

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН»**

**ТКАЧЕНКО Микола Адамович
КОНДРАТЮК Ірина Михайлівна
БОРИС Наталія Євгеніївна**

ХІМІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ

Монографія

**Вінниця
ТВОРИ
2019**

УДК 631.415:631.44:552.524
X 46

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»
(протокол № 8 від 18 червня 2019)*

Рецензенти:

Булігін Сергій Юрійович	доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України, професор кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М.К. Шикили
Тихоненко Дмитро Григорович	доктор сільськогосподарських наук, професор, Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, професор кафедри ґрунтознавства

X 46 **Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Борис Н.Є.** Хімічна меліорація
кислих ґрунтів [Монографія]. Вінниця, ТОВ «ТВОРИ», 2019. 318 с.

ISBN 978-966-949-306-4

Монографія присвячена відтворенню родючості кислих ґрунтів України. На основі багаторічних досліджень розглянуті основні питання і висвітлено роль вапнування та удобрення щодо збереження їх родючості, а також стабільного виробництва сільськогосподарської продукції.

Проаналізовано наслідки антропогенного впливу на основні властивості, та умови родючості кислих ґрунтів, визначено особливості протікання елементарних ґрунтових процесів і трансформації основних властивостей у часі за впливу хімічних меліорацій та удобрення у сівозміні. Обґрунтовано комплекс меліоративних заходів спрямованих для попередження деградації ґрунтів та охорону їх родючості в агроценозах за різних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Встановлено оптимальну періодичність проведення хімічної меліорації. Показано економічну ефективність цих заходів.

Книга розрахована на вчених і спеціалістів сільськогосподарської галузі виробництва, керівників і спеціалістів служби охорони і відтворення родючості ґрунтів, викладачів, аспірантів та слухачів вузів. Вона рекомендується як навчальний посібник для студентів спеціальності «Агрономія».

ISBN 978-966-949-306-4

© Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Борис Н.Є., 2019
© ННЦ «Інститут землеробства НААН», 2019

NATIONAL ACADEMY
OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE

NATIONAL SCIENTIFIC CENTER
«INSTITUTE OF AGRICULTURE OF NAAS»

TKACHENKO Mykola Adamovych
KONDRATYUK Iryna Mykhaylivna
BORYS Nataliya Yevheniivna

CHEMICAL MELIORATION OF ACID SOILS

Monograph

Vinnytsia
TVORY
2019

UDC 631.415:631.44:552.524
X 46

*Recommended for publication by the Academic Council
of the National Scientific Center «Institute of Agriculture of NAAS»
(protocol № 8 from June 18, 2019)*

Reviewers:

Bulyhin

Serhiy Yuriyovych

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Academician of NAAS, National University of Life
and Environmental Sciences of Ukraine, Professor
of the Department of Soil Science and Soil
Conservation n.a. prof. M.K.Shykula

Tykhonenko

Dmytro Hryhorovych

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kharkiv
National Agrarian University n.a. V.V. Dokuchayev,
Professor of the Department of Soil Science

X 46 **Tkachenko M.A., Kondratyuk I.M., Borys N.Ye.** Chemical
melioration of acid soils [Monograph] / Vinnytsia, TVORY, 2019. 318 p.

ISBN 978-966-949-306-4

The monograph is devoted to the reproduction of the acid soils fertility in Ukraine. Based on years of research, major issues have been discussed and the role of lime and fertilizer was highlighted in the context of preserving their fertility and sustainable agricultural production.

The effects of anthropogenic influence on the basic properties and fertility conditions of acidic soils was analyzed, the peculiarities of the elementary soil processes flow and the transformation of basic properties in time are determined due to the effects of chemical reclamation and fertilization in crop rotation. A set of ameliorative measures aimed at preventing soil degradation and protecting their fertility in agrocenoses has been substantiated for the different crop cultivation technologies. The optimal frequency of chemical melioration has been established. The economic efficiency of these measures is shown.

