрунту); штучну (її ще називають економічною), створену діяльністю людини; ефективну – як нерозривний синтез природної й штучної родючості.

Всякий ґрунт, як природне тіло завжди володіє певною природною родючістю. Штучна родючість певною мірою є потенціальною (тобто прихованою, не проявленою): вона може в певній мірі проявлятися лише в результаті агротехнічних заходів впливу на ґрунт в урожаї вирощуваних культур.

Потенціальна – це нерозкриті на даному етапі розвитку землеробства можливості певного ґрунту.

Штучна родючість в одному випадку може бути порівняно високою, в іншому – досить низькою, але завжди вона визначається виключно поєднанням і сумісним впливом природних факторів і процесів ґрунтоутворення. Тому природна родючість в чистому вигляді практично знаходиться лише у цілинних землях, які раніше не оброблялися людиною.

Штучна родючість створюється в результаті можливих агротехнічних заходів щодо ґрунту, зв'язаних з його обробітком, удобренням, вапнуванням, меліорацією. З моменту, коли цілинна ділянка входить у культуру і ґрунт стає засобом виробництва і продуктом праці людини, вона поряд з природною набуває штучної родючості. Штучна родючість властива ґрунтам всіх земельних угідь, які зазнали культурного впливу людини. Однак, як би не був високоокультурений ґрунт, вона поряд з штучною родючістю завжди володіє певною мірою і природною родючістю, яка обумовлена природними властивостями ґрунту як природно-історичного тіла.

Природна і штучна родючість нерозривно зв'язані між собою. Вирішити для кожного конкретного випадку, яка частина сучасної

родючості, визначеної для культурного ґрунту, належить до її природної родючості і яка – до штучної, неможливо. Безперечно, що чим довше піддається ґрунт культурному обробітку і наскільки сучасна була застосована агротехніка, тим більше змінилися якості ґрунту і різко виражена в ньому штучна родючість. При використанні природної і штучної родючості ґрунту культурними рослинами ця родючість стає дійсною ефективною родючістю, яка вимірюється високою урожайністю (Д. Н. Прянишников, 1965).

Ефективна родючість як реальне вираження штучної і природної родючості, разом взятих, представляє собою результат діяльності людини щодо ґрунту в певних соціально-економічних умовах. Головним фактором тут є технічний прогрес, зростаючий з розвитком науки, продуктивних сил суспільства і характер суспільно-економічних відносин.

У практиці сільськогосподарського виробництва трапляється висока багаторічна врожайність в окремих господарствах на бідних дерново-підзолистих ґрунтах Полісся та низька – в ряді господарств Лісостепу й Степу на чорноземах, які за природними властивостями у декілька разів переважають поліські ґрунти. У першому випадку у структурі ефективної родючості переважає штучна, а в другому, навпаки – природна. Звідси можна зробити висновок, що ефективну родючість ґрунтів можна підвищувати лише за рахунок збільшення у її складі питомої ваги штучної.

Численні дослідження вказують, що врожаї можуть збільшуватися безперервно, якщо одночасно впливати на весь комплекс зовнішніх умов, в яких розвивається сільськогосподарська рослина. Отже, із наведеного вище виходить, що для росту і нормального розвитку рослин потрібна не одна будь-яка умова, а певний комплекс факторів, до яких, крім мінерального живлення, входить також волога, тепло, повітря і відповідна реакція ґрунтового середовища, створена за рахунок вапнування.

У кожному конкретному випадку питома вага окремих факторів у створенні врожаю культурних рослин різна, що пояснюється властивостями ґрунтів і неоднаковим використанням культурами поживних речовин з них, внесених добрив та реакції ґрунтового середовища (табл. 6).

На підставі наукових досліджень доведено, що приріст врожаю культур за впливу комплексу факторів такий: від удобрення, вапнування, гіпсування – 50 %, обробітку ґрунту – 25, сортозмін і сортооновлення – 15, сівозміни – 10 %.

Таким чином, ефективна родючість ґрунтів, що виражається середньою багаторічною продуктивністю сільськогосподарських культур, складається з природної і штучної родючості, частка якої зростає від підвищення рівня удобрення, хімічної меліорації, загальної культури землеробства.

Таблиця 6

**Роль вапнування й удобрення у формуванні врожаю
сільськогосподарських культур в умовах Полісся України
(дерново середньопідзолисті супіщані ґрунти)
(Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський, 1984)**

Фактор	Питома вага факторів у створенні врожаю, %		
	озимої пшениці	конюшини*	картоплі
Мінеральні добрива, щорічно $N_{90}P_{50}K_{54}$	23,8	2,5	31,0
Органічні добрива, 10 т/га щорічно	7,2	29,3	28,0
Органічні й мінеральні добрива (разом)	28,7	35,5	42,0
Вапно (0,75 т/га 1 раз за ротацію сівозміни)	12,0	26,0	10,0
Мінеральні й органічні добрива та вапно (разом)	32,4	54,0	56,0
За рахунок природної родючості	67,6	46,0	44,0
Величина урожаю при взаємодії усіх факторів, ц/га	40–42	63–72 (сіно)	220–250

Примітка: * післядія добрив.

3.2. Походження ґрунтової кислотності та її природа

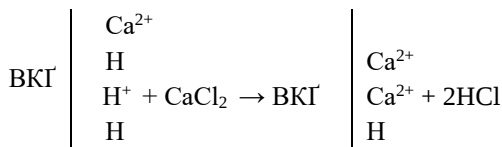
Реакція ґрунтового розчину (активна реакція ґрунту) є важливою властивістю ґрунту. Окремі рослини вимагають певних інтервалів рН для нормального розвитку; енергія життєдіяльності мікроорганізмів також великою мірою залежить від ґрунтової реакції. На земній поверхні значно поширені ґрунти, які володіють несприятливою реакцією ґрунтового розчину; надто кислі або сильно лужні. Явище ґрунтової кислотності в Україні зустрічається дуже часто, охоплюючи цілі зони підзолистих ґрунтів. Для підвищення продуктивності кислих ґрунтів потрібно змінити

реакцію ґрунтового розчину, нейтралізувати його. При цьому слід брати до уваги, що існує тісний зв'язок між складом і властивостями ґрунтового розчину і властивостями твердих фаз ґрунту. Кислі ґрунти володіють колоїдами з вираженими кислими властивостями. Позитивний вплив на ґрунтову реакцію досягається тільки тоді, коли враховується і так звана потенціальна кислотність, тобто кислотність, яка зв'язана з твердими фазами ґрунту (А. І. Гуменюк, 1968; Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський, 1984).

Потенціальною кислотністю ґрунту називають здатність ґрунту (її твердих фаз) проявляти себе при взаємодії з розчинами як кислота.

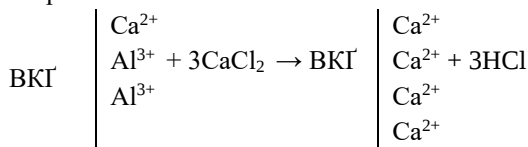
Ґрунти, які поряд з обмінними кальцієм і магнієм у вбирному комплексі мають водень і алюміній, називають ненасиченими основами або кислими. Утворюються вони там, де річна кількість опадів перевищує сумарне випаровування, тобто в умовах промивного водного режиму.

Схематично утворення кислоти у ґрунтовому розчині можна уявити так:



де BKГ – вбирний комплекс ґрунту, насичений кальцієм і воднем.

Після обробки ґрунту розчином хлористого кальцію катіони останнього обмінюються на водень, який переходить у розчин з утворенням соляної кислоти і підкислює сольову витяжку. Утворення кислоти можна зобразити за схемою:



У цій схемі джерелом кислоти виступає алюміній.

Дослідженнями встановлено, що у вбирному комплексі ненасичених ґрунтів можуть бути одночасно водень і алюміній. Звідси виникла гіпотеза про подвійну природу ґрунтової кислотності, тобто остання залежить як від водню, так і від алюмінію (Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський, 1984).

У природі розповсюдження кислих ґрунтів зв'язано з певними умовами ґрунтоутворення.

Важливим моментом в утворенні ґрунтів з тою або іншою реакцією є характер материнської породи. При всіх інших рівних умовах на карбонатних породах, які містять CaCO_3 або MgCO_3 , найчастіше зустрічаються ґрунти, які збагачені Ca та Mg і мають нейтральну реакцію, ніж на кислих породах, у яких відсутні карбонати і складаються із кислих продуктів вивітрювання (кислі глини). Підзолисті ґрунти, бідні основами, в більшості випадків приурочені до відмитих флювіогляціальних відкладів, а в цих місцях підзолистої зони, де зустрічаються карбонатні породи, інколи мають місце перегнійно-карбонатні ґрунти з високим вмістом основ і незначною кислотністю.

Однак ґрунтотворний процес, характер якого визначається сукупністю багатьох факторів (клімат, рельєф, рослинність, діяльність людини), може суттєво змінити материнську породу. В деяких умовах цей процес приводить до втрати основ і підкислення (підзолистий процес), в інших випадках спостерігається поступове збагачення ґрунту основами (дерновий процес).

Рослинність також впливає на характер ґрунтової реакції. Так, хвойні ліси і сфагнум сприяють підсиленню кислотності, завдяки кислим властивостям їх органічних залишків (водяна витяжка із хвої має рН 4,0, із сфагнуму – близько 3,6); листяні ліси і трав'яниста рослинність, навпаки, сприяють нагромадженню основ. Зміна хвойного лісу листяним приводить до послаблення підзолистого процесу і посилення дернового (Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський, 1984).

Сільськогосподарська діяльність людини також приводить до цілого ряду змін ґрунтової реакції. Сам факт відчуження урожаю з полів веде за собою поступове збіднення ґрунту на елементи живлення, які входять в склад рослин, і зокрема основами, використаними кореннями із глибоких горизонтів.

Таким чином, ряд явищ, і природних, і культурних, призводить до утворення кислих ґрунтів із всіма їх негативними властивостями.

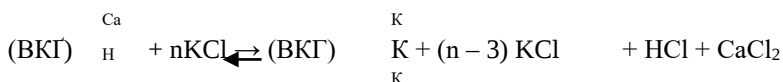
3.3. Форми ґрунтової кислотності

Залежно від того, у якому стані знаходяться у ґрунті іони водню, розділяють дві форми кислотності: актуальну (активну) і потенціальну

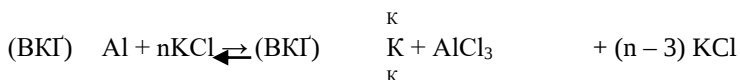
(пасивну). Актуальна кислотність менша від потенціальної і визначається у водній витяжці електрометрично і характеризується величиною рН (А. К. Возбуждая, 1964; А. С. Радов, Й. В. Пустовой, А. В. Корольков, 1971).

Актуальна (або активна) кислотність ґрунту зв'язана з наявністю в ґрунтовому розчині іонів водню вуглекислоти, кислих і гідролітичних кислих солей, а також органічних кислот, які утворюються при розкладі органічної речовини. Актуальна кислотність впливає безпосередньо на тканину коренів рослини і на обмін речовин між рослиною і ґрунтом.

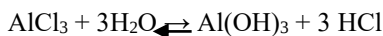
Обмінна кислотність ґрунту обумовлюється наявністю у вбирному комплексі вільних до обміну іонів водню (і алюмінію). При взаємодії будь-якої нейтральної солі (наприклад KCl) з ґрунтом, який містить обмінні іони водню, в результаті їх витіснення із ґрунтового вбирного комплексу (ВКГ) катіоном оброблюваної солі утворюється вільна кислота (HCl) за схемою:



За наявності в ґрунті обмінних іонів алюмінію вони також витісняються катіонами оброблюваної солі є утворенням хлористого алюмінію



Хлористий алюміній – сіль гідролітично кисла. При її гідролізі утворюється вільна кислота:



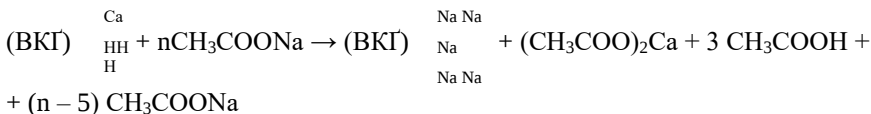
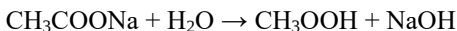
Наявна в сольових витяжках із кислих ґрунтів HCl в подальшому може бути вирахована титруванням лугом, за витратою якого і визначають величину обмінної кислотності ґрунту.

Обмінна кислотність, крім несприятливого її впливу на фізико-хімічні властивості ґрунту, може шкідливо відобразитися на рості і розвитку рослини в зв'язку з підкисленням ґрунтового розчину, яке може спостерігатися, наприклад, при внесенні в ґрунт, який володіє значною обмінною кислотністю, великих доз калійних добрив. Підвищення

кислотності ґрунтового розчину, яке відбувається в тому випадку, може значно знизити врожайність сільськогосподарських культур.

Гідролітична кислотність. При взаємодії деяких ґрунтів з розчинами гідролітичнолужних солей проходить витіснення в ґрунтовий розчин значної кількості іонів водню. Додаткова кислотність, яка виявляється при дії на ґрунт луґу або гідролітичнолужна сіль (в лабораторних умовах), називається гідролітичною кислотністю.

Схеми реакцій можна представити у такому вигляді:



3.4. Вбирний комплекс ґрунту

Вбирний комплекс ґрунту представляє собою тверду фазу ґрунту, яка складається з мінеральної і органічної частин. Мінеральна в свою чергу – з різних за розміром часток, які поділяються на три складні фракції: фізичний пісок (>0,01 мм), фізичну глину (від 0,01 до 0,001 мм) та мулисту фракцію (<0,001 мм). Остання у поєднанні з органічною речовиною (органо-мінеральні колоїди) і є вбирним комплексом ґрунту. Кожна колоїдна часточка має від’ємний електричний заряд, який компенсується позитивним зарядом іонів металу, що розміщуються навколо неї кількома шарами. Здебільшого це іони лужних металів (кальцій, магній, калій, натрій). В насичених кислих ґрунтах переважають іони водню та алюмінію (Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський, 1984; К. К. Гедройц, 1955).

Позитивно заряджені іони лужних металів, що знаходяться навколо ядра міцели, становлять у своїй сукупності суму обмінних основ, а сума усіх іонів (і зокрема водню та алюмінію) являє собою ємкість вбирання. Сума увібраних основ та ємкість вбирання залежать від вмісту в ґрунті мулистої фракції та органічної речовини – гумусу; чим їх більше, тим більші суми увібраних основ і ємкість вбирання. Органічна частина ґрунту має набагато більшу ємкість вбирання від мінеральних колоїдів (у 6–10 разів). Тому значення її дуже високе в торфовищах і торфоболотних ґрунтах.

Якісний і кількісний склад обмінних катіонів неоднаковий у різних ґрунтах, і навіть в одному і тому ж ґрунті різного ступеня окультурення. Залежить він також від системи удобрення культур у сівозміні, характеру зволоження, температури тощо. За винятком підзолів, латеритних ґрунтів і коркових солонців, серед обмінних (увібраних) катіонів завжди найбільшу питому вагу займає кальцій, меншу – магній й зовсім малу – калій, натрій і амоній. У солонцях натрій, магній або разом з кальцієм можуть мати рівноцінну питому вагу (30–33 % від суми увібраних основ). У підзолах, латеритах та сильно підзолистих ґрунтах лісової зони – катіони водню чи алюмінію (А. К. Возбуцкая, 1964).

Увібрані катіони при обробці ґрунту розчинами солей обмінюються на катіони цих солей. К. К. Гедройц експериментально довів, що лише ґрунт, насичений кальцієм, забезпечує потрібні умови для розвитку рослин, а магнієм, залізом і алюмінієм – дуже пригнічує їх катіонами водню, барію, кобальту, міді, марганцю, згубно діє на рослину. Проте для більшості ґрунтів, крім кальцію, є обов'язкова наявність в обмінному стані деякої кількості магнію. Деяка частина кальцію, магнію, калію і натрію входить в склад органічних сполук. Доступні рослинам увібрані форми і розчинені у воді сполуки.

Валовий вміст цих елементів коливається від 1,5 до 3–4 %, різко збільшується в карбонатних або соленосних горизонтах (Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський, 1984).

Без достатньої кількості кальцію у формі бікарбонату у ґрунтів створюється кисла реакція середовища, яка суперечить біологічним вимогам більшості сільськогосподарських культур. Супутником цього явища є різке збільшення в ґрунті вмісту рухомих форм алюмінію (іноді марганцю), отруйних для рослин.

Кальцій – один з важливих елементів живлення рослин. І незважаючи на те, що його вистачає ніби у всіх ґрунтах, сільськогосподарські культури підвищують урожай після його внесення навіть на чорноземах Лісостепу. Як регулятор реакції середовища кальцій забезпечує оптимальні (для даного ґрунту) параметри мікробіологічної діяльності, утворення рухомих форм азоту та фосфору. У зв'язку з розвитком хімізації землеробства роль кальцію зростає.

Залежно від вмісту в ґрунті мулистої фракції та органічної речовини або від величини вбирного комплексу кількість увібраних основ, а значить,

і кальцію буває різною. За таких умов абсолютні значення увібраних основ не дають уявлення про те, достатньо їх, забагато чи недостатньо. Для цього визначають ступінь насичення основами за формулою:

$$V = \frac{S}{S+H} \cdot 100,$$

де V – ступінь насичення вбирного комплексу ґрунту основами, %;

S – сума увібраних основ, мг-екв. на 100 г ґрунту;

H – величина гідролітичної кислотності, мг-екв. на 100 г ґрунту.

Підставляючи у формулу кількість обмінного (увібраного) кальцію чи магнію замість суми основ (у чисельник), можна знайти ступінь насичення ґрунту кальцієм або магнієм.

За складом увібраних катіонів ґрунт відрізняється навіть у межах одного типу, але в найбільш родючих провідне місце завжди займає кальцій і тільки деяку частину ємкості вбирання – інші катіони. Останні, знаходячись у вбирному комплексі в невеликих кількостях, відіграють значну роль. За інших рівних умов супіщані і піщані ґрунти Полісся відзначаються вищою ефективною родючістю, коли кальцій і магній знаходяться у певному співвідношенні, яке залежить від кислотності, набору культур у сівозміні, вапнування тощо.

Для росту і розвитку сільськогосподарських культур потрібно, щоб у ґрунті було достатньо рухомих поживних речовин, що також залежить від складу увібраних основ: ґрунти, насичені кальцієм, характеризуються значним вмістом валових форм елементів живлення і досить часто – малою кількістю рухомих, особливо азоту і фосфору. Тому наявність в обмінному стані магнію, калію, водню (алюмінію) і амонію поряд з кальцієм забезпечує їх високу ефективну родючість (табл. 7).

З наведених даних видно, що закономірне зменшення різниці між сумою увібраних кальцію і магнію та ємкістю вбирання від дерново-підзолистих піщаних ґрунтів до чорноземів пов'язане з поступовим зниженням кислотності. При цьому в тому ж напрямі спостерігалось збільшення питомої ваги кальцію і зменшення – магнію. Ці закономірності зумовлені факторами ґрунтоутворення, тобто природою ґрунтів, які характеризуються своєрідним вбирним комплексом, насиченим у різних співвідношеннях кальцієм, магнієм, воднем, алюмінієм, калієм, амонієм та натрієм. Останній значну питому вагу займає в солонцях і солонцюватих відмінах. Щодо калію і амонію, то навіть у ґрунтах з великою місткістю

вбирання кожен з них не перевищує 1 мг-екв. на 100 г ґрунту, або не більше 1–5 %.

Таблиця 7

Вміст увібраних основ у кислих та нейтральних ґрунтах Полісся і Лісостепу (Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський, 1984)

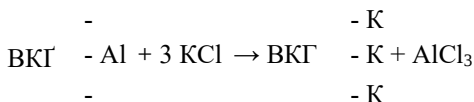
Ґрунти	Мг-екв. на 100 г ґрунту			Ступінь насиченості, %	
	місткість вбирання	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Дерново-підзолисті піщані	3,5–4,0	0,7–1,0	1,0–1,4	24	32
Дерново-підзолисті глинисто-піщані	3,8–4,7	2,0	1,0	47	23,5
Дерново-підзолисті супіщані	5,5–6,5	2,1–3,6	0,8–1,5	46,7	19,2
Сірі лісові легкосуглинкові	7,5–18,1	4,0	1,2–3,8	62,5	19,5
Темно-сірі лісові легкосуглинкові	10,1–21,0	12,1	0,7	70,0	15,5
Чорноземи опідзолені легкосуглинкові	22,0	6,7–15,0	4,0	75,4	11,4
Чорноземи опідзолені середньосуглинкові	29,5	16,6	2,5	76,6	13,5
Чорноземи типові мало-гумусні легкосуглинкові	24,0	22,6	4,0	77,0	14,2
Чорноземи типові середньосуглинкові	40,0	18,5	3,4	81,0	9,0

Ґрунт, який містить 75–80 % кальцію, 10–12 магнію, 6–8 водню (і алюміній), 5–9 калію, амонію, а в лісостеповій зоні – і натрій, завжди має достатні запаси поживних речовин, близьку до нейтральної реакцію, відзначається високою ефективною родючістю і вапнування не потребує.

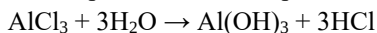
3.5. Роль алюмінію в ґрунтовій кислотності

Питання про природу ґрунтової кислотності, про те, чим вона визначається – присутністю іонів Н або іонів Al на поверхні колоїдних частинок – є дискусійним протягом багатьох десятиріч і повністю не вирішено і до сьогоднішнього часу.

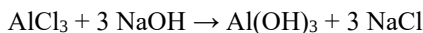
Ще на початку XX ст. деякі дослідники (Вейч у США, Дайкухара в Японії і дещо пізніше Каппен в Німеччині) звернули увагу на те, що в нейтрально сольових витяжках із кислих ґрунтів є присутній Al, який прийняли за причину обмінної кислотності через наявність Al серед вбирних катіонів ґрунту. Як уже вказувалося вище, реакція нейтральної солі з кислого ґрунту, який містить Al на поверхні колоїдних частинок, представляється в такому вигляді:



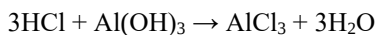
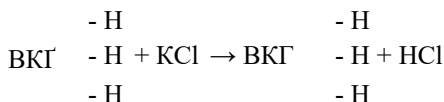
AlCl_3 представлений гідролітично кислою сіллю, підкислює розчин:



Межа підкислення визначається титруванням:



Інше представлення про природу ґрунтової кислотності підтримував К. К. Гедройц, який вважав причиною кислотності наявність у ґрунті обмінного H^+ . Заперечуючи Дайкухару і Каппену, К. К. Гедройц (1930) пояснював появу Al в фільтраті вторинною реакцією між HCl (продуктом взаємодії кислотою, тобто вмістимий обмінний H-іон ґрунтом і нейтральною сіллю) і основними формами Al твердої фази ґрунту, легко вступаючи в реакцію:



Погляди Гедройца на вторинне походження Al при взаємодії ґрунтів з розчинами нейтральних солей розділяли багато відомих дослідників в області хімії ґрунту, в подальшому до них приєднався і Каппен (1929).

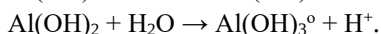
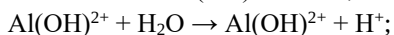
Наявність водню іонів серед обмінних катіонів підтверджується рядом явищ. Перш за все, іон водню постійно появляється в ґрунті (в результаті біологічних процесів, де утворюється вуглекислота і органічні кислоти), слугує первинним фактором підкислення. Значення його посилюється тим, що протон (іон H^+) володіє найбільшою із всіх іонів

рухливістю і високою здатністю адсорбуватися. У багатьох кислих ґрунтах, перш за все в ґрунтах або в ґрунтових горизонтах, багатих органічною речовиною, в більшості випадків відсутня еквівалентність між кислотністю і кількістю Al в розчині: кислотність цих ґрунтів визначається титруванням витяжок.

Інтерес до питання природи ґрунтової кислотності проявляв у свій час відомий дослідник В. А. Чернов. Зміст його наукових праць полягає в тому, що присутність обмінного Al на поверхні колоїдних частинок є однією із причин ґрунтової кислотності у всіх мінеральних ґрунтах. І лише кислотність ґрунтових органічних речовин (в лісних підстилках, торфових ґрунтах, частково в верхніх, багатих органічною речовиною горизонтах підзолистих ґрунтів) визначається H-іоном.

Одним з головних моментів, на яких В. А. Чернов базує свою точку зору, є висока адсорбна здатність Al порівняно з H-іоном, завдяки якому при підкисленні ґрунту саме іони Al, а не H-іони нагромаджуються в увібраному стані.

На підставі своїх досліджень В. А. Чернов стверджує, що висока адсорбційна здатність Al зв'язана з його високою валентністю. Але в ґрунтах іони Al^{3+} зустрічаються лише при дуже кислій реакції підвищення рН води до утворення основних іонів Al, які можна представити за такими ступенями проходження реакцій:



Підводячи підсумок викладеного вище про роль Al у ґрунтовій кислотності, можна відзначити, що дуже важливе значення в появі ґрунтової кислотності має вуглекислота і органічні кислоти – продукти біологічних процесів. Водень цих кислот витісняє із обмінного стану основи (Ca, Mg), які в умовах значного зволоження поступово вилуговуються в нижні горизонти. Водень на поверхні колоїдних частинок з часом може бути заміщений алюмінієм. Співвідношення H і Al в обмінному стані в різних ґрунтах, очевидно, можуть бути різноманітними залежно від ряду обставин.

За численними даними С. С. Ярусова (1960), обмінний водень відіграє в обмінній кислотності відносно велику роль, ніж обмінний алюміній в таких випадках: у верхніх горизонтах дерново-підзолистих

ґрунтів порівняно з нижніми горизонтами, в окультурених (шляхом внесення органічних добрив) ґрунтах порівняно з неокультуреними; в дерново-підзолистих ґрунтах порівняно з каштановими.

Зараз можна вважати встановленими такі положення:

а) кислотність органічних ґрунтових колоїдів визначається в основному водневими іонами;

б) кислотність мінеральних колоїдів можна визначати наявністю в обмінному стані Н-іона або Al-іона;

в) наявність Al-іона в сольових витяжках із кислих ґрунтів не є доказом його наявності в обмінному стані; походження його може бути і вторинним.

Остання обставина є основою для того, щоб замість “обмінний” Al застосовувати термін «рухомий» або «активний» Al.

РОЗДІЛ 4. НАУКОВІ ОСНОВИ ВАПНУВАННЯ ҐРУНТУ

4.1. Кальцій ґрунту – сторож його родючості

У різних ґрунтово-кліматичних зонах України спостерігається певна закономірність щодо наявності та глибини залягання вапна у ґрунтах. Зональні ґрунти Полісся та передгірних і гірських районів Карпат не містять новоутворень карбонатів кальцію і магнію, не кажучи вже про більш розчинні солі. В цих зонах карбонати у верхньому горизонті містять лише ті ґрунти, які утворилися на багатих вапном породах (вапняках, крейді, мергелях).

У лісостеповій зоні вуглекисле вапно містять майже всі ґрунти. У світло-сірих, сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтах залежно від умов їх залягання за рельєфом і абсолютної висоти місцевості карбонати виявляються переважно на глибині 0,8–1,5 м і рідко глибше 2 м. Під їх колоїдно-ілювіальним горизонтом завжди залягає збагачений на вапно горизонт – ілювій карбонатів. Останні скупчені тут у формі так званих «псевдоміцелію». В чорноземах опідзолених і вилугуваних карбонати знаходяться дещо вище, а в типових чорноземах – у верхньому гумусовому горизонті.

Далі на південь, у зоні Степу, в пануючих там чорноземах звичайних вуглекисле вапно виявляється на глибині 30–50 см, а на глибині близько 1 м залягає горизонт скупчень карбонатів у формі так званої «білозірки». У підзоні посушливого Степу і поширених там південних чорноземах карбонати знаходяться ще вище, а під горизонтом «білозірки» залягає ще й горизонт скупчення гіпсу.

Зростання вилугуваності ґрунтів від вапна в напрямі з півдня на північ пов'язано, звичайно, з погодними умовами. Однак не цим зумовлюється дуже різний за вмістом вапна і природною родючістю ґрунтовий покрив Полісся і районів Карпат, з одного боку, і Лісостепу та Степу – з другого. Головною причиною є різниця цих зон за поверхневими (ґрунтоутворюючими) породами. Ґрунти Лісостепу і Степу утворилися на карбонатних породах – лесі та лесовидних суглинках, а ґрунти Полісся і районів Карпат – переважно на карбонатних відкладах (Г. А. Андрущенко, 1970).

Досить великий вміст вапна в лесових породах України (5–8 %) був однією з вирішальних умов утворення тут родючих чорноземів. Лісостепові

опідзолені ґрунти, що розвинулися на цих породах, також значно перевищують за родючістю дерново-підзолисті ґрунти Полісся та Передкарпаття і бурі лісові ґрунти Карпат, що утворилися на безкарбонатних породах. Характерно, що і ґрунти лісової зони, які утворилися на карбонатних породах, різко відрізняються від навколишніх зональних ґрунтів своїми властивостями і родючістю. Прикладом тому є перегнійно-карбонатні ґрунти на крейдяних мергелях (рендзینی, громиші) поліських районів Волинської, Рівненської та Львівської областей.

А. Н. Соколовський (1934) вказував, що зв'язок багатших ґрунтів з вапнистими породами безперечний, особливо помітний в північних районах, де переважають бідні ґрунти. Материнські породи підзолистих ґрунтів бідні на легкорухомі елементи і особливо на вапно. Це вже область кислих ґрунтів з більшим чи меншим ступенем кислотності.

Працями К. К. Гедройца (1935), А. Н. Соколовського (1934) та інших зарубіжних вчених встановлено, що властивості ґрунту значною мірою залежать від складу катіонів, увібраних його колоїдною частиною, ґрунтовим вбираючим комплексом. Зерниста структура родючого чорнозему, сприятливі для рослин водно-фізичні властивості, екоагульованість гумусу і мінеральних колоїдів, що запобігає їх вимиванню, нейтральна або близька до неї реакція ґрунтового розчину, зумовлюються високою насиченістю ґрунтового вбираючого комплексу кальцієм і деякою мірою магнієм.

Збіднення верхнього горизонту ґрунту на гумус та глину і підвищення кислотності спостерігається також при опідзоленні чорнозему чи іншого насиченого основами ґрунту, якщо на ньому насаджується ліс (А. І. Гуменюк, 1968).

Отже, головне значення вуглекислого вапна для родючості ґрунту полягає в тому, що воно є джерелом увібраного кальцію, який запобігає втратам найціннішої частини ґрунту – гумусу і глини, і тому є, так би мовити, сторожем його родючості.

Крім того, кальцій і магній є також потрібними елементами живлення рослин. Засвоюються рослинами тільки водорозчинні та ввібрані кальцій і магній. В опідзолених і дерново-підзолистих ґрунтах водорозчинних сполук кальцію майже немає, а кількість увібраного кальцію навіть у супісковому дерново-підзолистому, бідному на вапно, ґрунті становить 0,03–0,04 %, або 1000–1200 кг/га. Такої кількості кальцію

може вистачити для культурних рослин на багато років. Ці цифри, звичайно, не заперечують можливих випадків нестачі в ґрунті кальцію як елемента живлення рослин.

Дуже великий вплив вапна на хімічні властивості ґрунту. Воно нейтралізує кислоти, які утворюються в процесі розкладу органічних решток і при внесенні кислих і фізіологічно кислих мінеральних добрив тощо.

Зумовлюючи формування міцної структури ґрунту і цим поліпшуючи його водно-повітряні властивості, знешкоджуючи кислотність, вапно дуже позитивно впливає на життєдіяльність корисних мікроорганізмів – нітрифікаторів (*Nitrosomonas Nitrobacter*) і азотофікаторів – як тих, що вільно живуть у ґрунті (*Azotobacter chvoococum*, *Clostridium pasteurianum*), так і бульбочкових бактерій (*Bacillus radicumicola*).

Отже, позитивна дія вапна в ґрунті багатогранна. Тому з повним правом можна стверджувати, що вапно є найкращим сторожем і регулятором родючості ґрунту (О. Н. Соколовський, 1934).

4.2. Втрати кальцію з ґрунту

Ґрунт збіднюється на вапно внаслідок виносу його рослинами як поживної речовини і вимивання в підґрунтові води.

Втрати карбонатів ґрунтами – це закономірний процес на територіях, де кількість опадів за рік перевищує кількість вологи, яка витрачається на випаровування. Інтенсивність цього процесу і його негативна роль знаходиться в залежності від багатьох факторів: різниці між опадами і випаровуванням, що визначає тип водного режиму, характеру опадів і їх розподіл за періодами року, природи ґрунту, його гранулометричного складу (в піщаних відмінах при інших рівних умовах втрати карбонатів внаслідок вимивання звичайно більш значні і негативна роль цього процесу більша, ніж у супісках), типу сівозміни, інтенсивності добрива, доз внесеного вапна, виносу карбонатів рослинами.

У зв'язку з великою кількістю факторів, які впливають на втрати карбонатів, практично значення цього процесу різні в різних природних зонах (А. І. Гуменюк, 1968; Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський, 1984).

У районах Центрального Полісся України неудообрений і непровапнований дерново-підзолистий супіщаний ґрунт з орного і підорного горизонтів щорічно може втрачати 140–150 кг/га CaCO_3 , удообрена і провапнована – 200–210 кг/га при щорічному внесенні 5,5–6,0 ц/га мінеральних туків і 300–310 кг/га за подвійної кількості туків.

Орієнтовно в західних районах країни загальні втрати карбонатів в 1,5–2,0 рази більші від наведених величин, а в південно-східних районах поширення кислих ґрунтів в 1,5–2,0 рази менше.

Розрахунки показують, що в господарствах інтенсивного товарного землеробства з посівами люцерни, конюшини та інших бобових культур, корене- і бульбоплодів і особливо в овочевих господарствах баланс вапна може бути дефіцитним, тобто виноси його з ґрунту не покриватимуться внесенням з гноєм та іншими добривами.

Багатьма науково-дослідними працями доведено, що значна кількість карбонатів виноситься урожаєм сільськогосподарських культур і також виключається із кругообігу в системі “ґрунт – рослина” (табл. 8).

Однак головною причиною збіднення ґрунту на вапно є вимивання його в підґрунтові води. Аналізи дренажних і підґрунтових вод показують, що із загальної кількості мінеральних речовин, що вимиваються з ґрунту, найбільша частина припадає на вапно. Про це свідчать і аналізи річкових вод. Особливо інтенсивно вимивається з ґрунту кальцій в умовах вологого і м’якого клімату. Так, щорічні втрати кальцію орними землями Англії становлять в перерахунку на CaCO_3 2,3–5,2 ц/га (Г. Гарнер і Г. Гарнер, 1954). Ґрунти Ротамстердської дослідної станції (Англія) за 100 років втратили половину свого кальцію (О. В. Петербурзький, 1966). Там випадає за рік 739 мм атмосферних опадів, а в районах наших Карпат і на прилеглих до них територіях – 700–1500 мм.

В умовах ФРН з 1 га орних земель залежно від гранулометричного складу їх ґрунтів, щорічно вимивається 196–504 кг CaO , 6–15 кг MgO , 10–60 кг K_2O і 0–12 кг P_2O_6 (Bergman W., 1964)

За даними колишнього Всесоюзного науково-дослідного інституту меліорації і водного господарства СРСР, щорічно вимивається в умовах Білорусії близько 4 ц окису кальцію (В. І. Шемпель, 1966).

Найбільше втрачають кальцій багаті на нього ґрунти (до 4 т/га щорічно). Більше вимивається кальцію з вапнованого ґрунту, ніж з невапнованого. У міру збільшення пилуватості ґрунту і збіднення його як

на карбонатний, так і на обмінний кальцій вимивання останнього уповільнюється; кислий ґрунт віддає кальцій дуже повільно.

Таблиця 8

**Середній винос кальцію і магнію з урожаєм (в кг на 10 ц продукції)
в перерахунку на CaCO_3 (типові методичні рекомендації по
вапнуванню кислих ґрунтів, в Українській РСР, 1984)**

Культура	CaCO_3	MgCO_3	Сума карбонатів**
Жито озиме*	8,8	6,0	14,8
Пшениця озима*	6,3	6,5	12,8
Пшениця яра*	5,6	7,8	12,4
Ячмінь ярий*	7,7	6,3	14,0
Овес*	9,7	7,2	26,5
Гречка*	18,0	8,5	26,5
Горох*	31,5	10,0	41,5
Буряки цукрові (коренеплід)	2,9	1,3	4,2
Картопля (бульби)	0,5	1,5	2,0
Буряки кормові (коренеплід)	0,5	1,0	1,5
Люпин кормовий (зелена маса)	2,9	1,5	4,4
Конюшина червона (сіно)	42,2	19,0	61,2
Люцерна	45,5	7,8	53,5
Сіно багаторічних трав	27,0	12,5	39,5
Сіно однорічних трав	30,0	10,6	40,6
Капуста	1,3	0,8	2,1
Лучні бобово-злакові трави (сіно)	17,1	10,2	27,3
Лучні злакові трави (сіно)	7,2	5,0	12,2
Льон-довгунець*	17,1	16,4	33,5

Примітка: * зерно + солома; ** з провапнованих ґрунтів винос кальцію і магнію з урожаєм вищий на 10–12 %.

Основна кількість кальцію в ґрунті знаходиться у формі карбонату, розчинність якого низька (приблизно одна частина на 100 тис. частин води), при взаємодії ж карбонату кальцію з кислотами, зокрема з вугільною кислотою, яка завжди є в ґрунті, утворюється кислий карбонат, або бікарбонат: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, розчинність якого в 60 разів

вища, ніж карбонату кальцію. Отже, вода і вуглекислота ґрунту є головними чинниками збіднення на кальцій (і магній) поверхневих шарів ґрунту.

У Західному Лісостепу, на Поліссі, в Передкарпатті, Карпатах і Закарпатті велика кількість карбонатів вимивається за межі кореневмісного шару ґрунтів в основному через велику кількість опадів та промивний режим ґрунту. Крім того, інтенсивність вимивання залежить і від вирощування культур і особливо мінеральних добрив (табл. 9).

Таблиця 9

**Вплив удобрення на втрати карбонату кальцію
супіщаним ґрунтом Полісся**

Удобрення	Вимито CaCO_3 , кг/га за рік з шару ґрунту 0–40 см
Без добрив	120
Стандартні туки, 6 ц/га + CaCO_3 , 3 т/га	190
Стандартні туки, 12 ц/га + CaCO_3 , 2,5 т/га	290

Вимивання кальцію з ґрунту і пов'язане з цим підвищення його кислотності різко підсилюється при внесенні кислих і фізіологічно кислих мінеральних добрив, особливо сірчаноокислого амонію. Так, за даними аналізів дренажних вод Ротамстердської дослідної станції (Англія), вимивалося вапна в перерахунку на CaO з ділянок без добрив – 98 частин на мільйон частин води, з мінеральними добривами (фосфор, калій, натрій, магній) – 124, з цими ж добривами та з додаванням 2,3 ц/га сірчаноокислого амонію – 144 і з додаванням 4,53 ц/га сірчаноокислого амонію – 181 (Г. Гарнер і Г. Гарнер, 1954).

Про ступінь підкислення ґрунту фізіологічно кислими азотними добривами дають уявлення дані вегетаційного досліді з вівсом (Швеція), в якому вивчали вплив азотних добрив на рН ґрунту. Порівнювали кальцієву селітру, аміачну селітру, сірчаноокислий амоній і сечовину в нормах від 160 до 2500 кг/га. Через три роки взаємодії цих добрив з ґрунтом показники його рН були такі: по кальцієвій селітрі – від 6,2 до 6,6, аміачній селітрі – від 6,1 до 5,5, сірчаноокислому амонію – від 6,1 до 4,3 і сечовині – від 6,2 до 5,5 (при рН ґрунту 6,2 по варіанту без азоту).

Особливо швидко вимивається кальцій та магній і підкислює ґрунт від застосування фізіологічно кислих азотних добрив на легких (піщаних, супіскових, легкосуглинкових) ґрунтах. Так, Ф. В. Турчин (1960) відзначає, що тривале застосування сірчано-кислого амонію і аміачної селітри на опідзоленому супісковому ґрунті Люберецького дослідного поля призвело до майже повної втрати родючості ґрунту. Внесення чистого карбонату кальцію не виправило повністю становища. Відновлювалася родючість такого ґрунту лише від застосування вапна разом з магнієвими добривами (легкі ґрунти бідні на магній, особливо їх кислі відміни).

Пряма залежність між кількістю внесених мінеральних добрив і втратами карбонату кальцію ґрунтами обумовлена підкислювальною дією добрив, насамперед азотних. На кожен центнер внесених азотних туків витрачається певна кількість вапна (табл. 10), що потрібно враховувати при визначенні строків повторного вапнування.

Таблиця 10

**Дози CaCO_3 для нейтралізації фізіологічно кислих добрив
(в ц на 1 ц тюка)**

Назва добрив	Хімічна формула	Потрібно CaCO_3
Хлористий амоній	NH_4Cl	1,4
Сульфат амонію	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1,2
Аміачна селітра	NH_4NO_3	0,75
Аміачна вода	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0,4
Аміак безводний	NH_3	2,9–3,0
Карбамід	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0,8

Із наведених вище азотних добрив (табл. 10) видно, що вони сприяють втратам кальцію з ґрунту і підвищенню кислотності ґрунту.

Щодо фосфорних добрив, то слід відзначити, що найбільш поширеним у використанні є суперфосфат, хоч він і є хімічно кислим, проте підкислює ґрунт мало.

Кількість кальцію, яка міститься в суперфосфаті у формі гіпсу, значно компенсує втрату ґрунтом кальцію під впливом кислотності цього добрива.

Фосфатшлаки, які містять 25–48 % CaO , збагачують ґрунт на кальцій. Тонна фосфатшлаку за нейтралізуючою здатністю дорівнює приблизно 5–7 ц вапнякового борошна.

Калійні добрива сприяють вимиванню кальцію з ґрунту, тому що калій та інші катіони (Na , Mg), що містяться в цих добривах, значною мірою переходять у ввібраний стан, витісняючи еквівалентну кількість кальцію, а в кислих ґрунтах – і водню.

Майже всі калійні добрива фізіологічно кислі, проте підкислюють ґрунт вони менше, ніж аміачні форми азотних добрив.

Одночасно з втратами карбонатів спостерігається зворотний процес – їх надходження в ґрунт під час вапнування, внесення фосфорних добрив, гною та компостів, з опадами, із насінням сільськогосподарських культур.

При вапнуванні вноситься від 2 до 5 і більше тонн CaCO_3 на 1 га, з кожним центнером фосфорних добрив – близько 50 кг, а з 40 тоннами гною – 350 кг, з опадами надходить 15–30 і більше кілограмів CaCO_3 на гектар, 5–10 кг/га і більше карбонатів надходить у ґрунт із насінням культур.

Строки повторного вапнування орієнтовно можуть бути визначені на основі балансу кальцію в ґрунті. При цьому наявна кількість кальцію в ґрунті до вапнування не враховується, оскільки йдеться про ґрунти кислі, тобто насичені основами.

4.3. Повторне вапнування

Повторне або підтримуюче вапнування потрібне внаслідок вимивання кальцію і магнію із ґрунту, виносу їх із ґрунту, відчуження їх з урожаєм сільськогосподарськими рослинами. Тому вапнування в зоні поширення кислих ґрунтів нашої країни потрібно розглядати як захід, який має повторюватися через певний проміжок часу.

Періодичність вапнування для підтримання оптимальної реакції ґрунту може бути також визначена за ефективністю доз вапна в довготривалих польових дослідах при основному і повторному вапнуванні. На підставі наявних експериментальних матеріалів у науково-дослідних установах зони з динаміки ефективності доз вапна з врахуванням періоду їх високої і стійкої дії на врожай сільськогосподарських культур і властивостей ґрунту визначають повторне вапнування. Той

експериментальний матеріал, який сьогодні є, вказує на те, що стійка позитивна дія малих доз вапна (1–2 т/га CaCO_3) триває 2–3 роки, половинних (2,5–4 т/га) – 4–6 років, повних доз (5–8 т/га) – 7–10 років.

Періодичність вапнування за балансом кальцію (в перерахунку на CaCO_3) розраховують з врахуванням його втрат із ґрунту і надходження в нього.

Втрати вапна із ґрунту визначають за вилугуванням його із ґрунту в результаті лізометричних досліджень і виносу врожаєм сільськогосподарськими культурами в перерахунку на CaCO_3 .

Дози вапна для повторного вапнування визначаються тими ж методами, що й для початкового. Подібні показники кислотності ґрунту, за яких доцільне повторне вапнування, наведено в табл. 11.

Метод визначення повторного вапнування ґрунту за фактичною кислотністю вважаються основними.

Розрахунки, проведені з врахуванням даних лізометричних досліджень, виносу лужних основ із ґрунту врожаєм сільськогосподарських культур і підкислювальної дії мінеральних добрив, показують, що в умовах Полісся, Передкарпаття та передгірних і гірських районів Карпат при середньому рівні (менше 180 кг діючої речовини NPK сумарно) застосування добрив потрібно щорічно вносити вапна 250–500 кг/га, а при високому рівні – 600–900 кг/га.

В розвинутих європейських країнах, де вапнування проводиться давно, при підтримуючому вапнуванні прийнято щорічно вносити на провапнованих ґрунтах залежно від гранулометричного складу ґрунту і вирощуваних культур від 400 до 1200 кг/га меленого вапняку або мергелю і крім того, по 800–3000 кг/га раз в 3 роки. Потреба збільшення або зменшення щорічної норми коректується аналізами ґрунту.

У нашій країні через недостачу техніки для внесення вапна повторне вапнування проводиться значно рідше.

Дія повної норми вапна триває не менше 7–10 років, і втрати вапна із ґрунту в перші 4–6 років, як правило, не призводять до суттєвого зниження врожаю сільськогосподарських культур (за винятком овочевих ділянок з культурами, високочутливими до кислотності на поливних землях).

Таблиця 11

**Орієнтовні рівні реакції ґрунтів (рН_{KCl}) для повторного вапнування дерново-підзолистих,
ясно-сірих і сірих опідзолених ґрунтів**

Гранулометричний склад ґрунту	Типи сівозмін						
	польові з високою питомою вагою льону, картоплі, люпину	польові з ба- гаторічними травами і не- великими площами, льону, кар- топлі і люпину	сівозміни з цукровими бузяками і люцерною	кормові (приферм- ські)	кормові і овоче- кормові	культурні пасовища і сіножаті	
						злакові	бобово- злакові
Піщані і супіщані	4,8	5,0	5,3	5,2	5,2	4,8	5,2
Легко- і середньо- суглинкові	5,0	5,2	5,6	5,4	5,4	5,0	5,4
Важкосуглинисті і глинисті	5,2	5,4	5,8	5,5	5,6	5,2	5,6

Дослідження показали, що врожай сільськогосподарських культур на ґрунтах, які мають однаковий рівень реакції, практично однаковий незалежно від того, досягнуто цей рівень при первинному або вторинному вапнуванні. Отже, при визначенні потреби повторного вапнування і норм вапна можна користуватися тими самими агрохімічними показниками, що й при первинному. Проведені в нашій країні раз в 4–6 років агрохімічні обстеження ґрунтів можуть своєчасно показати потребу проведення повторного вапнування.

РОЗДІЛ 5. ҐРУНТОВА КИСЛОТНІСТЬ, СПОСОБИ ЇЇ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ

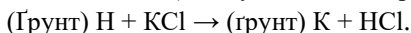
5.1. Ґрунтова кислотність, її шкідливість і позитивна дія кальцію

Реакція ґрунту зумовлюється концентрацією водневих (H^+) і гідроксильних (OH^-) іонів у ґрунтовому розчині і характеризується величиною рН (р – концентрація, Н – іони водню), яка є від'ємним логарифмом концентрації іонів водню. При рН 7 ґрунт нейтральний, менше 7 – слабкокислий і більше 7 – лужний.

Розрізняють актуальну (або активну) і потенціальну (приховану) кислотність ґрунту. Активна кислотність зумовлюється наявністю в ґрунті вуглекислоти, кислих і гідролітично-кислих солей, а також розчинних органічних кислот, які утворюються при розкладі рослинних решток. Її характеризує показний рН водної витяжки (менше 7). Потенціальна кислотність ґрунту зумовлюється наявністю ввібраних колоїдною частиною (гумусом і мінеральними колоїдами) іонів водню, здатних обмінюватися на інші катіони і переходити в ґрунтовий розчин. Вона виявляється при взаємодії ґрунту з розчинами нейтральних і гідролітично-лужних солей. В першому випадку її називають обмінною, в другому – гідролітичною. Найбільш шкідливою для культурних рослин є обмінна кислотність ґрунту.

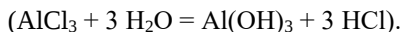
Застосування мінеральних добрив у формі нейтральних солей може бути фактором перетворення прихованої кислотності в активну, шкідливу для рослин. Це особливо виявляється при внесенні в ґрунт низьковідсоткових калійних солей, з якими, крім потрібної кількості калію, вноситься багато хлористого натрію (Е. И. Ратнер, 1965). Слід відзначити, що питання про природу обмінної кислотності ґрунтів до останнього часу залишається дискусійним.

За К. К. Гедройцем (1930), обмінна кислотність ґрунту зумовлюється увібраними іонами водню. При взаємодії ґрунту з розчином нейтральної солі (KCl , BaCl_2 та ін.) відбувається така реакція:



Мінеральна кислота, що переходить у ґрунтовий розчин, взаємодіючи з гідратом окису алюмінію, зумовлює утворення хлористого алюмінію ($3 \text{HCl} + \text{Al}(\text{OH})_3 = \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$) – гідролітично-кислої

солі, яка у водному розчині піддається гідролізу



К. К. Гедройц вважав, що алюміній з'являється в розчині лише внаслідок цієї вторинної реакції.

Ряд дослідників (С. С. Ярусов, Д. Л. Аскіназі, М. П. Карпінський та ін.) на підставі даних своїх досліджень висунули нову гіпотезу, згідно з якою в гумусових горизонтах ґрунту обмінна кислотність зумовлюється значною мірою обмінними іонами водню, а в глинах – в основному іонами алюмінію. Ця гіпотеза тепер найбільш поширена.

Значний внесок у теорію кислотності ґрунту зробили такі вчені, як: О. Н. Соколовський, М. К. Крупський, Г. М. Александрова і Ю. В. Гарбань, 1964.

Величину обмінної кислотності ґрунту визначають титруванням сольової витяжки розчином лугу і показують в мг-екв. на 100 г ґрунту. При визначенні обмінної кислотності слід однозначно визначити рухомий алюміній, щоб встановити, якою мірою кислотність ґрунту зумовлюється первинними і вторинними іонами водню та врахувати шкідливий вплив для культурних рослин рухомого алюмінію.

Величину обмінної кислотності можна показати і в рН, визначивши концентрацію іонів водню в сольовій (KCl) витяжці чи суспензії ґрунту (рН сольове). За цим показником розрізняють такі групи ґрунтів за ступенем кислотності:

при рН сольовому	ступінь кислотності
рН 3	ґрунт дуже сильнокислий
рН 4	ґрунт сильнокислий
рН 5	ґрунт кислий
рН 6	ґрунт слабокислий
рН 7	ґрунт лужний
рН 8	ґрунт нейтральний

Загальна площа кислих ґрунтів у структурі сільськогосподарських угідь України сягає 10,7 млн. га, з яких 1,4 млн. га припадає на середньо- та 0,6 млн га – на сильнокислі. За даними IX туру агрохімічного обстеження з 13004,9 тис га обстежених площ Полісся та Лісостепу 3845,3 тис га складають кислі ґрунти (табл. 12).

Таблиця 12

Наявність кислих земель в Україні за даними IX туру агрохімічного обстеження

№ з/п	Область	Обстежена площа, тис. га	Площі ґрунтів за реакцією ґрунтового розчину, рНсол						Середньо-зважений показник, рНсол
			всього кислих <5,5		з них сильно- і середньокислих 5,6-7,0		близьких до нейтральних і нейтральних >7,0		
			тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%	
Полісся									
1	Волинська	572,5	148,0	26	81,5	14	343,0	60	6,2
2	Житомирська	1342,2	431,6	32	177,3	13	733,3	55	5,8
3	Закарпатська	410,6	191,1	47	142,9	35	76,6	19	5,0
4	Івано-Франківська	411,1	171,2	42	100,8	25	139,1	34	5,5
5	Львівська	703,9	213,2	30	95,0	13	395,7	56	6,0
6	Рівненська	608,4	224,3	37	148,7	24	235,4	39	5,8
7	Чернігівська	1050,5	495,1	47	215,0	20	340,4	32	5,6
8	Вінницька	1487,4	635,3	43	221,9	15	630,2	42	5,4
9	Київська	731,6	168,2	23	36,4	5	527,0	72	6,2
10	Полтавська	905,8	112,4	12	8,2	1	785,2	87	6,3
11	Сумська	876,6	280,8	32	40,5	5	555,3	63	5,8
12	Тернопільська	551,4	136,0	25	26,1	5	389,3	71	6,0
13	Харківська	1112,1	90,0	8	7,6	1	1014,5	91	6,0
14	Хмельницька	1049,3	237,1	23	66,4	6	745,8	71	6,1
15	Черкаська	915,7	225,6	25	40,4	4	649,7	71	6,0
16	Чернівецька	275,8	85,4	31	33,6	12	156,8	57	5,8
	Разом по Поліссі та Лісостепу	13004,9	3845,3	30	1442,3	11	7717,3	59	5,8

Гідролітичну кислотність ґрунту, що виявляється при його взаємодії з розчином гідролітично-лужної солі (CH_3COONa та ін.), також визначають титруванням сольової витяжки розчином лугу і показують у мг-екв. на 100 г ґрунту. Показник гідролітичної кислотності, звичайно, більший, ніж обмінної, тому що він відображає суму всіх видів кислотності. Цей показник ґрунтової кислотності включає і гідролітичну. Щоб вирахувати власне гідролітичну кислотність, потрібно від загального показника відняти величину обмінної кислотності. За гідролітичною кислотністю обчислюють норму вапна.

Добрива, які містять рухомі сполуки кальцію, магнію, калію, а також фосфорні добрива послаблюють негативний вплив кислої реакції, а аміачний азот і хлориди, навпаки, підсилюють його. Надмірне зволоження ґрунту також сприяє його підкисленню.

Культурні рослини найбільш чутливі до підвищеної кислотності в початковий період їх росту. Тривалість цього періоду в люцерни і конюшини – близько 40 діб після проростання насіння, а в ячменю і пшениці – близько 30 діб (М. С. Авдонін, 1965).

Сорти рослин, які виведені на нейтральних і лужних ґрунтах, більш чутливі до кислотності ґрунту, ніж сорти, виведені на ґрунтах з кислою реакцією.

У кислих ґрунтах є дуже шкідливий для культурних рослин рухомий алюміній. Вміст його тим вищий, чим кисліший ґрунт. Негативна дія рухомого алюмінію часто більша, ніж водневих іонів.

Рухомий алюміній пригнічує розвиток кореневої системи культурних рослин. Під впливом рухомого алюмінію в рослинах порушується обмін речовин, різко зменшується кількість білків, послаблюється процес утворення генеративних органів. На ґрунтах, які містять рухомий алюміній, погано перезимовують озимі культури та багаторічні бобові трави. За даними М. С. Авдоніна (1965), особливо чутливі до алюмінію цукрові буряки і столові буряки, люцерна, конюшина червона, озима пшениця, дуже чутливі – ячмінь, яра пшениця, гречка, горох, квасоля, льон; середньостійкі – люпин, кукурудза, просо; стійкі – овес, тимофіївка, картопля.

Дані про вплив рухомого алюмінію на врожай культурних рослин наведено у табл. 13.

Таблиця 13

**Критичні кількості рухомого алюмінію в ґрунті для
сільськогосподарських культур за даними вегетаційного дослідів
(М. С. Авдонін, 1965)**

Культура	Кількість алюмінію, мг на 100 г ґрунту, що знижує врожай на	
	20–50 %	50–100 %
Овес	11–14	15–18
Яра пшениця	8–10	10–12
Льон-довгунець	8–10	10–12
Кукурудза	7–8	8–10
Кормові боби	7–8	8–10
Ячмінь ярий	7–8	8–10
Гречка	6–7	8–10
Конюшина червона	5–6	7–8
Люцерна	4–5	5–6
Цукрові буряки	3–4	5–6
Столові буряки	3–4	4–5

Внесення аміачних форм азотних добрив зумовлює збільшення кількості рухомого алюмінію в ґрунті. Гній, фосфорні добрива та нітратні форми азотних добрив, навпаки, знижують його вміст. Найбільш дієвим засобом знешкодження шкідливої дії рухомого алюмінію є вапнування ґрунту, завдяки чому алюміній з рухомих форм переходить у нерухомі ($\text{Al}(\text{OH})_3$), нешкідливі для рослин.

На кислих ґрунтах є також надмірна, шкідлива для рослин кількість рухомого марганцю. Чим кисліший ґрунт, чим більше він перезволожений, тим більше в ньому рухомого марганцю. Знешкоджується він також внесенням у ґрунт вапна. Підвищена кислотність шкідлива не лише сама по собі, а й тим, що різко знижує біологічну активність ґрунту і погіршує поживний режим. У кислому ґрунті сильно пригнічується життєдіяльність нітрифікаторів, азотобактера та бульбочкових бактерій – цих постачальників рослин азотом.

Оптимальним для бактерій-нітрифікаторів є середовище з рН сольової витяжки 7,8–8, тобто слаболужне (Е. Н. Мишустин, 1956). Тому в

кислому ґрунті цих мікробів мало. Мікроб – фіксатор азоту повітря *Azotobacter chroococcum* в ґрунті з рН 5 і нижче не живе. А якщо його вносять в ґрунт з такою ж реакцією у вигляді препарату азотобактерину, він там швидко гине. Менш чутливий до кислої реакції фіксатор азоту *Clostridium pasteurianum*. Він зустрічається в кислих ґрунтах у значній кількості, проте різко підвищує свою життєдіяльність після зниження кислотності вапнуванням.

Оптимальним для бульбочкових бактерій є середовище рН близько 7 (Е. Н. Мишустин, 1956). У кислому ґрунті ці мікроорганізми розвиваються погано. Так, в одному досліді коледжу Ленінградського відділення Всесоюзного науково-дослідного інституту добрив і агроґрунтознавства (ВНДІДА) у ґрунті з рН 4,4 без внесення вапна на площі 20 см² на корінні конюшини було 450 бульбочок, а при зниженні кислотності ґрунту до рН 6,3 – 4858 шт., тобто в 10 разів більше (Н. С. Авдонин, 1960). Отже, знешкодження надмірної кислотності ґрунту вапном зумовлює різке посилення життєдіяльності мікробів-нітрифікаторів і азотфіксаторів, що в свою чергу супроводжується нагромадженням більшої кількості доступного для рослин азоту.

На дуже кислих ґрунтах рослини терплять також від нестачі легкорозчинних сполук фосфору. В таких ґрунтах є рухомі залізо і алюміній, які утворюють з фосфорною кислотою важкорозчинні сполуки, тобто зв'язують фосфор. Ось чому фосфорні добрива дуже ефективні на кислих ґрунтах Карпат. При зниженні кислотності ґрунту вапнуванням кількість доступного для рослин фосфору значно збільшується як за рахунок вивільнення його з органічних речовин ґрунту (підсилюються мікробіологічні процеси розкладу), так і внаслідок витіснення кальцієм заліза і алюмінію з важкорозчинних фосфатів кальцію, доступність яких для рослин вища.

Внесення в кислий ґрунт вапна зумовлює також підвищення рухомості калію, внаслідок того, що іони кальцію зміщують іони калію у ґрунтовому вбираючому комплексі ґрунту, витісняючи останніх у ґрунтовий розчин. Однак, засвоєння рослинами калію при цьому не збільшується в зв'язку з фізіологічним процесом антагонізму між іонами кальцію і калію (О. К. Кедров-Зихман, 1957; Н. С. Авдонин, 1960).

У кислих ґрунтах, особливо в надмірно зволжених відмінах, утворюються шкідливі для рослин захисні сполуки заліза. При вапнуванні ґрунту вони переходять в окисні, нешкідливі для рослин, форми.

Дослідженнями багатьох вчених встановлено високу ефективність на кислих ґрунтах молібдену, який відіграє дуже важливу роль в азотному обміні рослин, зокрема бобових. Це зумовлюється тим, що при кислій реакції ґрунту молібден переходить у важкорозчинні, недоступні для рослин форми. Вапновані ґрунти не потребують внесення молібденових добрив, бо вапно, усуваючи зайву кислотність, сприяє утворенню розчинних, доступних для рослин, сполук цього елемента.

Кислі суглинкові ґрунти мають незадовільні агрофізичні властивості. Вони безструктурні або малоструктурні, в зв'язку з чим запливають після дощів, а при підсиханні утворюють поверхневу кірку, швидко ущільнюються після обробітку. Вапнування таких ґрунтів поліпшує їх структурність, а отже, і водно-повітряний режим, особливо за наявності в сівозміні червоної конюшини. Врожайність останньої від вапнування ґрунту різко підвищується. А чим вища врожайність конюшини, тим більший її позитивний вплив на фізико-хімічні властивості ґрунту.

Внаслідок поліпшення структурності ґрунту вапнуванням він стає легшим в обробітку. Тягове зусилля при обробітку вапнованого ґрунту зменшується на 10–15 % порівняно з невапнованими (Н. С. Авдонин, 1960).

На кислих ґрунтах добре ростуть пристосовані до кислої реакції бур'яни – щавель горобиний (*Rumex acetosella* L.), шпергель (*Spergula arvensis* L.), дика редька (*Raphanus Raphanistrum* L.) та інші, які затінують культурні рослини. Щавель і шпергель є досить чутливими індикаторами підвищеної кислотності ґрунтів. На провапнованих ґрунтах вони в посівах не трапляються.

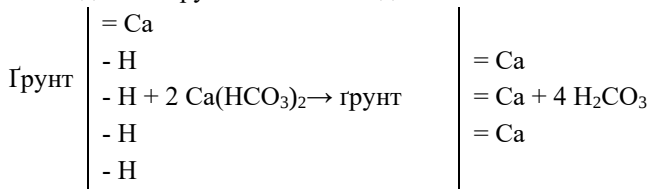
Важлива роль вапнування ґрунтів у боротьбі з хворобами сільськогосподарських культур. На слабокислих та нейтральних ґрунтах виростають стійкіші проти хвороб рослини, ніж на кислих. На провапнованих ґрунтах різко гальмується розвиток фітофтори, яка у західних областях країни завдає великої шкоди картоплярству, кіли капусти та інших хвороб, збудники яких інтенсивно розвиваються в кислому середовищі.

Крім підвищення родючості ґрунту, вапно безпосередньо впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських культур, поліпшуючи їх живлення кальцієм.

Вапнування кислих ґрунтів значно підвищує ефективність органічних і мінеральних добрив, особливо фізіологічно кислих.

5.2. Вапнування як спосіб нейтралізації ґрунтової кислотності

Теорія вапнування базується на таких найголовніших передумовах: наявності кислих (ненасичених основами) ґрунтів; ненасичених основами зумовлена наявністю у вбирному комплексі іонів водню, які шкідливо впливають на ґрунт, ріст і розвиток рослин та сприяють переходу в рухомі форми алюмінію, марганцю, заліза, що також токсично діють на рослини. Іони водню, алюмінію за певних умов досить легко витісняються (заміщуються) іонами кальцію; іони водню можуть витіснятися з вбирного комплексу ґрунту іншими іонами, зокрема калієм, натрієм, барієм тощо; проте встановлено, що тільки кальцій, займаючи домінуюче положення в ґрунті, є регулятором реакції середовища, нагромадження гумусу, окислювально-відновних процесів, створює оптимальні умови для росту і розвитку рослин. Насичення вбирного комплексу іншими катіонами призводить до загибелі рослин ще в стані паростків; кальцій витісняє водень, зменшує надмірну кислотність і переводить у малорозчинний стан рухомі форми алюмінію, марганцю та цілий ряд інших мінеральних і органічних речовин за умов, коли він вноситься в ґрунт у сполуках, що створюють у водних розчинах лужне середовище. Отже, вапнування ґрунту змінює як його реакцію, так і ряд властивостей, які зв'язані з реакцією середовища. Взаємодія між ґрунтом і вапном іде за такою схемою:



Внаслідок вапнування в ґрунті проходять такі зміни:

1. Підвищується рН ґрунтового розчину. При внесенні дози вапна, відповідної гідролітичної кислотності, ми повинні отримати доведення реакції ґрунту до рН 7. Однак неповнота змішування ґрунту з вапном в

польових умовах приводить до більш низького рН (6,0–6,5), при цьому потрібен час для встановлення рівноваги, оскільки вапно поступово розчиняється і переходить в $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, дози менші гідролітичної кислотності підвищує рН значно слабше.

2. При підвищенні рН стають нерухомими (переходять в нерозчинний стан) іони Al , а інколи також Mn і Fe , які токсично діють на рослини при підвищених концентраціях.

3. Підвищення рН ґрунтового розчину приводить до поліпшення поживного режиму, яке складається із ряду моментів:

а) найбільш важливим моментом у поліпшенні поживного режиму є посилення мікробіологічної діяльності, прискорення мінералізації органічних решток, фіксації атмосферного азоту (всі види азотфіксаторів позитивно реагують на вапнування); забезпечення рослин азотом і фосфором при цьому значно поліпшується;

б) при лужній реакції послаблюється фізико-хімічне вбирання фосфат-іонів, і кількість доступної рослинам фосфорної кислоти збільшується: цьому сприяє також перехід під впливом кальцію ґрунтових фосфатів алюмінію і заліза в більш легкорозчинні форми фосфатів кальцію;

в) збільшення рухомості обмінного Ca завдяки підвищенню ступеня насиченості ним ґрунту і тим самим підвищується доступність його рослинам.

У зв'язку із зміною умов живлення слід відзначити, що при вапнуванні великими дозами відбувається іммобілізація Fe і таких мікроелементів, як V , Mn , Cu , Co , які переходять у недоступні рослинам форми. В деяких випадках вапнування повинно супроводжуватися внесенням добрив, які містять мікроелементи.

Потрібно відзначити, що зниження ґрунтової кислотності і підвищення родючості кислих ґрунтів може бути досягнуто і без застосування вапнування – шляхом систематичного внесення гною і інших органічних добрив, які, крім органічної речовини, містять і мінеральні елементи, зокрема Ca . За окультурення завдяки тривалому угноєнню (в поєднанні з іншими заходами культурного ведення господарства) ґрунт відрізняється не тільки підвищеним вмістом органічної речовини і обмінних катіонів, але й значно пониженою кислотністю.

РОЗДІЛ 6. ОПТИМАЛЬНА РЕАКЦІЯ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА ТА МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ ҐРУНТІВ У ВАПНУВАННІ

6.1. Оптимальна реакція середовища в основних видах ґрунтів й допустимі межі її підкислення

Залежно від гранулометричного складу ґрунтів, вмісту органічної речовини і типу сівозміни реакція ґрунтового розчину має різне значення. На Поліссі, де переважають ґрунти легкого гранулометричного складу, а сівозміни насичені льоном, люпином і картоплею, реакція ґрунтового розчину має бути слабо кисла; в піщаних і глинисто-піщаних відмінах – 5,5–5,6 при ступені насичення основами до 70 %. У дерново-підзолистих і дернових опідзолених супіщаних, пилувато-супіщаних і пилувато-легкосуглинкових ґрунтах, де сівозміни насичені вибагливими до вапнування культурами (цукрові буряки, люцерна, конюшина, озима пшениця, кукурудза та ін.), оптимальне значення pH_{KCl} знаходиться в межах 5,7–5,8 (до 6) при ступені насичення основами до 80 %. Аналогічні оптимальні значення pH і ступеня насичення основами для таких самих ґрунтів у західних районах України.

У Лісостепу, де в сівозмінах не вирощують льону і люпину, а картопля становить лише 2–3 %, pH_{KCl} у ґрунтах має дорівнювати 6,5–7,0. Гідролітична кислотність не повинна перевищувати 1,8 мг-екв. на 100 г ґрунту, ступінь насиченості основами – не нижче 92 %. Ці пороги встановлені тривалими дослідженнями колишнього Всесоюзного науково-дослідного інституту цукрових буряків (К. А. Бровкіна, 1976).

Підкислення реакції середовища після вапнування також тісно пов'язано із гранулометричним складом ґрунту, вмістом в ньому гумусу та типом сівозміни. На піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах для сівозмін з короткою ротацією (5–6 полів) і набором культур, стійких проти помірно кислого середовища, орієнтовно допустиме значення pH сольової витяжки до 5, після чого їх обов'язково слід повторно вапнувати. У супіщаних і легкосуглинкових дерново-підзолистих ґрунтах для сівозмін з набором культур, вибагливих до вапнування, допустиме значення pH до 5,2–5,4, після чого їх також потрібно повторно вапнувати.

У сірих опідзолених ґрунтах Лісостепу pH становить 5,5–5,5 і ступінь насиченості основами – до 85–80 %.

Кислотність ґрунтів обумовлена іонами водню і алюмінію. Окремі сільськогосподарські культури можуть добре розвиватися на кислих ґрунтах з невисоким вмістом рухомого алюмінію, і при його збільшенні різко знижують продуктивність.

Вважають, що порогом, за якого починає знижуватися врожайність вибагливих культур до реакції ґрунтового розчину, є вміст рухомого алюмінію 1,5–2,0 мг, а для середньо стійких 3,5–4,0 мг на 100 г ґрунту.

Вміст рухомого алюмінію знаходиться в прямій залежності від реакції середовища: чим нижче значення рН, тим більше в ґрунті рухомого алюмінію. При $\text{pH}_{\text{КСІ}}$ вище 5 рухомість алюмінію різко знижується і його вміст стає значно меншим критичних значень.

Зазначений вище поділ на групи рухомого алюмінію у ґрунті є умовний, тому що шкідливість рухомого алюмінію залежить від властивостей ґрунтів та системи удобрення культур і від супутніх умов. При інших однакових умовах шкідливість алюмінію завжди більша на ґрунтах легкого гранулометричного складу.

6.2. Методи визначення потреби ґрунтів у вапнуванні й дози вапна

Слід розрізняти методи визначення потреби ґрунтів у вапнуванні та методи визначення доз вапна. Потреба ґрунтів у вапнуванні визначається комплексом показників: ступенем кислотності, величиною кислотності, ступенем насичення основами, гранулометричним складом ґрунту, вмістом органічної речовини, відношенням культур сівозміни до реакції середовища.

За ступенем кислотності й потребою у вапнуванні ґрунти поділяються так (табл. 14).

Не підлягають вапнуванню ґрунти з рН сольової витяжки вище 6,5 незалежно від зони їх поширення.

За ступенем насичення основами та потребою у вапнуванні ґрунти умовно поділяють на три групи:

I (ступінь насичення основами менше 50 %) – ґрунти потребують першочергового вапнування;

II (ступінь насичення основами менше 50–70 %) – ґрунти потребують вапнування;

III (ступінь насичення основами менше 70–90 %) – з урахуванням набору культур у сівозміні та рівня удобрення ґрунти також потребують вапнування, і в першу чергу в Лісостепу (опідзолені суглинкові ґрунти, сівозміни з вибагливими до кальцію культурами), де економічно доцільне вапнування при ступені насичення основами в суглинкових ґрунтах нижче 92 %.

Таблиця 14

Потреба у вапнуванні ґрунтів за ступенем кислотності (типові методичні рекомендації по вапнуванню кислих ґрунтів, в Українській РСР, 1984)

Ступінь кислотності	pH _{KCl}	Потреба у вапнуванні
Дуже сильнокислі	до 4,0	Потребують першочергового вапнування в усіх типах сівозмін
Сильнокислі	4,1–4,5	Те саме
Середньо кислі	4,6–5,0	Середня потреба у вапнуванні в польових сівозмінах на піщаних і першочергова в овочевих і кормових сівозмінах на супіщаних і суглинкових ґрунтах
Слабокислі	5,1–5,5	В останню чергу вапнуються піщані та глинисто-піщані ґрунти. Досить висока потреба у вапнуванні супіщаних і суглинкових відмін, особливо в сівозмінах з травами в кормових і овочевих сівозмінах
Близькі до нейтральних	5,6–6,0	Вапнують супіщані (вибірково), легко-, середньо- та важкосуглинкові ґрунти, і в першу чергу в сівозмінах з вибагливішими до вапна культурами

Потребу ґрунтів у вапнуванні залежно від величини гідролітичної кислотності наведено в табл. 15.

За реакцією на вапнування ґрунтів провідні сільськогосподарські культури умовно поділяють на чотири групи:

I (реагують найкраще) – люцерна, цукрові, столові та кормові буряки, капуста, конюшина, ріпак, коноплі;

II (реагують добре) – ячмінь, озима і яра пшениця, кукурудза, горох, огірки, цибуля, соняшник;

III (реагують позитивно, особливо на сильнокислих ґрунтах), – озиме жито, овес, гречка, помідори, льон;

IV (реакція слабка, але на сильнокислих ґрунтах дають прирости врожаїв) – картопля, люпин, сердела, бруква.

Таблиця 15

**Показники гідролітичної кислотності та вимоги до них вапнування
(типові методичні рекомендації по вапнуванню кислих ґрунтів,
в Українській РСР, 1984)**

Гідролітична кислотність, мг-екв. на 100 г ґрунту	Потреба у вапнуванні
Більше 4,0	Ґрунти потребують першочергового вапнування у всіх природних зонах
4,0....3,0	Ґрунти потребують першочергового вапнування у зонах Полісся та Лісостепу. Середня потреба у Передкарпатті та Західному Лісостепу і слабка – у гірських районах
3....2	Середня потреба ґрунтів у вапнуванні на Поліссі та в Лісостепу, слабка – у Передкарпатті й відсутня в гірських районах
2....1,8	Можна вапнувати опідзолені ґрунти в Лісостепу, потрібно супіщані та глинисто-піщані ґрунти Полісся
1,8....1,5	Слабка потреба у вапнуванні піщаних та глинисто-піщаних ґрунтів

Дозу вапна для всіх природних зон поширення кислих ґрунтів визначають за величиною гідролітичної кислотності за формулою:

$$D = \frac{0,5 \text{ Hr} \cdot S \cdot h \cdot d}{1000}$$

де D – доза CaCO_3 , т/га;

0,5 – кількість грамів CaCO_3 , що потрібна для нейтралізації 1 мг-екв. кислотності в 1 кг ґрунту;

Hr – гідролітична кислотність, мг-екв. на 100 г ґрунту;

S – 10 000 m^2 (1 га);

h – глибина, на яку загортається вапно після розсівання;

d – об'ємна маса ґрунту, г/см^3 ;

1000 – коефіцієнт для перерахунку в тонни.

Приклад. Гідролітична кислотність – 3 мг-екв. на 100 г ґрунту, глибина оранки – 0,25 м, об'ємна маса ґрунту – 1,35 г/см^3 .

$$D = \frac{0,5 \cdot 3 \cdot 10000 \cdot 0,25 \cdot 1,35}{1000} = 5,06 \text{ т/га } \text{CaCO}_3$$

Тимчасово (поки зональні агрохімічні лабораторії країни не перейдуть на визначення гідролітичної кислотності прямим або математичним способами) допускається визначення дози вапна за показником рН сольової витяжки, гранулометричним складом і вмістом органічної речовини для кислих ґрунтів Полісся, а також західних районів України. Ці дози (табл. 16) приблизно відповідають 0,5–0,75 дози, розрахованої за гідролітичною кислотністю.

Таблиця 16

**Орієнтовні дози CaCO_3 (т/га) залежно від рН і гранулометричного складу ґрунтів Полісся та західних районів України
(типові методичні рекомендації по вапнуванню кислих ґрунтів, в Українській РСР, 1984)**

Ґрунти за гранулометричним складом	рН _{КСІ}							
	4,0	4,5	4,6	4,7–4,8	4,9–5,0	5,1–5,3	5,4–5,5	5,6–5,7
Піщані та глинисто-піщані	4,0	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	1,0	0,5
Супіщані	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,5	1,0
Легкосуглинкові	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,0

Тривалими дослідженнями з питань вапнування ґрунтів в Україні встановлено такі оптимальні дози вапна (т/га), що визначаються за величиною гідролітичної кислотності (табл. 17).

**Оптимальні дози вапна (т/га) за гідролітичною кислотністю
(типові методичні рекомендації по вапнуванню кислих ґрунтів, в
Українській РСР, 1984)**

Ґрунти	Дози CaCO_3 по відношен- ню до повної за гідролітич- ною кислот- ністю	Примітка
Дерново-підзолисті піщані та глинисто- піщані	0,75	При внесенні підвищених доз міне- ральних добрив у сівозміні доза вапна може бути зменшена до 0,5
Дерново-підзолисті супіщані	1,0	Доза може бути зменшена до 0,75 у сівозмінах з льоном, люпином і картоплею та збільшена до 1 у сівозмінах з вибагливими до вапна культурами й інтенсивним удобрєнням
Дерново-підзолисті суглинкові	1,0	У випадках, коли гідролітична кис- лотність становить менше 4 мг-екв. на 100 г ґрунту, дозу вапна можна збільшувати до 0,75–1,0 від повної
Дерново-підзолисті глейові	1,0	
Дерново-підзолисті поверхнево оглеєні	0,5	
Ґрунти буроземного типу (гірські райони)	0,5...0,25	На ґрунтах з гідролітичною кислотністю від 4,5 до 8 мг-екв. вносять 0,5 дози, а при більших її значеннях (8–16) – 0,25
Сірі лісові й темно- сірі опідзолєні, чорноземи опідзо- лені й вилугувані	1,0	

Потрібно розрізняти дози CaCO_3 і фізичні дози вапнякових матеріалів. В Україні використовують переважно різні відходи промисловості, що містять певну кількість CaCO_3 . При визначенні фізичної

дози слід робити поправки на вміст води, домішок і недіяльного CaCO_3 (за тининою помелу) за формулою:

$$H_f = \frac{H_v \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(100-B) \cdot (100-B) \cdot D}$$

де H_f – фізична доза вапнякового матеріалу, т/га;

H_v – визначена доза CaCO_3 , т/га;

B – вміст води в матеріалі, %;

B – кількість недіяльних часточок вапна діаметром більше 3 мм і часточок діаметром 1–3 мм, що мають на 50 % нижчу ефективність від дрібніших часточок, %;

D – сума карбонатів (CaCO_3 і MgCO_3) у матеріалі, %.

6.3. Реакція сільськогосподарських культур на кислотність ґрунту

Фізіологічна суть шкідливого впливу підвищеної концентрації водневих іонів ґрунтового розчину на культурні рослини дуже різноманітна. В кислому середовищі знижується інтенсивність живлення рослин кальцієм, магнієм, калієм, азотом та фосфором й підвищується надходження в них марганцю, гальмується утворення білків і фосфорорганічних сполук, послаблюється процес перетворення моносахаридів у дисахариди та інші більш складні органічні сполуки. Кисле ґрундове середовище прискорює ферментативні гідролітичні процеси і уповільнює синтетичні, зменшує вміст хлорофілу і підвищує інтенсивність дихання (Н. С. Авдонин, 1965).

Різні за своїми біологічними особливостями рослини неоднаково відносяться до реакції ґрунту (табл. 18).

Таблиця 18

Вимоги сільськогосподарських культур до реакції ґрунту (за Н. С. Авдониным, 1965)

Культура	Оптимальний інтервал рН
1	2
Коноплі	7,1–7,4
Люцерна	7,0–8,0
Цукрові буряки	7,0–7,5
Ячмінь	6,8–7,5
Капуста	6,7–7,4

Продовження таблиці 18

1	2
Соя	6,5–7,1
Квасоля	6,4–7,1
Огірки	6,4–7,0
Цибуля	6,4–7,9
Пшениця озима	6,3–7,6
Помідори	6,3–6,7
Буряки кормові	6,2–7,5
Пшениця яра	6,0–7,5
Конюшина червона	6,0–7,0
Кукурудза	6,0–7,0
Горох	6,0–7,0
Соняшник	6,0–6,8
Турнепс	6,0–6,5
Салат	6,0–6,5
Кенаф	6,0–7,3
Льон	5,9–6,5
Просо	5,5–7,5
Жито	5,5–7,5
Морква	5,5–7,0
Сочевиця	5,5–7,2
Редис	5,5–7,3
Бавовник	5,5–7,3
Середела	5,4–6,5
Лисохвіст	5,3–6,0
Овес	5,0–7,7
Картопля	5,0–5,5
Тимофіївка	5,0–6,5
Бруква	4,8–5,5
Гречка	4,7–7,5
Люпин	4,5–6,0
Чайний куш	4,5–6,0
Рис	4,0–6,0

Наведені дані про оптимальні інтервали рН для окремих рослин мають не абсолютне, а відносне, порівняльне значення, тому що ступінь негативного впливу кислого середовища залежить від багатьох умов. Так, негативний вплив іонів водню більший при недостатчі в ґрунтовому розчині інших катіонів, і насамперед катіонів кальцію. Добрива, які містять рухомі сполуки кальцію, магнію, калію, а також фосфорні добрива послаблюють негативний вплив кислої реакції, а аміачний азот і хлориди, навпаки, підсилюють його.

Так, при внесенні амонійних добрив шкідлива дія реакції середовища підвищується, а при внесенні нітратних зменшується. Фосфорні добрива не змінюють реакції середовища і послаблюють негативний вплив іонів водню. Сполуки калію і хлору, навпаки, посилюють їх негативний вплив.

При інших рівних умовах негативна дія кислого середовища більша на перезволожених ґрунтах: пригнічуються процеси запліднення і формування зерна у злакових культур. Воно сильніше проявляється в перші 20–40 діб розвитку рослин. Це має велике практичне значення, бо, вносячи у рядок 2–3 ц/га карбонату кальцію під час сівби або 0,5–1,0 т/га під культивування, можна різко зменшити негативний вплив кислотності ґрунту на конкретну культуру.

Основні польові культури за ставленням їх до кислотності ґрунту і внесення вапна можна поділити на такі групи:

I – дуже чутливі до кислотності ґрунту і різко позитивно реагують на вапнування – люцерна, еспарцет, цукрові буряки, ячмінь, конюшина;

II – чутливі до кислої реакції ґрунту і добре реагують на вапнування – озима і яра пшениця, кормові буряки, кукурудза, горох, вика;

III – досить стійкі проти кислотності ґрунту, але позитивно реагують на його вапнування – льон, жито, овес, картопля, гречка, кормовий біб;

IV – добре витримують підвищену кислотність, проте на дуже кислих ґрунтах позитивно реагують на вапнування – люпин, середела.

На створення оптимальних умов для розвитку сільсько-господарських культур у сівозміні можна впливати агротехнічними прийомами, а саме: правильним вибором місця внесення вапна, формою добрив, строками і способами його внесення, поєднанням вапнування з удобренням.

Місце внесення вапна у сівозміні має значення там, де вирощують на значних площах картоплю, льон і люпин. У Лісостепу цей фактор менш суттєвий. Виходячи з того, що картопля найкраще розвивається при рН 5,0–5,5, люпин – 4,5–6,0, а льон – 5,5–6,5, вапнувати потрібно так, щоб не змінити ці значення. Досягти цього можна трьома способами: 1 – внести зменшену норму вапна; 2 – внести вапно у рекомендованій нормі; 3 – висівати ці культури через 5–6 років після вапнування.

Перший спосіб малопридатний, бо, зменшуючи норму вапна, зменшуємо ефективність заходу в цілому в сівозміні. Третій не завжди можна застосувати, тому що на Поліссі польові сівозміни мають коротку ротацію, тобто невеликий набір культур, а в ній обов’язково вирощують дві культури з трьох, що потребують слабокислого середовища. Тому, у зерно-льоно-картопляних сівозмінах усі види (форми) мелених вапнякових матеріалів у рекомендованих нормах слід вносити безпосередньо під картоплю – під зяблеву оранку або навесні при переорюванні зябу чи культивуванні під льон або люпин – при зяблевій оранці. Але люпин краще розміщувати у сівозміні через 5–6 років після вапнування.

Вапнування доломітовим борошном на піщаних та супіщаних ґрунтах не дає шкідливих наслідків на будь-якій культурі.

Результати дослідів свідчать, що в перший рік дія вапна не досягає свого піку – це відбувається на другий-третій і навіть четвертий рік. Тому в перший рік дуже рідко вдається досягти зміни рН на одиницю, навіть через рік рН збільшується лише на 0,5–0,6 і менше. Внесення вапна безпосередньо під картоплю і льон майже не впливає на ураженість бульб паршею та зменшення в ґрунті бору, що погіршує якість волокна льону. Застосування вапна на фоні добрив значно зменшує негативні наслідки зміни реакції середовища на другий третій рік дії вапна.

У Лісостепу його вносять під попередники і перед попередники тих культур, які найкраще реагують на вапнування (цукрові буряки, люцерна, конюшина, ріпак, горох тощо). Добрі результати дає внесення вапнякових матеріалів безпосередньо під цукрові буряки перед луценням стерні з наступним заорюванням.

У польових сівозмінах з льоном і люпином, що впроваджуються у західних районах України, вапно доцільно вносити по півнорми у два прийоми – на початку і в середині ротації, враховуючи відношення культур до реакції середовища.

При внесенні в ґрунт вапна, незалежно від поля сівозміни, кращі наслідки дає ретельне перемішування його з усією масою орного шару. Неєфективно вносити вапно поверхнево на посівах багаторічних трав.

6.4. Процес формування врожаю сільськогосподарських культур на ґрунтах з кислою реакцією

Висока кислотність ґрунту шкідлива для культурних рослин: вона пригнічує їх ріст і розвиток, а також знижує біологічну активність ґрунтів і цим погіршує поживний режим. У кислому ґрунті сильно пригнічена життєдіяльність нітрифікаторів, азотобактера та бульбочкових бактерій.

Вапнування є основним заходом зниження кислотності ґрунтів і боротьби з шкідливою дією рухомого алюмінію.

Ефективність вапнування залежить від ступеня кислотності, дози вапнякового матеріалу, форми, способів і місця внесення у сівозміні, гранулометричного складу ґрунту та ін.

Вапнування поліпшує фізико-хімічні властивості ґрунту. Під впливом вапнування швидше перетворюються кореневі та підземні рештки рослин у перегній, який разом із вапном склеює частки ґрунту в дрібні грудочки, завдяки чому глинисті і суглинкові ґрунти стають пухкішими, водно- і повітропроникнішими, а глинисто-піщані та супіщані – в'язкішими і вологоємнішими.

У вапнованих ґрунтах збільшується перехід фосфору з недоступних для рослин сполук у розчинні легкорухомі форми, що сприяє кращому засвоєнню його рослинами. Крім того, вапно зберігає перегній у верхніх шарах ґрунту від вимивання.

Вапнування підвищує ефективність фізіологічно кислих добрив, усуваючи можливість підкислення ґрунту. Тому внесення вапнякових матеріалів слід розглядати як одну з важливих складових частин системи удобрення. Варто пам'ятати, що позитивний вплив вапна на ґрунт в одинарній нормі за гідролітичною кислотністю триває 10–12 і більше років.

Численними дослідженнями встановлено, що кожна внесена в ґрунт тонна вапна забезпечує за весь період своєї дії приріст врожаю 12–15 ц/га зерна.

Щоб правильно удобрювати ту чи іншу сільськогосподарську культуру, потрібно знати її реакцію на кислотність ґрунту і як вона впливає на ріст і розвиток рослин.

Пшениця озима краще росте на ґрунтах, що мають нейтральну або близьку до неї реакцію; найсприятливіший для неї інтервал рН становить 6,5–7,5. Найважливішим періодом у житті пшениці озимої є її перезимівля. Добре розвинута з осені пшениця озима перед входом у зиму повинна мати сильну кореневу систему і не менше 3–4 вторинних пагонів, які виходять із вузла кушення. На процес кушення рослин має вплив реакція ґрунтового середовища. Чим вищий показник рН сольової витяжки (6,5–7,5), тим вища куцистість і більший відсоток перезимівлі рослин цієї культури.

Жито озиме менш вибагливе до ґрунту, ніж інші зернові культури, добре росте як на помірно кислих, так і на слаболужних ґрунтах. Найсприятливіший для нього інтервал рН сольової витяжки 5,5–7,5. Такий широкий інтервал рН дає можливість розмістити жито в сівозміні незалежно від місця внесення вапна. Озиме жито добре реагує на порівняно меншу норму вапна в перший рік дії і на повну норму за гідролітичною кислотністю, якщо його внесено під попередні культури сівозміни.

Кукурудза добре росте на нейтральних ґрунтах, але й переносить слабокислу реакцію, найкращий для неї інтервал pH_{KCl} 6,5–7,5. Дослідженнями Науково-дослідного інституту землеробства і тваринництва західних районів УРСР встановлено, що на кислих ґрунтах пригнічується розвиток рослин кукурудзи. якщо ж в малородючий кислий ґрунт, на якому вирощується кукурудза, внести вапно, то можна одержати такі врожаї кукурудзи, як і на родючих землях. Вапнування є надійним заходом боротьби з пошкодженням кукурудзи дротяником. Проведені дослідження в цьому ж інституті показали, що на вапнованих ділянках кількість дротяників у ґрунті під посівом кукурудзи зменшилася відповідно до норми внесеного вапна в 2–3 рази, тобто з 4–5 до 13–17 шт. дротяників на 1 м².

За допомогою вапнування в умовах західних областей України можна дещо прискорити досягання пізніх високоврожайних гібридів кукурудзи при вирощуванні їх на зерно та прискорити нагромадження сухої маси такого пізньостиглого сорту, як Одеська 10.

Ячмінь ярий надто чутливий до вапнування. Він більш вимогливий до ґрунту ніж овес. Коренева система ячменю відносно слаборозвинута і відзначається невисокою засвоюваністю рухомих форм поживних речовин в ґрунті.

Ячмінь вимагає в перший період росту в достатній кількості (сходи – кущення) поживних речовин у ґрунті. На кислих ґрунтах він росте дуже погано, посіви його тут низькорослі й засмічуються бур'янами, особливо дикою редькою. Найкраще росте ячмінь при рН 6,8–7,5, тому доцільно вносити повну норму вапна за гідролітичною кислотністю під його попередники за 2–3 роки до висіву ячменю.

Овес невибагливий до родючості ґрунту. При проростанні овес вимагає більше вологи ніж пшениця і ячмінь. Його можна вирощувати на різноманітних ґрунтах, за винятком солонцюватих. Коренева система вівса проникає на велику глибину і відзначається більш високою засвоюваною здатністю порівняно з іншими зерновими культурами. Добре росте як на помірно кислих, так і на слабокислих ґрунтах, найкращим для нього інтервалом є pH_{KCl} є 5,0–7,7. Ця культура досить ефективно реагує навіть на слабку дію вапна і дає майже завжди приріст врожаю зерна 2–5 ц/га.

Зернобобові культури і багаторічні трави. Найбільш чутливі до надмірної кислотності ґрунту є горох і вика. Вони найкраще ростуть при нейтральній чи слабокислій реакції ґрунтового розчину. Кормові боби також чутливі до кислої реакції ґрунту, але при помірній кислотності можуть добре рости і розвиватися.

Квасоля та соя краще ростуть на ґрунтах з реакцією ґрунтового розчину, близькою до нейтральної. Найсприятливіший інтервал pH_{KCl} 6,5–7,1.

Дуже вимогливі до вапнування багаторічні бобові трави. Люцерна, еспарцет, буркун білий найкраще ростуть при нейтральній, або слабо лужній реакції, для них оптимальний інтервал pH_{KCl} 7,0–8,5.

Серед зернобобових культур потрібно відзначити люпин інтервал pH_{KCl} якого є досить широким від (4,5 до 6,0). Однак слід відзначити, що незалежно від способу використання всі ці люпини можуть забезпечувати досить високі врожаї на слабокислих і помірно кислих ґрунтах.

Просо досить вимогливе до родючості ґрунту. Воно забезпечує високі врожаї на структурних ґрунтах, які володіють значним запасом легкорозчинних поживних речовин. Кращим інтервалом pH_{KCl} для цієї культури є слабокисла або нейтральна реакція ґрунту.

Гречка більш стійка проти помірної кислотності ґрунту ніж просо. Коренева система гречки відзначається великою засвоюваною здатністю.

Цим пояснюється той факт, що гречка використовує фосфорну кислоту і може рости на піщаних, супіщаних і піщано-підзолистих ґрунтах. Гречка може також рости на відносно кислих ґрунтах і добре засвоює важкорозчинні фосфати.

Кормові буряки чутливі до кислотності ґрунту, краще ростуть на ґрунтах з реакцією, близькою до нейтральної (pH_{KCl} 6,2–7,5).

Картопля стійка проти помірної кислотності ґрунту. Найсприятливіший pH ґрунтового розчину 5,2–7,2. На надмірно кислих ґрунтах добре реагує на 0,5–0,75 норми вапна за гідролітичною кислотністю, внесеного роздільно від органічних добрив під дискове лущення. Добрі результати отримують від безпосереднього внесення вапна під картоплю. Застосування підвищених норм вапна, особливо паленого чи гашеного, може різко підвищити реакцію ґрунтового розчину і негативно вплинути на якість бульб картоплі. Щоб запобігти пошкодженню бульб паршею, слід уникнути розміщення картоплі на 2–3 рік післядії вапна. Ще більше пошкоджується картопля паршею, якщо на вапнованому фоні вносити підвищені дози свіжого гною.

Технічні культури. Дуже чутливі до реакції ґрунту буряки цукрові, конопля і ріпак. Ці культури добре реагують на післядію вапна. Найбільш сприятливий інтервал pH_{KCl} для названих культур 7,0–7,5. Проведені досліді на опідзолених та вилугуваних ґрунтах Лісостепу свідчать про значну ефективність вапнування: приріст коренів у середньому становив 8–14 %.

Льон легко переносить помірну кислотність. Найсприятливіший pH_{KCl} – 5,9–6,6. На ґрунтах з підвищеною кислотністю добре реагує на половину норму вапна. Кращою формою вапняків для льону – мергель або дефекат. Кращим попередником для льону є конюшина, яка на кислих ґрунтах розвивається дуже погано. Але на практиці трапляються випадки, коли льон при вапнуванні знижує врожайність та погіршує якість продукції. Тому цю культуру з давніх часів вважають культурою-кальцієфобом. Відчувається це з ряду причин: нерівномірність розсіювання вапна та низькі норми калійних добрив.

Вапно позитивно впливає також на якість волокна льону. При внесенні половинної і повної норми вапна збільшується гнучкість, вихід волокна, не знижується міцність та його добротність, поліпшуються якісні показники незалежно від строку його дії.

РОЗДІЛ 7. НОРМИ І СТРОКИ ВНЕСЕННЯ ВАПНА

7.1. Норми, строки і місце внесення вапнякових матеріалів у сівозміні

Про ступінь кислотності ґрунту і його потребу у вапнуванні дає уявлення величина рН сольової витяжки. Однак за цим показником найбільш чітко виділяються ґрунти з високою потребою у вапнуванні, тобто ті, які мають pH_{KCl} менше 4,5, і ґрунти, що його не потребують або потребують дуже мало (з pH_{KCl} понад 5,5). Проміжні ж за величиною рН ґрунти (pH_{KCl} від 4,5 до 5,5) слабо підрозділяються.

Показник гідролітичної кислотності також недостатньо характеризує потребу ґрунту у вапнуванні. Він відображає суму активної і потенціальної кислотності, проте не дає уявлення про відносну кількість іонів водню у ґрунтовому вбирному комплексі, про ступінь його насиченості основами. Це видно з прикладу, наведеного в таблиці 19.

Таблиця 19

Відносне значення показників гідролітичної кислотності ґрунту

№ поля	Сума увібраних основ	Гідролітична кислотність	Ступінь насиченості основами, %
	мг-екв. на 100 г ґрунту		
I	20	4	83,3
II	10	4	71,4
III	6	4	60,0

Якщо виходити з абсолютних показників гідролітичної кислотності, то потреба у вапнуванні ґрунтів усіх трьох полів однакова. Насправді ж найбільша вона у ґрунтів III поля, бо вони відносно найбільш кислі, тому що найменш насичені основами.

За ступенем насиченості основами і потребою у вапнуванні ґрунти поділяють на такі групи:

Групи ґрунтів	Ступінь насиченості основами, %	Потреба у вапнуванні
I	менше 50	велика
II	50–70	середня
III	70–90	мала
IV	більше 90	відсутня

Неоднакову потребу у вапнуванні мають ґрунти різного гранулометричного складу. Важкі ґрунти більше потребують його ніж легкі. Тому точніше визначається потреба у вапнуванні, коли враховуються рН сольової витяжки, ступінь насиченості основами у відсотках (V) і гранулометричний склад ґрунту (табл. 20)

Таблиця 20

Потреба ґрунтів у вапнуванні (за М. Ф. Корніловим, 1958)

Ґрунти	Велика		Середня		Мала	
	рН менше	V менше	рН	V	рН	V
Важко- і середньо-суглинкові	3,0	45	5,0–5,5	45–60	5,5–6,0	60–70
	4,5	50	4,5–5,0	50–65	5,0–5,5	65–75
	4,0	55	4,0–4,5	55–70	4,5–5,0	70–80
Легкосуглинкові	5,0	35	5,0–5,5	35–55	5,5–6,0	55–65
	4,5	40	4,5–5,0	40–60	5,0–5,5	60–70
	4,0	45	4,0–4,5	45–55	4,5–5,0	65–75
Супіскові та піщані	5,0	30	5,0–5,5	30–45	5,5–6,0	45–55
	4,5	35	4,5–5,0	35–50	5,0–5,5	50–60
	4,0	40	4,0–4,5	40–55	4,5–5,0	55–65

Раніше уже згадувалося про шкідливість (токсичність) для культурних рослин рухомого алюмінію, який наявний у кислих ґрунтах. Між величиною рН сольової витяжки і ступенем насиченості основами, з одного боку, і вмістом у ґрунті рухомого алюмінію, з другого, не завжди спостерігається пряма залежність. Тому при визначенні потреби ґрунту у вапнуванні слід також враховувати вміст у ньому рухомого алюмінію, а для перезволожених ґрунтів – ще й рухомого марганцю.