The book is intended for scientists and specialists of agricultural industries, heads and specialists of the soil fertility protection service, teachers, graduate students and university students. It is recommended as a textbook for students of the specialty «Agronomy».

ISBN 978-966-949-306-4

© Tkachenko M.A., Kondratyuk I.M., Borys N.Ye., 2019
© NSC «Institute of Agriculture of NAAS»

ЗМІСТ

Вступ	6
РОЗДІЛ 1. Кислі ґрунти та їх генетичні особливості.....	11
1.1. Географія та закономірності поширення кислих ґрунтів.....	11
1.2. Номенклатура та діагностика кислих ґрунтів	21
1.3. Застосування хімічної меліорації в Україні та в інших країнах світу.....	32
1.4. Сучасний стан проблеми вапнування кислих ґрунтів.....	46
1.5. Вапнякові меліоранти та їх характеристика	54
РОЗДІЛ 2. Природа ґрунтової кислотності.	
Роль кальцію і магнію в ґрунті та живленні рослин	69
2.1. Вбирна здатність ґрунту.....	76
2.2. Оптимізація кислотно-лужних властивостей ґрунтів	80
2.3. Втрати карбонатів ґрунтами і необхідність повторного вапнування.....	85
2.4. Баланс кальцію та магнію у ґрунті.....	90
2.5. Ефективність повторної хімічної меліорації вторинно-підкислених ґрунтів.....	100
2.6. Ефективність застосування комплексних меліорантів	110
РОЗДІЛ 3. Вапнування – основа відтворення родючості кислих ґрунтів і збільшення продуктивності агроценозів	122
3.1. Особливості відтворення вмісту гумусу в кислих ґрунтах – невід’ємна частина збереження їх родючості	126
3.2. Трансформація органічної речовини та умови гумусоутворення у зв’язку із застосуванням вапнякових матеріалів.....	139
РОЗДІЛ 4. Поживний режим кислих ґрунтів залежно від системи удобрення та вапнування.....	160

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

4.1. Азот гідролізованих сполук	160
4.2. Вміст і запаси рухомих та доступних для рослин форм фосфору.....	166
4.3. Вміст і запаси доступних для рослин форм калію	175

РОЗДІЛ 5. Продуктивність агроценозу залежно від системи удобрення та вапнування кислих ґрунтів

5.1. Оптимальні інтервали величин обмінної кислотності ґрунту для росту і розвитку сільськогосподарських культур	196
5.2. Продуктивність зернових колосових культур	199
5.3. Продуктивність зернобобових та круп'яних культур	212
5.4. Продуктивність кормових і технічних культур	218

РОЗДІЛ 6. Ефективність вапнування кислих ґрунтів

6.1. Економічна оцінка	232
6.2. Енергетична оцінка	240

Термінологічний словник

Термінологічний словник	250
-------------------------------	-----

Список літератури

Список літератури	280
-------------------------	-----

Додатки.....

Додатки.....	301
--------------	-----

Вступ

Проблема родючості ґрунтів залишається надзвичайно актуальною у сучасному землеробстві, особливо на територіях із промивним та періодично промивним типами водного режиму. У складі сільськогосподарських угідь України налічується близько 10 млн. га кислих ґрунтів (у тому числі 7,7 млн. га ріллі), у тому числі 0,5 сильнокислих, 1,3 середньокислих, 3,2 слабокислих та 4,6 млн. га близьких до нейтральних. Хімічна меліорація не проводиться, у більшості випадків, навіть на сильнокислих землях, що зумовило прискорену деградацію цих ґрунтів, втрату потенційної та ефективної родючості і значне розширення площ, які потребують негайного вапнування.