У першу чергу вапнують найкисліші ґрунти. Ці ґрунти є найменш продуктивні. Поряд з високими нормами вапна вони потребують також високих норм органічних і мінеральних добрив. Тому з економічного погляду буває вигідніше спочатку провапнувати середньокислі, більш родючі ґрунти.

Немає потреби доводити реакцію ґрунту до нейтральної чи лужної – достатньо створити в ньому сприятливе для більшості культурних рослин

слабокисле середовище. Це досягається, якщо вносити вапно за однократною гідролітичною кислотністю ґрунту.

На перший погляд здається, що норма вапна за гідролітичною кислотністю надто велика, бо вона розрахована на повне витіснення увібраного водню з колоїдної частини ґрунту, а нам потрібно усунути найбільш шкідливу обмінну кислотність, яка менша від гідролітичної. Однак це не так, тому що в польових умовах змішування часток вапна з ґрунтом недосконале. Крім того, різні за діаметром частки малорозчинної карбонатної форми вапна взаємодіють з ґрунтом неоднаково. Тому норма внесення вапна за обмінною кислотністю дає змогу усунути обмінну кислотність і водночас запобігти зайвому підлученню ґрунту.

Визначення гідролітичної кислотності – аналіз досить клопіткий і вимагає чимало часу. Тому в практиці для визначення норми вапна користуються показником рН сольової витяжки.

Визначена норма вапна за показником pH_{KCl} відповідає приблизно 75 % норм за гідролітичною кислотністю і їх називають нормальними, бо зменшення повної норми на 25 % мало позначиться на прирості врожаю і в той же час дає можливість зменшити кількість вапна, що вноситься в ґрунт.

Наведені норми вапна потрібно уточнювати відповідно до конкретних ґрунтово-кліматичних умов та біологічних особливостей основних культур сівозміни. На досить зв'язаних ґрунтах, особливо в зерно-бурякових сівозмінах, норми вапна доцільно збільшувати на 20–25 %, а на піщаних і супіскових ґрунтах, зокрема в картопляно-льонарських сівозмінах, зменшувати на 20–50 %.

Строки, способи і місце внесення вапна в сівозмінах взаємопов'язані. Цей взаємозв'язок обумовлений трьома основними факторами: дозою вапнякового матеріалу, відношенням культур сівозміни до реакції ґрунтового розчину, видом (формою) і якістю вапнякового матеріалу. Рівень зниження ґрунтової кислотності знаходиться в прямій залежності від кількості внесеного вапна, тому роль першого фактора очевидна.

Вапняковий матеріал потрібно вносити під конкретну культуру сівозміни, з тим, щоби одержати максимальний ефект. Беручи до уваги відношення культур до реакції ґрунтового розчину, прийняту дозу вапна слід внести в ґрунт з таким розрахунком, щоби його максимальна дія проявилася на культурах першої і другої групи і менше – на культурах

третьої і четвертої. В льоно-картопляних сівозмінках всі види молотих вапнякових матеріалів в рекомендованих дозах можна вносити безпосередньо під картоплю, льон і люпин. При вапнуванні ґрунту під картоплю вапно вносити доцільно під зяблеву оранку або весною під переоранку зябу, культивуацію. В полях, де буде висіватися льон або люпин, вапно вноситься під зяблеву оранку. В половинних дозах вапно може бути внесено під ці культури весною під глибоку культивуацію. Виключне значення при цьому мають форми вапна. Недопустиме внесення вапна під ці культури у формі окису або гідроокису кальцію CaO і Ca(OH)_2 . Кращою формою вапна для цих культур є доломітове борошно. Крім цього, безпосереднє вапнування під ці культури обумовлює потребу підвищення доз калійних добрив.

Якщо дозволяє чергування культур, вапно можна вносити за чотири – п'ять років до висіву льону і люпину. Вапно краще вносити під попередники багаторічних трав. У восьмирічній сівозміні з чергуванням культур: багаторічні трави – озима пшениця – кукурудза – люпин – картопля – льон – озиме жито – ячмінь + трави вапно можна вносити безпосередньо під льон, озиме жито або під покривну культуру. В першому випадку зміна реакції ґрунтового розчину протягом вегетації льону буде незначною (в зв'язку з слабкою розчинністю карбонатних форм кальцію), що позитивно позначиться на врожаї цієї культури.

На другий і подальші два – три роки вапно буде діяти більш активно і такі культури як озиме жито, ячмінь, багаторічні трави, пшениця і кукурудза будуть вирощуватися в більш сприятливих за дією вапна умовах. В інших випадках люпин, картопля і льон будуть вирощуватися на 5–6, 6–7 і 7–8 роки після вапнування, коли вплив його зменшиться і реакція ґрунтового розчину поступово повернеться до початкового стану.

При внесенні вапна в ґрунт (незалежно під яку культуру) потрібно домогтися максимального перемішування його зі всією масою вапнованого шару.

В зоні Лісостепу, де в сівозмінках не вирощується льон і люпин, вапно слід вносити під попередники і перед попередники тих культур, які найбільш позитивно реагують на вапнування (буряки кормові, люцерна, конюшина, капуста, ріпак, горох). В 9 і 10-річних сівозмінках з льоном і люпином, що має місце в західних районах України, вапно доцільно

вносити в два прийоми: 0,5 дози на початку і 0,5 дози в середині ротації залежно від чергування культур.

Суттєве значення при визначенні місця внесення вапна в сівозміні має форма вапнякового матеріалу. При цьому потрібно мати на увазі не тільки нейтралізуючу здатність матеріалу, але й його хімічний склад. Доломітове борошно, наприклад, в умовах Полісся значно ефективніше від вапнякового борошна або крейдяного борошна. Його застосування в сівозміні з льоном, люпином і картоплею практично знімає негативну дію вапна незалежно від місця і строку внесення в ґрунт.

У Німеччині вносять вапнякові матеріали й на ґрунтах, які мають рН сольової витяжки вище 5,5. Малі норми вапна на легких і середніх ґрунтах (2,5–3,0 ц/га), на важких – 3–4 ц/га вносять в ґрунт для поліпшення кальцієвого живлення рослин (так зване підтримуюче вапнування).

При визначенні норм вапна, крім рН ґрунту, завжди враховується його гранулометричний склад і біологічні особливості культур сівозміни. Віддається перевага помірним нормам вапна. Більшість західнонімецьких вчених, агрономів і фермерів вважають за краще недостатнє, а не надмірне вапнування. Якщо розрахована за кислотністю ґрунту кількість СаО перевищує 10–15 ц/га на легких (піщаних) ґрунтах, 20 ц/га на середніх і 25 ц/га на важких, то вапно вносять малими нормами протягом двох-трьох років. Чим легший за гранулометричним складом ґрунт, тим частіше його вапнують, вносячи менші норми вапна.

Тепер у ФРН застосовується, головним чином, підтримуюче вапнування з метою поповнення в ґрунтах запасів кальцію і магнію, які зменшуються внаслідок їх вимивання і виносу рослинами та в зв'язку з підкисленням ґрунтів фізіологічно кислими мінеральними добривами. Норми вапна, зокрема вапнякового борошна, при підтримуючому вапнуванні становлять орієнтовно 3,5–12 ц/га. Вносять його на легких ґрунтах один раз на три роки і на важких – один раз на п'ять років.

У сівозмінах з картоплею, люпином, житом, вівсом на легких ґрунтах учені та спеціалісти ФРН вважають недоцільним доводити рН ґрунту вище 5,5–6,0, а в сівозмінах з чутливими до кислотності культурами – буряками, ячменем, люцерною, ріпаком, пшеницею озимою – намагаються довести реакцію ґрунту до нейтральної (рН 6,5–7,0). В таких сівозмінах рекомендується застосовувати фізіологічно лужні добрива.

Вапнування в нашій країні зазвичай проводиться восени, влітку, а також навесні. Однак вапнякові матеріали можна вносити на поля і в зимові місяці по снігу. Це не тільки знижує сезонну напруженість, але й полегшує вирішення інших проблем вапнування ґрунтів. Це допомагає різко скоротити потребу у зберіганні вапнякових матеріалів.

Результати польових дослідів, проведених в останні роки науково-дослідними установами Білорусії, показали, що ефект від застосування вапнякових матеріалів зимою по снігу отримується, як правило, такий же, як і при інших строках внесення. Так, за даними довготривалого польового досліді, проведеного Гродненською обласною сільськогосподарською дослідною станцією, приріст врожаю за ротацію п'ятипільної сівозміни, при вапнуванні зимою по сніговому покриві висотою 15–30 см становив: крейдою – 18 ц кормових одиниць, доломітовим борошном – 20,4 ц/га, при внесенні цих матеріалів весною приріст був відповідно 15,7 і 17,8 ц крейда і доломітове борошно за умов зимового внесення виявили позитивну дію не тільки на урожай, але й на його якість: підвищився вміст цукру у коренеплодах цукрових буряків з 14,8 до 15,3 %, сирого протеїну в сіні конюшини з 13,5 до 14,3 % і окислу кальцію з 2 до 2,3 %.

В дослідях Білоруського науково-дослідного інституту землеробства ефективність зимового внесення вапна вивчали на рівній ділянці і на ділянці з крутизною схилу 12⁰. На рівній ділянці доломітове борошно по снігу збільшило урожай ячменю на 6 ц, а крейда – на 9,2 ц/га, приріст же при внесенні весною перед сівбою становив відповідно 6,9 та 8,3 ц/га. Аналогічна ситуація спостерігалася на дослідній ділянці, яка була на крутому схилі.

Добрий ефект від вапнування зимою по снігу пояснюється тим, що добрива впливають так само на агрохімічні властивості ґрунту, як і весною. Результати аналізу ґрунту з ділянок польового досліді Всесоюзного інституту добрив і агроґрунтознавства імені Д. Н. Прянишникова (ВІВА), проведеного в Єгорєвському районі Московської області, показали, що при внесенні вапна в листопаді, січні і квітні його дія на рН сольової витяжки, гідролітичну кислотність і суму ввібраних основ за всіх строків була однаковою. Хімічні аналізи показали, що вапно, внесенне зимою, не переміщалося в горизонтальному напрямку навіть на 20–25 см від краю межі провапнованих ділянок.

Однак небезпека втрат вапна з поверхні снігового поля реально існує, і з'явилася вона там, де її зовсім не чекали. Головна причина її виникнення – це вітер. Після танення снігу з полів, провапнованих у зимову пору, інколи спостерігалось, що в коліях, які залишились від механізмів, що вносили вапнякове борошно, було там його більше, ніж на останній частині поля. Нагромадження його в коліях могло бути тільки внаслідок здування вітром.

Розміри можливих втрат вапна від здування з поверхні поля вітром, як показали проведені ВІУА дослідження, залежать від ряду причин: крутизни схилу, швидкості вітру, температури повітря, структури снігового покриву і гранулометричного складу вапнякового матеріалу.

Результати досліджень, проведених ВІУА, показали, що за швидкості вітру більше 5–6 м/с в першу чергу проходить здування частинок вапна менше 1 мм, тобто найбільш цінної фракції цього вапнякового матеріалу. Тому при визначенні можливості проведення зимового вапнування в кожному районі потрібно ознайомитися з матеріалами найближчої метеорологічної станції про можливості вітру зі швидкістю 5–6 м/с, оскільки вона може коливатися не тільки в різних областях, але й в різних районах області.

РОЗДІЛ 8. ХАРАКТЕРИСТИКА ВАПНЯКОВИХ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ВАПНУВАННЯ ҐРУНТІВ В УКРАЇНІ

Для вапнування кислих ґрунтів застосовують карбонатну форму кальцію – CaCO_3 , представлену крейдою, мергелем та ін.; карбонатну форму кальцію та магнію – доломіт з вмістом CaCO_3 , MgCO_3 , інколи негашене вапно (CaO) або гашене (Ca(OH)_2).

Всі ці сполуки отримують із природних порід, переважно відкритим способом з подальшим подрібненням або без нього, що залежить від умов їх утворення.

Застосовуються також різні відходи промисловості, які містять в своєму складі перераховані форми сполук кальцію. Коротку характеристику вапнякових матеріалів, які найбільш застосовують у нашій країні, наведено в табл. 21.

Крім названих матеріалів, в країні широко застосовують дефека́т, який нагромаджується у вигляді відходів цукрової промисловості, а також місцеві матеріали: вапнякові туфи, озерне вапно, крейду, мергель і інші. Дефека́т на час внесення має містити CaCO_3 4–6 %, вологи не більше 30 %, весь матеріал повинен просіватися через сито з розміром отворів 4 мм.

Питома маса основних вапнякових матеріалів, які широко використовували в період максимального застосування вапнування кислих ґрунтів (1985–1996 рр.) була така: вапнякове борошно – 31 % (2,2 млн т); зокрема 0,325 т доломітові відходи металургійної промисловості і 0,5 млн т молотого ракушечнику; вапняково-сірчані відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату – 40 % (2,8 млн т); дефека́т – 29 % (2,0 млн т).

За невеликим винятком, ці меліоранти містять багато баласту, вологи, малодіяльних фракцій, що потрібно враховувати при визначенні доз вапна на гектар площі. У середньому 3 т матеріалів, які застосовують в Україні, містять лише 2 т карбонату кальцію.

Таблиця 21

Характеристика вапнякових матеріалів

Місце виробництва вапнякового матеріалу	Вапняковий матеріал	Середній вміст карбо- нату, %	Вміст вологи, %	Гранулометричний склад частинок (%), крупніших (мм)			Постачається за умовами, % від загального обсягу		
				0,25	1	3–5	держстанд. 14050-68	за дозволом держстанд.	РТУ або без вимог
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Роздольське виробниче об'єднання «Сірка»	Вапняно- сірчані відходи	75–80	12–14	21,1	2,1	0,02	–	–	100
Негінське кар'єроуправління	Вапнякове борошно	90–92	3,0	21,0	3,0	0,02	100	–	–
Закупнянське кар'єроуправління	Вапнякове борошно	92	0,6	20,0	3,8	0,6	–	100	–
Сулятицьке кар'єроуправління	Вапнякове борошно	85–90	1,2	25,0	4,8	–	100	–	–
Докучаєвський флюсодоломітний комбінат	Доломітові відходи	92,5	6,0	60	2,5	–	–	–	100
Сіверський доломітовий комбінат	Доломітове борошно	91,3	6,0	30,0	18,0	–	–		100

Продовження таблиці 21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Приборжавський вапняковий завод	Вапнякове борошно	89–90	0,9–1,2	26,8	2,5	–	90	10	–
Тернопільський кар'єр	Вапнякове борошно	86	2,20	35,6	13,3	0,4	–	–	100
Підвисоцький вапняковий завод	Вапнякове борошно	87,5	7,25	33,9	10,7	1,9	–	–	100

Характерною рисою більшості кислих ґрунтів Українського Полісся є їх надзвичайно легкий гранулометричний склад. В умовах промивного типу водного режиму піщані, глинисто-піщані і супіщані ґрунти навіть за низької кислотності завжди збіднені на обмінний кальцій і магній. При цьому кількість обмінного магнію настільки мала, що культурні рослини терплять від нестачі магнію як елемента живлення. Ліквідувати дефіцит магнію на легких ґрунтах можна, якщо для вапнування використовувати доломітове борошно, яке аналогічне вапняковому борошну за впливом на зміну кислотності, але часто в два і більше разів перевищує його дію на урожай сільськогосподарських культур (табл. 22).

Таблиця 22

**Порівняльний вплив вапнякового та доломітового борошна
на врожай сільськогосподарських культур (ц/га)
на ґрунтах Полісся України**

Рік дії вапна	Культура	Без внесення вапна	Приріст урожаю від внесення 3,75 т/га		Відхи- лення, т/га
			вапнякове борошно	доломітове борошно	
Перший	Картопля	159,0	3	19	16
Другий	Кукурудза на зерно	42,3	5,2	6,7	1,5
Другий	Кукурудза на силос	266	95	131	36
Третій	Ячмінь	22,1	2,4	5,3	2,9
Четвертий	Льон (соломка)	40,6	7,6	9,3	1,7

Потрібно відзначити, що в складі вапнякових матеріалів питома вага доломітового борошна недостатня, що обмежує позитивний вплив вапнування на родючість кислих піщаних і супіщаних ґрунтів Полісся.

Крім перерахованих матеріалів, слід більш широко використовувати придатні для вапнування відходи хімічної промисловості, місцеві поклади вапняків, крейди і інших матеріалів.

Якщо для вапнування ґрунтів застосовують матеріали, які в своєму складі містять не основну форму вапна – CaCO_3 , а інші їх суміші,

наприклад, доломітове борошно, гідрат окису кальцію, магнію або одні окиси (CaO), то при визначенні доз вапна їх потрібно переводити в CaCO₃, використовуючи для цього коефіцієнти (табл. 23).

Таблиця 23

Коефіцієнти для перерахунку сполук кальцію і магнію в CaCO₃

Назва сполук	Коефіцієнт перерахунку
MgCO ₃	1,20
CaO	1,79
MgO	2,50
Ca(OH) ₂	1,35

Нижче подано більш детальну характеристику вапнякових матеріалів, які використовують для вапнування кислих ґрунтів.

Вапнякові матеріали промислового виробництва, що виготовляються з твердих карбонатних порід:

Вапнякове борошно – найбільш поширений меліорант, що застосовується в усіх зонах. Діє повільно, ефективність залежить від тонини помелу та нейтралізуючої здатності.

Виготовляють двох класів шляхом розмелювання твердих порід. Борошно першого класу містить не менше 85 % CaCO₃, не більше 2 % вологи, повинно просіватися через сито з отвором 3 мм (95 %), а залишок на ситі з отвором 1 мм не повинен перевищувати 5 %. Борошно другого класу містить вологи 6 %, залишок на ситі з отворами діаметром 5 мм до 3 %, а на ситі з отворами 1 мм – до 20 %.

Окремі комбінати постачають вапнякове борошно (за дозволом державного стандарту), яке містить понад 7 % вологи і має відхилення за гранулометричним складом. Напівпромисловим способом можуть розмелюватися вапнякові породи до сиромеленого вапняку. Такий меліорант містить до 12 % вологи, значно більше грубих фракцій.

Доломітове борошно. Діюча речовина CaMg(CO₃)₂. Нейтралізуюча здатність за вмістом карбонатів у перерахунку на CaCO₃ – до 108 %. Співвідношення CaO : MgO коливається від 1 : 0,7 і 1 : 0,5. Борошно одержують розмелюванням твердих доломітових порід. Діє в ґрунті повільно, ефективніше на бідних дерново-підзолистих піщаних, глинисто-піщаних й супіщаних ґрунтах, особливо у польових сівозмінах з льоном,

картоплею, кукурудзою, травами та у кормових сівозмінах. Містить не менше 90 % карбонатів кальцію й магнію, вологи – не більше 6 %, залишок на ситі з отворами 1 мм – до 18 %, а з отворами 0,25 мм – до 30 %.

Крейда мелена (крейдяне борошно). Діюча речовина CaCO_3 . У ґрунті діє швидше, ніж два попередніх меліоранти, завдяки меншій щільності породи і кращій дисперсності. Ефективна для всіх кислих ґрунтів. Карбонату кальцію – 85 %, вологи 4–6 %. Його гранулометричний склад має менше значення, ніж вапнякового й доломітового борошна.

Палене негашене вапно. Діюча речовина – CaO . Одержують випалюванням вапняків. При цьому CaCO_3 втрачає вуглекислоту і перетворюється в CaO . Негашене вапно можна зберігати лише в сухому місці, тому що вбираючи воду, спочатку перетворюється в гашене вапно, потім у бікарбонат, а далі – знову в CaCO_3 . Використовують його розмеленим у парниковому й термічному господарстві, іноді в овочевих сівозмінах для нейтралізації кислотності ґрунту та боротьби із специфічними хворобами деяких овочевих культур, наприклад, килою капусти. У перерахунку на CaCO_3 його нейтралізуюча здатність коливається від 100 до 178 % (залежно від вмісту CaCO_3 у сировині). Дуже сильно- і швидкодіючий меліорант.

Палене гашене вапно. Діюча речовина – Ca(OH)_2 . Одержують його, поливаючи водою випалений вапняк. Залежно від кількості води утворюється порошок, який називають ще пушонкою, або вапняним молоком, що застосовують у будівництві. Для хімічної меліорації кислих ґрунтів застосовують пушонку, нейтралізуюча здатність якої може досягати 135 % CaO . Швидкодіючий меліорант, ефективний на важких за гранулометричним складом ґрунтах. Загортати його в ґрунт (після розсіювання) потрібно за 10–14 діб до сівби сільськогосподарських культур. Не рекомендується для вапнування піщаних та супіщаних ґрунтів.

Мергель лучний. Діюча речовина – CaCO_3 , досить часто містить значну кількість MgCO_3 . Найбільш поширений місцевий вапняковий матеріал на Поліссі. Утворився в знижених елементах рельєфу, в заплавах річок та долинах старих русел за рахунок тисячолітнього вимивання карбонатів з ґрунтів навколишніх територій. Містить до 50 % CaCO_3 , залягає на невеликій глибині, іноді майже з поверхні, шарами різної товщини. На зиму згортають у бурти, після примерзання добре

розсипається. У зв'язку з тим, що містить значну кількість глини та магнею, мергель є добрим меліорантом для піщаних та супіщаних ґрунтів.

Вапняковий туф, торфотуки. Цінні місцеві добрива, що містять, крім CaCO_3 , Mg, поживні речовини та глину або торф. У природному стані містять 30–80 % вологи. Спосіб приготування подібний до приготування мергелю. Діють у ґрунті досить швидко й ефективно. Добрі меліоранти для піщаних та супіщаних ґрунтів.

Дефекат – дефекаційні відходи цукрової промисловості. Діюча речовина CaCO_3 у вигляді домішок містить 0,5–0,7 % азоту, 0,5–1,0 % фосфору, 0,5–1,0 калію, 5–10 % органічної речовини. Питома вага дефекату в асортименті хімічних меліорантів становить 25 %.

За технічними умовами дефекат на час внесення має бути сухим, містити 40–50 % CaCO_3 , повністю просіватися через сито з отворами діаметром 4 мм. Вологий дефекат утворює грудочки і погано розсівається. Вносять його виключно на опідзолених ґрунтах Лісостепу, тобто у зоні бурякосіяння. Завдяки вмісту поживних речовин дефекат значно ефективніший меліорант, ніж вапнякове борошно.

Вапняково-сірчані відходи Роздільського гірничо-хімічного комбінату містять CaCO_3 75–80 %, вологи до 14 % та залишок на ситі з отворами діаметром 1 мм – не більше 2,1 %. Це продукт переробки сірковмісних вапняків, так звані флотаційні хвости виробництва сірчаної кислоти. Тому у вигляді домішок може містити до 6 % елементарної сірки.

За ефективністю дії порівнюється, а іноді переважає вапнякове борошно тому є дешевим та ефективним вапняним добривом. Питома вага в асортименті хімічних меліорантів – 33–40 %.

Багаторічними дослідженнями, проведеними на ясно-сірому лісовому ґрунті з вихідним pH 3,9–4,3, встановлено, що використання як хімічних меліорантів дешевих вапняково-сірчаних відходів Роздільського ДГХО “Сірка” (81% CaCO_3) за ефективністю не поступається вапняковому борошну.

Періодичне (раз за сім років) внесення вапняково-сірчаних відходів з розрахунку однієї норми CaCO_3 (за гідролітичною кислотністю) за умови систематичного внесення на гектар сівозмінної площі $\text{N}_{81}\text{P}_{77}\text{K}_{90}$ та 10 т гною стабілізувало кислотність ясно-сірого лісового ґрунту на рівні pH 5,4–5,5, зменшило вміст рухомого алюмінію до 0,23–0,26 мг/100 г ґрунту. На

абсолютному контролю ці показники становили відповідно 4,1 та 7,2 мг/100 г ґрунту. Продуктивність сівозміни підвищилася до 40,7 ц/га зернових одиниць проти 40,9 ц/га при внесенні вапнякового борошна (на абсолютному контролі 14,2 ц/га з. о.). При цьому прирости врожаїв відповідно становили: картоплі – 76,0, ячменю ярого – 18,1, зеленої маси конюшини – 33,9, пшениці озимої після конюшини – 31,5, буряків цукрових – 224, кукурудзи на силос – 199, пшениці озимої після кукурудзи – 17,3 ц/га. Вартість відходів у 2,5 рази нижча ніж вапнякового борошна, енергозатрати окупуваються в 3,2 рази. Недолік цього добрива – підвищена, а часто й надмірно висока вологість.

Доломітові відходи (мелений доломіт). Діюча речовина $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (CaCO_3 – 48–50 %, MgCO_3 – 43–45 %). Мелений доломіт має нейтралізуючу здатність 92,5 % у перерахунку на CaCO_3 , вологи до 8 %, залишок на ситі з отворами діаметром 1 мм – до 25 %. Швидкодіючий меліорант, ефективний на піщаних й супіщаних ґрунтах Полісся. На опідзолених ґрунтах Лісостепу не має переваг над вапняковим борошном.

Цементний пил, сланцевий та торфовий попіл, доменні шлаки. Діюча речовина в цих матеріалах склад кальцію, силікати кальцію (CaSiO_3) і частково карбонат кальцію. Торф'яний попіл містить карбонатів 14–27 – 50 %, доменні шлаки – 90–98 %. Діють у ґрунті значно повільніше, ніж всі інші меліоранти. У практиці вапнування ґрунтів нашої країни значного поширення ці меліоранти не набули.

Незалежно від походження вапнякові матеріали неоднаково впливають на властивості ґрунтів із різним ступенем кислотності. В дистильованій воді CaCO_3 розчиняється дуже погано, але в ґрунтовому розчині, який має кислу реакцію і значну кількість вуглекислого газу, він розчиняється досить добре і тим більше, чим нижче значення рН. Якраз із цим пов'язане явище декальцинації ґрунтів Полісся й частково Лісостепу та значно більші втрати внесеного вапна із сильно- і середньокислих відмін, ніж із слабкокислих.

РОЗДІЛ 9. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВАПНУВАННЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ

9.1. Ефективність вапнування кислих ґрунтів

Ефективність вапнування залежить від ступеня кислотності ґрунту, норм і форм вапна, набору культур у сівозміні, рівня удобрення ґрунту, властивостей застосування мінеральних добрив тощо.

Позитивна дія вапна на врожай сільськогосподарських культур залежно від розміру дози спостерігається протягом 15–20 і більше років (Корнилов, 1958; С. М. Миневи́ч, 1964; С. М. Міневи́ч 1966; С. Г. Шедеров, 1965; Е. И. Михеев, 1969; В. В. Прокошев, 1973; Т. Н. Кулаковская, Н. Н. Алексейчук, 1974; А. М. Ковальчук, 1974; Г. А. Мазур, 1976).

Узагальнені дані дослідних установ про ефективність вапнування кислих ґрунтів на Україні наведено в табл. 24.

Із даних цієї таблиці видно, що на вапнування ґрунту найбільш чутливо реагують такі культури, як ячмінь, буряки цукрові, кукурудза, багаторічні бобові трави незалежно від того, де їх вирощували.

Тривалими дослідженнями наукових установ України та багаторічним досвідом виробництва встановлено, що під впливом вапнування поліпшуються агрономічні властивості кислих ґрунтів, внаслідок чого зростає врожайність більшості сільськогосподарських культур. Ефект від однієї і тієї ж дози вапна не завжди однаковий і залежить від виду ґрунту та ступеня кислотності, способу та строків внесення в сівозміні, від набору в ній культур, що вимагають для оптимального розвитку певної реакції середовища, від погодних умов тощо. У зв'язку з цим існують істотні зональні відмінності щодо ефективності вапнування ґрунтів.

На Поліссі вапнування кислих ґрунтів слід вважати необхідним заходом зниження кислотності, збагачення ґрунтів кальцієм, тобто заходом підвищення ступеня насичення ґрунтів основами, заходом підвищення ефективності дії добрив і на цій основі – зростання врожайності сільськогосподарських культур. Вапнування в цій зоні може бути меліоративним (на ґрунтах з рН сольовим до 5,5) і підтримуючим (з рН вище 5,5).

У західних районах України вапнування є одним з найефективніших способів підвищення родючості ґрунтів. Необхідне воно тут, насамперед, для зниження кислотності, вмісту рухомого алюмінію. Практично в цій зоні

всі площі кислих ґрунтів підлягають вапнуванню. Особливо це стосується районів Передкарпаття, Карпат і Закарпаття.

Таблиця 24

Ефективність вапнування в Україні (за С. М. Міневичем, 1966)

Культура	Приріст урожаю, ц/га		
	Полісся	Лісостеп	Передгірні та гірські райони Карпат
	дерново-підзолисті супіщані та глинисто-піщані ґрунти	сірі опідзолені ґрунти, чорноземи опідзолені і вилугувані	дерново-підзолисті, буроземно-підзолисті, дернові опідзолені та бурі лісові ґрунти
Ячмінь	3,7–9,4	5,6–7,2	3,5–4,4
Пшениця озима	3,4–5,5	2,2–6,0	3,8–5,1
Буряки цукрові	–	16,0–33,0	50,0
Кукурудза (зерно)	6,0–7,8	1,8–7,3	4,5
Кукурудза (зелена маса)	70,0–105,0	29,0–48,0	74,0
Конюшина (сіно)	16,5	–	29,0–33,0
Люцерна (сіно)	–	27,0–46,0	44,0
Горох	3,4–10,0	1,2–4,1	–
Озиме жито	2,3–4,0	1,9–2,2	1,6–2,0
Овес	1,0–7,0	4,3–5,2	–
Вико-овес (сіно)	5,0–9,80	16,0	13–15
Картопля	18,0–40,0	14,0	30
Льон (волокно)	0,9–1,4	–	1,3–2,0
Льон (насіння)	0,4–0,6	–	1,0–1,3

Вапнування ґрунтів лісостепової зони є в першу чергу заходом збільшення вмісту в ґрунтах активного кальцію і в результаті цього підвищення врожайності вибагливих до вапнування культур. Вапнування ґрунтів цієї зони переважно розглядається як підтримуюче і меншою мірою – як меліоративне.

Під впливом вапнування знижується кислотність ґрунтів, зменшується в них вміст рухомого алюмінію, збільшується кількість активного кальцію і доступних для рослин форм азоту, фосфору,

поліпшується мікробіологічна діяльність та інші агрохімічні і фізико-хімічні властивості. Це сприяє підвищенню врожайності.

Як показали результати досліджень науково-дослідних установ України (С. М. Міневич, 1966), ефективність вапнування значною мірою залежить від ступеня кислотності ґрунту (табл. 25).

Таблиця 25

**Середні прирости врожаїв окремих культур
від вапнування кислих ґрунтів, ц/га**

Культура	Приріст урожаїв на ґрунтах	
	сильно- і середньокислі	слабокислі
Озимі зернові	2–2,2	0,5–1
Ярі зернові	2–2,6	0,5–0,6
Зернобобові	2–3	1–1,5
Буряки цукрові	60	25
Картопля	15	5
Льон (соломка)	3	1
Кукурудза (зелена маса)	42	20
Багаторічні трави (сіно)	15	7
Капуста степова	70	30

З наведених даних видно, що найбільш відчутно на вапнування реагують такі культури, як капуста, буряки цукрові, кукурудза та багаторічні трави.

9.2. Норми вапнякових матеріалів

В зоні Полісся (Київська область, Києво-Святошинський район) на дерново-підзолистих супіскових ґрунтах в 9-пільній сівоzmіні Український науково-дослідний інститут протягом 1954–1966 рр. провів дослідження з вивчення впливу 2,5 і 5,0 т/га CaCO_3 вапна на врожай сільськогосподарських культур. Отримані результати досліджень показують, що загальний приріст урожаю від повної норми вапна за гідролітичною кислотністю (5 т/га CaCO_3) за ротацію сівоzmіни становить 85 ц/га кормових одиниць. Ефективність половинної норми (2,5 т/га) була дещо нижчою, ніж повної (С. М. Міневич, 1966).

В умовах західних областей в Чернівецькій області протягом 1965–1968 рр. на полях цукрорадгоспу «Хрещатик» на опідзолених чорноземах вивчали вплив вапнякового борошна в нормах 0,5; 1,0; 2,0 за гідролітичною кислотністю на врожай насіння цукрових буряків. В результаті проведених досліджень встановлено, що залежно від застосованих норм вапна отримано приріст врожаю насіння цукрових буряків відповідно 1,3; 2,3 і 4,3 ц/га (І. С. Ковальчук, 1974).

Позитивний вплив вапнякових матеріалів на врожай сільськогосподарських культур було виявлено також в умовах Івано-Франківської області на сільськогосподарській дослідній станції на дерново-середньо підзолистих поверхнево оглєсних ґрунтах. Отримані результати досліджень вказують на те, що найбільш ефективними виявилися підвищені норми вапна (1,0 і 1,5 н. за г. к.), які забезпечили приріст зерна ячменю – 3,2 ц/га, пшениці – 7,6 ц/га, зеленої маси конюшини – 130 ц/га (А. М. Ковальчук, 1974).

У Передкарпатті на дерново-підзолистих ґрунтах було проведено дослідження з вивчення двох доз (4 і 8 т/га) вапнякового борошна на врожай червоної конюшини, пшениці озимої, буряків цукрових, кукурудзи і гороху. В результаті проведених досліджень встановлено, що за допомогою вапнування в умовах Передкарпаття можна додатково відповідно до вивчених доз вапна збільшити врожай сіна на 36,4–46,6, зерна пшениці – 3,2–5,0, гороху – 6–9, коренеплодів цукрових буряків – 52–66 і зеленої маси кукурудзи – на 92,7–193,8 ц/га (І. І. Назаренко, 1963).

В умовах Закарпаття на сильноокислих бурих гірсько-лісових ґрунтах протягом 1960–1962 рр. проводили дослідження з вивчення впливу вапна в дозі 0,25 н. г. к. на врожай трьох видів конюшини. Отримані результати досліджень вказують на те, що врожай сіна конюшини залежно від її виду збільшився від 10,9 до 18 ц/га (З. М. Томашівський, Н. Л. Шестидесятна, 1964).

У наступних дослідженнях наводимо результати дослідів з вивчення впливу вапнякових матеріалів (вапнякове борошно і вапнякові відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату «Об'єднання Сірка») в дозах 1,0; 1,5 і 0,25 н. г. к. на ясно-сірих опідзолених ґрунтах в Науково-дослідному інституті землеробства і тваринництва західних районів УРСР на врожай сільськогосподарських культур. Ефективність вапнякових

матеріалів вивчали за однаковою схемою в двох півстаціонарних дослідах, чергування культур у яких було таким: у першому досліді – цукрові буряки, ячмінь ярий, конюшина червона; у другому – люпин жовтий, озима пшениця, кукурудза (П. О. Дмитренко, З. М. Томашівський, 1966; З. М. Томашівський, 1973).

Вапнякові матеріали (вапнякове борошно – 92,3 % і вапнякові відходи – 80,6 % вуглекислого кальцію) вносили в першому випадку під цукрові буряки, у другому – під люпин. Отримані результати в одному із цих дослідів наведено в табл. 26.

Таблиця 26

Вплив норм вапнякових матеріалів на урожай цукрових буряків, ячменю ярого і конюшини лучної, ц/га

Варіант	Норма вапна за г. к.	1-й рік дії вапна (1962–1964 рр.)		2-й рік дії вапна (1963–1964 рр.)		3-й рік дії вапна (1965 р.)	
		Цукрові буряки (N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀)		Ячмінь ярий (N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅)		Конюшина червона (P ₄₅ K ₄₅)	
		урожай корене- плодів	при- ріст	урожай зерна	при- ріст	урожай сіна за 2 укоси	при- ріст
Без вапна	0,0	309,9	–	13,7	–	73,1	–
Вапнякове борошно	1,0	347,0	37,1	16,3	2,6	91,6	18,5
Вапнякові відходи	1,0	335,6	25,7	16,0	2,3	90,5	17,4
Вапнякове борошно	0,5	328,1	18,2	15,1	1,4	88,1	15,0
Вапнякові відходи	0,5	331,7	21,8	15,1	1,4	89,6	16,5
Вапнякове борошно	0,25	324,2	14,3	14,5	0,8	84,5	11,4
Вапнякові відходи	0,25	323,8	13,9	14,3	0,6	85,3	12,2
Елементарна сірка		312,6	2,7	14,0	0,3	77,5	4,4

Елементарна сірка. Елементарну сірку вносили в еквівалентній кількості її в 0,25 н. г. к. вапнякових відходів, що становить 60 кг.

Із даних табл. 26 видно, що вапнування позитивно впливало на врожай піддослідних культур. Слід відзначити, що величина приросту врожаю всіх культур в досліді була в прямій залежності від норми вапна. Так, наприклад, 1,0 норми вапнякових матеріалів забезпечили максимальну надвишку 25,7–27,1 ц/га врожаю коренеплодів цукрових буряків, 2,3–2,6

ц/га зерна ячменю ярого і 17,4–18,5 ц/га сіна конюшини червоної. Від внесення понижених доз вапна в межах 0,25–0,50 норми вапнякових матеріалів прирости вказаних вище культур були значно меншими і практично знаходили в межах помилки польового досліджу, за винятком врожаю конюшини червоної.

В іншому півстаціонарному досліді (1962–1964 рр.), де чергування культур в ланці сівозміни було таким: кормовий люпин ($P_{70}K_{70}$), озима пшениця ($N_{30}P_{45}K_{45}$) і кукурудза ($N_{70}P_{70}K_{70}$), вапнякові матеріали вносили під першу культуру. Одержані результати досліджень з впливу норм вапна на врожай названих вище культур, і зокрема кормового люпину, дещо відрізняються від даних першого півстаціонарного досліджу (табл. 27).

Так, наприклад, максимальні прирости врожаю (1,2–1,7 ц/га зерна) кормового люпину було отримано від внесення 0,25–0,50 н. г. к. вапнякових матеріалів. Післядію вапна на другий і третій рік вивчали відповідно на озимій пшениці і кукурудзі. Дія вапнякових матеріалів на урожай цих культур проявилася аналогічно тому, яка була виявлена в першому півстаціонарному досліді. Найбільші прирости врожаю зерна озимої пшениці (3,5–4,0 ц/га) і зеленої маси кукурудзи (58,0–49,0 ц/га) отримано від застосування одної норми вапнякових матеріалів за г. к.

Результати досліджень у другому досліді, і зокрема щодо кормового люпину, не дають нам підстави робити висновок про те, що в сівозмінах з вирощуванням кормового люпину вапнування потрібно проводити пониженими нормами (0,25–0,50 за г. к.) вапна. Навпаки, отримані результати вказують на те, що при внесенні високих норм вапна люпин у сівозміні слід розміщувати на 4–5 рік після проведення вапнування.

Таким чином, на підставі проведених досліджень у західному регіоні України можна зробити висновок, що максимальні прирости врожаю сільськогосподарських культур при вапнуванні в більшості випадків на богарних землях одержують за внесення 1,0 н. за г. к. вапнякових матеріалів.

Таблиця 27

Вплив вапнякових матеріалів на врожай кормового люпину, озимої пшениці і кукурудзи, ц/га

Варіант	Норма вапна за г. к.	Перший рік дії вапна (1962–1964 рр.)		Другий рік дії вапна (1963–1964 рр.)		Третій рік дії вапна (1965 р.)	
		кормовий люпин (P ₇₀ K ₇₀)		озима пшениця (N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅)		кукурудза (N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀)	
		зерно	приріст	зерно	приріст	зелена маса	приріст
НПК (контроль)	0,0	11,8	–	23,8	–	270	–
НПК + вапнякове борошно	1,0	11,1	-0,7	27,8	4,0	328	58
НПК + вапнякові відходи Роздольського хімкомбінату	1,0	11,1	-0,7	27,3	3,5	319	49
НПК + вапнякове борошно	0,5	12,6	1,8	26,5	2,7	310	40
НПК + вапнякові відходи Роздольського хімкомбінату	0,5	13,0	1,2	26,6	2,8	305	35
НПК + вапнякове борош-но	0,25	13,5	1,7	25,9	2,1	395	15
НПК + вапнякові відходи Роздольського хімкомбінату	0,25	13,5	1,7	26,1	2,3	393	13
НПК + елементарна сірка	–	12,4	0,6	25,1	1,3	283	13

9.3. Форми вапнякових матеріалів

Різні вапнякові матеріали, як правило, значно відрізняються між собою за нейтралізуючою здатністю і складом. Так, 1 т сухого матеріалу добрива містить кальцію і магнію в перерахунку на вуглекисле вапно (в ц): вапняковий туф 8–10, доломітове борошно 9,5–10,5, мергель 2,5–7,5, дефекат 7–8, вапнякові відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату 7,5–8,2, палене вапно 11–12, вапнякові «огарки» 10,0–11,5, цементний пил 8,1–9,0.

Крім кальцію, деякі вапнякові матеріали, використані для вапнування кислих ґрунтів, містять магній, калій і інші речовини, які виявляють той або інший вплив на якість цих добрив. Останні залежать і від характеру сполук, в які входять ці елементи: карбонати, силікати, окисли, гідрати окислів, а також від ряду інших хімічних і фізичних властивостей застосовуваних вапнякових матеріалів.

Серед форм вапнякових матеріалів, які використовуються для вапнування кислих ґрунтів, вагоме місце займає в першу чергу вапнякове борошно, дефекат, вапняні відходи об'єднання «Сірка»: крейда, мергель, палене вапно, доломітове борошно, вапняковий туф, цементний пил та інші.

Прикладом ефективного використання різних форм вапнякових матеріалів є результати півстаціонарного дослідів Волинської обласної сільськогосподарської дослідної станції (Західне Полісся), проведеного. Ґрунт дослідного поля – дерново-підзолистий супісковий (табл. 28).

Отримані результати досліджень вказують на те, що повна норма вапна не мала переваги над половинною. Дуже чутливий до кислотності ґрунту ячмінь краще реагував на повну норму вапна. Дефекат, який, крім вапна, містить і інші поживні елементи, був ефективніший при внесенні повної норми.

Ефективність вапнування піщаних і супіскових ґрунтів Полісся обмежується бідністю цих ґрунтів на магній. В застосованих у цій зоні вапнякових матеріалах – сиромелених вапняках і крейді – мало магнію. Тому внесення магнієвих добрив є тут заходом підвищення врожайності сільськогосподарських культур і ефективності вапнування.

**Вплив норм вапнякових матеріалів на урожай цукрових буряків,
ячменю ярого і конюшини лучної, ц/га**

Варіант	Норма вапна (CaCO ₃) за г. к.	Кукурудза на зелену масу (середнє за 1959–1960 рр., 2–3 рік післядії вапна)		Ячмінь (1961 р., 4-й рік післядії вапна)	
		урожай	приріст	урожай	приріст
Без вапна	–	242,5	–	12,3	–
Вапнякове борошно	0,5	266,4	23,9	13,2	0,9
	1...0	257,5	15,0	14,0	1,7
Крейда	0,5	265,0	22,5	13,9	1,6
	1...0	262,0	19,5	14,6	2,3
Дефекат	0,5	254,7	12,2	13,3	1,0
	1...0	260,3	17,8	15,7	3,4
Мергель	0,5	257,2	14,7	13,5	1,2
	1...0	253,1	10,6	13,1	0,8
Гашене вапно	0,5	240,4	2,1	12,3	0,0
	1...0	252,3	9,8	11,7	–0,6

Вапнування особливо ефективне у Передкарпатті, де поширені переважно дерново-підзолисті поверхнево оглеєні суглинкові, здебільшого середньо- та сильнокислі ґрунти.

Так, у дослідях Передкарпатської сільськогосподарської дослідної станції на таких ґрунтах (рН 4,6) на фоні 20 т/га гною приріст урожаю від внесення 5 т/га вапнякового борошна становив: коренеплодів цукрових буряків – 67 ц/га, зеленої маси кукурудзи – 74 ц/га і від такої же дози вапнякових відходів Роздольського гірничо-хімічного комбінату – відповідно 58 і 64 ц/га (З. М. Томашівський, 1968).

В таких же ґрунтово-кліматичних умовах на Передкарпатській сільськогосподарській дослідній станції в польових дослідях вивчали ефективність різних форм вапнякових матеріалів: вапнякових відходів Роздольського гірничо-хімічного комбінату, вапнякового шламу Жидачівського паперово-целюлозного комбінату, дефекату Самбірського цукрозаводу і вапнякового борошна. Зазначені форми вапнякових

матеріалів вивчали на фоні двох норм – 0,5 і 1,0 г. к. Піддослідними культурами були цукрові буряки ($N_{90}P_{90}K_{120}$) і кукурудза ($N_{90}P_{90}K_{90}$).

Отримані результати свідчать про те, що найбільш ефективним виявився вапняковий шлам: внесення 0,5 і 1,0 н. г. к. забезпечило приріст коренеплодів цукрових буряків 63 і 71 ц/га і відповідно зеленої маси кукурудзи – 50 і 83 ц/га. Другими за ефективністю виявилися вапняні відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату. Вони забезпечили приріст врожаю коренеплодів цукрових буряків 46 і 57 ц/га від внесення 0,5 і 1,0 н. г. к. і відповідно 42 і 60 ц/га зеленої маси кукурудзи.

Найменші прирости врожаю коренеплодів цукрових буряків (12–46 ц/га) і зеленої маси кукурудзи отримано від внесення 0,5 і 1,0 н. за г. к. вапнякового борошна (З. М. Томашівський, М. В. Хомик, 1967).

В умовах Закарпатської сільськогосподарської дослідної станції на дерново-опідзолених ґрунтах вивчали ефективність форм вапнякових матеріалів на кукурудзі і озимій пшениці (З. М. Томашівський, Н. Л. Шестидесятна, 1964). Як вапнякові матеріали використовували вапнякові відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату і вапнякове борошно в нормі 0,5 г. к. Результати наведено в табл. 29.

Таблиця 29

**Врожай зерна кукурудзи і озимої пшениці
залежно від форм вапнякових матеріалів (1962–1963 рр.)**

Варіант	Кукурудза	Озима пшениця
Без вапна (контроль)	38,6	37,7
Вапнякове борошно	42,8	41,3
Вапнякові відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату	42,0	41,2

Із даних цієї таблиці видно, що застосування 0,5 н. г. к. вапнякових матеріалів забезпечило достовірні прирости врожаю зерна кукурудзи 4,0–4,8 і озимої пшениці 3,5–3,6 ц/га.

Таким чином, із отриманих даних видно, що результати від застосованих норм вапна є дуже близькі між собою, оскільки прирости врожаю зерна кукурудзи і озимої пшениці були майже однакові.

В умовах Західного Лісостепу на світло-сірих опідзолених поверхнево оглеєних ґрунтах в НДІЗіТ було закладено стаціонарний дослід

з вивчення впливу форм вапна на врожай сільськогосподарських культур (протягом 1969–1975 рр.). В цьому досліді вивчали такі форми вапнякових матеріалів: вапнякове борошно, вапнякові відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату, вапняні відходи цього ж комбінату, огарки і вапняні відходи Пустомитівського вапняного заводу, палене вапно в кількості по 1,0 н. г. к. (З. М. ТомашиВСкий, 1978).

Результати досліджень з вивчення впливу вапнякових матеріалів на врожай сільськогосподарських культур в сівозміні наведені в табл. 30.

Із наведених даних цієї таблиці видно, що найбільш ефективною формою вапнякових матеріалів виявилися вапнякові відходи Роздольського комбінату і відходи цього ж комбінату «огарки» на всіх піддослідних культурах. Дещо гірші показники даних врожайності досліджуваних культур було відзначено по вапняковому борошну і паленому вапні. Однак в цілому потрібно відзначити, що всі досліджувані форми вапнякових матеріалів забезпечили досить високі прирости врожаю культур. Перші роки після внесення різних форм вапнякових матеріалів, вони неоднаково впливають на властивості кислого ґрунту й урожайність сільськогосподарських культур.

Таблиця 30

Порівняльна ефективність форм вапнякових матеріалів

Варіант	Люпино- вівсяна сумішка (зелена маса)	Озима пше- ниця (зерно)	Куку- рудза (зелена маса)	Куку- рудза (зелена маса)	Озима пшениця (зерно)
Без добрив	161	3,5	361	220	5,2
Без вапна	218	16,1	414	441	19,4
Вапняні відходи Роздоль- ського хімкомбінату	277	27,5	521	486	25,5
Вапняні відходи «огарки»	262	28,6	476	515	24,8
Вапнякове борошно	251	21,1	455	511	22,1
Палене вапно	264	27,3	453	475	23,1

У стаціонарному досліді Українського НДІ землеробства, проведеному на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті в радгоспі

«Бучанський» (С. М. Міневич), вивчали норми й форми вапна за їх дією на врожайність культур сівозміни (табл. 31).

Таблиця 31

Порівняльна ефективність форм вапнякових матеріалів

Культура	Рік дії вапна	Середній урожай без вапнування	Приріст урожаю від внесення 5 т/га CaCO_3 у формі			
			мергелю	вапнякового борошна	крейдяного борошна	гашеного вапна
Картопля	1-й	236	31	16	37	23
Кукурудза (зерно)	2-й	30,1	8,2	4,9	5,5	6,2
Ячмінь	3-й	8,9	6,7	6,3	5,1	5,8
Люпин на силос	4-й	255	14	6	13	3
Озима пшениця	5-й	26,4	6,2	4,3	5,3	6,0
Картопля	6-й	223	33	29	35	25

Найвища ефективність мергелю на цих ґрунтах пояснюється наявністю в мергелях сполук магнію та значної кількості домішок глини. Краща дія крейдяного борошна порівняно з вапняковим борошном зумовлена високою дисперсністю першого. Крім того, ефективність вапнякового борошна залежить від щільності сировини, з якої воно виготовлене. Більш щільні породи при розмелюванні до певного розміру часточок завжди гірше розчиняються в ґрунті, ніж м'які. Але тривалість дії такого борошна більша, ніж крейдяного. Проміжну ефективність мало гашене вапно, хоча розчинність його найкраща. Це пов'язано з різкою зміною реакції ґрунтового розчину під його впливом та неможливістю рівномірного розсіювання й загортання, що негативно місцями впливає на розвиток рослин.

В цьому ж НДІ землеробства було проведено дослідження з вивчення ефективності дії меленого вапнякового борошна та доломітового борошна на дерново-середньо підзолистому супіщаному ґрунті Південного Полісся (дослідне господарство «Копилів») (табл. 32).

Як свідчать результати досліджень, вапнякове борошно значно поступається доломітовому за своїм впливом на урожай усіх піддослідних

культур. Виходячи з одержаних даних, кращою формою вапнякових матеріалів промислового виробництва для Полісся є доломітове борошно.

Таблиця 32

Приріст урожаю сільськогосподарських культур при застосуванні різних форм вапна, ц/га

Культура	Рік дії вапна	Урожай без вапнування	Приріст урожаю від внесення 3,75 т/га CaCO_3 у формі		
			вапнякового борошна	доломітового борошна Докучаєвського комбінату	доломітового борошна Негребівського родовища
Картопля	1-й	159	3	16	19
Кукурудза на зерно	2-й	42,3	5,2	8,2	6,7
силос	2-й	266	95	127	131
Ячмінь ярий	3-й	22	1,6	2,6	2,6
Конюшина (зелена маса)	4-й	110	73	86	93
	5-й	56,9	7,4	9,0	10,4
Озима пшениця	6-й	27,6	6,1	5,5	5,8

Ефективність вапнування залежить від ступеня подрібненості (тонини помолу) вапнякового матеріалу. Внесення вапнякового борошна класу «А» (дослідження І. О. Шильникова, М. М. Мельникової, 1977), збільшувало приріст урожаю сіна багаторічних трав на 13–15 ц/га. Фракція часточок діаметром 1–3 мм знижувала приріст урожаю на 25 %, а 3–5 мм – на 50–70 %. Менше впливає на урожай тонина помолу м'яких порід – крейди, мергелю тощо. Тому при застосуванні їх як меліорантів ступінь подрібнення відіграє меншу роль. При інших однакових умовах меліорант, виготовлений із щільних порід (1000–1200 кг/см²), гірше нейтралізує кислотність і дає менші прирости врожаю, ніж з м'яких (300–400 кг/см²).

9.4. Ефективність цементного пилу як вапняно-калійного добрива

У польових і вегетаційних дослідах вивчали вплив цементного пилу на врожай і якість зеленої маси кукурудзи на світло-сірих опідзолених поверхнево оглеєних пилувато-супіщаних ґрунтах Науково-дослідного

інституту землеробства і тваринництва західних районів УРСР. Орний шар їх характеризувався такими показниками: рН сольової витяжки 4,6–4,8, вміст гумусу 1,83–2,05 %, гідролітична кислотність 2,45–2,70 мг-екв. на 100 г ґрунту (З. М. Томашівський, 1974).

Цементний пил внесений в кількості 0,5 н. г. к. на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ забезпечив кращий ріст рослин кукурудзи, ніж відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату практично в усіх фазах росту і розвитку (табл. 33). Там, де було внесено цементний пил, у фазі викидання волоті спостерігали більш інтенсивний (5,3 см) добовий приріст, тоді як від відходів Роздольського гірничо-хімічного комбінату приріст був дещо менший – не більше 4 см. Аналогічну закономірність відзначено при порівнянні ефективності цементного пилу з калійною сіллю за внесення їх нормами 90 кг поживної речовини калію.

Найкращі умови для формування врожаю зеленої маси кукурудзи (454,8 і 456,6 ц/га) і його структурних елементів відзначено на ділянках з внесенням 0,5 н. вапняних відходів Роздольського гірничо-хімічного комбінату або такої самої кількості цементного пилу на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ (табл. 34).

Внесення цементного пилу за вмісту поживної речовини калію в ньому в кількості 90 кг/га забезпечило дещо більший врожай (на 8,2 ц/га) зеленої маси кукурудзи, ніж така сама кількість калійної солі.

Щодо структури врожаю, то найкращі результати в цьому аспекті також одержано від внесення цементного пилу і вапняних відходів Роздольського гірничо-хімічного комбінату. Одержані результати дають підставу вважати, що відходи цементних заводів є комплексним добривом, яке забезпечує збільшення врожаю зеленої маси кукурудзи від 2 до 3,7 % порівняно з іншими добривами.

На підставі проведених досліджень і в силу обставин щодо наявності значної кількості ґрунтів з підвищеною ґрунтовою кислотністю відходи цементних заводів (цементного пилу як вапняно-калійного добрива) можна широко застосовувати для нейтралізації зайвої кислотності.

Таблиця 33

Вплив форм калійних добрив і цементного пилу на ріст кукурудзи (висота росту) за фазами розвитку рослин (середнє за 1971–1972 рр.), см

Варіант	5–8 листіків	Викидання вологі	Цвітіння	Молочна стиглість	Молочно- воскова стиглість
N ₉₀ P ₆₀ – фон – контроль	<u>32,8</u> 2,1	<u>106,5</u> 3,6	<u>144,4</u> 1,5	<u>158,3</u> 0,5	<u>167,6</u> 0,8
N ₉₀ P ₆₀ + K ₉₀ калійної солі	<u>40,6</u> 2,8	<u>132,3</u> 4,3	<u>163,0</u> 1,2	<u>181,8</u> 0,8	<u>189,3</u> 0,6
N ₉₀ P ₆₀ + K ₉₀ калійної солі + вапняні відходи Роз- дольського хімкомбінату (0,5 н. г. к. вапна)	<u>51,7</u> 3,3	<u>155,0</u> 4,0	<u>186,2</u> 1,2	<u>205,7</u> 0,8	<u>212,5</u> 0,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ калійної солі + цементний пил (0,5 н. г. к. вапна)	<u>53,7</u> 3,4	<u>161,0</u> 5,3	<u>192,1</u> 1,2	<u>214,3</u> 0,8	<u>220,5</u> 0,5
N ₉₀ P ₆₀ + K ₉₀ в цементному пилу	<u>51,7</u> 3,2	<u>146,5</u> 4,8	<u>180,7</u> 1,4	<u>198,5</u> 0,8	<u>204,1</u> 0,4

Примітка: чисельник – висота росту рослин, знаменник – добовий приріст.

Таблиця 34

Вплив форм калійних добрив і цементного пилу на структуру врожаю зеленої маси кукурудзи (середнє за 1971–1972 рр.)

Варіант	Врожай зеленої маси, ц/га	Приріст урожаю, ц/га	Складові елементи структури врожаю			
			листя	стебла	качани	обгортка
N ₉₀ P ₆₀ – фон – контроль	402,9	–	<u>105,3</u> 26,15	<u>157,2</u> 38,85	<u>94,8</u> 23,60	<u>45,6</u> 11,40
N ₉₀ P ₆₀ + K ₉₀ калійної солі	426,3	<u>25,4</u> 5,75	<u>107,2</u> 25,15	<u>171,2</u> 40,00	<u>97,4</u> 22,90	<u>50,5</u> 11,95
N ₉₀ P ₆₀ + K ₉₀ калійної солі + вапняні відходи Роздольського хімкомбінату, 0,5 н. г. к. вапна	454,8	<u>51,9</u> 12,60	<u>110,7</u> 24,35	<u>188,1</u> 41,15	<u>106,2</u> 23,45	<u>49,8</u> 11,05
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ калійної солі + цементний пил, 0,5 н. г. к. вапна	456,6	<u>53,7</u> 13,10	<u>113,5</u> 24,85	<u>186,3</u> 40,65	<u>101,8</u> 22,35	<u>55,0</u> 12,15
N ₉₀ P ₆₀ + K ₉₀ в цементному пилу	436	<u>33,6</u> 8,20	<u>112,1</u> 25,70	<u>175,4</u> 40,00	<u>100,1</u> 23,00	<u>48,9</u> 11,30

Примітка: 1) приріст урожаю зеленої маси подано до фону (перший варіант); 2) чисельник – ц/га, знаменник – %.

Внесення цементного пилу для вапнування кислих ґрунтів у кількості 0,5 н. г. к. вапна в умовах польового дослідів на світло-сірих опідзолених поверхнево оглеєних ґрунтах поліпшує їх агрономічні показники родючості, що забезпечує одержання додатково 28,3 ц/га зеленої маси кукурудзи високої кормової якості.

9.5. Поєднання вапнування із застосуванням органічних і мінеральних добрив

Вапнування кислих ґрунтів є передумовою раціонального використання добрив. Для вапнування і удобрення культур в одному полі потрібно дотримуватися певних вимог. Дослідженнями, проведеними в різних ґрунтово-кліматичних зонах, встановлено, що застосування мінеральних добрив на сильнокислих ґрунтах малоефективне. Тривале внесення фізіологічно кислих форм цих добрив підкислює ґрунт, руйнує вбирний комплекс, знижує вміст гумусу, тобто погіршує родючість.

Система удобрення сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах може бути високоефективною лише при правильному поєднанні з вапнуванням, яке повинно завжди передувати внесенню добрив.

На сильно- й середньокислих дерново-підзолистих ґрунтах Полісся і на світло-сірих і сірих опідзолених у західних районах країни внесення вапна, а потім гною в одному полі за ефективністю не поступається дії при їх роздільному застосуванні в різних полях сівозміни. На слабкокислих ґрунтах приріст урожаю від внесених на одному полі вапна і гною (краще зменшувати встановлену норму гною в 2 рази, збільшивши її в іншому) буде меншим, ніж загальний приріст його від окремо внесених на різних полях. При внесенні торфогнойових компостів норму вапна зменшувати недоцільно.

Поєднання вапнування з внесенням гною є високоефективним способом докорінного поліпшення кислих ґрунтів і їх окультурення. Отже, при вапнуванні можна значно зменшити норми гною та інших органічних добрив і завдяки цьому удобрити значно більшу площу ґрунтів. Про це свідчать дані багатьох польових дослідів, проведених у Нечорноземній смузі Центральної дослідної станції ВНДІДА, в яких внесення повної норми вапна в поєднанні з 40 т/га гною збільшило врожай культур вдвічі.

Від половинної норми вапна в поєднанні з 20 т/га гною одержано такий же врожай, як від 40 т/га гною.

Подібні дані одержано в умовах західних областей України. Так, у дослідях Науково-дослідного інституту землеробства і тваринництва західних районів УРСР, проведених З. М. Томашівським (1968) на легких ясно-сірих опідзолених поверхнево глеюватих ґрунтах, при внесенні 40 т/га гною в поєднанні з повною нормою вапнякового борошна або вапнякових відходів Роздольського гірничо-хімічного комбінату (об'єднання «Сірка») одержано по 76,4 і 70,9 ц/га приросту врожаю цукрових буряків, а в післядії на другий рік – 6,2 і 5,9 ц/га зерна ячменю ярого (табл. 35).

Таблиця 35

**Вплив норм вапнякових матеріалів і гною
на врожай цукрових буряків і ячменю ярого, ц/га**

Варіант	Норми добрив		Цукрові буряки, перший рік дії добрив (1963–1964 рр.)		Ячмінь ярий, другий рік дії добрив (1964–1965 рр.)	
	вапно за г. к.	гній, т/га	корене-плоди	приріст	зерно	приріст
Без вапна	–	–	328	–	11,7	–
Вапнякове борошно	1,0	–	365	37	14,1	2,4
Вапняні відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату	1,0	–	357	29	13,7	2,0
Гній	–	40	383	55	15,4	3,7
Гній + вапнякове борошно	0,5	20	380	52	15,9	4,2
Гній + вапняні відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату	0,5	20	381	53	15,6	3,9
Гній + вапнякове борошно	1,0	40	405	77	17,9	6,2
Гній + вапняні відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату	1,0	40	399	71	17,6	5,9

Підвищення врожаю цукрових буряків від одночасного внесення половинних норм вапняних матеріалів і гною (20 т/га) було таке саме, як від 40 т/га гною. В післядії на другий рік таке співвідношення вапнякових матеріалів і гною дало більший ефект, ніж повна норма гною: врожай ячменю ярого збільшився на 4,2 і 3,9 ц/га, а від 40 т/га гною – на 3,7 ц/га (П. О. Дмитренко, З. М. Томашивський, 1966).

Про ефективність сумісного внесення мінеральних добрив, гною і вапна на ясно-сірих опідзолених поверхнево-оглеєних ґрунтах в тих самих ґрунтово-кліматичних умовах свідчать одержані результати (табл. 36) досліджень проведених А. І. Гуменюком (1968).

Як свідчать дані табл. 36, із шести культур в семипільній сівозміні на чотири позитивно вплинуло сумісне внесення мінеральних добрив, гною і вапна. Так, від внесення 1,0 н. за г. к) і гною (40 т/га) сума приростів зерна ячменю ярого становила 12,9 ц/га, а від сумісного внесення такої ж кількості цих добрив – 16,5 ц/га, або на 3,4 ц/га зерна більше. Найбільш чутливими до сумісного внесення цих добрив виявилися буряки цукрові. Так, від роздільного внесення вапна і гною сума приростів коренеплодів буряків цукрових становила 173 ц/га, а від їх сумісного внесення – 236, або на 63 ц/га більше. Добрі результати забезпечує вапнування кислих ґрунтів із застосуванням мінеральних добрив і гною. Так, від сумісного внесення вапна, гною і мінеральних добрив приріст врожаю залежно від форм вапна дорівнював 312–321 ц/га коренеплодів, тоді як від роздільного – лише 181 ц/га, або на 181–140 ц/га менше. Аналогічна закономірність дії сумісного внесення названих добрив простежується і на врожаї зеленої маси кукурудзи. Від роздільного внесення вапна, гною і мінеральних добрив сума приросту становить 202 ц/га, а від сумісного – 294–298 ц/га зеленої маси, або на 92–94 ц/га більше.

Цікаві дослідження з вивчення сумісного внесення вапна, гною і мінеральних добрив на врожай сільськогосподарських культур проведено в стаціонарному польовому досліді в Науково-дослідному інституті землеробства і тваринництва західних районів УРСР на осушених мінеральних землях (світло-сірі опідзолені поверхнево оглеєні) з сильнокислою реакцією ґрунтового середовища рН сольової витяжки 3,96–4,0, гідролітичною кислотністю 7,12 мг-екв. на 100 г ґрунту, рухомого алюмінію 12,2 мг на 100 г ґрунту (табл. 37).

Таблиця 36

**Вплив сумісного і роздільного внесення вапна, гною і мінеральних добрив
на врожай сільськогосподарських культур, ц/га**

Варіант	Картопля (бульби), 1-й рік дії добрив (1965– 1967 рр.)	Ячмінь ярий (зерно), 2-й рік дії добрив (1965– 1967 рр.)	Конюши- на червона (сіно), 3-й рік дії добрив (1967– 1969 рр.)	Пшениця озима (зерно), 4- й рік дії добрив (1968– 1970 рр.)	Буряки цук- рові (корене- плоди), 5-й рік дії дорив (1969– 1971 рр.)	Кукуруд- за (зелена маса), 6-й рік дії добрив (1970– 1972 рр.)	Пшениця озима (зерно), 7-й рік дії дорив (1971– 1973 рр.)
Без добрив	66	5,3	14	8,6	випали	97	10,8
Вапнякове борошно, 1,0 н. г. к.	84	12,2	48	23,0	73	119	20,7
Гній	155	11,3	48	16,7	100	273	23,8
Гній + вапнякове борошно, 1,0 н. г. к.	162	21,8	71	26,0	236	255	15,7
Гній + NPK	155	24,2	52	27,3	108	273	34,3
Вапнякове борошно, 1,0 н. г. к. + NPK + гній	164	22,9	80	37,7	321	395	42,7
Вапняні відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату, 1,0 н. г. к. + NPK + гній	161	23,2	85	38,4	312	391	44,1

Таблиця 37

**Вплив сумісного і роздільного внесення вапна, гною і мінеральних добрив на врожай
сільськогосподарських культур (1-а ротація), ц/га**

Варіант	Кукурудза		Озима пшениця	Озиме жито	Картопля	Ячмінь ярий	Овес	Коню- шина червона	Люпин кормо- вий
	1-й рік дії вапна, N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + гній, 40 т, 1973–1975 рр.	2-й рік дії вапна, N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ , 1974–1976 рр.	3-й рік дії вапна, N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀		4-й рік дії вапна, N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + гній, 40 т, 1976–1978 рр.	5-й рік дії вапна, N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀		6-й рік дії вапна, P ₉₀ K ₉₀	
			1975– 1977 рр.	1976– 1977 рр.					
	урожай зеленої маси		урожай зерна		1977– 1979 рр.	1978– 1979 рр.	1978– 1980 рр.	1979– 1980 рр.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Без добрив	172	185	6,4	17,3	80	3,6	9,1	149	200
СаСО ₃ , 1,0 н. г. к.	200	218	12,3	19,7	92	5,7	11,0	197	241
NPК	227	258	15,3	24,3	109	5,4	14,3	235	284
Гній	247	231	16,3	30,6	130	7,9	15,6	211	274

Продовження таблиці 37

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
НПК + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	283	313	25,6	28,3	131	12,1	17,0	308	346
НПК + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	273	296	23,6	27,0	125	11,3	16,6	291	334
НПК + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	261	276	21,6	25,3	117	10,4	16,0	274	323
НПК + гній	315	309	21,7	34,0	150	10,3	17,8	267	310
НПК + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	378	368	31,6	40,3	180	14,3	22,0	368	365
НПК + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	362	339	29,8	38,5	173	13,6	20,6	327	350
НПК + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	342	322	27,7	37,7	159	12,6	19,6	303	335

У результаті проведених досліджень встановлено, що вирощувані культури в польовій 6-пільній сівозміні: 1) кукурудза; 2) кукурудза; 3) озима пшениця + озиме жито; 4) картопля; 5) ячмінь ярий, овес; 6) конюшина червона, люпин кормовий – 1-а ротація) при внесенні мінеральних добрив, гною і вапна неоднаково реагують на врожай цих культур.

Слід відмітити, що найкращі результати від внесення мінеральних добрив, гною і вапна (1,0 і 1,5 н. г. к.) при вирощуванні озимої пшениці отримано відповідно зерна 29,8 і 31,6, озимого жита – 38,5 і 40,3 ц/га, ячменю ярого – 13,6 і 14,3, вівса 20,6 і 22,0 ц/га найбільше ніж при роздільному внесенні (табл. 37).

Щодо конюшини і кормового люпину, то потрібно відзначити, що перша на варіантах з підвищеними нормами вапна в поєднанні з гноєм і мінеральними добривами порівняно з контролем забезпечує значно більший приріст врожаю, ніж останній. В тих випадках, коли маємо роздільне внесення мінеральних добрив і гною або сумісне їх внесення, урожай зеленої маси кормового люпину був завжди вищий, ніж конюшини червоної.

Аналогічну позитивну дію норм вапна, гною і мінеральних добрив при вирощуванні культур було простежено і у 2-й ротації сівозміні протягом 7–12 років післядії вапна на таких культурах, як: люпино-райграсова суміш, кукурудза, озиме жито, овес, картопля, озима пшениця (табл. 38).

Про підсумок результатів дослідження можна судити із порівняльної оцінки даних продуктивності сільськогосподарських культур за дві ротації сівозміні, разом взятих. Для цього таку порівняльну оцінку ефективності вапна, мінеральних добрив і гною зроблено і наведено у табл. 38. Із даних цієї таблиці видно, що досить високоефективними виявилися як у першій, так і в другій ротації сівозміні на осушених мінеральних землях підвищені норми вапна (1,0 і 1,5 н. г. к.) на фоні мінеральних добрив. Вони забезпечили відповідно 234,1–244,7 і 248,0–260,2 ц кормових одиниць.

Однак найбільш високий збір кормових одиниць отримано від поєднання вапна (1,0 і 1,5 н. г. к.), мінеральних добрив і гною на осушених мінеральних землях. Наприклад, від такого поєднання отримано

291,7–306,4 ц за першу ротацію і 248,1–361,1 ц кормових одиниць за другу ротацію сівозміни.

Таблиця 38

Порівняльна оцінка ефективної дії роздільного і сумісного внесення норм вапна, гною і мінеральних добрив на продуктивність сільськогосподарських культур

Варіант	Збір кормових одиниць		Приріст,
	всього за ротацію, ц	з 1 га за 1 р. по 1-й культурі, ц	
Перша ротація			
Без добрив	139,2	23,2	–
CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	169,1	28,1	4,9
NPK	202,3	33,7	10,5
Гній	214,7	35,7	12,5
NPK + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	244,7	40,8	17,6
NPK + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	234,1	39,0	15,8
NPK + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	222,8	37,1	13,9
NPK + гній	258,9	43,1	19,9
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	306,4	50,1	26,9
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	291,7	48,6	25,4
NPK + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	278,7	46,4	23,2
Друга ротація			
Без добрив	168,6	28,1	–
CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	193,9	32,3	4,2
NPK	227,9	37,9	9,0
Гній	260,7	43,4	15,3
NPK + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	260,2	43,3	15,2
NPK + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	248,1	41,3	13,2
NPK + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	231,5	38,6	10,5
NPK + гній	312,5	52,1	24,0
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	361,1	60,2	32,1
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	338,2	56,3	28,2
NPK + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	318,5	53,0	24,9

На Закарпатській обласній сільськогосподарській дослідній станції на дернових опідзолених оглеєних ґрунтах Закарпатської рівнини при поєднанні вапнування і удобрення гноєм одержано аналогічні результати.

У деяких посібниках і в популярній літературі є вказівки про те, що не можна вносити в ґрунт сумісно гній і вапно, бо при стиканні цих добрив втрачається аміак з гною, у зв'язку з чим знижується ефективність останнього.

Легкий гранулометричний склад ґрунтів Полісся сприяє постійному вимиванню обмінних основ у ґрунтові води і виносу їх у річки та озера. Відбувається це тому, що ґрунти містять дуже мало гумусу та органічної речовини, що виконує роль клею та адсорбенту, і кальцій не затримується в них. Ось чому внесення вапна і гною в одному полі підвищує родючість кислого ґрунту.

У сівозмінах Лісостепу вапно та гній краще вносити у різні поля сівозміни, а якщо в одному полі, то вапно розсівають перед лушенням стерні, а потім розкидають гній і заорюють. Результати дослідження свідчать, що не можна змішувати будь-які форми вапняних матеріалів з органічними добривами.

Внесення мінеральних добрив без вапнування впливає на деякі властивості світло-сірих опідзолених ґрунтів. Наприклад, у стаціонарному досліді в Науково-дослідному інституті землеробства і тваринництва західних районів УРСР у варіанті, де щорічно вносили $N_{80}P_{85}K_{91}$ на гектар ріллі сівозмінної площі до закладки досліді (1973 р.) рН сольової витяжки становив 4,02, гідролітична кислотність – 7,04 мг-екв. на 100 г ґрунту і рухомого алюмінію 12,17 мг на 100 г ґрунту, а в 1985 р. (2-га ротація сівозміни, 12-й рік дії вапна) – відповідно 3,96; 8,39 і 13,95.

Дещо інша картина спостерігається щодо змін показників ґрунтової кислотності від внесення 1 норми вапна за гідролітичною кислотністю на фоні того ж самого мінерального живлення за цей же період часу. Зокрема показник рН з 4,02 збільшується до 4,60, гідролітичної кислотності – з 7,12 зменшується до 3,16 мг-екв. на 100 г ґрунту і рухомого алюмінію – з 12,29 до 1,06 мг на 100 г ґрунту. Отже, як видно із наведених даних, під впливом вапна навіть через 12 років його дії показники ґрунтової кислотності до певної міри зменшуються, особливо це добре помітно на зменшенні вмісту рухомого алюмінію.

Особливого значення набуває вапнування кислих ґрунтів при широкому застосуванні мінеральних добрив. Ґрунтове узагальнення дослідних даних багаторічних дослідів про ефективність мінеральних добрив на кислих ґрунтах зробив Н. С. Авдонин (1965). Його висновок з цих даних такий: на кислих ґрунтах аміачні форми азотних добрив при систематичному застосуванні спочатку підвищують урожай культур. Потім ефективність добрив знижується, і дія їх стає негативною. Така ж закономірність спостерігається і в дії калійних добрив, хоч ефективність їх знижується повільніше, ніж ефективність аміачних форм азотних добрив. Ефективність фосфорних добрив на кислих ґрунтах з часом не спадає, а, як правило, підвищується.

Таким чином, мінеральні добрива без вапнування різко змінюють реакцію середовища, руйнують вбирний комплекс, тобто знижують родючість кислих ґрунтів.

Зниження врожаю від систематичного застосування на кислих ґрунтах аміачних форм азоту і хлоридів та сульфатів калію пояснюється тим, що ці добрива підкислюють ґрунт і погіршують його властивості.

Фізіологічно і хімічно кислі мінеральні добрива на кислих ґрунтах діють у двох напрямках: збагачують ґрунт на поживні речовини (що зумовлює підвищення врожаю) і погіршують властивості ґрунту (що веде до зниження врожаю). Якщо позитивна дія більша від негативної, то врожай підвищується, якщо ж навпаки, то знижується.

Підкислення ґрунту аміачними формами азотних добрив відбувається за такою схемою: аміак витісняє обмінний кальцій з вбирного комплексу; кальцій у ґрунтовому розчині сполучається з аніонами хлору, суперфосфат – іонами чи нітратами і вимивається в нижчі горизонти; в результаті нітрифікації аміак перетворюється в азотну кислоту, на нейтралізацію якої витрачається кальцій ґрунту.

Найбільш поширеними фосфорними добривами є суперфосфат (простий, подвійний, порошкоподібний або гранульований, марганізований, боратовий), амофоси (нітроамофоси) та фосфоритне борошно. Суперфосфат і амофоси майже не підкислюють ґрунт, а фосфоритне борошно – підлугує. В сильнокислому ґрунті фосфор суперфосфату може зв'язуватися у важкодоступні для рослин сполуки алюмінію і заліза. Фосфоритне борошно розчиняється в ґрунті лише у

кислому середовищі. У зв'язку з цим його потрібно вносити до вапнування або через декілька років після нього, коли ґрунт починає підкислюватися. Вапнують і вносять фосфоритне борошно у різні строки або компостують з органічними добривами, що збільшує його розчинність, чи вносять пошарово: фосфоритне борошно під оранку, а вапно – під культивуацію. Дослідження К. А. Бровкіної (1973), проведені на опідзолених ґрунтах Лісостепу, свідчать, що й суперфосфат не слід вносити разом з вапном, їх також доцільно вносити у різні шари ґрунту: вапно під оранку, а суперфосфат – під культивуацію.

Катіони кальцію і калію – антагоністи, внаслідок чого на провапнованих площах рослини терплять від нестачі калію. Особливо це виразно проявляється на кислих дерново-підзолистих ґрунтах легкого гранулометричного складу. В ґрунтовому розчині різко змінюється співвідношення між кальцієм і калієм на користь першого, зменшується вміст водорозчинного калію з одночасним збільшенням обмінної форми. Тому на вапнованих ґрунтах або при одночасному вапнуванні й удобренні норми калійних добрив під сільськогосподарські культури збільшуються на 20–25 %. Слід відзначити, що реакція на калій вирощуваних культур після вапнування значно краща, ніж на невапнованих ґрунтах.

При вапнуванні в ґрунті зменшується величина та ступінь кислотності і одночасно знижується доступність для рослин мікроелементів бору, міді, кобальту, іноді марганцю та збільшується вміст доступного молібдену. Дослідженнями встановлено, що внесення мікродобрив на вапнованих ґрунтах підвищує врожай та поліпшує його якість.

9.6. Роль мікроелементів у житті рослин та їх застосування в поєднанні з вапнуванням

У процесі росту та розвитку рослини використовують понад 76 хімічних елементів, які умовно поділяють на макро-, мікро- та ультрамікроелементи. Цим поділом користуються для того, щоб підкреслити кількісну відміну вмісту тих чи інших елементів в організмі рослин або тварин. Вміст макроелементів у рослинах перевищує 0,02 %, мікроелементів – 0,02, ультрамікроелементів – менше 0,001.

Фізіологічна роль макроелементів вивчена більш-менш глибоко, щодо мікро- та ультрамікроелементів, то про їх роль в живому організмі відомостей менше.

Науково доведено, що для всіх живих організмів потрібні такі елементи, як молібден, бор, марганець, мідь, цинк, йод, кобальт, нікель, германій, вольфрам і деякі інші. Більшість з них входить до складу ферментів, вітамінів і гормонів. Нестача або відсутність цих елементів викликає порушення фізіологічних та біохімічних процесів у рослинах.

Вміст рухомих форм мікроелементів у більшості наших ґрунтів незначний. Так, в орному шарі дерново-опідзолених ґрунтів молібдену є 0,42–0,45, бору – 0,41–0,43, цинку – 0,72–0,77 мг/кг ґрунту. Концентрація цих елементів у дерново-підзолистих ґрунтах ще нижча: молібдену є 0,12–0,14, бору – 0,15–0,23, цинку – 0,38–0,42 мг/кг ґрунту. Найкраще забезпечені наші ґрунти марганцевими сполуками. Так, рухомого марганцю в орному шарі є (мг/кг ґрунту) на бурих лісових ґрунтах – 200, лучно-глейових – 500–600, дерново-буроземних – 600–620, дерново-опідзолених – 700–720, дерново-підзолистих – 750–760.

Вміст рухомих форм мікроелементів у ґрунті залежить від його реакції, гранулометричного складу і вмісту гумусу. Серед цих факторів на вміст рухомих мікроелементів найбільший вплив має реакція ґрунту і значно менше – інші фактори.

Одні мікроелементи (бор, мідь, кобальт, марганець і цинк) з пониженням ґрунтової кислотності в сторону лужної реакції стають менш доступними для рослин, внаслідок чого знижується ефективність вапнування. Інші мікроелементи, зокрема молібден, в таких умовах більш доступні рослинам, і потреба в них у вигляді добрив зменшується (О. К. Кедров-Зихман, 1969; Я. В. Пейве, 1970; В. Багинскас, 1969).

У зв'язку з викладеним вище нашим завданням було простежити вплив вапнування не тільки на кислотність ґрунту, але й на рухомість в ньому мікроелементів. З цією метою було проведено дослідження у вегетаційному досліді з світло-сірим опідзоленим ґрунтом.

Аналітичні дані (табл. 39) показують, що внесення вапнякових відходів Роздольського гірничо-хімічного комбінату в 1,0–1,5 н. г. к. позитивно впливають на зміну агрохімічних показників родючості кислого ґрунту. На відміну від польового досліді умови, створені у вегетаційному

(60 % – вологість ґрунту протягом всього вегетаційного періоду рослин буряків цукрових), забезпечили досить різку зміну рН сольової витяжки, рухомого алюмінію, гідролітичної кислотності і суми ввібраних основ ґрунту (З. М. Томашиевский, 1979).

Таблиця 39

Зміна агрохімічних показників світло-сірого опідзоленого ґрунту під впливом вапнування (вегетаційний дослід, 1969–1971 рр.)

Варіант	рН сольової витяжки	Рухомий алюміній, мг на 100 г ґрунту	Гідролітич- на кислот- ність	Сума ввібраних основ	Ступінь насиченос- ті основа- ми, %
			мг-екв. на 100 г ґрунту	мг-екв. на 100 г ґрунту	
НРК, по 0,3 г д. р. на 1 кг повітряно- сухого ґрунту (фон)	4,10	7,05	4,80	3,28	40,7
Фон + вапняні від- ходи 1,0 н. г. к. *	5,33	1,28	2,97	4,54	60,4
Фон + вапняні від- ходи 1,5 н. г. к.	5,67	0,56	2,60	4,92	64,1

Примітка: * вапняні відходи Роздільського гірничо-хімічного комбінату.

Зміна реакції середовища світло-сірого опідзоленого ґрунту під впливом вапнування неоднаково позначилася на вмісті рухомих і валових форм марганцю, міді, кобальту, бору, цинку і інших мікроелементів, про це свідчать дані табл. 40. Із даних таблиці видно, що під впливом вапна найбільш помітно в ґрунті зменшився вміст рухомих форм марганцю, бору, цинку і значно менше – кобальту, міді і інших. Щодо молібдену, то його кількість в ґрунті під впливом вапна збільшується. На підставі даних цієї таблиці видно, що внесення підвищених норм вапна у ґрунт призводить до зменшення валового вмісту в ньому нікелю, ванадію, міді, бору, кобальту і марганцю. Крім того, отримані дані вказують на те, що при вирощуванні буряків цукрових на провапнованих ґрунтах для одержання високого врожаю цієї культури від застосування вапнування потрібно вносити мікродобрива, які містять в своєму складі в першу чергу бор і марганець.

Таблиця 40

**Вплив норм вапна і мікроелементів на врожай цукрових буряків, г на посудину
(вегетативний дослід, середнє за 1969–1971 рр.)**

Варіант	Загальна маса рослини (коренеплід + листя)	Приріст від		Урожай корене- плодів	Приріст від	
		вапна і мікро- елементів	мікроеле- ментів		вапна і мікро- елементів	мікро- елементів
НРК + 0,3 г д. р. на 1 кг повітряно- сухого ґрунту – фон	507	–	–	286	–	–
Фон + вапно, 1 н. г. к. *	590	83	–	333	47	–
Фон + вапно, 1,5 н. г. к.	631	124	–	354	68	–
Фон + вапно, 1,0 н. г. к. + бор	645	138	55	361	75	28
Фон + вапно, 1,5 н. г. к. + бор	687	180	56	381	95	27
Фон + вапно, 1,0 н. г. к. + марганець	626	119	36	342	56	9
Фон + вапно, 1,5 н. г. к. + марганець	672	165	41	370	84	16
Фон + вапно, 1,0 н. г. к. + кобальт	639	132	49	351	65	18
Фон + вапно, 1,5 н. г. к. + кобальт	666	159	35	370	84	16
Фон + вапно, 1,0 н. г. к. + молібден	603	96	13	330	44	–3
Фон + вапно, 1,5 н. г. к. + молібден	653	146	22	360	74	5

Примітка: * вапняні відходи Роздільського гірничо-хімічного комбінату.

На прикладі цього ж вегетаційного досліджу було простежено вплив вапнування на ефективність окремих мікроелементів у вигляді внесення мікродобрив. У результаті проведених досліджень встановлено, що ефективність мікроелементів підвищується на фоні вапнування.

Найбільш позитивний вплив на приріст врожаю рослин буряків цукрових (35–56 г на посудину) відзначено від внесення таких мікроелементів, як бор, марганець і кобальт. Максимальний приріст врожаю рослин буряків цукрових (55–56 г на посудину) одержано від внесення бору (табл. 41).

Таблиця 41

Вміст рухомих і валових форм мікроелементів у кислому світло-сірому опідзоленому ґрунті під впливом норм вапна і мікродобрив (1969–1971 рр.)

Варіант	B	Mn	Co	Mo	Zn	Cu	V	Ni
НРК по 0,3 г д. р. на 1 кг повітряно-сухого ґрунту – фон	<u>0,30</u> 3,86	<u>105,3</u> 767,5	<u>1,03</u> 6,47	<u>0,13</u> 0,88	<u>0,35</u> —	<u>2,94</u> 9,9	— 62,3	— 19,4
Фон + вапно, 1,0 н. г. к.*	<u>0,20</u> 2,95	<u>85,3</u> 495,8	<u>0,91</u> 6,32	<u>0,16</u> 0,92	<u>0,26</u> —	<u>2,53</u> 8,2	— 58,5	— 18,1
Фон + вапно, 1,5, н. г. к.	<u>0,16</u> 2,40	<u>74,6</u> 445,0	<u>0,84</u> 6,18	<u>0,18</u> 0,95	<u>0,22</u> —	<u>2,25</u> 7,6	— 56,0	— 16,0
Фон + вапно, 1,0 н. г. к. + бор	<u>0,28</u> 2,76	<u>85,2</u> 498,0	<u>0,93</u> 6,51	<u>0,15</u> 0,85	<u>0,25</u> —	<u>2,47</u> 8,0	— 57,6	— 17,3
Фон + вапно, 1,5 н. г. к. + бор	<u>0,26</u> 2,63	<u>71,4</u> 456,2	<u>0,80</u> 6,33	<u>0,18</u> 0,93	<u>0,23</u> —	<u>2,36</u> 7,3	— 55,2	— 16,2
Фон + вапно 1,0, н. г. к. + марганець	<u>0,24</u> 2,98	<u>96,5</u> 673,6	<u>0,98</u> 6,25	<u>0,17</u> 0,95	<u>0,27</u> —	<u>2,43</u> 8,5	— 58,4	— 17,4
Фон + вапно, 1,5 н. г. к. + марганець	<u>0,20</u> 2,74	<u>89,7</u> 613,5	<u>0,81</u> 6,18	<u>0,19</u> 0,94	<u>0,21</u> —	<u>2,32</u> 7,4	— 56,3	— 16,0
Фон + вапно 1,0 н. г. к. + кобальт	<u>0,23</u> 2,85	<u>82,4</u> 512,7	<u>1,15</u> 6,49	<u>0,15</u> 0,86	<u>0,26</u> —	<u>2,64</u> 7,9	— 59,4	— 17,2
Фон + вапно, 1,5 н. г. к. + кобальт	<u>0,18</u> 2,54	<u>68,5</u> 447,6	<u>0,99</u> 6,38	<u>0,18</u> 0,93	<u>0,20</u> —	<u>2,45</u> 7,0	— 57,6	— 16,3
Фон + вапно, 1,0 н. г. к. + молібден	<u>0,25</u> 2,83	<u>85,8</u> 508,6	<u>0,83</u> 6,30	<u>0,24</u> 1,03	<u>0,25</u> —	<u>2,59</u> 7,8	— 58,3	— 17,7
Фон + вапно, 1,5 н. г. к. + молібден	<u>0,19</u> 2,67	<u>70,9</u> 473,4	<u>0,84</u> 6,16	<u>0,29</u> 0,98	<u>0,19</u> —	<u>2,38</u> 7,1	— 55,7	— 16,8

Примітка: * вапняні відходи Роздільського гірничо-хімічного комбінату.

На підставі наведеного вище можна зробити висновок, що при вапнуванні кислих ґрунтів поєднане внесення мікродобрих, зокрема з вмістом бору, марганцю і кобальту, сприяє позитивному впливові на врожай буряків цукрових.

Головним завданням проведених досліджень є не тільки одержання високої врожайності сільськогосподарських культур, але й врожаю з оптимальним вмістом мікроелементів. Це потрібно для нормальної життєдіяльності людини і високої продуктивності сільськогосподарських тварин (табл. 42).

Таблиця 42

Примірні рівні вмісту мікроелементів у кормах, необхідного для нормальної життєдіяльності сільськогосподарських тварин, мг на 1 кг сухого корму (за А. П. Дмитренко, В. П. Васильєва, 1964)

Тварини	Залізо	Мідь	Кобальт	Цинк	Марганець	Молибден
Велика рогата худоба	50–120	3–12	0,2–1,0	20–60	12–70	0,4–1,5
Вівці	–	3–10	0,07–1,0	20–30	–	1,5–5,0
Свині	60–200	4–15	0,08–4,0	40–80	10–50	–
Птиця	30–100	2–20	0,05–0,2	35–40	40–100	–

Вапнування кислих ґрунтів зменшує доступність для рослин одних мікроелементів (міді, цинку, кобальту, бору) і збільшує доступність інших, наприклад, молибдену (О. К. Кедров-Зихман, 1957; Є. І. Ратнер, 1965). Це суттєвим чином відображається на ефективності мікродобрих (табл. 43).

Таблиця 43

Вплив борних, мідних і молибденових мікродобрих на урожайність сільськогосподарських культур залежно від реакції ґрунту (за П. І. Анспок, 1972)

Мікродобрива	Приріст урожаю, % за рН _{KCl}				
	<4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0
Борні	3,8–28,2	4,0–34,7	6,5–38,5	7,5–64,8	16,8–71,2
Молибденові	1,5–36,3	13,4–56,5	18,1–68,2	12,3–40,0	2,1–21,2
Мідні	0–10,7	2,9–23,5	6,0–41,5	9,1–29,0	9,4–47,5

Змінюється і вміст мікроелементів в отриманій продукції. Як приклад наведено дані, які одержано в багаторічному польовому досліді ПЗНДІСГ з вивчення оптимальних норм вапна (табл. 44).

Таблиця 44

**Вплив доз вапна на вміст деяких мікроелементів у сні конюшини
лучної (середнє з 4 повторень), мг/кг**

Варіант	Мідь	Цинк	Марганець	Залізо
Контроль (без вапна)	4,82	15,0	99,3	173,4
Вапно: по 1,0 нормі 1 раз	2,33	9,5	64,3	140,7
по 1,0 нормі 2 рази	2,79	8,5	55,0	140,9
по 0,5 норми 1 раз	3,19	10,9	32,3	149,2

Поєднання окремих видів мікродобрив з вапнуванням є не тільки засобом підвищення врожайності сільськогосподарських культур, але і важливим гігієнічним прийомом, який забезпечує в подальшому цілком безпечне харчування для тварин і людини.

Кожен із мікроелементів має свій специфічний вплив на процеси обміну речовин у житті рослин, що заслуговує уваги на окремий їх розгляд за умов відповідної реакції середовища ґрунту.

Молібден. Кисла реакція ґрунту може бути причиною недостачі для рослин одного із важливіших мікроелементів – молібдену, внаслідок чого порушуються процеси азотного і вуглеводного обміну, утворення хлорофілу і деяких вітамінів. Особливо важливу роль відіграє молібден в житті бобових рослин, оскільки, входячи в склад ферментів ксантинредуктази, він бере участь в процесах фіксації атмосферного азоту. Діяльність ґрунтових азотфіксаторів – азотобактера, клубнікиум, синьо-зелених водоростей – також зв'язана з наявністю молібдену. До недостачі молібдену дуже чутливі не тільки бобові культури – конюшина, люцерна, але також деякі овочеві – цвітна капуста, помідори, огірки. У цих культур за сильного дефіциту молібдену спостерігаються специфічні хвороби – ниткоподібність листків (у капусти), жовта плямистість. За помірної недостачі молібдену зовнішні ознаки хвороби не проявляються, але урожай значно знижується. Злаки відносно стійкі до недостачі молібдену.

Дослідження дерново-підзолистих ґрунтів показали, що найбільш низьким вмістом рухомого молібдену характеризуються сильно- і середньокислі ґрунти (табл. 45).

Таблиця 45

Вміст рухомого молібдену в дерново-підзолистих ґрунтах з різною кислотністю, мг на 1 кг ґрунту

Ґрунт	Відхилення	Середнє
Сильнокислий	0,03–0,12	0,04
Середньокислий	0,04–0,15	0,06
Слабокислий	0,05–0,20	0,09
Близький до нейтрального	0,05–0,36	0,12

Крім цього, здатність рослин засвоювати рухомі форми молібдену за кислої реакції послаблена, і нестачу молібдену чутливі рослини можуть відчувати на ґрунтах, забезпечених цим елементом. За даними польових дослідів, проведених у Латвійській республіці (табл. 46), молібденові мікродобрива найбільш ефективні на кислих ґрунтах, що також вказує про нестачу доступності молібдену ґрунту.

Таблиця 46

Ефективність молібденових мікродобрив на ґрунтах з різною кислотністю (за П. І. Анспоком, 1972)

рН _{KCl}	Конюшина лучна (сіно)				Люцерна (сіно)			
	кількість дослідів	врожайність, ц/га		приріст, %	кількість дослідів	врожайність, ц/га		приріст, %
		без Мо	з Мо			без Мо	з Мо	
< 4,5	36	2,04	2,53	24,0	—	—	—	—
4,6–5,0	60	2,75	3,27	18,9	4	2,90	3,29	13,4
5,1–5,5	50	3,56	4,27	19,9	4	3,70	4,37	18,1
5,6–6,0	36	4,60	5,35	16,3	5	4,94	5,55	12,3
6,1–7,0	49	5,05	5,52	9,3	6	6,15	6,61	7,5

В. Бергманн (1964) на підставі проведених в Німеччині досліджень розробили таблицю для визначення можливої ефективності молібденових добрив залежно від вмісту рухомого молібдену в ґрунті і його реакції (табл. 47).

Дослідами встановлено, що вапнування підвищує вміст як рухомого ґрунтового молібдену, так і здатність рослин засвоювати його. Дуже часто на провапнованих ґрунтах застосування молібденових добрив стає недоцільним (табл. 48).

Таблиця 47

Взаємозв'язок між кислотністю ґрунту, вмістом рухомого молібдену і реакцією сільськогосподарських культур на молібденові добрива (В. Бергманн, 1964)

pH _{KCl}	Вміст рухомого молібдену на 1 кг ґрунту	Ефективність молібденових добрив
<4,0	0,22	Ефективні для більшості культур
<5,0	0,12	
<6,0	0,02	
<4,0	0,32	Ефективні для культур, чутливих до молібдену
<5,0	0,22	
<6,0	0,12	
<7,0	0,02	

Таблиця 48

Ефективність молібденового амонію за різних рівнів вапнування (ґрунт дерново-підзолистий легкосуглинковий, pH_{KCl} – 4,3, вміст рухомого Мо – 0,05 мг на 1 кг ґрунту), т/га

Фон мікродобрив, кг/га діючої речовини	Норма вапна, т/га	Ячмінь ярий (зерно)	Конюшина + тимофіївка (сіно)	
			1-го року життя	2-го року життя
Контроль (без Мо)	0	15,9	35,9	55,9
	5,5	16,1	77,5	78,3
	10,0	17,9	83,7	83,7
	15,0	16,6	82,7	88,0
Мо, 0,2	0	15,9	60,6	72,8
	5,5	15,9	82,1	74,7
	10,0	16,4	81,8	73,5
	15,0	17,2	87,8	93,8

Однак потрібно відзначити, що на ґрунтах з низькими валовими запасами молібдену ефективність цих мікродобрив може бути високою і на вапнованих ґрунтах.

Бор. Досить слабезабезпечені дерново-підзолисті ґрунти бором, його валовий вміст коливається в межах від 1,8 до 7,7 мг, водорозчинні сполуки бору містяться в значно менших кількостях (0,08–0,4 мг на 1 кг ґрунту).

Механізм зв'язування рухомого бору в ґрунтах при вапнуванні повністю не з'ясовано. Передбачають, що закріплення зв'язано з фіксацією бору окисю алюмінію при рН 5,5–7,7 і частково окисю заліза і глинистими мінералами (Я. В. Пейве, 1970) вказує, що бор у ґрунті закріплюється бентонітом і каолінітом при рН 6–7. Відіграє певну роль і закріплення бору органічною речовиною.

Зниження рухомості бору при вапнуванні спостерігається у багатьох дослідях. В. Е. Багинскас (1969) приводить такі дані про вплив вапнування на рухомість бору (табл. 49).