За умов ігнорування хімічної меліорації в Україні щорічно недобирається 0,6–1,8 млн. тонн зернових одиниць продукції рослинництва на кислих ґрунтах. Перехід на ринкові умови вимагає вирощування продукції рослинництва з мінімальними витратами засобів хімізації та максимальною продуктивністю, яку можна досягти застосовуючи нові високоефективні меліоративні сполуки комплексної дії, спрямовані на поліпшення фізичних, фізико-хімічних і агрохімічних властивостей кислих ґрунтів.

Хімічна меліорація кислих і близьких до нейтральної реакції ґрунтів є основним фактором підвищення врожайності сільськогосподарських культур. У той же час, систематичне застосування добрив істотно впливає на зміну фізико-хімічних, агрохімічних і мікробіологічних процесів у ґрунті. Ці зміни найбільше проявляються на легких за гранулометричним складом ґрунтах, які характеризуються кислою реакцією ґрунтового розчину, низьким умістом мулистої фракції і органічної речовини, а у зв'язку з цим мають незначну ємність катіонного

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

обміну. Під впливом інтенсивної хімізації землеробства вони втрачають значні кількості обмінних основ внаслідок вилуговування атмосферними опадами, особливо в умовах промивного типу водного режиму і незворотного виносу їх урожаєм сільськогосподарських культур. Втрати карбонатів з ґрунту зростають у міру збільшення доз мінеральних добрив, оскільки більшість із них за внесення в ґрунт підвищують його кислотність, яка має великий вплив на розчинність і рухомість сполук кальцію та магнію. Значне збільшення втрат карбонатів із кореневмісного шару ґрунту призводить до відновлення ґрунтової кислотності, скорочення тривалості дії внесених вапнякових матеріалів, зниження ефективності застосування добрив, що в кінцевому результаті збіднює ґрунти обмінними основами та призводить до інтенсивного їх підкислення.

У зв'язку з цим набуває актуальності питання вдосконалення наукової основи проведення меліоративних заходів, а саме більш глибоке вивчення ґрунтового покриву, його адаптивності до цих заходів і позитивних змін під їх впливом, пошуку нових шляхів підвищення ефективності меліорації та удобрення, раціонального використання орних земель відповідно до конкретних ґрунтових умов.

Ґрунтовий покрив Українського Полісся представлений в основному дерново-підзолистими ґрунтами, які за своєю природою кислі: pH_{KCl} 4,0–5,1 у глинисто-піщаних, 4,2–5,5 – у супіщаних і 4,5–5,6 – у суглинкових, гідролітична кислотність – від 1,8 до 2,5–2,8 мг-екв/100 г ґрунту, а сума увібраних основ кальцію і магнію у глинисто-піщаних відмінах рідко перевищує 2,0 мг-екв/100 г ґрунту, супіщаних – 4,0–5,0 і в суглинкових – 4,5–6,0 мг-екв/100 г ґрунту. Фонд сільськогосподарських угідь Полісся складає 54 % від загального земельного, а питома вага ріллі у складі сільськогосподарських угідь – 70 %. У відповідності з характером ґрунтово-кліматичних умов питома вага орних

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

земель у Поліссі збільшується від Західної провінції (Волинська і Рівненська області) – 18,2 % до Лівобережної (Чернігівська і Сумська) – 52,8 % від загальної території провінції.

Кислі ґрунти Лісостепу представлені переважно ясно-сірими, сірими лісовими та темно-сірими опідзоленими ґрунтами (загальна їх площа під сільськогосподарськими угіддями складає 3,84 млн. га), природний рівень кислотності яких знаходиться в інтервалі pH_{KCl} 4,5–5,6 (Нг 4,0–2,0 мг-екв/100 г ґрунту). Разом з тим, не можна вважати, що нейтральні ґрунти з вираженою потенційною кислотністю, а тим більше близькі до нейтральних з pH_{KCl} 5,6–6,0 за періодично промивного водного режиму не потребують вапнування. Порівняно легкий гранулометричний склад їх та значна кількість опадів призводять до вимивання розчинних сполук, тому ці ґрунти містять мало рухомих поживних речовин, гумусу й солей кальцію і магнію. Також це стосується і темно-сірих опідзолених ґрунтів та опідзолених і вилугуваних чорноземів, у яких відсутня обмінна кислотність, проте добре виражена гідролітична, тож pH_{KCl} нижче 6,0 вказує на їх виражену кислотність. Нейтральними вони є в інтервалі pH_{KCl} 6,0–7,0.