Таблиця 49

Вплив вапнування на вміст водорозчинного бору в дерново-середньопідзолистому суглинистому ґрунті, мг на 1 кг ґрунту

Норма вапна	Вміст бору на глибині, см		
	0–10	10–20	40–50
Контроль (без вапна)	0,22	0,21	0,16
Вапно:			
по 0,5 н. г. к.	0,20	0,19	0,15
по 1,0 н. г. к.	0,19	0,16	0,15
по 1,5 н. г. к.	0,16	0,16	0,14
по 2,0 н. г. к.	0,15	0,15	0,14
по 2,5 н. г. к.	0,14	0,14	0,14

На провапнованих або від природи багатих на кальцій ґрунтах буряки і бруква часто уражуються сердечковою гниллю. При внесенні борних добрив хвороба повністю ліквідується, а врожай насіння і коренеплідів цих культур значно підвищується. Так, наприклад, у дослідях Т. А. Данилової (1980) борні добрива при внесенні під брукву сорту Куузіку були ефективні як на кислих, так і на провапнованих ґрунтах. Однак на кислих ґрунтах борні добрива були ефективними за вмісту водорозчинного бору 0,2–0,4 мг. А на провапнованих з вмістом бору 0,4–0,5 мг на 1 кг ґрунту отримано приріст коренеплідів в середньому 3,1 т/га. За сильнокислої реакції ґрунту (рН < 4,5) в 60 % випадків оптимальною нормою бору була 1,3 кг на 1 га, а в 40 % – 2,6 кг на 1 га. У міру підвищення рівня реакції оптимальною стає норма бору 2,6 кг на 1 га.

Таблиця 50

**Вплив вапна і борних добрив на врожайність (т/га) і якість льону
(дослід Новгородської сільськогосподарської дослідної станції на підзолисто-глеюватому
важко суглинистому ґрунті, Російська Федеративна республіка)**

Варіант	Без бору					З бором				
	соло- ма	насін- ня	волокно			соло- ма	насін- ня	волокно		
			всьо- го	зокрема довге	номер довгого волокна			всього	зокрема довге	номер довгого волокна
Контроль (без вапна)	5,27	1,11	1,15	0,71	13,3	5,18	1,14	1,12	0,75	11,8
Вапно: 1,0 н. г. к.	5,45	1,10	1,18	0,70	11,8	5,00	1,12	1,06	0,70	12,3
0,5 н. г. к.	5,32	1,06	1,09	0,78	12,2	5,20	1,10	1,10	0,65	11,4
0,25 н. г. к.	5,08	1,04	1,09	0,71	12,8	5,27	1,13	1,10	0,69	11,8

У сівозмінах з картоплею і льоном вапнування може негативно проявитися на врожаї цих культур, викликаючи характерні для них хвороби – паршу картоплі і бактеріоз льону. Льон сильно уражується на слабобуферних піщаних і супіщаних ґрунтах в посушливі періоди (звичайно в червні, липні). Внесення на таких ґрунтах під льон і картоплю борних, а інколи і магнійвмісних добрив у більшості випадків (хоч і не завжди) ліквідує негативний вплив кальцію. На важких буферних ґрунтах негативний вплив вапнування і борна недостача на льоні проявляється рідко (табл. 50).

Зернові культури значно слабше реагують на застосування бору незалежно від того, вноситься чи не вноситься вапно. Винятком стають ячмінь і кукурудза, у яких на вапнованих ґрунтах, дуже бідних на бор, при внесенні борних добрив підвищується врожай зерна.

Мідь. Недостача міді при вапнуванні відчувається перш за все на торфових ґрунтах. В цьому випадку застосування мідномісних добрив підвищує ефективність вапнування. В досліді, проведеному на дерново-підзолистому ґрунті Ленінградської області, застосування мідних добрив без вапнування не було ефективним, тоді як на фоні вапна приріст врожайності сіна конюшини становив близько 1,5 т/га (Я. В. Пейве, 1970) (табл. 51).

Таблиця 51

**Вплив вапнування і мідних добрив на врожайність сіна конюшини
лучної (торфовий ґрунт з вмістом рухомих форм міді
0,75 мг на 1 кг торфу і рН_{КСІ} 4,6 до вапнування)**

Варіант	Без вапна	Вапно, 1 т/га
Контроль (без міді)	6,54	5,91
Мідний купорос	6,43	7,39

Позитивний вплив мідних добрив спостерігається і на вапнованих дерново-підзолистих ґрунтах з низьким вмістом рухомої міді (менше 2 мг на 1 кг ґрунту). В польовому досліді Північно-західного науково-дослідного інституту сільського господарства на дерново-підзолистому легко-суглинковому ґрунті, досить бідного на мідь (близько 1,8 мг на 1 кг ґрунту), внесення мідного купоросу в нормі 5 кг діючої речовини на 1 га

під покривну культуру забезпечило приріст врожаю на фоні вапна від 0,7 до 1,6 т/га сіна багаторічних трав першого року користування. Суттєво підвищувалася при цьому ефективність вапнування. При середній або добрій забезпеченості ґрунту рухомою міддю застосування мідних добрив на провапнованих ґрунтах, за даними цих досліджень, не дає достовірного ефекту.

Кобальт. Цей мікроелемент відіграє велику роль у житті рослин і особливо тварин – недостача кобальту у них призводить до важких хвороб.

Відомо, що більшість ґрунтів України бідні на кобальт. Цей елемент має подібні властивості з залізом, тобто при високому рівні окислювального потенціалу і вапнуванні його рухомість різко знижується. Тому на провапнованих ґрунтах застосування кобальтовмісних добрив або відходів промисловості часто буває дуже ефективним (табл. 52).

Таблиця 52

**Вплив кобальту на врожайність конюшини лучної
(за О. К. Кедровим-Захманом, 1969)**

Фон	Варіант	Загальний врожай		Врожай насіння	
		т/га	%	кг/га	%
Контроль (без вапна)	Без Со	2,51	100	23,7	100
	Со, 1 кг/га	2,60	103	27,9	117
З вапном	Без Со	3,81	100	64,8	100
	Со, 1 кг/га	4,24	111	87,5	135

Ще більш важливий гігієнічний аспект поєднання вапна з кобальтовими добривами – внесення їх може значно підвищити вміст цього мікроелементу в сільськогосподарській продукції.

Марганець. Хоч більшість кислих ґрунтів України мають достатньо або навіть надлишок вмісту рухомого марганцю, однак при внесенні повних норм вапна на дерново-підзолистих ґрунтах нормального зволоження інколи проявляється недостача марганцю для рослин, про що свідчать дані табл. 53. Це пояснюється інтенсивним окисленням доступних (двовалентних) сполук у малодоступні.

Поєднання мікродобрив з вапнуванням вимагає осмисленого ставлення. Потрібно враховувати, що ефективність такого поєднання залежить від багатьох факторів, із яких головні: біологічні особливості культури (вимогливість до даного мікроелементу), вміст рухомих форм цього елементу в ґрунті, рівень вапнування, правильний вибір норми внесення мікродобрива. Відомо, що при внесенні добрив в умовах промивного режиму кислого ґрунту частина поживних речовин вимивається водою або перетворюється у важкодоступні для рослин форми. З метою підвищення коефіцієнта використання поживних речовин останнім часом почали застосовувати позакореневе підживлення рослин мікродобривами. Витрачання добрив при цьому скорочується в 5–10 разів. За допомогою позакореневого підживлення можна забезпечити нормальне живлення рослин навіть за несприятливих погодних умов, наприклад, під час сильної посухи, коли ефективність добрив, внесених у ґрунт, різко зменшується. Позакореневе підживлення можна легко поєднати з обробкою посівів фунгіцидами, інсектицидами та гербіцидами.

Таблиця 53

Вплив марганцевого добрива і вапна на врожайність насіння конюшини лучної (за О. К. Кедровим-Захманом, 1969), кг/га

Фон	Варіант	Врожайність насіння	Приріст від Мп
Контроль (без вапна)	Без Мп	23,7	–
	Мп, 15 кг/га	32,3	8,6
З вапном	Без Мп	64,8	–
	Мп, 15 кг/га	89,3	24,5

Для проведення позакореневого підживлення слід виготовляти неміцні розчини. Поживні речовини надходять з них у тканини листочків легше та швидше, ніж із розчинів, що мають високу концентрацію. Наприклад, норма бордатолітових добрив – 10–12 кг, молібдату амонію – 0,1–0,2, молібдату натрію амонію – 0,15–0,3, сірчаноокислої міді – 0,2–0,5, борної кислоти – 0,2–0,3 кг/га. Витрати розчину для більшості культур – 400–500 л/га. Щоб краплини розчину солей краще прилипали до листя, додають алкілофеніловий ефір або етиленгліколь.

Ефективність позакореневого підживлення рослин мікроелементами залежить від строків його проведення, погодних умов, якісного проведення вапнування кислих ґрунтів з внесенням потрібних норм вапнякових матеріалів і інших факторів. Кращі строки – перед цвітінням та зразу після нього. Обприскують рослини в тиху, безвітряну погоду, до сходу або після заходу сонця.

За даними результатів досліджень Закарпатської сільськогосподарської дослідної станції, в середньому за три роки від застосування вапнування і позакореневого підживлення 0,025 %, розчином борної кислоти одержано приріст врожаю зерна кукурудзи 2,3 ц/га, а від внесення суміші (сірчаноокислого цинку і борної кислоти) на фоні вапнування – 2,9 ц/га.

Позакореневе підживлення розчинами солей, що містять мікроелементи, не тільки підвищує врожай, але й до деякої міри поліпшує вміст цукрів, вітамінів, жирів та білків.

РОЗДІЛ 10. ВПЛИВ ВАПНУВАННЯ ТА УДОБРЕННЯ НА ВБИРНИЙ КОМПЛЕКС ҐРУНТУ

10.1. Динаміка ґрунтової кислотності

Позитивна дія внесеного в ґрунт вапна виявляється багатогранно: під його впливом нейтралізується надмірна кислотність, різко зменшується рухомість алюмінію, поліпшуються мікробіологічна діяльність і фізичні властивості, внаслідок чого збільшується кількість поживних речовин, створюються умови для нагромадження гумусу тощо. Вапно здатне зменшувати у ґрунтовому розчині концентрацію іонів водню й алюмінію, витісняючи їх іонами кальцію із вбирного комплексу, внаслідок чого урожайність сільськогосподарських культур зростає, особливо на кислих ґрунтах Полісся. На опідзолених ґрунтах Лісостепу вапно поліпшує фізичні властивості та збільшує в ґрунтовому розчині концентрацію активних іонів кальцію.

Вплив форм вапнякових матеріалів на кислотність світло-сірих опідзолених поверхнево оглеєних ґрунтах вивчали у стаціонарному польовому досліді з 1967 до 1973 р. в НДІЗіТ західних районів УРСР (З. М. ТомашиВСкий, 1976, 1978; З. М. ТомашиВСкий, В. М. Пристайко, 1977; З. М. ТомашиВСкий, В. М. Пристайко, 1979; З. М. ТомашиВСкий, А. И. Гуменюк, В. М. Пристайко, О. В. Грабовская, 1980). У цьому досліді вапнякові матеріали вносили з розрахунку 1,0 н. г. к. у таких формах, як: вапняне борошно, вапняні відходи Роздольського гірничо-хімічного комбінату та ці ж самі відходи, але випалювані «огарки», мінеральні добрива – 36,6 кг азоту, 60,8 – фосфору та 60,8 кг калію щорічно на гектар сівозмінної площі, органічні добрива у вигляді гною (13,3 т/га).

Аналізуючи динаміку актуальної кислотності за рН сольовим, можна зробити висновок, що сільськогосподарське використання ґрунтів з промивним типом водного режиму не припиняє, а посилює процес опідзолення, а значить, і підкислення. За ротацію сівозміни рН на варіантах без добрив і з внесенням мінеральних добрив знизився відповідно на 0,23 і 0,28. Рекомендована норма вапна (1,0 н. г. к.) для цих ґрунтів на всіх досліджуваних варіантах не забезпечила оптимального значення рН 5,6–5,8. Максимальна дія його на кислотність ґрунтового розчину спостерігається на другий і третій рік після внесення вапна. Так, актуальна

кислотність (pH_{KCl}) на другий рік внесення вапна незалежно від його форм порівняно до початкових показників збільшилася на 0,43–0,90. В подальшому цей показник зростає, але значно повільніше і навіть спостерігалася тенденція до призупинення (табл. 54).

Крім того, потрібно відзначити, що такий стан ґрунтової кислотності є тому, що тут діє промивний режим ґрунту, особливо на ґрунтах, осушених гончарним дренажем, що сприяє значному вимиванню поживних речовин.

Вивчення ефективної дії норми вапна в поєднанні із мінеральними добривами і гноєм вказує на те, що подібно до того, як і при вивченні форм вапна різні системи удобрення діють на реакцію середовища неоднаково. Найбільш відчутне поліпшення ґрунтової кислотності, і зокрема pH_{KCl} відзначено на варіанті, де було внесено високі норми вапна (1,5 і 1,0 н. г. к.) на фоні мінеральних добрив і гною (табл. 55).

Слід також відзначити, що систематичне внесення мінеральних добрив за ротацію сівозміни підкислює ґрунт, а тому для нейтралізації цього підкислення потрібно вносити 1,5–2,0 т/га вапна, крім розрахованого на нейтралізацію кислотності ґрунту.

Супутником високої кислотності ґрунтів є підвищений вміст у них рухомого алюмінію, який знаходиться в оберненій залежності від величини pH , але є особливості в його динаміці: найменша кількість його після вапнування спостерігається на третій-четвертий рік, тоді як pH максимально підвищувався в цьому полі на другий рік (табл. 56).

Очевидно, нейтралізація актуальної кислотності, зумовленої воднем, відбувається значно швидше, ніж тієї ж форми кислотності, зумовленої алюмінієм. Потрібен значно більший проміжок часу на перетворення рухомого алюмінію у важкорозчинні сполуки. Аналіз динаміки вмісту рухомого алюмінію свідчить більш точно про зміну реакції середовища, ніж pH , завдяки абсолютним числовим показникам.

На контрольному варіанті протягом ротації сівозміни поступово зростає вміст рухомого алюмінію й досяг такого значення, що більшість сільськогосподарських культур знижувала врожай лише від цього фактора. На вапнованих варіантах найменшу кількість його спостерігали на третій-четвертий рік після внесення вапна, в наступні два роки вміст алюмінію зменшувався значно повільнішими темпами.

Таблиця 54

**Динаміка актуальної кислотності ($pH_{КСІ}$) в шарі 0–20 см світло-сірого опідзоленого поверхнево
оглеєного ґрунту за ротацію 7-пільної сівозміни (1969–1973 рр.)**

Варіант	До за- кладки дослідів	Люпино- вівсяна сумішка, 1-й рік дії вапна	Озима пшениця, 2-й рік дії вапна	Куку- рудза, 3-й рік дії вапна	Куку- рудза, 4-й рік дії вапна	Озима пшениця, 5-й рік дії вапна	Картоп- ля, 6-й рік дії вапна	Ячмінь ярий, 7-й рік дії вапна	Різниця до початко- вого вмісту ($\pm$)
Контроль (без добрив)	4,13	4,08	4,00	4,25	4,18	4,10	4,00	3,90	-0,23
НРК	4,18	4,11	4,28	4,45	4,36	4,20	4,02	3,82	-0,28
НРК + вапнякове борошно, 1,0 н. г. к.	4,06	4,28	4,49	4,78	5,00	5,10	5,18	5,10	1,04
НРК + вапняні відходи Роздольського хімком- бінату, 1,0 н. г. к.	4,10	4,36	4,85	5,25	5,35	5,30	5,25	5,20	1,10
НРК + вапняні відходи «огарки», 1,0 н. г. к.	4,10	4,40	5,00	5,38	5,45	5,35	5,40	5,35	1,20

Примітка: під першу кукурудзу і картоплю вносили гній, 40 т/га, крім контролю без добрив.

Таблиця 55

Динаміка актуальної кислотності в шарі 0–20 см світло-сірого опідзоленого поверхнево оглєсного ґрунту за період 2 ротаций 6-пільної сівоzmіни при вивченні норм вапна (1973–1982 рр.)

Варіант	рН сольове							
	до закладки дослідy	рік дії вапна						
		1	3	5	7	9	12	±
Без добрив	4,10	4,12	4,05	3,97	4,08	4,13	4,17	0,07
CaCO ₃ 1,0, н. г. к.	4,11	4,00	4,35	4,40	4,46	4,55	4,59	0,48
NPK	4,10	4,00	3,95	3,90	3,85	3,80	3,83	-0,27
Гній	4,10	4,15	4,18	4,23	4,27	4,15	4,03	-0,07
NPK + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	4,11	4,45	4,65	4,74	4,85	4,90	5,00	0,89
NPK + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	4,02	4,35	4,50	4,60	4,73	4,80	4,85	0,83
NPK + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	4,10	4,25	4,35	4,45	4,50	4,63	4,70	0,60
NPK + гній	4,09	4,15	4,10	4,17	4,25	4,30	4,25	0,16
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	4,00	4,55	4,75	4,90	4,95	5,15	5,10	1,10
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	4,02	4,40	4,60	4,70	4,80	4,90	4,95	0,93
NPK + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	4,08	4,30	4,40	4,50	4,60	4,70	4,80	0,72

Таблиця 56

Динаміка рухомого алюмінію в шарі 0–20 см світло-сірого опідзоленого поверхнево оглеєсного ґрунту за ротацію 7-пільної сівозміни (в мг на 100 г ґрунту), 1969–1973 рр.

Варіант	До за- кладки дослідку	Люпино- вівсяна сумішка, 1-й рік дії вапна	Озима пшени- ця, 2-й рік дії вапна	Куку- рудза, 3-й рік дії вапна	Куку- рудза, 4-й рік дії вапна	Озима пшениця, 5-й рік дії вапна	Картоп- ля, 6-й рік дії вапна	Ячмінь ярий, 7-й рік дії вапна	Різниця до почат- кового вмісту (±)
Контроль (без добрив)	7,10	7,15	7,10	7,16	7,35	7,42	7,00	7,15	0,35
НРК	7,00	7,19	7,25	7,05	7,23	7,35	7,26	7,55	0,55
НРК + вапнякове борошно, 1,0 н. г. к.	7,15	6,05	5,45	4,03	3,40	2,74	2,25	1,50	5,65
НРК + вапняні відходи Роздольського хімком- бінату, 1,0 н. г. к.	7,13	5,90	5,30	3,98	3,20	2,60	2,05	1,30	5,83
НРК + вапняні відходи «огарки», 1,0 н. г. к.	7,10	5,84	5,10	3,65	3,03	2,45	1,95	1,15	5,85

Примітка: під першу кукурудзу і картоплю вносили гній, 40 т/га, крім контролю без добрив.

Застосування мінеральної системи удобрення культур, як і у випадках без добрив, сприяє нагромадженню у верхніх горизонтах ґрунту рухомого алюмінію. Вапно на фоні мінеральних добрив різко зменшило вміст алюмінію на третій і подальші роки ротації сівозміни. Варто відзначити особливості впливу органічних добрив на кислотність ґрунту взагалі та на вміст у ґрунті рухомого алюмінію (табл. 57).

Внесені без вапна на середньо-, а тим більше на сильнокислий ґрунт органічні добрива (гній) не зменшували кислотності. Крім того, у варіанті з гноєм помітно зростає кількість рухомого алюмінію, але внесенне на цьому фоні вапно майже повністю перетворює алюміній у нерозчинні сполуки. Позитивну роль відіграє гній у поєднанні з мінеральними добривами. Тут простежується поступове збільшення в ґрунті алюмінію, але значно повільніше, ніж у варіанті з мінеральними добривами. Очевидно, це явище пов'язане з характером мінералізації органічних добрив та швидкістю вивільнення з них оксиду кальцію. На фоні органо-мінерального удобрення вапно протягом ротації сівозміни практично повністю нейтралізувало шкідливий алюміній (табл. 58).

Динаміка величини гідролітичної кислотності в ґрунтах після вапнування слугує критерієм визначення норми CaCO_3 . Дані трансформації гідролітичної кислотності за різних умов використання ґрунту наведено в табл. 59 (із вивчення різних форм і норм вапна), з яких видно, що ця форма кислотності більш консервативна, ніж два попередніх показники (рН та рухомий алюміній). Під впливом різних систем удобрення вона менше змінюється. Пояснюється це підвищенням буферності ґрунту та більш складним процесом обміну катіонів у вбирному комплексі. Разом з цим спостерігається підвищення кислотності при удобренні мінеральними добривами, зокрема фізіологічно кислими формами. При внесенні гною і мінеральних добрив (варіант 8) протягом 9 років у варіанті 4 з одними органічними добривами спостерігається її зменшення (табл. 59). В наступні роки (10–12 рр.) гідролітична кислотність поступово збільшується (табл. 58).

Таблиця 57

**Динаміка рухомого алюмінію (в мг на 100 г ґрунту) в шарі 0–20 см світло-сірого опідзоленого
поверхнево оглеєного ґрунту за період 2 ротаций 6-пільної сівозміни при вивченні норм вапна
(1973–1982 рр.)**

Варіант	Рухомий алюміній							
	до за- ладки дослідку	Рік дії вапна						
		1	3	5	7	9	12	±
Без добрив	12,02	12,35	12,70	13,00	13,05	13,20	13,50	1,48
CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	12,00	8,10	6,45	4,40	2,50	1,70	0,85	11,15
НРК	12,01	12,15	12,50	12,75	12,95	13,65	13,79	1,78
Гній	12,28	12,05	10,10	11,40	12,00	12,40	13,05	0,77
НРК + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	13,30	6,50	3,40	2,15	1,25	0,90	0,64	12,66
НРК + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	12,29	7,70	4,05	3,50	2,10	1,05	0,80	11,49
НРК + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	13,07	8,30	4,90	3,90	2,80	1,60	1,05	12,02
НРК + гній	12,31	12,05	12,30	12,45	12,30	12,70	13,00	0,69
НРК + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	12,32	5,75	3,05	1,80	0,83	0,65	0,40	11,92
НРК + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	13,05	6,05	3,90	2,40	1,45	0,90	0,60	12,45
НРК + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	13,31	6,70	4,20	3,05	2,30	1,85	0,95	12,36

Таблиця 58

Динаміка гідролітичної кислотності в шарі 0–20 см світло-сірого опідзоленого поверхнево оглеєного ґрунту за ротацію 7-пільної сівоzmіни (в мг-екв. на 100 г ґрунту), 1969–1973 рр.

Варіант	До за- кладки дослідку	Люпино- вівсяна сумішка, 1-й рік дії вапна	Озима пшени- ця, 2-й рік дії вапна	Куку- рудза, 3-й рік дії вапна	Куку- рудза, 4-й рік дії вапна	Озима пшени- ця, 5-й рік дії вапна	Картоп- ля, 6-й рік дії вапна	Ячмінь ярий, 7-й рік дії вапна	Різниця до почат- кового вмісту (±)
Контроль (без добрив)	5,03	500	5,06	4,82	4,95	5,10	4,85	5,07	0,04
НРК	5,05	5,00	5,10	4,95	5,15	5,23	5,05	5,16	0,11
НРК + вапнякове борошно, 1,0 н. г. к.	5,00	4,96	4,70	4,40	4,12	3,90	3,54	3,60	1,40
НРК + вапняні відходи Роз- дольського хімкомбінату 1,0 н. г. к.	5,18	5,03	4,55	4,30	4,25	3,85	3,40	3,48	1,70
НРК + вапняні відходи «огарки», 1,0 н. г. к.	5,08	4,94	4,55	4,12	4,10	3,70	3,33	3,40	1,68

Примітка: під першу кукурудзу і картоплю вносили гній, 40 т/га, крім контролю без добрив.

Таблиця 59

Динаміка гідролітичної кислотності в шарі 0–20 см світло-сірого опідзоленого поверхнево оглеєного ґрунту за період 2 ротацій 6-пільної сівозміни при вивченні норм вапна (1973–1982 рр.)

Варіант	Гідролітична кислотність, мг-екв. на 100 г ґрунту							
	до за- кладки дослід	Рік дії вапна						
		1	3	5	7	9	12	±
Без добрив	5,05	5,09	5,12	5,17	5,10	5,15	5,20	-0,15
CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	5,10	4,85	4,50	4,30	4,10	3,95	3,80	1,30
NPK	5,00	5,12	5,25	5,35	5,20	5,26	5,20	-0,20
Гній	5,10	4,95	4,85	4,80	4,70	4,75	4,80	0,31
NPK + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	5,12	4,35	4,05	3,80	3,50	3,60	3,46	1,66
NPK + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	5,15	4,70	4,30	4,10	3,85	3,75	3,65	1,50
NPK + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	5,05	4,85	4,65	4,45	4,20	4,05	3,87	1,10
NPK + гній	5,10	5,00	4,92	4,80	4,60	4,75	4,78	0,32
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	5,10	4,10	3,85	3,40	3,00	2,75	2,66	2,44
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	5,05	4,45	4,05	3,70	3,35	3,05	2,90	2,15
NPK + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	5,10	4,60	4,40	4,00	3,80	3,65	3,50	1,60

Щодо варіанта з орґано-мінеральною системою (ґній + NPK), то в ньому через 11 років гідролітична кислотність аналогічно тому, як і з мінеральною системою (NPK), помітно зростає (табл. 60). Зразки дерново-середньопідзолистого супіщаного ґрунту компостували із мінеральними добривами протягом трьох тижнів з розрахунку 200 кг/га д. р. за температури 28 °C і відносної вологості 60 %.

Таблиця 60

**Вплив мінеральних добрив на кислотність ґрунту
(Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський, 1984)**

Добрива	рН _{КСІ}	На 100 г ґрунту		
		рухомий алюміній	кислотність, мг-екв.	
			обмінна	гідролітична
Без добрив	4,40	1,64	0,20	2,25
Аміачна селітра	4,10	2,60	0,34	2,36
Амонію сульфат	3,90	2,02	0,36	2,51
Хлористий амоній	3,95	4,03	0,48	2,16
Карбамід	3,65	0,49	2,07	2,18
Суперфосфат	3,20	3,89	0,51	2,49
Хлористий калій	4,20	3,45	0,25	2,17
Сірчаноокислий калій	4,10	2,94	0,30	2,16

Як свідчать результати дослідів, мінеральні добрива підвищували актуальну кислотність та вміст рухомого алюмінію в ґрунті, але за короткий проміжок часу мало вплинули на гідролітичну кислотність. Отже, навіть в умовах лабораторного дослідів обмінні реакції у вбирному комплексі відбуваються повільно. Слід звернути увагу на особливість дії хлористих та сірчаноокислих солей. Перші більше впливають на вміст рухомого алюмінію (перетворюють малорозчинні його сполуки в $AlCl_3$), а інші впливають на гідролітичну кислотність, за винятком сірчаноокислого калію, що пов'язано з утворенням у ґрунтовому розчині сірчаної кислоти.

У польових умовах вплив зазначених добрив на кислотність ґрунтів має дещо інший характер. Зокрема суперфосфат не впливає негативно на кислотність ґрунту, але перші краплини його розчину відзначаються надзвичайно високою кислотністю ($pH < 3$), і лише згодом вона нейтралізується наявними у його складі солями калію. Вважається також

індиферентним щодо ґрунтової кислотності хлористий калій. Проте з одержаних даних видно, що після внесення фізіологічно-хімічно кислих добрив різко підкислюється ґрунтовий розчин.

Максимальні зміни у величинах кислотності після вапнування відбуваються на третій-п'ятий, а в окремих випадках – навіть на шостий і наступні роки (табл. 54). Найголовніша обставина, на яку слід звернути увагу при аналізі змін кислотності, – це невідповідність між фактичним і розрахунковим зниженням кислотності під впливом вапна.

При розрахунках норми вапна за гідролітичною кислотністю з поправковим коефіцієнтом 1,75 теоретично допускається нейтралізація всієї кислотності (якщо мова йде про повну норму меліоранту), але в умовах поля цього не відбувається. Пояснюється це двома найбільш суттєвими причинами. Перша полягає в тому, що в польових умовах неможливо досягти ідеального перемішування порівняно невеликої кількості CaCO_3 (2–5 т) із масою орного шару ґрунту (близько 3000 т на 1 га). Крім цього, при визначенні величини гідролітичної кислотності наважку ґрунту заливають значно більшим об'ємом водного розчину солі (натрію, кальцію тощо) і збовтують на ротаторі протягом години або декілька хвилин і залишають на 24 год для закінчення реакції обміну. Проте реакція обміну іонів кальцію, натрію чи амонію на іони водню не відбувається до кінця. В зв'язку із цим певна частина іонів водню (алюмінію) залишається у вбирному комплексі ґрунту, незважаючи на велику кількість переваги іонів кальцію (натрію) у розчині.

У польових умовах цього не відбувається. Тому, розраховуючи норму CaCO_3 на нейтралізацію кислотності в орному шарі, ми виключаємо можливість міграції карбонату (бікарбонату) за межі профілю. Вапно низхідними потоками води уже у перший рік після внесення виноситься за межі не тільки орного, але і підорного шарів у досить великих кількостях, тоді як найбільш суттєвий його вплив на кислотність відбувається на третій-п'ятий рік. Вапно, яке не прореагувало з ґрунтом, – головна причина невідповідності розрахованого і фактичного зниження кислотності ґрунту.

10.2. Поживний режим кислих ґрунтів і його зміни залежно від вапнування й удобрення

Залежно від природи (генезису) ґрунту поживний режим і вміст елементів живлення в ньому дуже відрізняються. Але в усіх кислих ґрунтах

є загальні негативні особливості щодо забезпечення рослин макро- і мікроелементами протягом вегетації. Внаслідок промивного (періодично промивного) водного режиму в них переважає низхідний рух легкорозчинних сполук, серед яких солі кальцію, магнію, азоту та калію, що вимиваються в ґрунтові води і виносяться в річки та озера. І якщо кальцію, а в більш зв'язаних ґрунтах і магнію вистачає для живлення рослин, то дефіцит азоту та калію призводить до різкого зниження врожаїв. Не вимиваються лише сполуки фосфору, але в дуже кислих ґрунтах цей елемент зв'язується у важкорозчинні і малодоступні для рослин солі алюмінію, заліза. Крім того, засвоєнню рослинами азоту, фосфору та калію також заважають надмірні кількості алюмінію, заліза і марганцю.

Потенціальна родючість ґрунтів значною мірою характеризується вмістом гумусу та валових форм поживних речовин, і перш за все – азоту, фосфору та калію. За цими показниками ґрунти також дуже відрізняються один від одного (табл. 61).

Таблиця 61

**Вміст валових форм поживних речовин у кислих ґрунтах
(за даними лабораторії агроґрунтознавства УНДІЗ), %**

ґрунти	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-підзолисті глинисто-піщані (зв'язанопіщані)	0,03–0,04	0,04–0,05	0,65–0,8
Дерново-підзолисті супіщані	0,04–0,06	0,065–0,075	1,0–1,2
Дерново-підзолисті легкосуглинкові	0,06–0,08	0,075–0,085	1,4–1,6
Світло-сірі опідзолені крупнопилувато-легкосуглинкові	0,12–0,17	0,09–0,11	1,4–1,5
Сірі опідзолені крупнопилувато-легкосуглинкові	0,15–0,25	0,10–0,12	1,6–1,8
Темно- сірі опідзолені і чорноземи опідзолені крупнопилувато-легкосуглинкові	0,18–0,30	0,11–0,13	1,7–1,9
Буроземи багатогумусні	0,3–0,5	0,25–0,35	не визначали
Буроземи малогумусні	0,15–0,24	0,07–0,12	не визначали
Дерново-буроземні	0,2–0,3	0,06–0,10	не визначали
Підзолисто-буроземні	0,07–0,12	0,05–0,10	не визначали

Забезпечення ґрунтів валовими формами поживних речовин, і зокрема азотом, коливається в орному шарі від 1 % (дерново-підзолисті, глинисто-піщані) до 15 т/га (багатогумусні буроземи). Чим більше містить ґрунт гумусу і валових форм поживних речовин, тим вища його потенціальна родючість, але ефективна родючість залежить від вмісту рухомих, доступних для рослин поживних речовин, їх кількість не завжди прямо залежить від вмісту валових форм.

10.3. Вміст рухомих форм азоту, фосфору і калію в ґрунті

Динаміка рухомих форм азоту. Вапнування сприяє значному впливу на азотний режим ґрунту. При слабокислій і нейтральній реакції інтенсифікуються процеси мінералізації органічної речовини і вивільнюються додаткові кількості неорганічних форм азоту. Крім цього, посилюється діяльність нітрифікуючих бактерій, внаслідок чого збільшується вміст нітратів у ґрунті (З. М. Томашівський, 1968, Л. А. Лебедева, 1973, Т. Н. Кулаковская, 1972 та ін.).

Дослідження з вивчення впливу окремого і сумісного внесення вапна, гною і мінеральних добрив на продуктивність сільсько-господарських культур проводили в стаціонарному досліді на осушених землях (З. М. Томашівський, 1980). Нітрати в ґрунті визначали в сівозміні на четвертий рік після внесення вапна під картоплю по чотирьох строках за вегетаційний період у другій декаді кожного місяця (табл. 62). Одержані результати вказують на те, що процеси нітрифікації найбільш інтенсивно проходять на ділянках, де були внесені вапно, гній і мінеральні добрива. Поєднання вапна з мінеральними добривами також сприяло збільшенню вмісту нітратів в ґрунті, але значно меншою мірою, ніж за сумісного внесення їх із гноєм.

Поєднання гною з мінеральними добривами або внесення тільки гною сприяло значному підвищенню вмісту нітратів у ґрунті. Із одержаних результатів також видно, що на всіх варіантах кількість нітратів була більшою ніж на контролі (без добрив). Крім цього, проведеними дослідженнями встановлено, що протягом вегетаційного періоду вирощування картоплі вміст нітратів у ґрунті був неоднаковим. Так, у 1–3 строк визначення (в шарі 0–20 см) незалежно від виду добрив вміст нітратів був максимальним. З настанням найбільш інтенсивного росту рослин картоплі (четвертий строк визначення), а також за несприятливих

кліматичних умов (зменшення суми позитивних температур) кількість нітратів у ґрунті різко зменшувалася. На варіантах з внесенням високих норм вапна (1,0–1,5 н. г. к.) вміст нітратів у ґрунті досягав максимуму.

Таблиця 62

Динаміка вмісту азоту в шарі ґрунту 0–20 см (в мг NO₃ на 100 г ґрунту) під картоплею (середнє за 1976–1978 рр.)

Варіант	Строки визначення			
	травень	червень	липень	серпень
Без добрив (контроль)	1,25	1,43	1,16	0,74
CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	1,73	1,90	1,42	0,93
NPK	1,95	2,24	1,78	1,04
Гній	2,80	3,32	2,57	1,15
NPK + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	3,30	3,57	2,70	1,23
NPK + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	3,15	3,31	2,43	1,12
NPK + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	3,02	3,25	2,16	1,00
NPK + гній	3,48	4,03	3,00	1,40
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	3,84	4,25	3,52	1,76
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	3,77	4,17	3,35	1,60
NPK + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	3,51	3,92	3,10	1,43

Позитивна дія вапна на утворення нітратів у ґрунті виявилася не тільки в орному, але й в підорному шарі. Однак вміст нітратів тут значно менший. В другому стаціонарному досліді з вивчення ефективності форм вапнякових матеріалів проводили визначення нітрифікаційної здатності ґрунту після збирання першої, третьої і сьомої культури сівозміни (табл. 63).

Інтенсивність нітрифікуючих бактерій, а разом з тим і кількість утворених нітратів зростає в міру зниження кислотності ґрунту під впливом вапна і інших добрив.

На абсолютному контролі після першої (люпино-вівсяної сумішки), третьої (кукурудзи на силос) і сьомої (ячмінь ярий) культур сівозміни при компостуванні ґрунту (шар 0–20 см) утворюється незначна кількість нітратів (0,20–0,28 мг на 100 г ґрунту), що не має практичного значення для азотного живлення рослин.

Таблиця 63

Нітрифікаційна здатність в шарі ґрунту 0–20 см (азот в мг NO_3 на 100 г ґрунту) під впливом форм вапна

Варіант	Люпино-вівсяна сумішка, 1-й рік дії вапна (1967–1969 рр.)			Кукурудза на силос, 3-й рік дії вапна (1969–1971 рр.)			Ячмінь ярий, 7-й рік дії вапна (1973 р.)		
	до компос-тування	після	різниця	до компос-тування	після	різниця	до компос-тування	після	різниця
Без добрив (контроль)	0,17	0,45	0,28	0,19	0,39	0,20	0,22	0,46	0,24
НРК	0,38	0,90	0,52	0,37	1,20	0,83	0,39	1,38	0,99
НРК + вапнякове борошно, 1,0 н. г. к.	0,44	2,86	2,42	0,48	4,26	3,78	0,55	3,96	3,41
НРК+ вапняні відходи Роздольського хімкомбінату, 1,0 н. г. к.	0,42	2,58	2,16	0,46	3,15	2,69	0,42	2,94	2,52
НРК + вапняні відходи «огарки», 1,0 н. г. к.	0,38	2,64	2,26	0,45	3,38	2,93	0,40	3,12	2,72

Внесення мінеральних добрив і гною значно впливало на утворення нітратів в ґрунті. Після 1 року дії ($P_{45}K_{45}$) вміст нітратів збільшився на 0,52, третього (гній, 50 т + $N_{120}P_{150}K_{80}$) – на 0,83 і після сьомого (гній, 90 т + $N_{280}P_{330}K_{360}$) – на 0,99 мг на 100 г ґрунту. Найбільше нітратів у ґрунті при компостуванні відзначено при внесенні вапнякових матеріалів. На їх фоні (вапнякове борошно, вапняні відходи і вапняні відходи «огарки») з застосуванням названих норм мінеральних добрив і гною після 1-го, 3-го і 7-го року їх дії вміст нітратів збільшується відповідно на 2,16–2,42; 2,69–3,78 і 2,92–3,41 мг на 100 г ґрунту. Серед форм вапнякових матеріалів найбільшу кількість нітратів у ґрунті (2,42–3,78 мг на 100 г ґрунту) протягом всього періоду досліджень забезпечило вапнякове борошно.

Динаміка рухомого фосфору в ґрунті. Вивчення впливу норм вапна на динаміку рухомого фосфору в межах вегетаційного періоду і після збирання врожаю сільськогосподарських культур в сівозміні проводили в стаціонарному досліді (З. М. Томашівський, 1980).

На динаміку вмісту рухомого фосфору в ґрунті залежно від роздільного і сумісного внесення норм вапна, гною і мінеральних добрив протягом вегетаційного періоду проводили дослідження на четвертий рік їх взаємодії з ґрунтом (табл. 64).

Таблиця 64

**Динаміка вмісту рухомого фосфору в шарі ґрунту 0–20 см
(в мг P_2O_5 на 100 г ґрунту) під картоплею (середнє за 1976–1978 рр.)**

Варіант	Строки визначення			
	травень	червень	липень	серпень
Без добрив (контроль)	4,92	5,17	5,30	5,20
$CaCO_3$, 1,0 н. г. к.	5,18	6,03	6,42	6,05
NPK	5,10	5,45	6,05	5,85
Гній	5,56	6,05	6,50	6,03
NPK + $CaCO_3$, 1,5 н. г. к.	6,53	7,55	7,95	7,75
NPK + $CaCO_3$, 1,0 н. г. к.	6,30	7,40	7,70	7,30
NPK + $CaCO_3$, 0,5 н. г. к.	6,05	7,23	7,60	7,10
NPK + гній	6,85	7,00	7,25	6,85
NPK + гній + $CaCO_3$, 1,5 н. г. к.	7,58	9,75	10,45	9,55
NPK + гній + $CaCO_3$, 1,0 н. г. к.	7,20	9,50	10,15	9,20
NPK + гній + $CaCO_3$, 0,5 н. г. к.	7,00	9,00	9,60	9,02

Дані цієї таблиці свідчать про те, що на варіантах з внесенням вапна, гною і мінеральних добрив вміст рухомого фосфору за всіх строків визначення був найбільшим. Внесення кожного із названих добрив окремо підвищувало вміст рухомого фосфору в ґрунті незначно. При цьому потрібно відзначити, що найбільш суттєво вміст фосфору в ґрунті змінюється від внесення гною або поєднання мінеральних добрив з гноєм, або вапна з мінеральними добривами.

Максимальний вміст рухомого фосфору незалежно від добрив на всіх варіантах дослідів відзначено під час другого строку його визначення. В подальшому в зв'язку з створенням більш сприятливих умов (підвищення суми позитивних температур і достатньої кількості вологи в ґрунті) для інтенсивного росту рослин картоплі кількість рухомого фосфору поступово зменшувалася.

Крім визначення вмісту рухомого фосфору в ґрунті залежно від норм вапна протягом вегетації картоплі на четвертий рік дії вапна було проведено дослідження з вивчення його вмісту після збирання сільськогосподарських культур першої і другої ротації семипільної сівозміни (табл. 65).

Таблиця 65

**Динаміка вмісту рухомого фосфору в шарі ґрунту 0–20 см
(в мг P_2O_5 на 100 г ґрунту) залежно від року дії вапна
у 6-пільній сівозміні (середнє за 1973–1982 рр.)**

Варіант	до за- ладки дослідів	Рік дії вапна					
		1	3	5	7	9	12
1		3	4	5	6	7	8
Без добрив	4,70	4,75	4,90	4,95	5,05	5,03	4,90
$CaCO_3$, 1,0 н. г. к.	4,46	4,60	5,40	5,95	5,85	5,80	5,70
НРК	4,63	4,74	5,10	5,20	5,15	5,30	5,20
Гній	4,55	5,71	5,40	5,75	5,65	5,54	5,35
НРК + $CaCO_3$, 1,5 н. г. к.	4,72	5,90	7,50	8,45	8,55	8,10	8,05
НРК + $CaCO_3$, 1,0 н. г. к.	4,62	5,35	7,30	8,15	8,20	7,95	7,70
НРК + $CaCO_3$, 0,5 н. г. к.	4,58	5,20	7,00	8,00	7,50	7,15	7,00
НРК + гній	4,71	5,96	6,40	6,55	6,50	6,40	6,45

Продовження таблиці 65

1	2	3	4	5	6	7	8
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	4,57	6,45	9,47	9,75	9,85	9,50	8,95
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	4,63	6,15	9,10	9,30	9,15	8,75	8,05
NPK + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	4,56	6,00	8,70	9,05	8,75	8,15	7,80

Одержані результати дослідження динаміки вмісту рухомого фосфору в ґрунті вказують на те, що під впливом вапнування найбільше його утворюється на другий і третій рік дії вапна. В подальшому ця кількість рухомого фосфору залежить також від величини внесеної норми вапна. Починаючи з 5–7 року дії вапна кількість рухомого фосфору в ґрунті поступово зменшується.

Особливо сильно спостерігається процес нагромадження рухомого фосфору в ґрунті від внесення підвищених норм вапна (1,0–1,5 н. г. к.). Однак максимальна кількість рухомого фосфору в ґрунті утворюється за умов поєднання вапна, гною і мінеральних добрив.

Отже, проведені дослідження вказують на те, що вапнування позитивно впливає на вміст рухомих форм фосфору. Встановлено, якщо в ґрунті переважають фосфати алюмінію й заліза, вапнування сприяє збільшенню вмісту рухомого фосфору. Відбувається це за рахунок перетворення важкорозчинних фосфатів алюмінію і заліза в фосфати кальцію, які в умовах слабокислого середовища більш доступні для рослин. У випадку, коли переважають фосфати калію або їх стільки, скільки фосфатів алюмінію і заліза, що має місце у вилугуваних та опідзолених ґрунтах Лісостепу, фосфор під дією вапна на деякий період стає менш доступним для рослин.

Незалежно від строку дії вапна у кислому ґрунті збільшується вміст рухомого фосфору, особливо на варіантах, де вносять органічні і мінеральні добрива, та на фоні лише органічних. Зниження його спостерігається на шостий-сьомий рік дії вапна по неудобреному фоні, і зумовлюється воно мобілізацією ґрунтових запасів фосфору у перші роки та більшим виносом фосфору урожаєм сільськогосподарських культур.

На таких же кислих ґрунтах С. М. Міневич (1969 р.) спостерігав підвищення вмісту фосфору в 2 рази від застосування повної норми вапна за гідролітичною кислотністю. У 1 рік його дії він підвищився до 4 мг на 100 г ґрунту проти 1,8 мг на контролі, а на восьмий – до 8,7 проти 3,3 мг.

Д. К. Воловненко і В. І. Куновський (1979) відзначали різке збільшення вмісту рухомого фосфору через чотири роки після вапнування (з 4,5 до 8,6 мг на 100 г ґрунту), але після восьми років дії вапна кількість його знаходилася на рівні контрольного варіанта, що пов'язано з поступовим підкисленням ґрунту.

Динаміка рухомих форм калію. Згідно з наявними в літературі даними про вплив вапна на вміст рухомих форм калію, при вапнуванні кислих ґрунтів потреба в калійних добривах підвищується. Вапно зменшує забезпеченість рослин калієм. Пояснюється це перш за все тим, що калій і кальцій – антагоністи. При збільшенні вмісту кальцію в ґрунті надходження калію в рослини зменшується. Внесення калійних добрив усуває недостачу калію (В. И. Шемпель, 1966; В. В. Прокошев, 1973; Т. Н. Кулаковская, Н. Н. Алексейчук, 1974).

Дослідженнями Т. Н. Кулаковської (1978) встановлено, що в ґрунті зменшується кількість водорозчинного калію, але збільшується вміст обмінного. Це явище спостерігається протягом двох-чотирьох років, після чого кількість доступного для рослин калію підвищується.

Вивчення впливу вапна на динаміку рухомих форм калію проводили в цих же двох стаціонарних дослідках і в ті ж самі строки, що й фосфору (З. М. Томашівський, 1977). В першому стаціонарному польовому досліді (на осушених землях) на четвертий рік дії вапна вивчали динаміку рухомого калію протягом вегетаційного періоду рослин картоплі. В результаті проведених досліджень (табл. 66) встановлено, що максимальний вміст рухомого (обмінного) калію, незалежно від добрив, у другому строку його визначень виявився більшим, ніж у першому.

У подальшому в зв'язку з створенням найбільш сприятливих умов (підвищення позитивних температур і достатньої вологи в ґрунті) для інтенсивного росту рослин картоплі поступово вміст рухомого калію зменшується в зв'язку з його використанням рослинами.

На вміст у ґрунті рухомого калію вапнування впливає значно слабше, ніж на фосфати. Рухомого калію в ґрунті під впливом вапна міститься значно менше, ніж легкодоступних сполук фосфору. Однак при

поєднанні вапна з мінеральними добривами або з гноєм і мінеральними добривами відзначено певне збільшення рухомого калію в ґрунті. На варіанті без добрив, а також при внесенні одного вапна вміст рухомого калію за всіх строків визначень був приблизно однаковим.

Таблиця 66

**Динаміка вмісту рухомого калію в шарі ґрунту 0–20 см
(в мг К₂O на 100 г ґрунту) залежно від норм вапна під картоплею
(середнє за 1976–1978 рр.)**

Варіант	Строки визначення			
	травень	червень	липень	серпень
Без добрив (контроль)	5,93	6,67	6,20	5,80
CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	5,70	6,80	6,43	5,90
NPK	6,35	6,95	6,55	6,30
Гній	6,85	7,80	7,42	7,15
NPK + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	7,16	8,75	7,85	7,59
NPK + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	7,24	8,50	8,04	7,80
NPK + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	7,15	8,20	7,50	7,25
NPK + гній	7,05	7,95	7,73	7,55
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	7,85	9,65	9,08	8,50
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	7,70	9,45	8,85	8,25
NPK + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	7,35	9,06	8,40	8,03

У другому стаціонарному досліді (з формами вапнякових матеріалів) динаміку рухомого калію в ґрунті вивчали протягом ротації у 7-пільній сівозміні. Визначення його проводили після збирання врожаю сільськогосподарських культур в орному шарі (0–20 см) на світло-сірому опідзоленому ґрунті (табл. 67).

Одержані результати (табл. 67) вказують на те, що вапнякові матеріали незалежно від їх форм сприяють незначному збільшенню обмінного калію. При цьому в перші два роки збільшення його вмісту в ґрунті під дією повних норм вапна (1,0 н. г. к.) проходить дуже повільно і лише з третього року зростає більш помітно. В подальшому, починаючи з третього поля, його кількість стабілізується.