Упродовж тривалого часу вченими ґрунтознавцями й агрохіміками значна увага приділялась проблемі вапнування як одному з головних заходів окультурення і підвищення родючості кислих ґрунтів. З цією метою досліджувалися закономірності з впливу післядії різних форм і доз хімічних меліорантів та поєднання їх з органічними й мінеральними добривами, вплив цих факторів на властивості ненасичених основами ґрунтів і їх продуктивність.

У професійних колах не викликає сумніву той факт, що інтенсифікація землеробства без систематичного науково обґрунтованого застосування вапнякових матеріалів прискорює руйнування ґрунту не тільки в умовах надмірного зволоження,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

але й у районах з періодично промивним водним режимом (наприклад, північна частина Правобережного Лісостепу України). При цьому зменшується вміст обмінних форм кальцію і магнію, підвищується кислотність орного шару, погіршуються інші властивості ґрунту.

Проте в останні роки вапнування як захід відтворення родючості ненасичених основами ґрунтів не здійснюється, внаслідок чого різко знижується ефективність дії мінеральних добрив, особливо за вирощування культур, які для нормального росту і розвитку вимагають нейтральної реакції ґрунтового розчину (пшениця, ячмінь, кукурудза, бобові та капуста, цукрові й кормові буряки тощо). На всіх орних землях зони Полісся і значній частині Лісостепу баланс кальцію характеризується від'ємною величиною, тобто його надходить менше, ніж витрачається, внаслідок чого площі кислих ґрунтів щорічно збільшуються.

Отже, припинення вапнування кислих ґрунтів в Україні через відсутність необхідних коштів на його проведення призводить до значних втрат продукції рослинництва, що вимагає пошуків нових способів застосування сполук кальцію, їх форм, доз і особливо строків повторного вапнування в зв'язку зі змінами в асортименті мінеральних добрив, новітніх підходаів до удобрення культур у сівозміні, можливостей застосування невеликих доз вапна та ін.

РОЗДІЛ 1.

Кислі ґрунти та їх генетичні особливості

1.1. Географія та закономірності поширення кислих ґрунтів

Фізико-географічні умови ґрунтоутворення на території України обумовили відповідну географію ґрунтів і структуру ґрунтового покриву. На рівнинних просторах у розповсюдженні ґрунтів добре виражена широтна зональність, а в гірських областях – вертикальна поясність. Однак у межах фізико-географічних зон і підзон неоднорідність ґрунтового покриву ускладнюється за рахунок різноманітності місцевих фаціально-провінціальних природних особливостей, вплив різних форм рельєфу, гранулометричного складу ґрунтоутворних порід, характеру прояву галоморфізму та інших умов ґрунтоутворення, а також сучасним характером розвитку ґрунтів під впливом різних антропогенних факторів.

Рівнинна частина території сучасної України займає 95 % всієї площі (573,5 тис. км²). У північній частині України розміщується Полісся – болотиста низина, Дніпровське лівобережжя займає Придніпровська низина. Відроги Середньоруської височини досягають крайнього північного сходу України, на північному сході країни розташовані Донецький кряж та Приазовська височина, на центральній та західній територіях правобережжя Дніпра розміщуються

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Придніпровська, Волинська та Подільська височини. Південь країни займає Причорноморська низина, яку Перекопський перешийок сполучає з Північно-Кримською рівниною. На рівнинній території досить чітко простежуються природні зони: зона мішаних лісів – 19 %; лісостепова – 34 %; степова зона – 40 % [55].

Ґрунтовий покрив Полісся досить строкатий. Це обумовлено великою неоднорідністю хімічного та гранулометричного складів ґрунтоутворювальних порід, добре розвинутим мезо- і мікрорельєфом при загальній рівнинності території, близьким і дуже нерівномірним рівнем залягання ґрунтових вод, різноманітністю рослинних формацій і різним за інтенсивністю впливом господарської діяльності людини. Вологий клімат, легкий гранулометричний склад ґрунтів, а також безкарбонатність ґрунтоутворних порід обумовили поширення у Поліссі дерново-підзолистих ґрунтів.

У складі орних земель Полісся до 67 % припадає на дерново-підзолисті ґрунти, 22 % – на сірі лісові, частково заболочені. У складі дерново-підзолистих ґрунтів 39 % припадає на слабо- і середньопідзолисті глинисто-піщані, 53 % – на середньопідзолисті супіщані і всього 8 % – на сильнопідзолисті, переважно легкосуглинкові, а 26 % дерново-підзолистих ґрунтів знаходяться в умовах постійного перезволоження і віднесені до глеюватих і глейових. Питома вага дерново-підзолистих ґрунтів найбільша в Правобережній, а менша – у Західній і найменша в Лівобережній провінціях, а питома вага дерново-підзолистих глейових ґрунтів найбільша у Західній і найменша в Лівобережній провінціях. У Західній провінції глинисто-піщані ґрунти складають 58,4 %, супіщані – 43 %, суглинкові – 3,5 %, а в Лівобережній відповідно 25,3 %, 61,1 % і 13,6 % [66, 130].

Сірі лісові ґрунти зональні для суббореальних Лісостепів, як виняток зустрічаються на Поліссі України (на лесових островах),

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

у північних районах Лісостепу, в Євразії утворюють вузьку переривисту смугу, яка включає північну Молдову, Україну, Росію, Казахстан, Східний Сибір і тягнеться аж до Байкалу; невеликі масиви є в інших країнах східної Європи, у Канаді, США.

Лісостеп України природна зона, що займає близько 25 % нашої держави. Тут знаходиться понад третини всієї орної землі, на якій отримують понад 90 % урожаю буряків цукрових і більше як 30 % валового збору зерна [18]. Її протяжність з північного сходу на південний захід становить майже 1100 км. Номенклатура ґрунтів, що була прийнята за останнього крупномасштабного ґрунтового обстеження, представлена 160-ма ґрунтовими видами, без урахування тих, які виділяють за гранулометричним складом, материнською породою, ступенем еродованості.

Майже повністю у межах Лісостепової зони знаходиться Львівська, Хмельницька, Вінницька, Черкаська, Полтавська і Харківська області, південні частини Волинської, Рівненської, Житомирської, Київської, Чернігівської, Сумської, північні – Одеської і Кіровоградської та частково Івано-Франківська і Чернівецька області. Значна протяжність Лісостепу зі сходу на захід і з півночі на південь зумовлює значну різноманітність геологічної будови та рельєфу, кліматичних умов, водного режиму, ґрунтового і рослинного покриву.

Найголовнішою особливістю зони є збалансованість річних опадів і випаровування, гідротермічний коефіцієнт дорівнює 1,0, і тільки в західній провінції опади перевищують випаровування приблизно в 1,2 рази. Зона порівняно однорідна за температурою і забезпеченістю теплом у період вегетації сільськогосподарських культур, проте значно відрізняється у холодний період року.

Можна припускати, що характер кліматичних умов якраз і визначає загальнозональні умови перетворення речовин у агроландшафтах, а тривалість вегетаційного періоду і суворість зим обумовлюють особливості ґрунтових процесів

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

у межах провінцій. У зоні Лісостепу спостерігаються чіткіше, ніж у Поліссі, зміни ґрунтового покриву із заходу на схід, що проявляється у збільшенні вмісту гумусу, зменшенні потужності гумусового горизонту, що залежить від послаблення енергії перетворення органічних решток у кругообігу речовин та у зв'язку з континентальністю клімату [111].