Таблиця 67

**Динаміка вмісту рухомого калію в шарі ґрунту 0–20 см (в мг К₂О на 100 г ґрунту)
залежно від форм вапна під сільськогосподарськими культурами у 7-пільній сівоzmіні
(середнє за 1967–1973 рр.)**

Варіант	До закладки дослідів	Люпино-вівсяна сумішка, 1-й рік дії вапна	Пшениця озима, 2-й рік дії вапна	Кукурудза, 3-й рік дії вапна	Кукурудза, 4-й рік дії вапна	Пшениця озима, 5-й рік дії вапна	Картопля, 6-й рік дії вапна	Ячмінь ярий, 7-й рік дії вапна
Без добрив (контроль)	5,45	5,50	5,76	5,96	6,00	6,53	6,36	6,20
НРК	5,60	5,80	6,52	7,74	8,25	7,78	7,86	7,40
НРК + вапнякове борошно, 1,0 н. г. к.	5,53	5,50	6,87	8,45	9,50	9,57	9,70	9,56
НРК + вапняні відходи Роздольського хімкомбінату, 1,0 н. г. к.	5,35	5,60	6,81	8,27	9,75	9,42	9,59	9,40
НРК + вапняні відходи «огарки», 1,0 н. г. к.	5,40	5,70	6,93	8,39	9,50	9,60	9,43	9,35

Отже, незалежно від генезису кислого ґрунту після вапнування у верхньому його шарі збільшується вміст рухомого фосфору, а доступного калію у перші роки дуже повільно зростає або навіть зменшується внаслідок антагонізму іонів кальцію і калію.

Таким чином, на підставі наведених вище результатів дослідження можна зробити такий висновок, що під впливом вапнування, незалежно від форм вапна, різко збільшується вміст нітратної форми азоту і рухомого фосфору і значно менше обмінного калію.

Під впливом вапна, гною і мінеральних добрив вміст рухомих форм поживних речовин в кислому ґрунті збільшується. Найбільш суттєві зміни поживного режиму ґрунту як протягом вегетаційного періоду рослин, так і протягом ротації сівозміни спостерігали від внесення підвищених норм вапна (1,0 і 1,5 н. г. к.) у поєднанні з гноєм і мінеральними добривами.

10.4. Вміст у кислому ґрунті гумусу і загального азоту

Застосування добрив у відповідних нормах і в поєднанні з іншими агротехнічними заходами, які сприяють окультуренню ґрунту (раціональний обробіток, правильне чергування культур у сівозміні і ін.) утримання гумусу і валового азоту в ґрунті вдається не тільки зберегти на певному рівні, але й поновити (А. К. Небольсин, З. П. Небольсина, 1969; В. Ф. Сворцов, 1976; А. И. Чернецкий, 1984). При цьому потрібно відмітити, що вплив органічних і мінеральних добрив на вміст у ґрунті гумусу і загального азоту неоднаково трактується в літературі (В. И. Матвеева, 1976; Т. Н. Кулаковская, Л. И. Костюкевич, 1984).

Ряд дослідників (Т. Н. Кулаковская, В. Ю. Агаєц, 1978; П. А. Дмитренко, З. М. Томашиевский, 1966; Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський, 1984) дійшли висновку, що довготривале застосування мінеральних добрив також позитивно впливає на підвищення вмісту гумусу і загального азоту в ґрунті.

Органічна речовина ґрунту, більшу частину якої складає гумус, визначає його родючість, ефективність агротехнічних заходів і стабільність землеробства. Встановлено, що при інтенсифікації землеробства темпи розкладу гумусу посилюються, а тому, зважаючи на багатогранну роль органічної речовини в підвищенні родючості ґрунтів, загострюється проблема регулювання гумусового балансу.

У гумусі міститься в середньому 95–98 % азоту, 80 – сірки, 60 % фосфору. Певна кількість цих елементів живлення щорічно залучається в біологічний кругообіг, тобто використовується сільськогосподарськими культурами внаслідок часткової мінералізації органічної речовини в орному шарі. Вивільнення їх із гумусу протягом вегетації відбувається поступово, що досить важливо для забезпечення рослин, поживними речовинами у цей період, особливо азотом. З цього погляду значення гумусу як джерела поживних речовин для рослин особливо на малородючих ґрунтах, частково залишається і сьогодні. Проте зростаюче застосування мінеральних добрив дозволяє забезпечувати потребу рослин в азоті та зольних елементах і завдяки цьому компенсувати небажаний розклад гумусу. Разом з тим дослідження показують, що навіть за дефіцитного балансу основних поживних речовин вплив органічних речовин на родючість ґрунту ще посилюється, особливо це помітно на ґрунтах, в яких природні запаси гумусу незначні. До останніх належать дерново-підзолисті ґрунти Полісся, а також сірі опдзолені у Лісостепу. Внаслідок специфічних умов ґрунтоутворення підзолисті ґрунти містять мало гумусу, а через кислу реакцію гумусові речовини в них відносно збагачені рухомими сполуками, які слабо утримуються мінеральною частиною ґрунту. Тому при внесенні мінеральних добрив і вапнуванні особливого значення набувають агрофізичні властивості ґрунту, які забезпечують ефективне використання і мобільність поживних речовин протягом вегетації рослин. Мова йде про комплекс властивостей ґрунту, які останнім часом називають узагальненим терміном як «трансформаційні» властивості.

Гумусовий режим ґрунту – один із основних діагностичних показників, за яким оцінюють ступінь його окультурення. Проте принципи діагностики ґрунтів за гумусованістю і відповідні оптимальні параметри вмісту гумусу в окультурених варіантах у межах одного типу ґрунтів вивчено недостатньо.

Зарубіжні автори вважають, що для підтримування на високому рівні біологічних та фізичних процесів у ґрунті достатньо, щоб в орному шарі містилося не менше 2 % гумусу.

Процес окультурення ґрунту має забезпечувати зростаюче відтворення ефективної родючості на основі оптимізації його властивостей відповідно до потреб сільськогосподарських культур. При цьому важливо

враховувати основні фактори, що піддаються регулюванню і визначають рівень родючості та урожай культур. На різних ґрунтах значення тих чи інших показників неоднаково впливають на їх родючість.

Зокрема проблема збільшення вмісту гумусу в ґрунтах Полісся і Лісостепу України набуває першочергового значення там, де дуже низька гумусованість. Це, насамперед, дерново-підзолисті ґрунти, а також сірі опідзолені, на яких спостерігається тісна кореляція між показниками вмісту гумусу або його запасами та урожаями культур, особливо в окремих природно-економічних районах (Т. Н. Кулаковская, 1972). У зв'язку з цим підхід щодо регулювання гумусового балансу в ґрунтах має бути різним залежно від сучасного вмісту в них гумусу і агротехніки. Ці заходи мають бути диференційованими перш за все відповідно до конкретних ґрунтових умов, а вже потім враховувати специфіку виробництва (його спеціалізацію, структуру посівів тощо).

Слід також мати на увазі, що трансформація гумусу в ґрунтах під впливом агротехнічних факторів відбувається дуже повільно, її можна виявити лише в тривалих стаціонарних дослідках. Тому для виробництва потрібне прогнозування рівня балансу органічних речовин у них, яке ґрунтується на результатах досліджень впливу різних агротехнічних прийомів на гумусовий режим ґрунту в різних зонах нашої країни.

Вплив вапнування на вміст гумусу і загального азоту в ґрунті вивчено недостатньо. У зв'язку з цим ми поставили собі завдання вивчити це питання в стаціонарних польових дослідках залежно від роздільного і сумісного внесення вапна, гною і мінеральних добрив, а також від різних норм і форм вапна.

Одержані в стаціонарному досліді дані з вивчення ефективності роздільного і сумісного внесення вапна, гною і мінеральних добрив (табл. 68) показують, що рівень гумусу і загального азоту під впливом вапнування в ґрунті змінюється неоднаково. Найбільш суттєві зміни гумусу (на 0,09–0,13 %) і загального азоту на – 0,02 % (що відповідно становить 5,3–7,8 і 22,2 % від загальних величин) порівняно з їх кількістю, яка була в ґрунті до закладки дослідку, виявилися на варіантах з внесенням за 12 років 180 т гною, 3030 кг д. р. ($N_{930}P_{1020}K_{1080}$) або 13 т гною і 252,5 кг д. р. мінеральних добрив на гектар сівозмінної площі на фоні вапнування. Позитивна дія на зміну показників родючості ґрунту спостерігалася також на варіанті з гноєм і від внесення його сумісно з мінеральними добривами.

Внесення вапна з мінеральними добривами не сприяло впливу на збільшенню в ґрунті вмісту гумусу і загального азоту, а від внесення одного лише вапна (1,0 н. г. к.) навіть одержано незначне його зменшення.

Таблиця 68

Динаміка вмісту гумусу в шарі ґрунту 0–20 см в шестипільній сівозміні протягом 2 ротаций (середнє за 1973–1982 рр.)

Варіант	До закладки досліджу	Рік дії вапна					
		1	3	5	7	9	12
Без добрив (контроль)	1,66	1,68	1,66	1,65	1,64	1,62	1,60
CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	1,65	1,65	1,65	1,63	1,61	1,61	1,58
НРК	1,68	1,68	1,68	1,67	1,66	1,65	1,64
Гній	1,68	1,68	1,70	1,72	1,74	1,74	1,76
НРК + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	1,68	1,68	1,68	1,67	1,66	1,66	1,65
НРК + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	1,69	1,69	1,69	1,68	1,67	1,67	1,66
НРК + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	1,69	1,69	1,68	1,67	1,66	1,66	1,65
НРК + гній	1,69	1,71	1,73	1,75	1,76	1,77	1,78
НРК + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	1,70	1,71	1,73	1,76	1,79	1,80	1,83
НРК + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	1,70	1,72	1,74	1,76	1,80	1,80	1,82
НРК + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	1,70	1,72	1,74	1,76	1,77	1,78	1,79

У другому стаціонарному досліді (табл. 69) встановлено незалежно від форм вапна за семирічний період його дії незначне збільшення вмісту гумусу і загального азоту.

Так, наприклад, кількість гумусу на варіантах сумісного внесення гною (90 т) і мінеральних добрив (N₃₃₀P₃₃₀K₄₀₅) за ротацію сівозміни, а також при їх поєднанні з різними формами вапнякових матеріалів збільшилися на 0,14–0,16 % порівняно з його вмістом в ґрунті до закладки досліджу, що становить 7,3–8,4 % від загальних величин. На варіанті без добрив (контроль) гумус і азот містилися в меншій кількості, ніж на варіанті з мінеральними добривами.

Таблиця 69

**Динаміка вмісту рухомого гумусу і загального азоту залежно від форм вапна в шарі ґрунту
0–20 см (у 7-пільній сівозміні за ротацію (середнє за 1967–1973 рр.)**

Варіант	До за- кладки дослідів	Люпино- вівсяна сумішка, 1-й рік дії вапна	Пшениця озима, 2-й рік дії вапна	Куку- рудза, 3-й рік дії вапна	Куку- рудза, 4-й рік дії вапна	Пшениця озима, 5-й рік дії вапна	Картоп- ля, 6-й рік дії вапна	Ячмінь ярий, 7-й рік дії вапна
Без добрив (контроль)	<u>1,93</u> 0,10	<u>1,92</u> 0,10	<u>1,91</u> 0,10	<u>1,90</u> 0,10	<u>1,89</u> 0,10	<u>1,88</u> 0,10	<u>1,87</u> 0,10	<u>1,86</u> 0,10
НРК	<u>1,90</u> 0,10	<u>1,92</u> 0,10	<u>1,94</u> 0,10	<u>1,95</u> 0,10	<u>1,97</u> 0,11	<u>1,99</u> 0,11	<u>2,02</u> 0,12	<u>2,04</u> 0,12
НРК + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к. (вапнякове борошно)	<u>1,90</u> 0,10	<u>1,92</u> 0,10	<u>1,94</u> 0,10	<u>1,98</u> 0,10	<u>1,98</u> 0,11	<u>2,00</u> 0,11	<u>2,03</u> 0,12	<u>2,06</u> 0,12
НРК + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к. (вапняні відходи Роздольського хімкомбінату)	<u>1,90</u> 0,10	<u>1,92</u> 0,10	<u>1,94</u> 0,10	<u>1,96</u> 0,10	<u>1,99</u> 0,11	<u>2,01</u> 0,11	<u>2,04</u> 0,12	<u>2,06</u> 0,12
НРК + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к. (вапняні відходи «огарки»)	<u>1,90</u> 0,10	<u>1,92</u> 0,10	<u>1,94</u> 0,10	<u>1,96</u> 0,10	<u>1,98</u> 0,11	<u>2,00</u> 0,11	<u>2,03</u> 0,12	<u>2,06</u> 0,12

Примітка: в чисельнику – вміст гумусу, в знаменнику – загального азоту.

Таким чином, систематичне внесення добрив сприяє підвищенню в деякій мірі загального вмісту гумусу і азоту в ґрунті, збільшенням кількості гумусу в удобрених варіантах з внесенням гною, мінеральних добрив і вапна можна забезпечити кращий розвиток сільськогосподарських культур завдяки більшому надходженню в ґрунт рослинних решток, які є важливим джерелом гумусових речовин.

Цікаві результати дослідження щодо гумусоутворення отримали наукові співробітники Поліської дослідної станції. Так, на глинисто-піщаних дерново-підзолистих ґрунтах стабільний вміст гумусу підтримувався при внесенні 12 т/га гною із високими нормами мінеральних добрив (250–300 кг/га NPK), що цілком закономірно, бо у піщаних ґрунтах коефіцієнт гуміфікації органічних добрив ще нижчий.

Процеси мінералізації органічної речовини (органічні добрива, рослинні рештки) в піщаних і супіщаних дерново-підзолистих ґрунтах у звичайних умовах є основною ланкою їх трансформації в ґрунті (Т. Н. Кулаковская, Л. И. Костюкевич, 1984). Посилення гуміфікації відбувається лише при значному їх надходженні, тобто за постійного позитивного балансу органічних речовин у ґрунті.

У вапнованому ґрунті помітно зростає біологічна активність і поліпшується азотний режим, але це зумовлено не тільки одностороннім розкладом органічних речовин, а зміною комплексу фізико-хімічних властивостей ґрунту внаслідок нейтралізації кислотності.

Про роль цього фактора в гумусоутворенні І. В. Тюрін (1937) писав, що нейтралізація кислотності і насичення ґрунту кальцієм прискорює процеси розкладу рослинних решток, але одночасно посилюються процеси їх гуміфікації і утворення гумінових речовин у формі нерозчинних гуматів кальцію.

Груповий склад гумусу, визначений за методикою Конової-Бельчикової, дає можливість судити про вплив форм вапна на кількість і співвідношення вуглецю гумінових кислот (Сгк) і вуглецю фульвокислот (Сфк) у кислому ґрунті (табл. 70).

Із наведених даних у табл. 70 видно, що груповий склад гумусу при довготривалому внесенні середніх норм гною (12,8 т на 1 га сівозмінної площі) в поєднанні з мінеральними добривами (152 кг/га д. р.) на фоні 1,0 норми вапна помітно поліпшується порівняно з вихідними показниками ґрунту за ротацію сівозміни.

Таблиця 70

Вміст і груповий склад гумусу (в шарі ґрунту 0–20 см) залежно від форм вапнякових матеріалів на світло-сірому опідзоленому ґрунті

Варіант	Загальний вуглець (C), %	Вуглець гумусових кислот, % від загального C		Співвідношення Сгк до Сфк
		Сгк	Сфк	
Вихідні показники ґрунту до закладки досліду – 1966 р.				
	0,50	17,8	27,6	0,64
Показники ґрунту після закінчення ротації сівоzmіни – 1973 р.				
Без добрив (контроль)	0,43	17,1	28,0	0,61
НРК	0,56	18,8	26,4	0,71
НРК + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к. (вапнякове борошно)	0,60	20,4	25,0	0,81
НРК + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к. вапняні відходи Роздольського хімкомбінату)	0,62	20,3	24,6	0,82
НРК + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к. (вапняні відходи «огарки»)	0,58	20,2	24,1	0,78

Так, незалежно від форм вапна в загальному складі гумусу зростає фракція більш стійких гумінових кислот, зменшується вміст фульвокислот і в цілому збільшується співвідношення вуглецю гумінових кислот до вуглецю фульвокислот.

У нашому досліді виявлено досить тісний зв'язок вапнування з формуванням рухомої фракції гумінових кислот, що переходять у лужну витяжку (0,1 н. г. к. NaOH). Внесення високих норм мінеральних добрив разом з органічними активізує процеси їх утворення.

Рухома частина гумусових речовин відіграє помітну роль у родючості ґрунтів і є ознакою їх окультурення, проте в ґрунтах легкого гранулометричного складу, зокрема в кислих дерново-підзолистих з гуматно-фульвокислотним типом, акумуляція гумусу відбувається слабо, подальша трансформація рухомої його фракції підвищується з посиленням мінералізації, а також можливі втрати гумусу з ґрунтовими розчинами, що

просочуються за межі ґрунтового профілю. Потрібно імітувати, що втрати рухомих фракцій гумусу зростають із-за нестачі в такому ґрунті кальцію.

10.5. Вплив вапнування й удобрення на біологічну активність ґрунту

Окультурення ґрунту під впливом обробітку і внесення добрив є важливою умовою не тільки для росту рослин, але й розвитку цінних в агрономічному відношенні груп мікроорганізмів (Е. Н. Мишустин, 1972). В умовах західних областей України проведені дослідження з вивчення розвитку мікроорганізмів в ґрунті під впливом добрив і удобрення (В. І. Дука, С. Т. Гутиря, 1974). В результаті проведених досліджень встановлено, що в орному шарі сірого опідзоленого поверхнево оглеєного ґрунту під впливом згаданих факторів чисельність бактерій збільшилася з 1,3 до 3,7 млн на 1 га абсолютно сухого ґрунту.

Згідно з наявними даними (Б. А. Доспехов, 1968), процес розпаду клітковини розглядається як індикатор родючості ґрунту.

Серед факторів, які забезпечують ефективність вапнування, один із головних важелів належить мікрофлорі ґрунту. Із небагаточисленних робіт, опублікованих з цього питання, відомо, що вапнування не тільки підвищує кількість бактерій, але й підсилює діяльність корисних мікроорганізмів і змінює хід мікробіологічних процесів в ґрунті (Н. П. Ремезов, 1969; Е. Н. Мишустин, 1956; Г. С. Хренова, 1960).

У вапнованому ґрунті під впливом підвищеної мікробіологічної активності зменшується кількість слабомінералізованого перегною і решток рослин, внаслідок чого звільняються легкозасвоювані сполуки азоту – аміак і нітрати (W. Bamberg, 1964).

Під впливом вапнування в 1,5–2,5 рази збільшується інтенсивність дихання ґрунту, зростає активність інвертази, каталази і уреаз, підвищується активність нітрифікаторів і целюлозоруйнівних бактерій, які відіграють важливу роль у підвищенні родючості ґрунту (Н. С. Авдонін, 1960; М. П. Ремезов, 1969). В орному шарі змінюється мікрофлора і найбільше зростає чисельність актиноміцетів.

Вапнування приводить до оздоровлення ґрунтового середовища (И. В. Ревут, 1964; Е. Н. Мишустин, 1972). За високих норм вапна випадають факультативні паразити роду *Fusarium*, *Alternarium*, *Cladosporium*.

Із наведеного вище видно, що хімічна меліорація кислих ґрунтів сприяє підвищенню їх біогенності і активації в них різних мікробіологічних процесів, які сприяють підвищенню вмісту в ґрунтовому розчині поживних речовин і продукції фізіологічно активних мікробного походження, які позитивно впливають на продуктивність рослин.

В одному із півстаціонарних дослідів на ясно-сірому опідзоленому оглеєному ґрунті було проведено дослідження (на початку липня) на другий і третій рік дії вапняних відходів Роздільського гірничо-хімічного комбінату і елементарної сірки порівняно з контролем (без вапна) на розвиток деяких мікроорганізмів (табл. 71). Отримані результати досліджень показують, що вапняні відходи Роздільського хімкомбінату і елементарна сірка позитивно впливають на збільшення загальної кількості мікроорганізмів в ґрунті (З. М. Томашівський, 1973). Найбільш суттєво змінюється чисельність мікроорганізмів в ґрунті на третій рік дії вапна.

Однак, як показали результати досліджень, що під впливом вапна загальна кількість мікроорганізмів зростає в основному за рахунок різкого збільшення кількості бактерій (з 2,4 до 5,0 млн на 1 г абсолютно сухого ґрунту). Кількість актиноміцетів і сіркобактерій збільшується незначно, а під дією елементарної сірки кількість бактерій навіть дещо зменшується.

Роль мікроорганізмів не обмежується прямим впливом на збільшення в ґрунті легкодоступних поживних речовин та посилення ферментативних процесів. Розкладаючи різні речовини, вони вивільнюють значну кількість доступних для рослин крім азоту, фосфору, калію та мікронелементів.

Аналогічний вплив вапна і елементарної сірки на розвиток життєдіяльності мікроорганізмів відзначено і в підорному шарі (20–35 см) ґрунту, але значно слабше, ніж в орному.

У стаціонарному досліді (світло-сірий опідзолений поверхнево оглеєний ґрунт, осушений гончарним дренажем) вивчали вплив мінеральних добрив, гною і норм вапна на біологічну активність ґрунту за інтенсивністю розпаду льняної тканини. Біологічну активність ґрунту визначали у три строки: після першого, другого і третього місяця ведення польового досліді протягом 1973–1977 рр. під кукурудзою 1-го і 2-го року і озимою пшеницею 3-го року дії добрив у шарі 0–20 см. Результати досліджень наведено в табл. 72.

Таблиця 71

**Вплив вапняних відходів Роздільського гірничо-хімічного комбінату і елементарної сірки
на кількість деяких мікроорганізмів в шарі ґрунту 0–20 см**

Варіант	рН сольової витяжки грунту	Групи мікроорганізмів і час їх визначення (тис. шт. на 1 г ґрунту)			
		бактерії	актино- міцети	сірко- бактерії	загальна кількість
Пшениця озима (2-й рік дії, 1963–1964 рр.)					
НРК – без вапна (контроль)	4,8	1083	307	1867	3257
НРК + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к. (вапняні відходи Роздольського хімкомбінату)	5,2	1660	652	2192	4504
НРК + елементарна сірка за вмістом її в 1,0 н. г. к. CaCO ₃ , в вапняних відходах Роздольського хімкомбінату	4,7	1002	713	2632	4347
Кукурудза (3-й рік дії, 1964–1965 рр.)					
НРК – без вапна (контроль)	4,8	2404	413	1419	4236
НРК + CaCO ₃ 1,0 н. г. к. (вапняні відходи Роздольського хімкомбінату)	5,5	5051	712	2171	7934
НРК + елементарна сірка за вмістом її в 1,0 н. г. к. CaCO ₃ в вапняних відходах Роздольського хімкомбінату	4,8	2028	688	2194	4910

Таблиця 72

Біологічна активність ґрунту залежно від роздільного і сумісного внесення вапна, гною і мінеральних добрив (з інтенсивності розкладу льняної тканини)

Варіант	Кукурудза, 1-й рік дії вапна (1973–1975 рр.)			Кукурудза, 2-й рік дії вапна (1974–1976 рр.)			Пшениця, 3-й рік дії вапна		
	травень	червень	липень	травень	червень	липень	травень	червень	липень
Без добрив – контроль	3,5	5,7	9,4	2,4	6,3	13,2	5,6	7,4	8,7
CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	8,2	11,0	15,8	15,2	18,9	21,3	16,3	21,2	18,8
NPK	11,3	14,8	17,6	18,0	22,1	32,2	15,6	20,4	23,6
Гній	19,8	35,7	48,9	25,7	48,5	52,3	20,7	39,5	45,3
NPK + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	20,4	19,3	36,4	22,5	53,7	75,5	26,4	48,8	67,0
NPK + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	17,7	25,0	34,3	21,0	49,9	70,1	25,2	44,7	60,4
NPK + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	15,2	22,4	30,7	18,2	41,8	65,4	20,8	37,9	56,1
NPK + гній	29,3	46,6	64,2	33,6	68,5	78,6	27,0	54,3	70,5
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	36,3	55,7	79,5	44,4	79,3	87,2	43,2	64,1	77,8
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	33,1	54,0	76,0	37,0	75,6	84,5	40,4	59,8	75,4
NPK + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	31,2	50,5	71,9	33,8	72,4	80,3	35,1	55,6	71,7

Дані цієї таблиці підтверджують, що на розвиток целюлозорозкладаючих мікроорганізмів спричиняє позитивний вплив гній і вапно, а також сумісне внесення мінеральних добрив і гною, і ще сильніше цей вплив проявляється від сумісного внесення вапна, мінеральних добрив і гною.

На варіантах досліду, де вносили мінеральні добрива без вапна, клітковина в перші два роки розкладається повільно, а в подальшому цей процес проходить ще слабше, оскільки доступність поживних речовин для бактерій в кислому середовищі знижується. Особливо чутливі целюлозні бактерії до нестачі азоту в нітратній формі.

У наших дослідах показано, що на осушених землях під впливом гною і вапна, а також часу взаємодії їх з ґрунтом біологічна активність в ньому збільшується. Крім цього, потрібно відзначити, що найбільш сприятливі умови для розвитку целюлозорозкладаючих бактерій протягом всього періоду досліджень спостерігали в ньому. Найбільш високий відсоток розкладу лляної тканини виявлено в шарі 0–20 см, тобто там, де більше гумусу, кращий повітряний, поживний і тепловий режим.

На підставі отриманих результатів досліджень можна стверджувати, що розклад клітковини в ґрунті значною мірою залежить також від стану ґрунту (кількості розпушувальних міжрядь) і від біологічних особливостей тих культур, які вирощують у сівозміні. Підтвердженням цьому можуть бути дані нашого досліду, в якому інтенсивність розкладу клітковини під кукурудзою значно вища, ніж під озимою пшеницею.

Таким чином, вапнування позитивно впливає на зміну кількості мікроорганізмів у ґрунті, особливо бактерій, а також добре стимулює процес розкладу клітковини.

Посилення процесу розкладу клітковини під впливом вапна очевидно потрібно розглядати як фактор утворення сприятливих умов для життєдіяльності целюлозних бактерій – забезпечення їх азотом, фосфором і калієм, а також і іншими життєвими факторами.

10.6. Вплив вапнування, і зокрема кальцію, на етапи розвитку рослин, їх фізіологічні процеси і якість вирощеної продукції

У формуванні високих врожаїв з доброю якістю, крім сортових особливостей сільськогосподарських рослин, важливе значення мають відповідні умови їх живлення на певних етапах розвитку, і не лише

кількість поживних речовин в ґрунті, але і їх співвідношення у вбирному ґрунтовому комплексі.

Кальцій має важливе значення у житті рослин. Так, потреба в кальцію виникає вже на найбільш ранніх етапах розвитку рослин, починаючи з проростання насіння. Ще в кінці минулого століття Д. М. Прянишников показав, що за нестачі кальцію в пророслих насінинах утрудняється мобілізація як запасних вуглеводів (крохмалю), так і запасних азотистих речовин (білків). Внаслідок цього у багатьох рослинах проростання насіння і розвиток проростків за недостатчі кальцію відбувається сильно пригнічення. Проростки гинуть від збіднення ще задалегідь до використання запасних речовин насіння. І в подальшому для нормального розвитку рослин є потреба у забезпеченні кальцієм, що є важливою умовою для нормального обміну речовин, і зокрема обміну вуглеводів і азотистих речовин. За недостатчі кальцію утрудняється відновлення в тканинах рослини нітратів до аміаку, тобто гальмується початковий процес у ході обміну азотистих речовин (Е. И. Ратнер, 1965). Подальші ланки цього обміну, і зокрема використання амінокислот, а також запасних форм азоту – аспарагіну і глютаміну – для синтезу білків вимагають також достатнього забезпечення рослин кальцієм.

У багатьох рослин при синтезі білків у клітинах нагромаджується як побічний продукт шкідливий надлишок щавлевої кислоти. В присутності кальцію цей показник щавлевої кислоти осідає у вигляді кристалів щавлевокислого кальцію і таким чином знешкоджується.

Надзвичайно важливе значення кальцію для підтримання відповідної структури клітинних колоїдів. Дія кальцію в цьому відношенні протилежна дії лужних катіонів, зокрема калію: калій підвищує дисперсність колоїдів протоплазми, кальцій же впливає зворотно (обезводнена дія). Різний їх вплив і на ряд інших властивостей – в'язкість, еластичність, проникність протоплазми і інші. Поєднання лужних і лужноземельних катіонів, головним чином, калію і кальцію, в основному і визначає фізико-хімічні властивості протоплазми, що має важливе значення для її життєдіяльності. Загальновідомі факти зниження з віком рослини і окремих її органів ступеня обводнення тканин, підсилення в ній гідролітичних процесів має бути значною мірою пояснено за рахунок підвищення вмісту кальцію в рослині через різке зниження вмісту в ній калію. З іншої сторони, в молодих життєдіяльних тканинах і органах підвищена обводненість,

сильно виражена синтетична здатність збігається з значною абсолютною і відносною концентрацією калію в цих тканинах (Д. А. Сабинин, 1975).

Кальцій має важливе значення для ліквідації або послаблення шкідливої дії на рослини одностороннього надлишку інших катіонів. Так, наприклад, у присутності хоча би невеликої кількості кальцію значно посилюється стійкість рослин до підвищення концентрації натрію з зовнішнього середовища, наприклад, на слабозасолених ґрунтах. Наявність кальцію є також потрібною для усунення або послаблення шкідливої дії на рослини одностороннього надлишку магнію, що дуже часто спостерігається і в природних умовах.

На кислих ґрунтах рослини часто терплять від надлишку іонів водню, алюмінію, заліза і марганцю в розчині. Шкідлива дія всіх цих іонів на рослини посилюється за недостатчі кальцію. Внаслідок цього на слабокислих ґрунтах уже внесення гіпсу або суперфосфату, багатого гіпсом, деякою мірою послаблює шкідливу дію кислотності ґрунту на рослину, що за невеликої величини цієї кислоти може мати практичне значення.

Ще дослідями У. Г. Дикусара в лабораторії Д. М. Прянишнікова було доведено, що використання аміаку рослинами при кислій реакції проходить успішно за наявності підвищеної концентрації кальцію (Д. Н. Прянишников, 1965).

Всі ці приклади показують універсальну роль кальцію у створенні фізіологічної рівноваги катіонного складу середовища, яка має особливе значення для розвитку корневих систем рослин. За різкої односторонньої недостатчі кальцію ріст коріння сильно притуплюється, спостерігається ослизнення кліткових стінок внаслідок підвищення набухання і розчинності пектинових речовин, які в нормальних клітинах, які забезпечені кальцієм, утворюють нерозчинну міжклітинну речовину – пектат кальцію.

Як показали дослідження М. К. Домонтовича, навіть якщо кальцію позбавлена не вся коренева система, а лише окрема її частина, то ця частина проявляє всі ознаки кальцієвого голодування, хоч вся інша частина кореневої системи, забезпечена кальцієм і розвивається нормально (Д. Н. Прянишников, 1965).

Яскраво виражені ознаки порушення росту коренів і пригнічений їх стан внаслідок кальцієвого голодування на фоні надлишкового вбирання

лужного катіону натрію можна побачити на солонцях, в яких через високу насиченість ґрунтового вбирного комплексу натрієм доступність ґрунтового кальцію для рослин сильно пригнічена. Гіпсування таких солонців погіршує ріст рослин не тільки в результаті усунення лужної реакції і поліпшення фізичних властивостей ґрунту, але й завдяки забезпеченню рослин кальцієм (Е. И. Ратнер, 1965).

Так само і вапнування сильнокислих ґрунтів, збіднених кальцієм, спричиняє позитивний вплив на рослини не тільки завдяки усуненню кислої реакції, осадженню шкідливого надлишку окислів (алюмінію, заліза, марганцю), поліпшенню фізичних властивостей ґрунту та інше, але й завдяки забезпеченню кальцієм рослин, які потребують у великих кількостях цього елемента живлення (Т. Н. Кулаковская, 1972).

Вивчення впливу вапнування, і зокрема елемента кальцію, проводили не тільки на агрономічні і агрофізичні властивості ґрунту, але й на якість вирощеної продукції сільськогосподарських культур. Вивчення зазначених вище питань проводили в Науково-дослідному інституті землеробства і тваринництва західних районів УРСР на світло-сірих опідзолених поверхнево оглеєних ґрунтах, осушених гончарним дренажем, протягом 1973–1986 рр. (З. М. Томашівський, В. М. Пристайко, 1979).

Результати досліджень з вивчення впливу вапнування в поєднанні з гноєм і мінеральними добривами на хімічний склад зеленої маси кукурудзи показано у табл. 73 (8 рік дії вапна, 1980–1982 рр.); фізичні і біологічні показники якості зерна пшениці озимої – у табл. 74 (12 рік дії вапна, 1975–1977 рр.).

Поєднане застосування мінеральних добрив, гною на фоні вапнування на ґрунтах з незадовільними агрохімічними й агрофізичними властивостями позитивно вплинуло на поліпшення якості урожаю вирощених культур. Так, найвищий вміст протеїну в зеленій масі кукурудзи (12,2–12,5) відзначено за сумісного внесення $N_{120}P_{90}K_{90}$, 40 т/га гною на фоні 1,0 і 1,5 норми вапна за г. к., при цьому вміст протеїну підвищувався за рахунок водосолерозчинних його фракцій (табл. 74).

**Вплив вапнування в поєднанні з мінеральними і органічними добривами
на хімічний склад зеленої маси кукурудзи (8 рік дії вапна, 1980–1982 рр.)**

Варіант	Сирий про- теїн	Зокрема водо- розчинні фракції	Відношення білкового азоту до небілкового	Жир	Клітко- вина	БЕР	Зола	Фос- фор	Калій	Каль- цій
% на абсолютно суху речовину										
Без внесення добрив (контроль)	9,1	4,6	79,2	1,44	21,8	52,1	4,1	0,24	1,63	0,51
CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	9,9	5,8	75,9	1,84	21,7	50,5	4,4	0,38	1,44	0,70
НРК	10,8	5,2	77,0	1,73	21,4	50,2	4,3	0,38	1,76	0,52
Гній	11,7	5,4	81,6	1,93	20,5	50,7	4,4	0,40	1,72	0,68
НРК + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	11,8	6,2	80,2	2,04	20,3	50,1	4,9	0,43	1,50	0,76
НРК + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	11,4	6,0	80,7	1,93	20,7	50,8	4,7	0,41	1,53	0,71
НРК + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	12,0	5,8	78,8	1,72	21,6	50,1	4,6	0,36	1,56	0,61
НРК + гній	12,3	6,3	81,4	2,20	20,4	50,2	4,8	0,43	1,75	0,70
НРК + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	12,5	6,8	83,5	2,26	19,6	49,9	5,2	0,46	1,61	0,81
НРК + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	12,2	6,7	82,9	2,17	20,0	50,0	5,0	0,44	1,67	0,77
НРК + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	11,7	6,6	81,5	2,00	20,3	50,3	4,9	0,40	1,70	0,64

**Вплив вапнування в поєднанні з мінеральними й органічними добривами
на фізичні і біохімічні показники зерна пшениці (12 рік дії вапна, 1975–1977 рр.)**

Варіант	Маса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Сира клейковина	Скловид- ність	Білок	Крох- маль	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	% на суху речовину								
Без внесення добрив (контроль)	32,4	730,4	19,0	44,3	10,5	55,2	1,96	0,57	0,60
CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	32,9	735,6	19,0	44,0	10,8	52,9	1,99	0,59	0,54
НРК	35,0	737,2	20,3	47,0	10,1	50,8	2,01	0,61	0,62
Гній	35,6	739,2	21,8	48,7	10,6	52,0	2,13	0,64	0,65
НРК + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	36,0	741,4	21,4	53,6	11,5	49,4	2,12	0,63	0,57
НРК + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	35,6	740,5	21,0	51,0	11,4	49,6	2,10	0,62	0,58
НРК + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	35,2	737,1	20,2	48,9	11,2	49,9	2,04	0,59	0,60
НРК + гній	37,4	740,1	22,1	51,5	12,8	49,0	2,18	0,65	0,67
НРК + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	39,9	752,1	23,4	56,8	12,5	48,9	2,36	0,69	0,63
НРК + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	38,0	750,1	23,0	54,3	12,3	49,1	2,30	0,66	0,65
НРК + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	37,5	741,2	22,2	51,6	12,2	49,2	2,19	0,58	0,66

Поєднане застосування мінеральних і органічних добрив на фоні вапнування сприяло інтенсивнішому синтезу білка в зеленій масі кукурудзи. Кількість білкового азоту порівняно з небілковим збільшилася до 82,9–83,5 % проти 77,0 у варіанті, де вносили лише мінеральні добрива. Із збільшенням вмісту протеїну в зеленій масі зростала й кількість золи, фосфору, кальцію і жиру, формувалося оптимальне цукрово-протеїнове відношення.

Поліпшення умов живлення у варіантах дослідів позитивно позначилося на фізичних і біохімічних показниках зерна пшениці озимої (табл. 74).

За сумісного внесення гною і мінеральних добрив на фоні 1,0–1,5 норми вапна за гідролітичною кислотністю порівняно з контролем (без добрив) маса 1000 зерен пшениці озимої збільшилася на 7,5 г, натура зерна – на 22,0 г/л, скловидність – на 12,5 %, вміст сирогої клейковини – на 4,4 %. У цих же варіантах відзначено і найбільший вміст білка (12,3–12,5 %) і фосфору (0,66–0,69 %).

Отже, сумісне внесення гною і мінеральних добрив на фоні підвищених норм вапна на осушених світло-сірих опідзолених ґрунтах сприяє підвищенню якості врожаю вирощених культур. Зокрема в зеленій масі кукурудзи підвищується вміст протеїну та інших поживних елементів, а в зерні пшениці озимої поліпшуються фізичні і біохімічні показники. Всі ці позитивні зміни у поліпшенні показників якості врожаю значною мірою залежали від зміни реакції ґрунтового середовища і від впливу, зокрема, елементу кальцію на життєдіяльні процеси вирощених культур.

10.7. Вплив вапнування й удобрення на агрофізичні властивості ґрунту

Серед заходів щодо підвищення родючості ґрунту вапнування є одним із головних, що займає постійне місце з поліпшення його агрофізичних властивостей. Внесення вапна в ґрунт впливає на поліпшення його структури, водних і фізичних властивостей.

Міцна дрібногрудкувата структура ґрунту не може існувати без достатнього забезпечення його кальцієм. За часткового (до 40 %) насичення увібраного комплексу кальцієм ґрунту стає дисперсною, тоді як при майже повному насиченні (до 80 % і більше) він є менш дисперсним і фільтрація води через нього значно посилюється. В останньому випадку кальцій діє як

коагулятор ґрунтових колоїдів. Структура ґрунту обумовлює його щільність (об'ємну масу), поровий простір, тобто об'єм пор. Показник об'ємної маси обумовлює взаємозалежність між водним, повітряним і тепловим режимами ґрунту, з якими зв'язані всі процеси життєдіяльності корисної мікрофлори і біологічної активності (В. И. Виноградов, 1980; И. В. Ревут, 1964).

Структура ґрунту. Важливим фактором, який визначає агрофізичні властивості ґрунту, є ступінь його оструктуреності, а головною властивістю ґрунтової структури – водотривкість агрегатів (А. Н. Соколовський, 1956; И. В. Ревут, 1964).

Дослідження впливу вапна на водотривкість агрегатів ґрунту проводили в стаціонарному досліді з вивчення ефективності форм вапнякових матеріалів (З. М. Томашівський, 1973). Водотривкі агрегати визначали на четвертий і п'ятий рік дії вапна після збирання врожаю кукурудзи і озимої пшениці. Як свідчать отримані результати досліджень, вапнування світло-сірого опідзоленого поверхнево оглеєного ґрунту позитивно вплинуло на утворення водотривких агрегатів (табл. 75).

Таблиця 75

**Вплив форм вапнякових матеріалів на водотривкість агрегатів
(в % від маси ґрунту)**

Варіант	Розмір фракцій (мм) в орному шарі						
	> 3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	< 0,25	> 0,5
1	2	3	4	5	6	7	8
Кукурудза на силос, 4-й рік дії вапна (1970–1972 рр.)							
Без добрив – контроль	4,0	3,2	6,1	23,5	18,3	44,9	55,1
НРК	4,7	3,8	7,0	23,2	18,6	42,7	57,3
НРК + вапнякове борошно, 1,0 н. г. к.	5,2	6,3	9,4	25,7	19,2	34,2	65,8
НРК + вапняні відходи Роздольського хімкомбінату, 1,0 н. г. к.	5,0	5,8	8,7	24,0	18,8	37,7	62,3
НРК + вапняні відходи «огарки», 1,0 н. г. к.	5,8	6,3	9,0	24,3	19,3	35,3	64,7

Продовження таблиці 75

1	2	3	4	5	6	7	8
Пшениця озима, 5-й рік дії вапна (1971–1973 рр.)							
Без добрив – контроль	5,0	4,3	7,0	24,0	17,1	42,6	57,4
НРК	5,3	5,0	8,2	24,6	17,3	39,6	60,4
НРК + вапнякове борошно, 1,0 н. г. к.	7,4	6,6	10,6	26,2	18,0	31,2	68,8
НРК + вапняні відходи Роздольського хімкомбінату, 1,0 н. г. к.	6,2	6,5	9,8	25,6	18,5	33,4	66,6
НРК + вапняні відходи «огарки», 1,0 н. г. к.	7,0	7,1	10,0	25,7	18,2	32,0	68,0

Кількість агрегатів розміром від 10 до 0,25 мм (макроструктура) залежно від форм вапна і часу їх дії була на 5,0–8,5 % більша, ніж на контролі (без вапна). На варіанті з внесенням мінеральних добрив виявлено незначне поліпшення показників структури ґрунту. Результати, отримані з водотривких агрегатів ґрунту під кукурудзою і пшеницею озимою, свідчать про те, що зернові культури завдяки своїй мичкуватій кореневій системі поліпшують структуру ґрунту більше, ніж просапні.

Об’ємна маса, щільність і пористість. Вплив вапнування на деякі показники агрофізичних властивостей кислого ґрунту у двох стаціонарних дослідках на староорних (світло-сірі опідзолені поверхнево оглеєні крупнопилувато-легкосуглинкові) і на осушених землях (світло-сірі опідзолені поверхнево оглеєні пилувато-легкосуглинкові).

На староорних землях вивчали вплив форм вапна в поєднанні з мінеральними добривами на об’ємну масу, питому вагу і загальну пористість ґрунту на 4-й і 5-й рік їх дії.

Отримані результати досліджень (табл. 76) свідчать, що під дією 1,0 н. г. к. вапна незалежно від його форм в поєднанні з мінеральними добривами більшою мірою змінюється об’ємна маса, ніж питома вага ґрунту. Незначні зміни цих показників проходять під впливом мінеральних добрив і мінералізацією кореневих рештків у ґрунті.

Таблиця 76

Вплив форм вапна на фізичні властивості ґрунту

Варіант	Глибина зразків ґрунту, см	Об'ємна маса, г/см ³		Питома вага, г/см ³		Загальна пористість, %	
		Кукурудза на силос, 4-й рік дії вапна (1970–1972 рр.)	Пшениця озима, 5-й рік дії вапна (1971–1973 рр.)	Кукурудза на силос, 4-й рік дії вапна (1970–1972 рр.)	Пшениця озима, 5-й рік дії вапна (1971–1973 рр.)	Кукурудза на силос, 4-й рік дії вапна (1970–1972 рр.)	Пшениця озима, 5-й рік дії вапна (1971–1973 рр.)
Без добрив – контроль	0–20	1,32	1,28	2,49	2,46	47,0	48,0
	20–35	1,57	1,55	2,70	2,72	41,9	42,1
НРК	0–20	1,28	1,25	2,47	2,45	48,2	49,0
	20–35	1,55	1,51	2,70	2,68	42,6	43,0
НРК + вапнякове борошно, 1,0 н. г. к.	0–20	1,15	1,12	2,45	2,42	53,1	53,8
	20–35	1,45	1,43	2,67	2,65	45,7	46,1
НРК + вапняні відходи Роздольського хімкомбінату, 1,0 н. г. к.	0–20	1,17	1,15	2,45	2,44	53,5	53,1
	20–35	1,47	1,45	2,69	2,69	45,4	46,1
НРК + вапняні відходи «огарки», 1,0 н. г. к.	0–20	1,16	1,14	2,44	2,43	53,5	53,3
	20–35	1,46	1,44	2,68	2,67	45,6	46,0

Отримані результати дозволяють стверджувати, що різні способи обробітку ґрунту, які застосовують при вирощуванні кукурудзи і пшениці озимої, неоднаково впливають на зміну показників об'ємної маси ґрунту.

Під впливом 1,0 норми вапна за г. к. на фоні мінеральних добрив змінюється показник об'ємної маси ґрунту, що позитивно впливає і на зміну загальної пористості. На варіантах з вапном загальна пористість на четвертий-п'ятий рік його дії збільшилася з 47–48 до 53,1–53,6 %, що на 5,8–6,5 % перевищує контроль без добрив. Подібні зміни проходять і в підорному шарі (20–35 см) ґрунту, але значно слабше, ніж в орному.

У стаціонарному досліді на осушених землях вивчали роздільне і сумісне внесення гною, мінеральних добрив на фоні різних норм вапна в поєднанні з проведенням суцільного глибокого розпушування раз в 2–3 роки на ті ж самі показники агрофізичних властивостей ґрунту, що й на староорних землях.

Визначення названих вище показників проводили протягом двох ротацій сівозміни, після першої і другої в шарі 0–20 см (табл. 77).

Отримані результати досліджень свідчать, що роздільне внесення мінеральних добрив або вапна мало сприяло поліпшенню агрофізичних показників кислого ґрунту. За період двох ротацій сівозміни найбільш помітне зменшення об'ємної маси (на 0,18–0,21 г/см³), питомої ваги (на 0,14–0,16 г/см³) і загальної пористості ґрунту (на 4,5–5,3 %) в сторону їх поліпшення відбулося на варіантах сумісного внесення мінеральних добрив, гною на фоні 1,0–1,5 норми вапна і мінеральних добрив, а також гною. Від внесення вапна в поєднанні з мінеральними добривами виявлено значно менший вплив на зміну об'ємної маси, питомої ваги і загальної пористості ґрунту, ніж при сумісному їх використанні з гноєм.

Цікаві результати досліджень з вивчення впливу вапнування на агрофізичні показники кислого ґрунту отримали дослідники В. І. Дука і А. М. Ковальчук (1974) в умовах Передкарпаття Івано-Франківської області на дерново-підзолистих ґрунтах (табл. 78).

Вплив роздільного і сумісного внесення гною і мінеральних добрив на фоні норм вапна на деякі агрофізичні показники ґрунту, осушеного гончарним дренажем (за період двох ротацій сівозміни, 1973–1985 рр.)

Варіант	Об'ємна маса, г/см ³			Питома вага, г/см ³			Загальна пористість, %		
	до закладки дослідку	1	2	до закладки дослідку	1	2	до закладки дослідку	1	2
		ротація сівозміни			ротація сівозміни			ротація сівозміни	
Без добрив – контроль	1,34	1,33	1,33	2,50	2,51	2,50	46,4	46,8	46,9
CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	1,33	1,30	1,31	2,50	2,49	2,48	46,8	47,8	47,2
NPK	1,34	1,32	1,33	2,50	2,48	2,49	46,4	46,8	46,6
Гній	1,33	1,24	1,21	2,50	2,44	2,42	46,8	49,2	49,9
NPK + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	1,33	1,25	1,24	2,51	2,45	2,44	46,8	49,0	49,2
NPK + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	1,34	1,26	1,25	2,50	2,44	2,43	47,1	48,6	48,5
NPK + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	1,33	1,30	1,30	2,51	2,46	2,48	47,1	47,2	47,3
NPK + гній	1,34	1,22	1,20	2,51	2,43	2,40	46,7	49,8	50,0
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,5 н. г. к.	1,33	1,18	1,12	2,51	2,39	2,35	47,1	50,7	52,4
NPK + гній + CaCO ₃ , 1,0 н. г. к.	1,33	1,20	1,15	2,50	2,40	2,36	46,8	50,0	51,3
NPK + гній + CaCO ₃ , 0,5 н. г. к.	1,34	1,23	1,19	2,50	2,43	2,39	46,9	49,4	50,3

Вплив вапнування на зміну агрофізичних показників дерново-підзолистого ґрунту Передкарпаття Івано-Франківської області в шарі 0–20 см (середнє за 1968–1971 рр.)

Варіант	Об'ємна маса, г/см ³	Питома вага, г/см ³	Загальна пористість, %
Без добрив – контроль	1,29	2,46	47
CaCO ₃ , – 1,0 норма за г. к.	1,10	2,42	55
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ (фон)	1,27	2,46	49
Фон + 0,25 норми CaCO ₃ , за г. к.	1,22	2,44	49
Фон + 0,5 норми CaCO ₃ , за г. к.	1,16	2,40	52
Фон + 1,0 норма CaCO ₃ , за г. к.	1,12	2,40	54
Фон + 1,5 норми CaCO ₃ , за г. к.	1,08	2,38	57

У результаті проведених досліджень встановлено, що вапнування позитивно вплинуло на зміну показників об'ємної маси і загальної пористості ґрунту. Наприклад, якщо на контролі (вар. 1) об'ємна маса була 1,29 г/см³, то при внесенні повної норми вапна (вар. 2; 6) – до 1,10–1,12 г/см³. Тут різко помітна пряма залежність об'ємної маси від норми вапна. Загальна пористість, що для даних ґрунтів є важливим показником, збільшується під впливом вапнування; при внесенні повної норми CaCO₃ вона становила 55–54 % (на контролі 47 %).

А. К. Возбуцкая (1964) вважає, що на дерново-підзолистих ґрунтах переважають фульвокислоти, які в основному закріплюються полуторними окислами. Це має пряме відношення до утворення водотривких агрегатів, бо органічна речовина ґрунту є головним фактором в утворенні ґрунтової структури.

Отже, на підставі наведених вище результатів дослідження можна стверджувати, що вапнування позитивно впливає на структуру і водно-фізичні властивості ґрунту. Вапно на фоні мінеральних добрив і гною підвищує водотривалість макроагрегатів і поліпшує об'ємну масу ґрунту. З останнім функціонально зв'язана його пористість, що накладає відбиток на весь комплекс фізичних умов у ґрунті: на його водний, повітряний, тепловий режими, а отже, і на умови біологічної діяльності.

10.8. Вплив вапнування на вологозабезпеченість ґрунту

Серед заходів з підвищення родючості ґрунту одне з важливих місць займає постійне поліпшення його водно-фізичних властивостей. Внесення вапна в ґрунт впливає на поліпшення його структури і водно-фізичних властивостей.

Міцна дрібногрудочкувата структура ґрунту не може існувати без достатнього забезпечення її кальцієм. За часткового (до 40 %) насичення вбирного комплексу кальцієм ґрунт стає дисперсним, тоді як за майже повного насичення (до 80 % і більше) ґрунт стає менш дисперсним і фільтрація води через нього значно посилюється. В останньому випадку кальцій діє як коагулятор ґрунтових колоїдів. Наведене вище сприяє поліпшенню транспірації ґрунтової вологи сільськогосподарськими культурами і є однією з найважливіших статей витрат у водному балансі ґрунту. Залежно від удобрення, типу сівозміни і попередника для формування одиниці врожаю культури витрачають неоднакові, але дуже великі кількості води. Так, за даними лабораторії сівозмін Українського НДІ землеробства, у сівозміні на одиницю абсолютно сухої речовини витрачає 805 одиниць води, а при застосуванні системи удобрення з поєднанням вапнування відбувається зменшення водоспоживання на 14–56 % (Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський, 1984).

Надходження вологи в ґрунт здійснюється за рахунок атмосферних опадів і лише деякою мірою ґрунти звожуються підґрунтовими водами. Декілька разів на рік ґрунтовий профіль повністю промивається водами атмосферних опадів до рівня підґрунтових вод з виносом у пониження.

Дерново-підзолисті ґрунти Полісся, Передкарпаття та ґрунти гірських районів Карпат і Закарпаття утворилися в умовах промивного водного режиму.

Сірі лісові ґрунти Лісостепу формувалися в умовах періодично промивного водного режиму. Повне промочування ґрунтового профілю тут буває лише рано навесні, і то не кожного року, і частота його зменшується від світло-сірих до чорноземів опідзолених. При цьому в світло-сірих ґрунтах з чітко вираженим ілювієм може утворюватися навесні верховодка. Рівень підґрунтових вод і капілярна кайма не піднімаються до ґрунту. Вологість коливається від найменшої до точки в'янення.

Дослідження з вивчення впливу вапнування на динаміку польової вологості у ґрунті під посівом кукурудзи і пшениці озимої проводили на

світло-сірих опідзолених ґрунтах в НДІЗіТ західних районів УРСР. Як вапнякові матеріали використовували вапнякове борошно, вапняні відходи Роздільського гірничо-хімічного комбінату «Сірка» в кількості 1,0 норми за гідролітичною кислотністю. Результати досліджень наведено у табл. 79 і 80.

Визначення польової вологості ґрунту проводили в динаміці за основними фазами розвитку рослин кукурудзи і пшениці озимої.

Отримані результати досліджень дають підставу стверджувати, що під впливом вапнякових матеріалів польова вологість ґрунту дещо збільшується, особливо в шарі ґрунту 10–20 см, як під посівом кукурудзи, так і пшеницею.

Слід відзначити, що найбільш помітні відхилення в сторону збільшення показників польової вологості ґрунту (на 1,5–1,5 % і більше) найчастіше спостерігаються на посівах названих культур під час завершення їх вегетації. Особливо цей процес більш помітний на варіантах, де вносили вапнякові матеріали, ніж на абсолютному чи фоновому контролі.

Із проведених досліджень можна зробити висновок, що під впливом вапнування, тобто там, де краще виражена макроструктура ґрунту, процес проходження (підняття) води до шару ґрунту 0–10 см із нижніх шарів дещо уповільнюється, що сприяє утриманню більш високої вологості в шарі ґрунту 10–20 см.

**Динаміка польової вологості ґрунту під впливом вапнування
(кукурудза – 4-й рік дії вапна за 1970–1972 рр.)**

Варіант	Глибина взяття ґрунтових зразків, см	Час визначення польової вологості ґрунту					
		сходи	утворення 4–5 листка	викидання волоті	цвітіння	форму- вання зернівок	молочно- воскова стиглість
Без добрив	0–10	19,5	20,4	21,3	18,2	17,0	19,2
	10–20	20,1	22,0	22,4	17,7	16,2	19,5
	20–30	20,6	21,0	21,1	18,4	16,5	17,3
Без вапна, N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0–10	19,6	21,4	22,1	18,5	17,2	19,3
	10–20	20,3	22,1	22,9	17,9	16,4	19,7
	20–30	20,6	21,1	21,2	18,6	16,5	17,4
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + вапнякове борошно, 1,0 н. г. к.	0–10	19,7	22,6	22,7	18,7	17,7	19,7
	10–20	20,5	22,8	23,9	19,7	16,7	20,6
	20–30	20,5	21,3	21,3	19,4	16,9	17,7
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + вапняні відходи Роздольського гірничо-хімічного комбі- нату, 1,0 н. г. к.	0–10	19,9	22,5	22,6	18,6	17,5	19,5
	10–20	20,5	22,9	23,7	19,8	16,7	20,4
	20–30	20,7	21,5	21,4	19,6	16,7	17,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + вапняні відходи «огарки», 1,0 н. г. к.	0–10	19,8	22,6	22,5	18,4	17,6	19,7
	10–20	20,3	22,9	23,6	19,6	16,5	20,3
	20–30	20,7	21,3	21,2	19,3	16,8	17,5

**Динаміка польової вологості ґрунту під впливом вапнування
(пшениця озима – 5-й рік дії вапна за 1971–1973 рр.)**

Варіант	Глибина взяття ґрунтових зразків, см	Час визначення польової вологості ґрунту					
		кущення	вихід у трубку	колосіння	цвітіння	форму- вання зерна	молочно- воскова стиглість зерна
Без добрив	0–10	25,5	21,0	19,1	16,2	18,3	15,1
	10–20	27,0	21,6	19,5	17,3	19,4	16,3
	20–30	22,9	19,1	18,4	17,0	19,0	15,7
Без вапна, N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0–10	25,3	21,3	19,3	16,3	18,4	15,3
	10–20	27,2	21,9	19,8	17,5	19,5	16,5
	20–30	22,7	19,4	18,5	17,2	19,1	15,8
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + вапнякове борошно, 1,0 н. г. к.	0–10	24,9	21,8	19,5	16,5	18,7	15,5
	10–20	26,8	23,3	20,7	17,9	19,9	17,1
	20–30	22,8	19,5	18,6	17,3	19,2	15,9
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + вапняні відходи Роздольського гірничо-хімічного комбі- нату, 1,0 н. г. к.	0–10	25,0	21,6	19,4	16,4	18,6	15,7
	10–20	27,1	23,2	20,8	17,8	20,0	17,0
	20–30	22,6	19,7	18,7	17,3	19,1	16,0
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + вапняні відходи «огарки», 1,0 н. г. к.	0–10	25,1	21,5	19,6	16,6	18,5	15,6
	10–20	26,9	20,9	20,9	18,0	20,2	17,2
	20–30	22,5	19,5	18,8	17,4	19,2	16,1

РОЗДІЛ 11. ЗАСТОСУВАННЯ ВАПНУВАННЯ В ОВОЧІВНИЦТВІ, САДІВНИЦТВІ І ЛУКІВНИЦТВІ

11.1. Вапнування ґрунту під овочеві культури

Під овочеву сівозміну відводять, як правило, ґрунти з меншою ґрунтовою кислотністю, ніж під інші польові сівозміни. А втім, вапнування в овочівництві має важливе значення. Пояснюється це тим, що багато з овочевих культур добре реагують на вапнування не тільки на сильнокислих ґрунтах, але й на ґрунтах з низькою кислотністю. Це такі культури, як капуста, буряки, бруква, салат, шпинат, селера. Менш вимогливі до вапнування огірки, морква, ріпа, перець, хрін; слабо реагують на вапнування редиска, редька, помідори.

При суцільному вапнуванні овочевих культур, які вирощують розсадою, різко знижується коефіцієнт використання вапна через значну віддаля між рослинами. Внесення вапнякового борошна в лунку у 2–3 рази скорочує його витрати.

Одна тонна вапнякового борошна, внесена по 50 г в лунки на середньокислому (рН сольове – 5) важкосуглинковому ґрунті учбового господарства Московського будинку агронома, збільшила врожай капусти сорту Слава на 80 ц/га, а внесення такої кількості вапнякового борошна врожай забезпечило 21 ц/га додаткового врожаю, і тільки 5 т/га цього вапнякового матеріалу при такому способі внесення підвищили врожай капусти додатково на 82 ц/га (А. І. Гуменюк, 1968).

Чималий ефект дає застосування вапна для боротьби з килою капусти. Це захворювання викликає паразитний грибок плазмодіофора, який уражає корені капусти та інших капустяних рослин (брукви, ріпи, редьки). У коренях він посилено розмножується, в результаті корені товстішають і набувають різної нетипової форми і величини. Рослини уражаються килою як в період вирощування їх у парниках і ґрунтових розсадниках, так і після висаджування в ґрунт.

На кислих ґрунтах капуста значно сильніше уражається килою, ніж на ґрунтах нейтральних. Одним із заходів боротьби з килою капусти, як ми вже згадували, є вапнування ґрунтів. Його розпочинають ще в розсадниках: на 1 м² вносять по 0,5–1,0 кг свіжогашеного вапна або в 1,5–2 рази більше вуглекислого вапна.

Крім цього, вапно потрібно вносити і при висаджуванні розсади. При суцільному внесенні його слід мати велику кількість цих вапнякових матеріалів – в межах 10 і більше тонн на гектар, а якщо вносити в лунки, то дози значно зменшуються.

При вапнуванні кислих ґрунтів збільшується урожай і якість столових буряків, брукви, огірків, моркви, цибулі та інших овочевих культур, підвищується вміст вітаміну С в капусті, огірках, помідорах, цибулі, а також вміст цукру в буряках, помідорах, огірках і цибулі.

11.2. Вапнування ґрунту під плодові і ягідні культури

На відведених під сад ділянках ще до садіння плодових дерев і ягідних культур потрібно провести ряд заходів щодо корінного поліпшення властивостей ґрунту. Кислі ґрунти слід вапнувати. Вапно під сад, який закладають в умовах Західного Лісостепу і Полісся, де переважають дерново-підзолисті, сірі, темно-сірі ґрунти та чорноземи опідзолені, слід вносити в повній дозі. На ділянках, де передбачено садити агрус і суницю, повні дози вапна можна зменшити на 25–30 %. Вапнувати ґрунт у відведених під сад ділянках потрібно не тільки для садових насаджень, але й для тих культур, які будуть посіяні в міжряддях.

Плодові культури неоднаково реагують на реакцію ґрунтового розчину. Наприклад, яблуні шкодить як кисла, так і лужна реакції, проте краще вона росте при слабокислій реакції. Вона дуже чутлива до кислотності ґрунту в молодому віці і менш реагує на неї в період плодоношення.

Груша стійкіша до реакції ґрунтового розчину. Нейтральної реакції вимагають агрус, черешня і вишня. Виняток становить слива, яка добре росте і на кислих ґрунтах.

Суниця реагує тільки на підвищену кислотність ґрунту. Тому вапнякові матеріали потрібно вносити в кількостях, які не перевищують повну норму за гідролітичною кислотністю, оскільки надлишкове вапнування, а також вапнування слабокислих ґрунтів може негативно вплинути на розвиток рослин суниці. Висаджувати суницю краще на провапнованих раніше ділянках ґрунту.

Малина переносить помірну кислотність, але на вапнування реагує позитивно. Вапнякові матеріали під малину вносять в половинних нормах за гідролітичною кислотністю.

Чорна смородина чутлива не тільки до підвищеної, але й до слабкої кислотності ґрунту. На Московській плодоягідній станції вапнування ґрунтів, які мали рН сольової витяжки 5,5 і нижче, завжди забезпечувало значні прирости врожаю – близько однієї тонни ягід, а на фоні мінеральних добрив – близько двох тонн на гектарі. Під смородину доцільно вносити повну норму вапна за гідролітичною кислотністю.

Агрус менш вимогливий до реакції ґрунту і успішно розвивається на слабо- та середньокислих ґрунтах. Вапнувати під цю культуру слід тільки сильнокислі ґрунти.

Вапнякові матеріали при садінні плодкових дерев потрібно перемішувати з усім ґрунтом, що є в посадочній ямі. Змішувати ґрунт потрібно не тільки з вапняковими матеріалами, але й з іншими добривами.

У тих випадках, коли плодкові дерева посаджені на непровапнованому ґрунті, рекомендується внести вапнякові матеріали під лопату в пристовбурні круги, а для куців їх вносять в бокові канавки.

У гірських районах сади розміщують на бурих лісових опідзолених буроземно-підзолистих та дерново-опідзолених ґрунтах, які характеризуються високою кислотністю, низьким вмістом увібраних основ та високою концентрацією рухомого алюмінію. Такі ґрунти потрібно вапнувати.

За даними Закарпатської сільськогосподарської дослідної станції, кращою нормою внесення вапна при садінні яблуні на буроземно-підзолистих середньосуглинкових ґрунтах є 0,25 норми за гідролітичною кислотністю на фоні органічних та мінеральних добрив. На плато та на невеликих схилах вносять вапно суцільно, а на схилах крутизною понад 15 градусів – в посадочну яму потрібно внести, добре перемішавши його з ґрунтом: під яблуню – 2–3 кг, під грушу – 1,5–2, під сливу і вишню 1–1,5, під кущ смородини – 0,5–1,0, під кущ агрусу і суниці – по 0,1–0,2 кг на фоні добрив. Щорічний сумарний приріст однорічних пагонів від внесення 0,25 норми вапнякових матеріалів (на фоні органічних і мінеральних) суцільним способом перед садінням дерев на 64 % більший порівняно з контролем (без добрив і вапна) і на 17 % – з фоном (2,5 кг гною, 0,6 кг фосфатшлаку, 350 г суперфосфату, 180 г калійної солі в посадочну яму). Довжина однорічного пагона на цьому варіанті досягла 126 % порівняно з контролем і 116 % – з фоном. Товщина штамба збільшилася відповідно на 23 та 5 %.

Вапнування сприяє кращому розвитку не тільки надземної частини, але й кореневої системи. На ділянках з внесенням 0,25 н. г. к. вапна на фоні добрив коренева система мала найбільшу довжину і була розташована глибше і рівномірніше в горизонтальному та вертикальному напрямках.

На дернових опідзолених ґрунтах низинної зони внесення вапна в 0,5 н. г. к. підвищило врожай яблук сорту Джонатан на 13 % порівняно з фоном. Одночасно з нейтралізацією кислотності вапно позитивно впливає на структуру та фізичні властивості, а також на біохімічні процеси в ґрунті. Зміни в родючості ґрунту із збільшенням поживних речовин позитивно впливає на розвиток плодкових дерев, внаслідок чого плоди стають більш смачними, яскравішого кольору і містять більше сахарози.

На піщаних і супіщаних ґрунтах доцільно застосовувати вапнякові матеріали, які мають в своєму складі магній. Якщо вапнякові матеріали не були внесені до садіння саду, потрібно внести їх в посадочні ями.

11.3. Вапнування у луківництві

На Поліссі та в передгірних і гірських районах Карпат велику питому вагу в складі сільськогосподарських угідь мають луки, зокрема суходільні. Ґрунтовий покрив поліських суходільних лук на великих площах представлений кислими дерново-глейовими ґрунтами, на яких ростуть трави низької кормової якості – мичка, щучник, ситник і навіть осока. Поверхнєве поліпшення таких лук шляхом підсіву конюшини, тимофіївки, лисохвосту та інших високопродуктивних трав не дає належного ефекту, бо ці трави швидко випадають.

Дієвим заходом поліпшення таких лук є вапнування. Після внесення вапна на них різко змінюється травостій, з'являються цінні бобові та злакові трави, значно підвищується врожай сіна. Після вапнування на таких луках можна з успіхом підсівати цінні трави, зокрема конюшину, яка добре розвивається протягом трьох-чотирьох і навіть шести років. За даними дослідів, у Білорусії і Російській Федерації природи врожаю трав від вапнування кислих ґрунтів лук становили 10–16 ц/га високоякісного сіна. Досліди, проведені на Козаровицькій дослідній станції, показали, що навіть на заплавних луках Дніпра, де залягають порівняно слабокислі дернові супіскові ґрунти, вапнування ефективне, природи врожаю трав від внесення 5 т/га мергелю становили в середньому за два роки 10 ц/га сіна (Г. М. Самбур, А. І. Гуменюк, С. О. Скорина, І. А. Власюк, 1972).

Таблиця 81

Відношення різних видів багаторічних трав до реакції ґрунту і вапнування

Вид	Оптимальний інтервал рН водної витяжки	Відношення до високого вмісту рухомих форм		Реакція до недостачі доступних форм молібдену в ґрунті	Реакція на борні добрива при вапнуванні	Ефектив- ність вапну- вання
		алюмінію	марганцю			
Конюшина:						
червона	6,8–7,5	дуже чутлива		дуже висока		
рожева	6,0–7,5	чутлива		висока		
біла	5,0–6,5	відносно стійка		-//-		середня
Люцерна	6,8–7,6	дуже чутлива		дуже висока		
Буркун білий	6,8–7,5	чутливий		висока		середня
Еспарцет	6,8–7,5	чутливий		висока		середня
Тимофіївка лучна	5,0–6,5	відносно стійка		помірна		ефективні високі норми вапна
Вівсяниця лучна	6,0–7,5	чутлива		помірна		
Лисохвіст лучний	5,3–6,0	чутливий		помірна		середня
Грястиця збірна	6,0–7,5	чутлива		висока		висока
Стоколос безостий	6,0–7,5	відносно стійкий		середня		середня

Деяка частина торфових боліт Полісся, зокрема на півночі Західного (Волинського) Полісся мають кислу реакцію торфових ґрунтів. При освоєнні осушених торфовищ під луки чи польові культури не можна обійтись без вапнування. В торфі часто містяться отруйні для культурних рослин закисні сполуки заліза та інших елементів, що призводять до загибелі посівів (плямами). Найбільш дієвим заходом усунення цих шкідливих сполук є проведення вапнування.

Вапнування ґрунтів лук і пасовищ справа є дуже складна, так як на них проростає більше 100 видів трав'янистих рослин, які дуже відрізняються між собою за біологічними вимогами (табл. 81).

В дослідях Всесоюзного інституту кормів Російської Федерації на сильно кислому (pH_{KCL} 4,3) дерново-підзолистому ґрунті вапнування доломітовим борошном в нормі по 0,5 і 1,0 г. к. в поєднанні з фосфорно-калійними добривами суттєво підвищило врожайність як бобових, так і злакових компонентів (табл. 82), але знижувало вміст мікроелементів в нормі: міді приблизно – на 5 %, цинку – на 13 %, марганцю – в 2,5 рази.

Таблиця 82

Вплив вапна на врожайність основних груп бобово-злакового пасовища, т/га

Варіант	Врожайність сухої маси, т/га			Вміст біологічних видів в урожаї, %		
	бобо-вих	злаків	різно-трав'я	бобо-вих	злаків	різно-трав'я
$P_{60}K_{60}$	0,97	1,99	0,06	32,1	65,9	2,0
$P_{60}K_{60}$ + вапно, 3,5 т/га	1,44	2,61	0,05	35,1	63,5	1,4
$P_{60}K_{60}$ + вапно, 7,0 т/га	1,68	2,93	0,04	36,1	63,0	0,9

У дослідях цього ж інституту вапнування не тільки підвищувало врожайність трав на 0,43–0,92 т/га, але й сприяло збільшенню в травостой кількості бобових і цінних злакових трав, внаслідок чого поліпшилася якість сіна (табл. 83).

Застосування вапнякових матеріалів на луках і пасовищах особливо актуальне в передгірних і гірських районах Карпат, де поширені кислі дернові опідзолені, дерново-підзолисті глейові, буроземні та буроземно-підзолисті ґрунти, які містять значну кількість рухомого алюмінію.

Вплив вапнування на хімічний склад сіна, %

Варіант	Протеїн	Білок	P ₂ O ₅	CaO
Контроль (без вапна)	9,98	8,53	0,27	1,02
Вапно, 0,75 н. г. к.	11,98	9,27	0,45	1,45

Вапнування там потрібне не тільки як захід для підвищення родючості ґрунтів, але й як спосіб підвищення якості кормів, бо в умовах Карпат трави (та й інші кормові культури) відносно бідні на кальцій, магній і фосфор, що негативно позначається на здоров'ї тварин і їх продуктивності. У зв'язку з цим К. І. Хрестецький (1970) вказує про досліді Віхтмана (ФРН), за даними яких годівля корів кормами, одержаними з провапнованих ґрунтів, сприяє підвищенню жирності молока і кращому заплідненню тварин. У цих дослідях корми, вирощені на ґрунтах, які мають рН сольової витяжки менше 5, забезпечували в середньому 3,5 % вмісту жиру в молоці, а корми, вирощені на ґрунтах, рН яких становило 6,5, – близько 4,2 %.

Про високу ефективність вапнування на сіножатях і пасовищах гірських районів Карпат свідчать дані дослідів Гірсько-Карпатської сільськогосподарської дослідної станції (І. Н. Несміян, Г. М. Степаницька, 1968). Там вивчали на бурому лісовому ґрунті (рН сольове 4,4–4,5) вплив сумісного застосування вапна і мінеральних добрив на врожай трав пасовища. Одержані результати дослідження вказують на те, що внесення вапна в поєднанні з мінеральними добривами поверхнево в перші роки було малоефективне і лише, починаючи з третього року дії, воно забезпечило приріст зеленої маси трави 34,1 ц/га.

На підставі узагальнення результатів досліджень з застосування вапнякових матеріалів для підвищення продуктивності природних кормових угідь відомо, що для вапнування лук і пасовищ можна застосовувати сиромелений вапняк, гашене і негашене вапно, мергель, доломіт, мармуроподібні вапняки, а також вапняні відходи промисловості.

З досвіду проведення вапнування доведено, що краще вносити вапнякові матеріали на тих ділянках лук і пасовищ, де проведено корінне поліпшення шляхом переорювання і висівання трав. При переорюванні лук

або пасовищ вапнякові матеріали будуть краще змішуватися з товщею ґрунту, внаслідок чого більш повно проявиться дія вапна.

Дослідження способів вапнування на суходільних луках показують, що надвишка врожаю при поверхневому внесенні вапнякових матеріалів становить 5,2 ц/га, при внесенні перед оранкою – 9,7 ц/га, а при внесенні їх під посів вико-вівсяної сумішки, під яку підсівали трави, – 10,9 ц/га сіна. Внесені вапнякові матеріали на луках або пасовищах діють протягом 9–12 років.

Найкращими дозами внесення вапнякових матеріалів на суглинкових ґрунтах лук або пасовищ при переорюванні і висіві трав є 3–4 т/га у чистому карбонаті кальцію, а на супіщаних ґрунтах і на торфових болотах – 1,5–2 т/га. Якщо луки не переорюються, вапнякові матеріали можна вносити невеликими дозами (8–10 ц/га) на поверхню ґрунту разом з мінеральними добривами і заборонувати. Проте такий спосіб внесення менш ефективний, ніж внесення вапна перед оранкою.

Якщо вапнякові матеріали не вносити перед оранкою під сівбу травосумішки, то їх можна вносити в рядки під час висіву трав. Для цього вапнякові матеріали в кількості 3–5 ц/га змішують з насінням трав, особливо при висіві бобових трав рядковою сівалкою. Внесене в рядки вапно буде обумовлювати кращий ріст і розвиток молодих рослин, які в цей час найбільш чутливі до кислотності ґрунту.

Слід відзначити, що малі норми вапна, внесеного в ґрунт, діють тут, як і на польових землях, короткочасно.

У поліських районах часто доводиться під орні землі відводити площі, які недавно вийшли з-під лісу чи після викорчовування чагарників. Ґрунти на таких ділянках мають переважно високу кислотність, а в ряді випадків вони і перезволожені. Освоїти такі землі і одержати на них високі і сталі врожаї можна лише внаслідок вапнування. Проте високі дози вапнякових матеріалів, хоч і дають значний приріст врожаю, призводять до швидкого розкладу нагромаджених органічних речовин. Тому на таких ділянках встановлену норму вапнякових матеріалів слід вносити періодично протягом кількох років.

Луки і пасовища гірських районів і високогірних Карпат розташовані в основному на ґрунтах, про які раніше ми уже згадували: характеризуються високою кислотністю ґрунту, рН сольової витяжки цих ґрунтів коливається в межах 3,0–4,9, показник гідролітичної кислотності

становить від 7,5 до 15 мг-екв. на 100 г ґрунту, вміст рухомого алюмінію нерідко становить близько 50 мг на 100 г ґрунту. Поліпшити фізико-хімічні властивості цих ґрунтів, а разом з тим і поліпшити якість травостою лук і пасовищ можна шляхом нейтралізування ґрунтової кислотності цих ґрунтів. Про ефективність вапнування ґрунту на гірських луках Карпат свідчать результати дослідів І. Н. Губаря, проведених у Вижицькому районі Чернівецької області (табл. 84).

Таблиця 84

Вплив вапнування на врожай сіна на луках гірсько-лісового поясу

Варіант	В середньому за 2 роки, ц/га	Приріст врожаю	
		ц/га	%
Без добрив – контроль	19,9	–	–
Сиромелений вапняк, 3 т/га	23,2	3,3	17
NPK по 45 кг/га	27,3	7,4	37
NPK по 45 кг/га + сиромелений вапняк, 3 т/га	29,5	9,6	48

З даних цієї таблиці видно, що від внесення 3 т/га сиромеленого вапняку одержано приріст врожаю сіна на 3,3 ц/га, або 17 %. Внесення такої дози сиромеленого вапняку разом з мінеральними добривами підвищило врожай на 2,2 ц/га порівняно з ділянкою, де внесено тільки мінеральні добрива.

Дози внесення вапнякових матеріалів залежать від цілей, для яких їх застосовують. Якщо проводити вапнування на луках і пасовищах для поліпшення їх травостою, то досить вносити невеликі дози (1,5–2 т/га) один раз в 4–5 років. Якщо ми хочемо провести меліорацію кислих ґрунтів і поліпшити їх фізико-хімічні властивості, то дози вапнякових матеріалів потрібно збільшувати до 3–4 т/га. На луках, які покриті мохом, хвощем, щавелем, доцільно вносити гашене вапно в кількості 4–7 ц/га.

Слід відзначити, що вапнування лук без внесення мінеральних або органічних добрив дає незначний ефект. Найкраще вносити вапнякові матеріали восени.

РОЗДІЛ 12. ЕКОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ КИСЛИХ ҐРУНТІВ

Негативний вплив підвищеної кислотності в найбільшій мірі проявляється на бідних за природною родючістю ґрунтах (дерново-підзолистих, ясно-сірих і сірих лісових) з низьким вмістом гумусу, азоту та доступних для рослин форм фосфору, калію, кальцію. Ефективність застосування добрив на таких ґрунтах є дуже низькою. Встановлено, що за оптимальних умов окупність 1 кг діючої речовини NPK становить біля 10 кг зерна, а на сильно кислих не більше 4 кг. У культурі інтенсивного землеробства ці ґрунти піддаються вторинному підкисленню і декальцинації під впливом застосування мінеральних добрив, випадання кислих дощів, порушення структури сівозміни (висока насиченість культурами, що виносять з урожаєм значну кількість кальцію і призводить до декальцинації ґрунту). Саме тому, єдиним шляхом оптимізації кислотно-основного режиму та отримання високих і сталих врожаїв сільськогосподарських культур є їх хімічна меліорація (вапнування), внесення органічних і мінеральних добрив.

Наявність значної кількості кислих ґрунтів у західному регіоні України призводить до того, що господарства щорічно нехтуючи необхідністю проведення хімічної меліорації ґрунтів не доотримують продукції основних сільськогосподарських культур, в перерахунку на зерно – більше як 60 тис. тонн.

Висока концентрація водневих іонів H^+ в природних умовах може виникати через гідроліз сполук алюмінію, вміст якого у земній корі досить високий, а також в умовах розкладу свіжих рослинних решток, багатих на вуглеводи. За низьких значень pH у ґрунті зростає розчинність деяких важких металів та радіонуклідів, і зокрема Al, Mn, Sr та Fe, що супроводжується підвищеною концентрацією рухомих форм названих елементів. Катіони водню і цих металів, активно взаємодіючи з вбирним комплексом, витісняють з нього іони Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ . Це веде до утворення ненасичених на основи ґрунтів. Як правило, такі ґрунти характеризуються і несприятливими агрофізичними властивостями, зокрема безструктурністю, злистістю, низькою аерацією та фільтрацією (Г. А. Мазур, 2008).

Враховуючи значну розповсюдженість кислих ґрунтів, важливість екологічної і соціальної значимості застосування агрозаходів з підвищення їх родючості та запобігання деградації є безперечною. Сталий розвиток землеробства на кислих ґрунтах можливий лише за умови постійного збереження та відтворення їх родючості. Це передбачає необхідність дієвого і систематичного контролю стану родючості, реакції середовища, основних властивостей та режимів.

Об'єктивну інформацію про стан саморегулюючих систем ґрунту, їх направленість та інтенсивність залежно від антропогенних факторів, можна отримати у базових стаціонарних дослідках. Одним із таких є тривалий стаціонарний дослід закладений в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН у 1965 р. на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті з різними дозами та співвідношеннями мінеральних добрив, гною і вапна.

У проведених дослідженнях на ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах вапнування ґрунту при вирощуванні культур без добрив сприяло зниженню гідролітичної кислотності в період найбільшої активності вапна (кінець V ротації) – до 2,2 мг-екв/100 г ґрунту, вміст сполук рухомого алюмінію знизився до 0,39 мг/100 г ґрунту, показник pH_{KCl} зріс до 5,3 проти 4,1 без вапнування. На кінець VI ротації (11-ий рік післядії вапна) гідролітична кислотність становила 2,22 мг-екв/100 г ґрунту, вміст сполук рухомого алюмінію 0,53 мг/100 г ґрунту, pH_{KCl} – 5,09. На 15-ий рік післядії (кінець VII ротації) гідролітична кислотність зросла до 3,06 мг-екв/100 г ґрунту, показник pH_{KCl} знизився до 4,8, а вміст сполук рухомого алюмінію становив 1,03 мг/100 г ґрунту. Отже, на ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах меліоративний ефект від вапнування максимально проявляється перших сім років.

Нейтралізуюча здатність вапна перебуває у тісній залежності не тільки від величини і ступеня кислотності ґрунту, інших його властивостей, але й від системи удобрення культур. Виходячи із хімічного складу, добрива по-різному впливають на кислотність та інші властивості ґрунтового розчину і вбирний комплекс ґрунту. Вміст у 1 т гною великої рогатої худоби 4,5–5,0 % CaO позитивно впливає на властивості кислих ґрунтів. Внесення 10 т/га гною за ротацію сівозміни спричинило зниження сполук рухомого алюмінію на кінець VII ротації до 1,45 мг/100 г ґрунту, гідролітичної кислотності до 3,55 мг-екв/100 г ґрунту, показник pH_{KCl}

становив 4,7. Ця ж норма гною на фоні післядії 15-ого року періодичного вапнування 1 н CaCO_3 за г.к. знизилася вміст сполук рухомого алюмінію до 0,09 мг/100 г ґрунту, гідролітичну кислотність до 2,89 мг-екв/100 г ґрунту, показник pH_{KCl} зріс до 5,0 проти відповідних показників контролю без добрив: 5,38 мг/100 г ґрунту, 4,48 мг-екв/100 г ґрунту і 4,3 показник pH_{KCl} .

За органо-мінеральної системи удобрення вапно впливало на гідролітичну кислотність по ротаціях у такій динаміці: 2,2 (кінець V-ої), 2,33 (кінець VI-ої) і 3,28 мг-екв/100 г ґрунту (кінець VII-ої). При цьому показник pH_{KCl} становив 5,6 (кінець V-ої), 5,34 (кінець VI-ої) і 4,9 (кінець VII-ої); вміст сполук рухомого алюмінію за тих умов становив 0,37 (кінець V-ої), 0,46 (кінець VI-ої) і 0,95 мг/100 г ґрунту (кінець VII-ої). Наведені дані свідчать про високу ефективність поєднання в сівозміні мінеральних і органічних добрив, які створюють на фоні вапнування найкращі умови для виявлення позитивного ефекту кожним з компонентів системи.

Внесення на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті самих мінеральних добрив не тільки неефективне, але погіршує кислотно-основні властивості. Показник pH_{KCl} знижується до 3,9-4,1, гідролітична кислотність зростає до 5,62-6,4 мг-екв/100 г ґрунту, вміст сполук рухомого алюмінію до 13,2 мг/100 г ґрунту.

Таким чином, аналіз динаміки гідролітичної кислотності та сполук рухомого алюмінію залежно від вапнування за різних систем удобрення сільськогосподарських культур засвідчує регульовальну та відновлювальну роль хімічної меліорації у відтворенні родючості ґрунтів, яка не може бути замінена іншими заходами.

При внесенні вапна кількість доступного для рослин фосфору значно збільшується як за рахунок вивільнення його з органічних речовин ґрунту, так і внаслідок витіснення кальцієм заліза й алюмінію з важкорозчинних фосфатів і утворення фосфатів кальцію, доступність яких для рослин вища.

У дослідженнях Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН 45-ти річне використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту з вихідним pH_{KCl} 4,3 без добрив супроводжується зростанням вмісту сполук рухомої міді у верхніх шарах ґрунту до 3,26–3,49 мг/кг ґрунту, що перевищує ГДК на 0,26–0,49 мг/кг ґрунту. За довготривалого внесення подвійної дози мінеральних добрив pH_{KCl} становив 3,9–4,1 вміст сполук рухомої міді підвищився до 5,62–5,77 мг/кг ґрунту. Дана доза добрив на фоні вапнування в умовах ясно-сірого лісового

грунту, підвищуючи pH_{KCl} до 5,2–5,4, знижує вміст сполук рухомої міді до 2,65–2,70 мг/кг ґрунту. Це свідчить про те, що як інтенсивне мінеральне удобрення кислого сірого лісового ґрунту з низьким вмістом гумусу, так і використання його без добрив, супроводжуючись подальшим підкисленням (до pH_{KCl} 3,7–4,0), є екологічно небезпечним, адже мідь у високих концентраціях може проявити токсичну дію, яка за даними вчених вдвічі більша за цинк.

Систематичне внесення добрив та періодичне вапнування формують високий і сталий рівень ефективної родючості ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту. В найбільшій мірі азотний режим покращується за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування. При цьому вміст легкогідролізного азоту підвищується до 132–146 мг/кг ґрунту проти 113 мг/кг на контролі без добрив. Вміст легкодоступних фосфатів за цих умов зростає до 204–210 мг/кг ґрунту.

В умовах ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту висока концентрація сполук рухомого алюмінію зв'язує фосфор ґрунту у важкодоступні форми, тому вміст легкодоступних сполук фосфору є невисоким і становить на контролі без добрив 58,0–59,0 мг/кг ґрунту. В найбільшій мірі – до 204–210 мг/кг ґрунту зростає вміст легкодоступних фосфатів в орному шарі ґрунту у варіанті сумісного внесення високих доз добрив на фоні вапнування. За сумісного внесення 10 т на гектар сівозмінної площі гною, повної дози NPK на фоні післядії вапнування вміст легкодоступних фосфатів зростає до 146–164 мг/кг ґрунту.

Ступінь окультуреності, зокрема, тривале систематичне удобрення та вапнування, позитивно впливають на вміст обмінного калію в ґрунті, підвищуючи його до 196–235 проти 68,0 мг/кг на контролі без добрив.

Органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування в найбільшій мірі сприяє швидкому поліпшенню ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту, своєрідною діагностичною ознакою чого є покращання якісного складу гумусу. При сумісному внесенні у сівозміні 10 т/га гною, повної норми мінеральних добрив $N_{65}P_{68}K_{68}$ на фоні післядії вапнування вміст гумусу на кінець VIII ротації зростає до 1,91% проти 1,50% на контролі, а груповий склад покращується до 0,83 проти 0,63 на контролі без добрив за рахунок підвищення вмісту гумінових кислот. При цьому у фракційному складі зростає вміст гумінових кислот ГК-2, зв'язаних з кальцієм та негідролізованого залишку.

За тривалого застосування мінеральної системи удобрення груповий склад гумусу формується на рівні контролю без добрив, а у фракційному – зростає вміст рухомих фульвокислот, що спричиняють подальшу його фульватизацію і зниження співвідношення $C_{гк} : C_{фк}$ до 0,41 за рахунок підвищення вмісту вуглецю фульвокислот до 0,63%. Оскільки фульвокислоти характеризуються більшою рухомістю та здатністю утворювати із залізом, алюмінієм, марганцем комплексні сполуки, токсичні для рослин, що характерно для поверхнево перезвожених та підзолистих ґрунтів, то в цьому випадку ми можемо констатувати суттєве погіршення якості гумусу, що веде до втрати структури і деградації ґрунту.

Дослідження в умовах довготривалого стаціонарного досліді показали, що вагомим чинником покращання екологічного стану ґрунту є включення у сівозміну конюшини лучної. За дворічний період вегетації конюшина лучна накопичує 5–6 т/га корневих решток і фіксує 140–250 кг/га азоту повітря. Заорювання зеленої маси II-го укоси конюшини лучної в умовах тривалого стаціонарного досліді мало вирішальний вплив на формування балансу гумусу в цілому. Модельними лабораторно-польовими досліді встановлено, що коефіцієнт гуміфікації конюшини лучної становить 0,25 проти 0,17 виходу гумусових речовин при заорюванні соломи пшениці озимої. Заорювання органічної маси II-го укоси конюшини лучної сприяло інтенсифікації процесів гуміфікації по всіх варіантах досліді, однак у більшій мірі орґано-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування, що й сприяло формуванню значного позитивного балансу гумусу за ротацію.

Вапнування ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту, внесення гною, а також сумісне внесення гною, вапна та мінеральних добрив сприятливо впливає на загальну біологічну і протеазну активність зокрема. У варіантах контролю без добрив та інтенсивного мінерального удобрення протеазна активність ґрунту є найнижчою і становить 1,8–2,0%, у варіанті внесення гною на фоні вапнування та орґано-мінеральної системи удобрення протеазна активність зростає у чотири рази порівняно із контролем. Загальна біологічна активність також найнижча у варіанті мінерального удобрення та на контролі – 11%. Найвища 50–55% у варіантах органічної та орґано-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування. Мінеральна система удобрення на фоні вапнування підвищує загальну біологічну активність до 19,6%.

РОЗДІЛ 13. ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЙ ВАПНУВАННЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ

13.1. Агроєкологічні підходи до технологій вапнування кислих ґрунтів

Сучасні тенденції розвитку світового сільського господарства переконливо свідчать про те, що водночас із завданням забезпечення населення продуктами харчування необхідно вирішувати і проблему захисту довкілля, збереження біорізноманіття, відтворення родючості ґрунтів. Час інтенсивного використання людством створених природою запасів органічної речовини, поживних елементів, енергетичного матеріалу поступово минає. Суспільство усвідомлює, що без дбайливого ставлення до оточуючого середовища та відновлення ресурсів, що використовуються, можна дійти до крайньої межі, за якою нас чекає катастрофа глобального масштабу.

Саме тому актуальним постає питання щодо розробки сучасної стратегії використання ґрунтів, вдосконалення управління родючістю і продуктивністю агроценозів в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах на принципах охорони природних ресурсів, посилення процесів саморегуляції, відновлення сталого функціонування агроєкосистем та забезпечення високого рівня ресурсозбереження.

Тому всі елементи і технології землеробства треба переглянути через призму родючості ґрунту – відкинути ті, які надмірно її виснажують і, навпаки, задіяти ті, що збагачують або ощадливо використовують родючість (В. В. Медведєв, 2002). Такий підхід особливо актуальний для кислих ґрунтів, бідних за рівнем природної родючості, високопродуктивне використання яких можливе лише за умови зниження кислотності ґрунтового розчину шляхом хімічної меліорації, а також внесення гною. Вапнування як засіб докорінного покращання кислих ґрунтів особливо актуальне в умовах приватного агрогосподарювання та ринкової економіки, бо крім безпосереднього підвищення врожайності та ефективності добрив, воно має важливе природоохоронне значення, знижуючи надходження в рослинницьку продукцію радіонуклідів і важких металів.

Світова практика землеробства і дані дослідних установ свідчать, що кожна тонна вапняного добрива дає на сильно і середньо кислих ґрунтах за

весь час своєї дії (близько 10 років) приблизно 10 ц додаткового врожаю в перерахунку на зерно (Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко, 2004).

Разом з тим, традиційна технологія хімічної меліорації в умовах ринкової економіки є досить енерговитратною. Тому на сьогодні потрібні принципово нові підходи до вирішення проблеми хімічної меліорації кислих ґрунтів з обов'язковим переходом на ресурсозберігаючі технології (Р. С. Трускавецький, С. А. Балюк, Ю. Л. Цапко та ін., 2000).

В останні роки спостерігається тенденція до збільшення обсягів внесення вапнякових меліорантів на кислих ґрунтах. Проте, сам підхід і до окультурювання та підвищення родючості кислих ґрунтів вимагають істотних змін, як в методологічному, так і технологічних напрямках.

Акцент у вирішенні проблеми агроєкології кислих ґрунтів на сучасному етапі слід поставити на необхідність суттєвого зменшення матеріально-енергетичних витрат, ніж це передбачено застарілими технологічними прийомами, не допускаючи еколого-економічної шкоди при вирощуванні сільськогосподарських культур (Р. С. Трускавецький, 2003).

Технологія корінної меліорації, при якій доза CaCO_3 розраховується за гідролітичною кислотністю, можлива тільки на сильно забруднених ґрунтах, а також за наявності в господарстві ґрунтів із сильно- та дуже сильнокислою реакцією. При цьому слід звернути увагу не тільки на вихідний рівень кислотності, але й на здатність ґрунту протидіяти вторинному підкисленню, тобто на їх рН-буферність. Стійкість до підкислення є важливою екологічною характеристикою ґрунту, і саме ця стійкість визначає вірогідність виникнення небезпечних явищ на кислих ґрунтах: надмірне накопичення NO_3 та його вимивання, емісія CO_2 з ґрунту, надмірна мінералізація органічної речовини (Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко, 1999).

Традиційна технологія хімічної меліорації кислих ґрунтів, при якій доза CaCO_3 розраховується за гідролітичною кислотністю передбачає внесення вапняних меліорантів (4–7 тонн вапна на 4–5 років) врозкид по поверхні ґрунту з наступним заорюванням. Як правило, внесення меліорантів здійснювалось у два і більше проходів сільськогосподарської техніки, що робило цей агрозахід економічно не вигідним. Суцільна хімічна меліорація всього орного шару призводила до значних втрат вапна, які сягали щорічно 500 кг/га і відповідно до забруднення довкілля. Крім цього

передбачалося щорічно вносити на 1 га сівозмінної площі 14–16 т органічних добрив та $N_{90}P_{60}K_{120}$ за діючою речовиною на всю орну масу ґрунту.

Дана технологія відтворення родючості кислих ґрунтів призводить до низькоефективного використання дефіцитних і коштовних удобрювальних ресурсів, можливого забруднення та значних енергетичних і матеріальних витрат.

За “компенсуючою” або підтримувальною меліорацією внесенням відносно високих доз вапна рН ґрунту нейтралізують до заданого рівня.

Другий етап передбачає проведення безпосередньо заходів із підтримувального вапнування, при цьому дози вапна у порівнянні з традиційною технологією зменшуються у декілька разів. При щорічному внесенні невисоких доз вапна відбувається стабілізація рН ґрунту на досягнутому рівні. Цю технологію доцільно застосовувати як з метою запобігання вторинного підкислення, викликаного внесенням мінеральних добрив, так і з метою заощадження коштів (табл. 85).

Таблиця 85

Дози $CaCO_3$ в залежності від $pH_{(KCl)}$ та гранулометричного складу ґрунту (чисельник – традиційна технологія, знаменник – “підтримуюча”)

Ґрунт	pH_{KCl}					
	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4
Супіщаний	<u>3,5</u>	<u>3,0</u>	<u>2,5</u>	<u>2,5</u>	<u>1,5</u>	<u>1,5</u>
	6,7	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3
Легкосуглинковий	<u>4,5</u>	<u>4,0</u>	<u>3,5</u>	<u>3,0</u>	<u>2,5</u>	<u>2,5</u>
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5
Середньосуглинковий	<u>5,5</u>	<u>5,0</u>	<u>4,5</u>	<u>4,0</u>	<u>3,5</u>	<u>3,0</u>
	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
Важкосуглинковий	<u>6,5</u>	<u>6,0</u>	<u>5,5</u>	<u>5,0</u>	<u>4,5</u>	<u>4,0</u>
	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8

Важливим ланцюгом ресурсозбереження є фітомеліорація. Вона базується на включенні і розташуванні у сівозміні рослин-кальціфілів, що толерантні до підвищеної кислотності ґрунтового розчину. До культур, що вирощуються на кислих ґрунтах належать люпин, середела, картопля, овес, льон, морква, жито озиме, просо та інші культури, що за своїми

фізіологічними особливостями адаптовані до підвищеної кислотності ґрунтового розчину.

На сірих лісових ґрунтах та чорноземах опідзолених з близьким заляганням лесів у систему чергування культур обов'язково включають такі фітомеліоранти як конюшина, люцерна, люпин, які здатні поліпшувати кислотно-лужну рівновагу за рахунок “перекачування” кальцію з нижніх шарів ґрунту у верхні.

Під впливом вирощування адаптивних до ґрунтового середовища культур в поєднанні з “компенсуючою” хімічною меліорацією, системою удобрення та структурою сівозмін, поступово покращуються фізико-хімічні властивості ґрунту та зростає продуктивність землеробства.

13.2. Локальна меліорація

За сучасних умов потрібні принципово нові підходи до вирішення проблеми меліорації кислих ґрунтів з обов'язковим переходом на ресурсозберігавальні технології.

Базуючись на світовому та вітчизняному досвіді, в ННЦ “Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського” розроблено ресурсо- та енергозберігаючу технологію локальної меліорації кислих ґрунтів, або технологію “комфортних ґрунтових осередків” (Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко, 2004).

Технологія локальної меліорації не передбачає кардинальної зміни кислотно-основної природи ґрунту. Суть даної технології полягає в тому, що шляхом підбору адаптованих до кислого середовища сільськогосподарських культур, локального застосування органо-мінеральних добрив комплексної дії та формування висококомфортних для розвитку кореневої системи рослин осередків у кореневмісному шарі ґрунту усувається потреба у здійсненні коштовної хімічної меліорації за традиційною технологією, що передбачає надто високі нормативи внесення вапна. Внаслідок застосування технології локальної меліорації кислих ґрунтів у кореневмісному шарі ґрунту створюються гетерогенні за фізіологічними потребами рослин мікрозони щодо реакції ґрунту, трофності, вологості, теплоємності тощо. Коренева система рослин залежно від їх біології сама знаходить найбільш комфортну для себе екологічну нішу в ґрунтовому середовищі. Завдяки даній технології витрати

енергетичних та матеріальних ресурсів на меліорацію кислих ґрунтів зменшуються у 3–4 рази.

Згідно з цією технологією меліорується, або окультурюється, не вся орна маса ґрунту, а тільки її невелика частка на межі орного і підорного шарів. Саме тут створюються локальні висококомфортні для розвитку кореневої системи стрічки (осередки) діаметром 7–10 см з міжстрічковою відстанню 35 см. Формування високородючих ґрунтових стрічок здійснюється за допомогою спеціально заготовленого орґано-мінерального комплексного добрива (ОМКД), яке має високі адсорбційно-десорбційні і буферні характеристики. Воно компонується з добре гуміфікованих органічних матеріалів (перегною, торфу, сапропелю, вермикомпосту тощо), до яких вносять мінеральні добрива (аміачну селітру, сульфат амонію, вуглеамонійні солі (ВАС), суперфосфат, фосфоритне борошно, калімагнезію і т. ін.) та меліоруючі добавки (вапно, лесову породу, дефекат, гіпс, фосфогіпс тощо). При створенні ОМКД враховують агрохімічні та агрофізичні властивості конкретного ґрунту та особливості вирощування сільськогосподарських культур. У невеликому об'ємі оброблюваного ґрунту створюють найсприятливіші умови для розвитку рослин.

Локальне внесення ОМКД належить до основного внесення, а локально меліорований ґрунт є фоном, на тлі якого здійснюються всі інші технологічні операції. Технологія локальної меліорації не виключає при тому припосівного внесення добрив під час сівби або садіння певної культури, що сприяє поліпшенню живлення рослин у початковий період їх росту та розвитку.

Проведені дослідження на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся показали високу ефективність технології локальної меліорації, екологічні та економічні переваги якої перед традиційною технологією є надто високими. При цьому вимивання кальцію, елементів живлення рослин та органіки з лізіметричними водами зменшувалося на 35–45% в порівнянні з традиційною технологією.

13.3. Розрахунок витрат меліоранту за рН-буферністю

Розрахунок кількості меліоранту за гідролітичною кислотністю призводить до перевапнювання ґрунтів, внаслідок чого різко погіршуються їх фізико-хімічні властивості, знижується засвоєння поживних речовин. Зайва витрата вапнякових матеріалів веде до погіршення екологічної рівноваги навколишнього середовища. Крім цього, цей метод не враховує повністю основних властивостей ґрунтів, що значно впливають на потребу їх у вапні (вміст гумусу, гранулометричний склад, вміст обмінних основ). У розроблених раніше рекомендаціях пропонувалося вносити на слабокислих ґрунтах 3–4 т вапна на 1 га і на середньокислих – 5–6 т/га. Така традиційна технологія хімічної меліорації кислих ґрунтів, яку застосовували ізольовано від загальної системи відтворення їх родючості, є нерентабельною і енерговитратною.

За сучасних умов потрібні принципово нові підходи до вирішення проблеми меліорації кислих ґрунтів з обов'язковим переходом на ресурсозбережувальні технології (С. А. Балюк, Р. С. Трускавецький, О. І. Ромащенко, 2010)

Розрахунок витрат меліорантів за рН-буферністю позбавлений багатьох недоліків. Основними факторами, які впливають на рН-буферність ґрунту і відповідно підвищують його стійкість до негативного впливу антропогенних навантажень, є стан вбирного комплексу, зокрема, насиченість ґрунту обмінним кальцієм і магнієм. Значний вплив на встановлення кислотно-лужної рівноваги має домінуючий в складі кислого ґрунту алюміній.

Метод встановлення доз вапна за рН-буферністю дозволяє врахувати особливості щодо реакції ґрунту всіх сільськогосподарських культур, які вирощують у сівозміні, відповідно до їх вимог стосовно актуальної кислотності. рН-буферність ґрунту може бути визначена за методикою, поданою ННЦ “Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського” (Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко, 1999).

Зазначений метод базується на вимірюванні зміни рН ґрунто-вої суспензії внаслідок додавання серії зростаючих доз кислоти та луку. Одержана крива рН-буферності є основою для нормативного прогнозування потреб хімічної меліорації. Буферність ґрунту розглядається відносно субстрату порівняння, наприклад, кварцового піску

(Г. Й. Габриєль, М. М. Костюк, І. І. Петрунів, 2003). Графіки залежності для кварцового піску і ясно-сірого лісового ґрунту подано на рис.

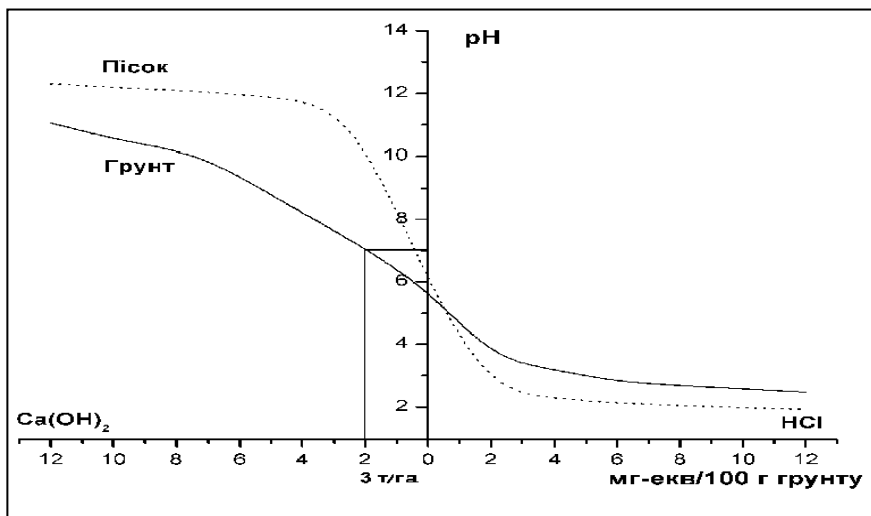


Рис. Крива рН-буферності ясно-сірого лісового ґрунту та оптимальна норма вапна

В умовах кислих ґрунтів криву рН-буферності (лужне крило) можна використовувати для розрахунку норм витрат вапнякових матеріалів для нейтралізації надлишкової кислотності, тобто, якщо взяти за основу оптимальне значення рН (водне) для кожної конкретної культури, то за допомогою графіка кривих рН-буферності встановлюємо кількість Ca(OH)_2 , яка потрібна для досягнення заданого рН в умовах даного типу ґрунту (табл. 86).

Так, наприклад, за таблицею відносної стійкості культурних рослин до низьких значень рН знаходимо, що для кукурудзи верхня межа оптимуму рН становить 7,0. Тоді згідно з кривою рН-буферності ясно-сірого лісового ґрунту для доведення рН даного типу ґрунту до цього значення потрібна кількість Ca(OH)_2 становить 2 мг-екв на 100 г ґрунту, що становить у фізичній вазі 3 т CaCO_3 на 1 га.

**Оптимальна реакція ґрунтового розчину
для сільськогосподарських рослин**

Стійкість		Стійкість	
Культура	pH _{водне}	Культура	pH _{водне}
Дуже сильна		Кукурудза	6,0–7,0
Рис	4,0–6,0	Горох	6,0–7,0
Люпин	4,5–6,0	Пшениця яра	6,0–7,5
Бруква	4,8–5,5	Турнепс	6,0–7,5
Серадела	4,8–6,0	Буряк кормовий	6,2–7,5
Сильна		Помідори	6,3–6,7
Картопля	5,0–5,5	Пшениця озима	6,3–7,5
Тимофіївка	5,0–7,5	Огірки	6,4–7,0
Овес	5,0–7,7	Цибуля	6,4–7,9
Льон	5,5–6,5	Слабка	
Морква	5,5–7,0	Соя	6,5–7,1
Жито озиме	5,5–7,5	Капуста	6,5–7,4
Просо	5,5–7,5	Мак	6,8–7,2
Вика	5,7–6,4	Ячмінь	6,8–7,5
Середня		Райграс	6,8–7,5
Соняшник	6,0–6,8	Буряк цукровий	7,0–7,5
Цикорій	6,0–6,5	Люцерна	7,0–8,0
Конюшина	6,0–7,0	Коноплі	7,1–7,4

Для спрощення розрахунків є розроблена матрична таблиця, з допомогою якої $\text{Ca}(\text{OH})_2$, що простежується з кривої pH-буферності, легко перевести у норматив витрат CaCO_3 у тонни на 1 гектар за звичайною (існуючою) і ресурсозберігаючою технологіями меліорації, що в даному випадку відповідає 3,0 і 0,2 т (табл. 87).

Таким чином, використовуючи криву pH-буферної здатності ясно-сірого лісового ґрунту для встановлення норми вапна на зрушення актуальної кислотності, маємо можливість розрахувати оптимальну межу вапнякового навантаження на ґрунт, не завдаючи шкоди ґрунтовому розчину, природному розвитку ґрунтових процесів та довкіллю. Це сприятиме підвищенню врожаїв сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах й позитивно відобразиться на якості рослинницької продукції.

Таблиця 87

**Матрична таблиця розрахунків норм внесення CaCO_3
на основі графічної моделі рН-буферності
грунтів за різних технологій їх окультурення**

Показники, об'єкт	Одиниці виміру	Параметри навантажень											
Добавки гідроксиду кальцію (Ca(OH)_2), шкала навантажень (вісь абсцис)	мг-екв на 100 г ґрунту	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	2,0	3,0
Добавка карбонату кальцію (CaCO_3)	кг CaCO_3 на 1 т ґрунту	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	1,0	1,5
Звичайна технологія окультурення, суцільна оранка – перемішування меліоранту з 3000 т ґрунту	кг CaCO_3 на 1 га	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	3000	4500
Звичайна технологія окультурення, культивування – Перемішування меліоранту з 1500 т ґрунту	кг CaCO_3 на 1 га	75	150	225	300	375	450	525	600	675	750	1500	2250
Технологія локального окультурення – перемішування меліоранту з 200 т ґрунту	кг CaCO_3 на 1 га	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300

Для перерахунку потреби CaCO_3 на 1 га ріллі потрібно визначитися, який спосіб внесення вапна передбачається: розкидний під оранку або культивуацію чи локальний за технологією локального окультурення. За матричною таблицею визначаємо, що за звичайною технологією хімічної меліорації внесене вапно перемішується приблизно з 3000 т ґрунту на кожному гектарі, для досягнення межі оптимального значення рН при вирощуванні кукурудзи потреба у вапні становить 3000 кг/га. Якщо меліорант вноситься не в орний шар (0–25 см), а, наприклад, під культивуацію (0–12 см), то нормативи його зменшуються відповідно вдвічі, а це становитиме 1500 кг/га.

Проведені дослідження в умовах довготривалого стаціонарного досліду Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН показали, що органо-мінеральна система удобрення з внесенням 10 т/га сівозмінної площі гною + $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ на фоні вапнування дозою CaCO_3 розрахованою за рН-буферністю (2,5 т/га) у чотирипільній сівозміні протягом першої ротації за ефективністю не поступається аналогічній системі удобрення на фоні вапнування 1,н CaCO_3 (6,0 т/га) за гідролітичною кислотністю. При цьому дана системи удобрення і вапнування за рН-буферністю в найбільшій мірі сприяє оптимізації ґрунтових процесів, кислотно-основних, агрохімічних властивостей, гумусоутворення, що забезпечує раціональне використання добрив та меліорантів, збереження родючості, формує високий рівень продуктивності ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту – 6,99 т/га з.о. та забезпечує отримання 3818 грн/га умовно чистого доходу при рівні рентабельності 44,7% і коефіцієнті енергетичної ефективності – 3,33.

РОЗДІЛ 14. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ І ТЕХНОЛОГІЯ ВАПНУВАННЯ ҐРУНТУ

Планування обсягу робіт здійснюється сільськогосподарськими органами, виходячи з наявності кислих ґрунтів, очікуваного надходження вапнякових матеріалів та технічних засобів. Плани затверджуються відповідними виконками рад народних депутатів.

У плані вапнування ґрунтів окремого господарства зазначають номер сівозміни і поля, його площу, норму CaCO_3 і його загальну кількість, культуру, яку будуть вирощувати на даному полі, строки проведення робіт, орієнтовну вартість. До плану додають картограму вапнування кислих ґрунтів, на якій відзначають поля, що підлягають вапнуванню, вказують норму карбонату кальцію і фізичні норми матеріалів, які будуть вносити.

Роботи, пов'язані з вапнуванням, проводять лише за проектно-кошторисною документацією, яку складають філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України». Виступаючи у ролі головного підрядчика, вони виконують значний обсяг роботи – від агрохімічного обстеження ґрунтів до здійснення контролю за якістю вапнування в господарствах зони діяльності цих установ. Транспортують вапнякові матеріали, буртують на складах і безпосередньо на полях, а також розсівають на площі відповідно до проектно-кошторисної документації.

Вапнування ґрунтів пов'язане з великим обсягом вантажних робіт. Виконують їх з допомогою відповідних механізмів. Перевозити вапнякові матеріали на віддаль до 8–12 км найбільш доцільно транспортними самоскидами-причепами, а на більш далекі віддалі – автомобілями-самоскидами.

Найбільш поширеними, хоч і не дуже високоефективними, є машини для основного внесення в ґрунт мінеральних добрив і вапнякових матеріалів – СТШ-2,8, СТН-2,8, СТС-15А, РУ-4,0, РУП-5-10, РМИ-2А і інші.

Серед названих слід виділити розкидач РУ-4,0 з відцентровим туковисівачим апаратом, призначений для поверхневого внесення мінеральних добрив і вапна. Розкидач агрегатується з тракторами МТЗ, ЮМЗ та іншими і працює з приводом від вала потужності трактора.

Розкидач РУП-5-10 призначений для розсіву гранульованого або порошкоподібних мінеральних добрив, а також вапна. Розкидач

агрегатується з тракторами МТЗ, ЮМЗ та інші і працює як півпричеп з приводом робочих органів від вала відбору потужності трактора на підвищених швидкостях (до 12–14 км/год).

Розкидач РМИ-2, змонтований на причепі РПТУ-2,0, призначений для поверхневого висіву мінеральних добрив і вапна. Норму висіву вапнякового матеріалу за допомогою названих механізмів може становити від 200–400 кг до 5,2 т/га.

За якість робіт щодо вапнування ґрунтів несуть відповідальність: безпосередні виконавці. Контроль за якістю проведеного вапнування здійснює агроном господарства. За виконану роботу дається оцінка: добре, задовільно, незадовільно.

Після завершення внесення вапнякового матеріалу його заробляють у ґрунті. Рівномірність внесення хімічного меліоранту визначають візуально – оглядом поля по діагоналі. Оцінкою «добре» передбачається виконання робіт у повній відповідності з проектно-кошторисною документацією, відсутність огріхів, нерівномірність розсіву ± 25 %. Оцінкою «задовільно» – допускається нерівномірність розсіву ± 30 % з додержанням всіх інших вимог. Робота оцінюється «незадовільно», коли нерівномірність розсіву перевищує ± 30 %, відхилення від прийнятої норми вапна становить більше 15 %, наявні огріхи тощо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Авдонин Н. С. Повышение плодородия кислых почв / Н. С. Авдонин. – М. : Сельхозгиз, 1960. – 240 с.
2. Авдонин Н. С. Действие и последствие разных доз извести на изменение свойств почвы, урожай и качество сельскохозяйственных растений / Н. С. Авдонин, В. И. Стежкина // Почвоведение. – 1963. – № 9. – С. 1–7.
3. Авдонин Н. С. Свойства почвы и урожай / Н. С. Авдонин. – М. : Колос, 1965. – 270 с.
4. Авдонин Н. С. Влияние тонины помола извести на агрохимические свойства дерново-подзолистых почв, урожай и качество растений / Н. С. Авдонин, В. Н. Стрельников // Вестник с.-х. науки. – 1969. – № 11. – С. 17–25.
5. Авдонин Н. С. Влияние длительного применения удобрения и известкования на свойства кислых почв / Н. С. Авдонин, Л. А. Лебедева // Агрохимия. – 1970. – № 7. – С. 3–11.
6. Авдонин Н. С. Научные основы применения удобрений / Н. С. Авдонин. – М. : Колос, 1972. – 320 с.
7. Авдонин Н. С. Почвы, удобрения и качество растениеводческой продукции / Н. С. Авдонин. – М. : Колос, 1979. – 302 с.
8. Алямовский Н. И. Известковые удобрения в СССР / Н. И. Алямовский. – М. : Колос, 1966. – 256 с.
9. Андрусиник А. П. Влияние тонины помола известняка на его эффективность в звене севооборота / А. П. Андрусиник, В. И. Панкратов // Вопросы известкования кислых почв. – Горки, 1973. – С. 106–108.
10. Андрусиник А. П. Эффективность известкования в сочетании с применением высоких доз минеральных удобрений / А. П. Андрусиник, И. А. Шильников // Агрохимия. – 1979. – № 4. – С. 95–98.
11. Андрущенко Г. А. Ґрунти західних областей УРСР / Г. А. Андрущенко. – Львів-Дубляни : ЛСПІ, 1970. – Т. 1. – 181 с
12. Андрущенко Г. А. Ґрунти західних областей УРСР / Г. А. Андрущенко. – Львів-Дубляни : ЛСПІ, 1970. – Т. 2. – 114 с.
13. Анспок П. И. Влияние борных, медных и молибденовых микроудобрений на урожайность сельскохозяйственных культур / П. И. Анспок // Изд-во АН СССР, 1972. – 260 с.
14. Артюшин А. М. Влияние кислотности и подвижного алюминия на рост, развитие и зимостойкость озимой вики / А. М. Артюшин // Агрохимия. – 1969. – № 3. – С. 97–100.

15. Афендулов К. П. Вапнування кислих ґрунтів і продуктивність кукурудзи на Поліссі / К. П. Афендулов, П. К. Подуражний // Землеробство. – 1969. – Вип. 16. – С. 62–70.

16. Багинскас В. Содержание подвижных форм В, Мо, Са, Мп и Zn в кислых почвах и их изменение под влиянием известкования / В. Багинскас // Сб. науч. тр. “Вопросы известкования кислых почв”. – Вежайчай, 1969. – С. 108–118.

17. Балюк С. А. Меліорація ґрунтів в Україні: стан, проблеми, перспективи / С. А. Балюк, Р. С. Трускавецький, О. І. Ромашенко // Агрохімія і ґрунтознавство: Спецвипуск до VIII з'їзду УТГА (м. Житомир, 5-9 лип. 2010 р.). – 2010. – Кн. 1. – С. 24-38.

18. Беляев Г. М. Микрофлора дерново-подзолистых песчаных почв при длительном удобрении / Г. М. Беляев // Агрохимия. – 1960. – № 4. – С. 603–610.

19. Бровкина К. А. Известкование почв в районах свеклосеяния / К. А. Бровкина. – К. : Урожай, 1976. – 88 с.

20. Використання відходів сірчаного виробництва для вапнування ґрунтів / Є. І. Козак, М. Ю. Нечипорук, М. Г. Демедюк, З. М. Томашівський // Вісник с.-г. науки. – 1963. – № 4. – С. 36–40.

21. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах / А. П. Виноградов. – М. : Изд-во АН СССР, 1980. – 237 с.

22. Влияние известкования на микрофлору почвы и корневой системы растений / Е. Ф. Березова, В. С. Бородулина, У. Г. Певзнер, М. Н. Франкельштейн // Труды Всесоюзного НИИ с/х микробиологии. – М. : 1961, Т. 12. – С. 57–63.

23. Влияние известкования и удобрений на агрохимические свойства почвы и урожай зеленой массы кукурудзы / З. М. Томашивский, А. И. Гуменюк, В. М. Пристайко, О. В. Грабовская // Химия в сельском хозяйстве. – 1980. – № 4. – С. 27–29.

24. Возбуцкая А. К. Химия почв / А. К. Возбуцкая. – М. : Колос, 1964.

25. Воловненко Д. К. Известкование как прием повышения урожайности сельскохозяйственных культур на кислых дерново-подзолистых почвах Украинского Полесья / Д. К. Воловненко // Сб. науч. тр. “Вопросы известкования кислых почв”. – Горки, 1973. – С. 156–166.

26. Воловненко Д. К. Эффективность основного и повторного известкования в севооборотах со льном, картофелем и люпином на дерново-подзолистых почвах Полесья Украины / Д. К. Воловненко // Сб. науч. тр. “Вопросы известкования кислых почв”. – 1976. – Вип. 3. – С. 35–40.

27. Воловненко Д. К. Оптимальні норми, строки, способи і місце внесення вапна в сівозмінах з льоном, картоплею і люпином в Центральному Поліссі / Д. К. Воловненко, В. І. Куновський // Землеробство. – 1979. – Вип. 50. – С. 3–7.

28. Габриель Г. Й. Кислотно-основна рівновага ясно-сірого лісового ґрунту і використання графічної моделі рН-буферності / Г. Й. Габриель, М. М. Костюк, І. І. Петрунів // Вісник ЛДАУ: Агрономія. – 2003. – № 7. – С. 434–438.

29. Гарнер Г. Известкование почв в Англии / Г. Гарнер, Г. Гарнер. – М. : Изд-во иностр. лит., 1954. – 228 с.

30. Гедройц К. К. Материалы к вопросу о влиянии на растения кислот, щелочей и некоторых неорганических солей / К. К. Гедройц // Избранные сочинения в трех томах. – М. : 1930. – Т. 1. – 559, Т. 2. – 615; 1935. – Т. 3. – 560 с.

31. Гедройц К. К. Почвенный поглощающий комплекс, растение и удобрение / К. К. Гедройц. – М. : Сельхозиздат, 1935. – 342 с.

32. Голубев Б. А. О вредном влиянии алюминия на растения / Б. А. Голубев // Сборник памяти акад. Д. Н. Прянишникова. – М.–Л. : Изд-во АН СССР, 1950. – С. 73–81.

33. Гринченко А. М. Влияние сельскохозяйственных культур на пищевой режим чернозема и эффективность удобрений / А. М. Гринченко, О. А. Чесняк, Г. Я. Чесняк // В кн. : Д. Н. Прянишников и вопросы химизации земледелия. – М. : Колос, 1967. – С. 470–478.

34. Грінченко Т. О. Використання кальцієвмісних сполук – важливий резерв підвищення ефективної родючості ґрунту та якості урожаїв сільськогосподарських культур / Т. О. Грінченко // Землеробство. – 1979. – Вип. 16. – С. 24–29.

35. Ґрунти Полісся України / Г. М. Самбур, А. І. Гуменюк, С. О. Скорина, І. А. Власюк // Науково-обґрунтована система ведення сільського господарства на Поліссі та в західних районах України УРСР. – К. : Урожай. – 1967. – 512 с.

36. Гуменюк А. І. Ґрунти Малого Полісся Львівщини / А. І. Гуменюк. – К. : Урожай, 1964. – 38 с.

37. Гуменюк А. І. Ґрунти Львівщини та їх раціональне використання : рекомендації по інтенсифікації сільського господарства Львівщини / А. І. Гуменюк. – Львів : 1965. – 29 с.

38. Гуменюк А. І. Вапнування ґрунтів / А. І. Гуменюк. – К. : Урожай, 1968. – 100 с.

39. Дідиченко О. П. Застосування дефекату як засіб підвищення продуктивності сільськогосподарських культур в Лісостепу / О. П. Дідиченко // Землеробство. – 1965. – Вип. 4. – С. 44–47.

40. Дмитренко П. А. Влияние известкования на плодородие почв Закарпатья / П. А. Дмитренко, Н. Л. Шестидесятная // Почвоведение. – 1962. – № 10. – С. 16–19.

41. Дмитренко О. П. Основи хімізації землеробства / О. П. Дмитренко, В. П. Васильєва. – К. : Урожай, 1964. – 284 с.

42. Дмитренко П. А. Действие видов известняковых удобрений на плодородие почв Западной Лесостепи Украины / П. А. Дмитренко, З. М. Томашиевский // Агрохимия. – 1966. – № 5. – С. 3–9.

43. Дозы известковых материалов в сочетании с минеральными удобрениями и навозом на кислых и слабокислых почвах в районах свеклосеяния / К. А. Бровкина [и др.] // Сб. науч. тр. “Вопросы известкования кислых почв”. – Горки, 1973. – С. 89–92.

44. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1968. – 336 с.

45. Дубковецька М. Д. Ефективність вапнування орних земель в західних районах УРСР / М. Д. Дубковецька // Наукові праці Львівського сільськогосподарського інституту. – 1976. – Т. 66. – С. 67–73.

46. Дука В. І. Вапнування підвищує врожайність сільськогосподарських культур / В. І. Дука, Г. М. Ковальчук // Сільськогосподарська інформація. – Київ, 1974. – № 5 (58). – С. 52–54.

47. Дука В. І. Інтенсифікація землеробства в господарствах Львівської області / В. І. Дука, С. Т. Гутиря. – Львів, 1974. – 30 с.

48. Известкование / Е. В. Козловский, А. Н. Небольсин, Ю. В. Алексеев, П. А. Чуриков. – Л. : Колос. – 1983. – 286 с.

49. Известкование кислых почв Нечерноземной полосы СССР / М. Ф. Корнилов [и др.]. – М. : Сельхозиздат, 1955. – 219 с.

50. Калвайтене М. Эффективность норм навоза на кислых неизвесткованных и известкованных почвах / М. Калвайтене, Б. Янкаускас // Сб “Вопросы известкования кислых почв”. – Вильнюс, 1970. – С. 80–88.

51. Кедров-Зихман О. К. Основные вопросы известкования дерново-подзолистых почв в Советском Союзе / О. К. Кедров-Зихман / Изд-во МСХ СССР. – 1957. – 30 с.

52. Кедров-Зихман О. К. О значении известкования для рационального использования органических и минеральных удобрений / О. К. Кедров-Зихман // Земледелие. – 1963. – № 3. – С. 35–43.

53. Кедров-Зихман О. К. Главные итоги изучения известкования почв и применение микроудобрений в Белоруссии / О. К. Кедров-Зихман // Сб. "Научные труды по известкованию дерново-подзолистых почв". – М. : Изд-во Академии сельскохозяйственных наук БССР. – 1969. – С. 17–33.

54. Ковальчук А. М. Эффективность минеральных удобрений при известковании дерново-подзолистых почв и повышение их плодородия в условиях Ивано-Франковской области / А. М. Ковальчук // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидат сельскохозяйственных наук. Одесса, 1974. – 26 с.

55. Корнилов М. Ф. Об экономической эффективности известкования / М. Ф. Корнилов // Сб. "За высокую культуру сельского хозяйства". – М. : Сельхозиздат, 1958. – С. 69–72.

56. Корнилов М. Ф. Научные основы и практика известкования северозападной зоны СССР / М. Ф. Корнилов. – Л. : Колос, 1971. – 256 с.

57. Крупский Н. К. Агрохимические свойства почв Украины и эффективность удобрений / Н. К. Крупский, П. П. Левенед, Б. С. Носко // Агрохимическая характеристика почв СССР ; Украинской ССР. – М. : Наука, 1973. – С. 42–60.

58. Кузнецова И. В. О некоторых критериях оценки физических свойств почвы / И. В. Кузнецова // Почвоведение. – 1979. – № 3. – С. 81–88.

59. Кулаковская Т. Н. Известкование кислых почв в Белорусской ССР / Т. Н. Кулаковская // Агрохимия. – 1972. – № 7. – С. 40–48.

60. Кулаковская Т. Н. Известкование кислых почв в Белорусской ССР / Т. Н. Кулаковская, Н. Н. Алексейчук // Агрохимия. – 1974. – № 7. – С. 40–48.

61. Кулаковская Т. Н. Влияние известкования и минеральных удобрений на изменение элементов питания из почвы / Т. Н. Кулаковская, В. Ю. Агаец // Химия в сельском хозяйстве. – 1978. – № 8. – С. 53–55.

62. Кулаковская Т. Н. Влияние систем удобрений на содержание и состав гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы / Т. Н. Кулаковская, Л. И. Костюкевич // Агрохимия. – 1984. – № 8. – С. 57–63.

63. Ланько А. І. Фізико-географічні районування України / А. І. Ланько, О. М. Мартинич. – К. : Урожай. – 1963. – 150 с.

64. Лебедева Л. А. Известкование кислых почв – одно из главных условий дальнейшего подъема производительности земледелия в СССР / Л. А. Лебедева // Химия в сельском хозяйстве. – 1979. – № 5. – С. 17–21.

65. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів / Г. А. Мазур. – К. : Аграрна наука. – 2008. – 305 с.

66. Мазур Г. А. Миграция кальция и магния в почвах Полесья УССР / Г. А. Мазур // Сб. “Вопросы известкования кислых почв”. – Пермь. – 1976. – Вып. 3. – С. 119–127.

67. Мазур Г. А. Підвищення родючості кислих ґрунтів / Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський. – К. : Урожай, 1984. – 176 с.

68. Мазур Г. А. Застосування кліптиноліту для меліорації ґрунтів Полісся / Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь // Землеробство. – К. : Урожай, 1984. – Вип. 50. – С. 57–61.

69. Матвеева В. И. Проблема органических удобрений и бездифицитный баланс гумуса в легких почвах БССР / В. И. Матвеева // Сб. “Проблемы повышения плодородия легких почв”. – Вильнюс : МСХ Литовской ССР, 1976. – С. 23–27.

70. Миневич С. М. Известкование почв / С. М. Миневич. – К. : Урожай, 1964. – 46 с.

71. Міневич С. М. Вапнування кислих ґрунтів : довідник агронома по удобренню / С. М. Міневич. – К. : Урожай, 1966. – 65 с.

72. Міневич С. М. Результати стаціонарних досліджень по вивченню впливу різних форм і норм вапна на родючість ґрунту, врожай і якість сільськогосподарських культур на Поліссі / С. М. Міневич // Землеробство. – 1969. – Вип. 16. – С. 29–42.

73. Михеев Е. И. Применение известковых удобрений на серых лесных почвах Брянской области / Е. И. Михеев // Сб. “Вопросы известкования кислых почв”. – Вежайчай, 1969. – С. 226–231.

74. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и плодородие почвы / Е. Н. Мишустин // Изд-во АН СССР. – Москва, 1956. – 427 с.

75. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е. Н. Мишустин. – М. : Наука, 1972. – 343 с.

76. Мишустин Е. Н. Изменение состава почвенной микрофлоры в результате длительного применения удобрений / Е. Н. Мишустин, В. Н. Прокошев // Микробиология. – 1979. – № 18, вып. 1. – С. 30–41.

77. Мосолова А. В. Влияние уровня азотного питания на формирование урожая и зерна озимой пшеницы и его качество / А. В. Мосолова // Агрохимия. – 1970. – № 4. – С. 18–23.

78. Научно обоснованная система ведения сельского хозяйства на Полесье и в западных районах УССР / П. О. Дорошенко [и др.]. – К. : Урожай, 1967. – 512 с.

79. Небольсин А. К. Влияние известкования на содержание микроорганизмов в почвах и кормовых растениях / А. К. Небольсин,

3. П. Небольсина // Сб. “Вопросы известкования кислых почв”. – Вежайчай, 1969. – С. 153–163.

80. Небольсин А. К. Влияние известкования на некоторые агрохимические свойства почвы / А. К. Небольсин // Научные труды Северо-Западного НИИ сельского хозяйства. – 1970. – Вып. 18. – С. 14–22.

81. Пейве Я. В. Роль микроэлементов в обмене веществ и повышении продуктивности сельскохозяйственных культур / Я. В. Пейве // Изд-во АН СССР. – М. : 1970. – № 6. – С. 88–96.

82. Петербургский А. В. Эффективность известкования почвы под сахарную свеклу / А. В. Петербургский // Сб. “Вопросы известкования кислых почв”. – Горки, 1973. – С. 171–175.

83. Потери кальция и магния из пахотных почв / И. А. Шильников [и др.] // Химия в сельском хозяйстве. – 1977. – № 6. – С. 23–29.

84. Прокошев В. В. Известкование и эффективность калийных удобрений / В. В. Прокошев. – Горки. – 1973. – С. 73–79.

85. Прянишников Д. Н. Избранные сочинения : в 3 томах / Д. Н. Прянишников. – М. : 1957. – Т. 1. – 619 с. – Т. 2. – 530 с. – Т. 3. – 686 с.

86. Прянишников Д. Н. Избранные сочинения : в 3 томах / Д. Н. Прянишников. – М. : Колос, 1965.

87. Радов А. С. Формы кислотности почвы и их влияния на жизнедеятельность растений / А. С. Радов, Й. В. Путовой, А. В. Корольков. – М. : Колос, 1971. – 273 с.

88. Ратнер Е. И. Питание растений и применение удобрений / Е. И. Ратнер // М. : Наука. – 1965. – 224 с.

89. Ревут И. В. Влияние извести на динамику почвенных процессов / И. В. Ревут // Кн. “Физика почв”. – Л. : Колос. – 1964. – 320 с.

90. Ремезов М. П. Влияние известкования на динамику почвенных процессов / М. П. Ремезов. – М. : Сельхозиздат. – 1969. – 247 с.

91. Роль химической мелиорации в повышении продуктивности зерновых культур / Г. А. Мазур, А. В. Новикова, А. М. Пятакова, З. М. Томашивский // Интенсификация производства зерновых культур в условиях Украины. – К. : Урожай, 1977. – С. 58–67.

92. Рубанов В. С. Исследования по известкованию почв в Белорусской ССР / В. С. Рубанов // Сб. “Вопросы известкования кислых почв”. – Вежайчай, 1969. – С. 182–188.

93. Сабинин Д. А. Физиологические основы питания растений / Д. А. Сабинин // Изд-во АН СССР. – М. : 1975. – 312 с.

94. Сковорцов В. Ф. Действие известковых удобрений в полевом севообороте / В. Ф. Сковорцов // Сб. “Результаты многолетних опытов научно-исследовательских учреждений”. – М. : Колос, 1968. – Вып. 3. – С. 25–42.

95. Сковорцов В. Ф. Продолжительность действия на урожай культур, изменение кислотности почвы в длительном стационарном опыте и эффективность повторного известкования / В. Ф. Сковорцов // Сб. “Вопросы известкования кислых почв”. – 1976. – Вып. 3. – С. 99–104.

96. Слепцов А. М. Грунти Передкарпаття та їх агрохімічна характеристика / А. М. Слепцов, Ф. В. Грималюк. – Івано-Франківськ. – 1967. – 78 с.

97. Соколовский А. Н. Значение извести для почвы / А. Н. Соколовский // Сб. “Известкование почв в связи с внесением удобрений”. – М. : Изд-во НИУ, 1919. – 123 с.

98. Соколовский А. Н. Курс сельскохозяйственного почвоведения / А. Н. Соколовский. – М.-Л. : Сельхозгиздат, 1934. – 340 с.

99. Соколовский А. Н. Сельскохозяйственное почвоведение / А. Н. Соколовский. – М. : Сельхозиздательство, 1956. – 335 с.

100. Соколовский А. Н. Структура почвы и ее сельскохозяйственная ценность / А. Н. Соколовский // Почвоведение. – 1963. – № 1. – С. 91–96.

101. Сони́на К. И. Цементная пыль и металлургические шлаки как известковые удобрения / К. И. Сони́на, М. И. Мельникова // Сб. “Вопросы известкования кислых почв”. – Вежайчай, 1969. – С. 140–146.

102. Справочник агрохимика / Д. А. Кореньков, К. А. Гаврилов, И. А. Шильников, В. А. Васильев. – М. : Россельхозиздат. – 1976. – 350 с.

103. Томашівський З. М. Вплив вапнування на врожай сільськогосподарських культур в умовах західних районів і Закарпаття УРСР / З. М. Томашівський, Н. Л. Шестидесятна // Зб. “Рациональне використання добрив”. – К. : Держсільгоспвидав, 1964. – С. 33–39.

104. Томашівський З. М. Вплив вапнякових добрив на урожай деяких сільськогосподарських культур і на родючість ґрунту в умовах Західного Лісостепу і Передкарпаття України / З. М. Томашівський, М. В. Хомик // Передгірне та гірське землеробство. – 1967. – Вип. 1. – С. 28–32.

105. Томашівський З. М. Використання місцевих добрив для вапнування кислих ґрунтів / З. М. Томашівський // Підвищення культури землеробства в передгірних і гірських районах Карпат. – Львів : Каменяр, 1968. – С. 31–40.

106. Томашівський З. М. Вапнування кислих ґрунтів / З. М. Томашівський // Інтенсифікація землеробства. – Ужгород : Карпати, 1969. – С. 20–28.

107. Томашиевский З. М. Влияние известкования на урожай сельскохозяйственных культур и его качество в условиях западных областей УССР / З. М. Томашиевский // Вопросы известкования кислых почв. – Вежайчай, 1969. – С. 202–207.

108. Томашиевський З. М. Вплив вапнування на зимостійкість і урожай озимої пшениці / З. М. Томашиевський // Вчені – хліборобам Передкарпаття. – Львів : ЛСГП, 1971. – С. 16–19.

109. Томашиевский З. М. Влияние различных форм извести на урожай, его качество и усвоение питательных элементов растениями озимой пшеницы в условиях западных областей УССР / З. М. Томашиевский, М. И. Андрушків // Вопросы известкования кислых почв. – Горки, 1973. – С. 79–84.

110. Томашиевський З. М. Підвищення родючості кислих ґрунтів / З. М. Томашиевський. – Львів : Каменярь, 1973. – 72 с.

111. Томашиевський З. М. Вапнування / З. М. Томашиевський // Супутники картопляра. – Ужгород : Карпати, 1974. – С. 19–29.

112. Томашиевський З. М. Цементний пил як вапняково-калійне добриво / З. М. Томашиевський // Агрохімія і ґрунтознавство. – 1974. – Вип. – С. 37–43.

113. Томашиевський З. М. Використання цементного пилу як вапняково-калійного добрива в сільському господарстві / З. М. Томашиевський, П. Д. Мельничук // Передгірне та гірське землеробство. – 1976. – Вип. – С. 9–13.

114. Томашиевский З. М. Основные вопросы известкования кислых почв в западных областях УССР / З. М. Томашиевский // Вопросы известкования кислых почв. – 1976. – Вып. 3. – С. 58–61.

115. Томашиевський З. М. Зміна показників родючості новоосушених мінеральних ґрунтів при різних дозах удобрення і вапнування / З. М. Томашиевський, В. М. Пристайко // Передгірне та гірське землеробство. – 1977. – Вип. 22. – С. 9–13.

116. Томашиевський З. М. Хімічна меліорація кислих ґрунтів / З. М. Томашиевський // Ефективне використання осушених земель західних областей України. – Львів : Вища шк., 1977. – С. 24–28.

117. Томашиевский З. М. Эффективность применения известковых удобрений в полевом севообороте в условиях западных областей Украины / З. М. Томашиевский // Агрохимия. – 1978. – № 6. – С. 79–84.

118. Томашиевский З. М. Эффективность известкования почв у западных областях Украинской ССР / З. М. Томашиевский // Землеробство. – 1979. – Вип. 50. – С. 9–16.

119. Томашиевский З. М. Удобрение кукурузы на новоосушенных минеральных почвах / З. М. Томашиевский, В. М. Пристайко // Передгірне та гірське землеробство. – 1979. – Вип. 24. – С. 25–29.

120. Трускавецький Р. С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції / Р. С. Трускавецький. – Х. : Нове слово, 2003. – 226 с.

121. Трускавецький Р. С. Ресурсозберігаючі технології хімічної меліорації ґрунтів в умовах земельної реформи / Р. С. Трускавецький, С. А. Балук, Ю. Л. Цапко та ін. . – К. : НВВ, 2000. – 70 с.

122. Трускавецький Р. С. Сучасні фізико-хімічні методи дослідження ґрунтів / Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко, Н. Ф. Чешко та ін. – Х., 1999. – 35 с.

123. Трускавецький Р. С. Технології ефективного використання вапняних матеріалів на кислих і вторинно підкислених ґрунтах / Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко. – Х., 2004. – 35 с.

124. Хренова Г. С. Влияние известкования на микробиологическую активность почвы / Г. С. Хренова // Сборник работ по вопросам фитопатологии и энтологии : труды Института биологии ”. – М. : 1960. – № 2. – Вып. 5. – С. 14–20.

125. Чернецкий А. И. Действие дефеката в свекловичном севообороте / А. И. Чернецкий // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. – 1964. – Вып. 11. – С. 178–201.

126. Чернецкий А. И. Действие дефеката в свекловичном севообороте / А. И. Чернецкий // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. – 1984. – С. 178–201.

127. Чижев М. П. Украинская Лесостепь / М. П. Чижев. – Киев : Радянська школа. – 1961. – 204 с.

128. Шедеров С. Г. Известкование кислых почв / С. Г. Шедеров. – М. : Россельхозгизиздат. – 1965. – С. 50.

129. Шедеров С. Г. Эффективность известковых удобрений различного состава / С. Г. Шедеров, Ю. М. Цветкова // Вопросы известкования кислых почв. – Горки, 1973. – С. 109–114.

130. Шемпель В. И. Об эффективности использования удобрений на дерново-подзолистых почвах / В. И. Шемпель // Сборник научных трудов Белорусского НИИ земледелия. – Минск. : Урожай, 1966. – С. 23–51.

131. Шильников И. А. Влияние азотных удобрений на потери кальция на известкованной почве / И. А. Шильников, М. Н. Мельникова // Химия в сельском хозяйстве. – 1977. – № 2. – С. 55–59.

132. Штикане Ю. А. Повышение эффективности известкования кислых почв / Ю. А. Штикане. – М. : Колос. – 1977. – 125 с.

133. Ярусов С. С. О природе обменной кислотности почв и ее влияние на рост растений / С. С. Ярусов // Кн. “Известкование дерново-подзолистых почв. – М. : Сельхозгиз. – 1960. – С. 373–380.”

134. Bergman W. Erkaltung und Mehrung der Boden fruchtbarkeit... Inform fur die Referenten der Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlichen Kenntnissen. – 1964. – № 11. – С. 35–38.

135. Boguczewski W. Uwagi o problemach wapnowania gleb w Polsce / W. Boguczewski M. Kas-Kacas // Postępy nauk rolniczych. – 1962. – № 2 (74). – P. 57–74.

136. Boguczewski W. Zagadnienia wapnowania / W. Boguczewski, M. Kas-Kacas // Nowe rolnictwo. – 1962. – № 15. – P. 44–48.

137. Boguczewski W. Wapnowania / W. Boguczewski, M. Kas-Kacas // Instytut uprawy nawożenia i gleboznawstwa. – Warszawa, 1966. – 119 p.

138. Boguczewski W. Rozkład i wysokość dawek wapna w zmianowaniu / W. Boguczewski, F. Yajek, T. Porowski // Pamiętnik Puławski : prace Instytutu uprawy nawożenia i gleboznawstwa. – 1977. – Z. 67. – P. 51–56.

139. Boguczewski W. Skuteczność wzrastających dawek wapna w wieloletnim doświadczeniu na glebie lekkiej / W. Boguczewski, F. Yajek, J. Cryka // Pamiętnik Puławski : prace Instytutu uprawy nawożenia i gleboznawstwa. – 1977. – Z. 67. – P. 47–61.

140. Jaskowski Z. Czy i kiedy wapnować pod żyto / Z. Jaskowski // Agrochemia. – 1966. – № 7 (62). – P. 6–7.

141. Notorwicka-Terelak T. Wpływ wapnowania na wymywanie składników mineralnych z gleby gliniastej w doświadczeniu modelowym / T. Notorwicka-Terelak // Pamiętnik Puławski : prace Instytutu uprawy nawożenia i gleboznawstwa. – 1976. – Z. 66. – P. 45–58.

142. Wyniki doświadczeń i diety inosei składów doświadczalnych z lat 1954–1955 / W. Boguczewski, W. Kosłowski, W. Mackowiak, J. Stuczynska. – Warszawa, 1959. – T. XV. – P. 70–77.

143. Yajek F. Czy wapnować pod zboża / F. Yajek // Agrochemia. – 1970. – № 10 (113). – P. 304–305.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. РОЗВИТОК ВЧЕННЯ ПРО ВАПНУВАННЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ	5
1.1. З історії вчення про вапнування ґрунтів	5
РОЗДІЛ 2. ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ В РАЙОНАХ ПОШИРЕННЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ.....	8
2.1. Кліматичні умови. Умови утворення кислих ґрунтів	8
2.2. Ґрунти Полісся	10
2.3. Ґрунти передгірних і гірських районів Карпат	17
2.4. Ґрунти Лісостепу	24
РОЗДІЛ 3. РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ	28
3.1. Шляхи утворення родючості ґрунту	28
3.2. Походження ґрунтової кислотності та її природа	30
3.3. Форми ґрунтової кислотності	32
3.4. Вбирний комплекс ґрунту	34
3.5. Роль алюмінію в ґрунтовій кислотності	37
РОЗДІЛ 4. НАУКОВІ ОСНОВИ ВАПНУВАННЯ ҐРУНТУ	41
4.1. Кальцій ґрунту – сторож його родючості	41
4.2. Втрати кальцію з ґрунту.....	43
4.3. Повторне вапнування.....	48
РОЗДІЛ 5. ҐРУНТОВА КИСЛОТНІСТЬ, СПОСОБИ ЇЇ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ	52
5.1. Ґрунтова кислотність, її шкідливість і позитивна дія кальцію	52
5.2. Вапнування як спосіб нейтралізації ґрунтової кислотності	59
РОЗДІЛ 6. ОПТИМАЛЬНА РЕАКЦІЯ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА ТА МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ ҐРУНТІВ У ВАПНУВАННІ	61
6.1. Оптимальна реакція середовища в основних видах ґрунтів й допустимі межі її підкислення	61

6.2. Методи визначення потреби ґрунтів у вапнуванні й дози вапна	62
6.3. Реакція сільськогосподарських культур на кислотність ґрунту	67
6.4. Процес формування врожаю сільськогосподарських культур на ґрунтах з кислою реакцією	71
РОЗДІЛ 7. НОРМИ І СТРОКИ ВНЕСЕННЯ ВАПНА	75
7.1. Норми, строки і місце внесення вапнякових матеріалів у сівозміні.....	75
РОЗДІЛ 8. ХАРАКТЕРИСТИКА ВАПНЯКОВИХ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ВАПНУВАННЯ ҐРУНТІВ В УКРАЇНІ	82
РОЗДІЛ 9. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВАПНУВАННЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ...	90
9.1. Ефективність вапнування кислих ґрунтів	90
9.2. Норми вапнякових матеріалів	92
9.3. Форми вапнякових матеріалів	97
9.4. Ефективність цементного пилу як вапняно-калійного добрива	102
9.5. Поєднання вапнування із застосуванням органічних і мінеральних добрив	106
9.6. Роль мікроелементів у житті рослин та їх застосування в поєднанні з вапнуванням.....	116
РОЗДІЛ 10. ВПЛИВ ВАПНУВАННЯ ТА УДОБРЕННЯ НА ВБИРНИЙ КОМПЛЕКС ҐРУНТУ	131
10.1. Динаміка ґрунтової кислотності	131
10.2. Поживний режим кислих ґрунтів і його зміни залежно від вапнування й удобрення	141
10.3. Вміст рухомих форм азоту, фосфору і калію в ґрунті	143
10.4. Вміст у кислому ґрунті гумусу і загального азоту	152
10.5. Вплив вапнування й удобрення на біологічну активність ґрунту.....	159
10.6. Вплив вапнування, і зокрема кальцію, на етапи розвитку рослин, їх фізіологічні процеси і якість вирощеної продукції.....	163

10.7. Вплив вапнування й удобрення на агрофізичні властивості ґрунту.....	169
10.8. Вплив вапнування на вологозабезпеченість ґрунту.....	176
РОЗДІЛ 11. ЗАСТОСУВАННЯ ВАПНУВАННЯ В ОВОЧІВНИЦТВІ, САДІВНИЦТВІ І ЛУКІВНИЦТВІ.....	
11.1. Вапнування ґрунту під овочеві культури.....	180
11.2. Вапнування ґрунту під плодові і ягідні культури	181
11.3. Вапнування у луківництві	183
РОЗДІЛ 12. ЕКОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ КИСЛИХ ҐРУНТІВ.....	
189	
РОЗДІЛ 13. ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЙ ВАПНУВАННЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ.....	
194	
13.1. Агроекологічні підходи до технологій вапнування кислих ґрунтів.....	194
13.2. Локальна меліорація.....	197
13.3. Розрахунок витрат меліоранту за рН-буферністю.....	199
РОЗДІЛ 14. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ І ТЕХНОЛОГІЯ ВАПНУВАННЯ ҐРУНТУ.....	
204	
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	206

Наукове видання

Томашівський Зенон Михайлович,
Коник Григорій Станіславович,
Качмар Оксана Йосифівна,
Оліфір Юрій Миколайович

ПІДВИЩЕННЯ РОДЮЧОСТІ КИСЛИХ ҐРУНТІВ

Монографія
Вид. 2-ге, доп.

За редакцією професора
З. М. Томашівського

Підписано до друку 20.04.2021 р.
Формат 30х42/4. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 12,79.
Наклад 100 пр. Зам. №34/07-04

Видавництво “СПОЛОМ”, 79008, Україна, м. Львів, вул. Краківська, 9
Тел./факс: (380-32) 297-55-47; e-mail: spolom_lviv@ukr.net
Свідоцтво суб’єкта видавничої діяльності: серія ДК, № 2038 від 02.02.2005 р.

Друкарня Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН,
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Пустомитівського р-ну
Львівської обл., 81115