Головною особливістю більшості ґрунтів Лісостепової зони є літологічна однорідність, пов'язана з однотипністю материнських порід, крім заплавної, піщаних, терасових і сильно еродованих ґрунтів, що залягають на елювії корінних порід, а саме лесах і лесовидних суглинках. Леси і лесовидні породи повністю покривають міжрічкові плато і річкові тераси, крім заплавної і першої надзаплавної.

Гранулометричний склад плакорних ґрунтів, незалежно від їх генези, суглинковий: на північній периферії зони переважно крупнопилувато-легкосуглинковий, у середній смузі – крупнопилувато- і пилувато-середньосуглинковий, а в південній частині, що межує зі Степом – важкосуглинковий до легкоглинистого [88].

Ґрунтоутворювальний процес у Лісостепу, що споріднений однією материнською породою – лесом різного гранулометричного складу, відбувався у одному випадку під широколистяними дубово-грабовими лісами (у більшості), а в іншому разі – під трав'янисто-лучним покривом, що змінив ліс, та зі значними відхиленнями типу водного режиму (від промивного на Заході до періодично-промивного на Правобережжі). Такі умови зумовили значну мозаїчність ґрунтового покриву, що налічує 23 агровиробничі групи ґрунтів [109].

Найбільшу частку в структурі ґрунтового покриву сільськогосподарських угідь (від 45 до 60,4 %) та ріллі (47,7–69,5 %) займають чорноземи типові, які проходять широкою

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

смугою через усю лісостепову зону. Вони сформувалися за умов підвищеного рівнинного рельєфу і залягають на широко хвилястих лесових терасах річок, як правило, на плакорах. Гумусовий горизонт становить 30–60 см, на схилах за рахунок водної та вітрової ерозії він ще менший або й майже повністю змитий. Значні площі чорноземів типових, за даними останнього туру агрохімічних обстежень, опідзолені і вилугувані внаслідок тривалого застосування фізіологічно-кислих добрив і промивного типу водного режиму.

На другому місці в структурі ґрунтового покриву зони Лісостепу знаходяться темно-сірі опідзолені, ясно-сірі та сірі лісові ґрунти, на які припадає від 18 % у Лівобережній провінції до 60 % загальної площі сільськогосподарських угідь у Західній [109].

Аналіз географічних закономірностей поширення сірих лісових ґрунтів в Україні, їх приуроченості до різних форм рельєфу, режиму зволоження, ґрунотворних порід, антропогенного впливу на морфогенетичні особливості свідчить, що залягання власне кислих ґрунтів на території України піддається двом основним уже згаданим закономірностям: широтній зональності на рівнинній частині та висотній поясності в Українських Карпатах і Кримських горах. Сірі лісові ґрунти змінюються також і в довготному напрямку через посилення континентальності клімату із заходу на схід. Відомо, що ґрунтови та рослинні зони простягаються з південного заходу на південний схід. На заході широколистяні та мішані ліси зміщуються на південь, а на сході – у північно-східному напрямку (рис. 1.1).

Кислі сірі лісові ґрунти України переважають більшою мірою на лесових островах Полісся та в західній і правобережній частині Лісостепу, а на Лівобережжі трапляються у незначних кількостях неширокі смуги, приурочені до правих берегів приток Дніпра. Ці ґрунти формувалися під широколистяними лісами

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

і часто займають найбільш дренавані території. Крім того, трапляються й оглеєні відміни, що зустрічаються на низьких лесових терасах і приурочені до понижених елементів рельєфу з неглибоким (2,0–4,0 м) рівнем ґрунтових вод [178].

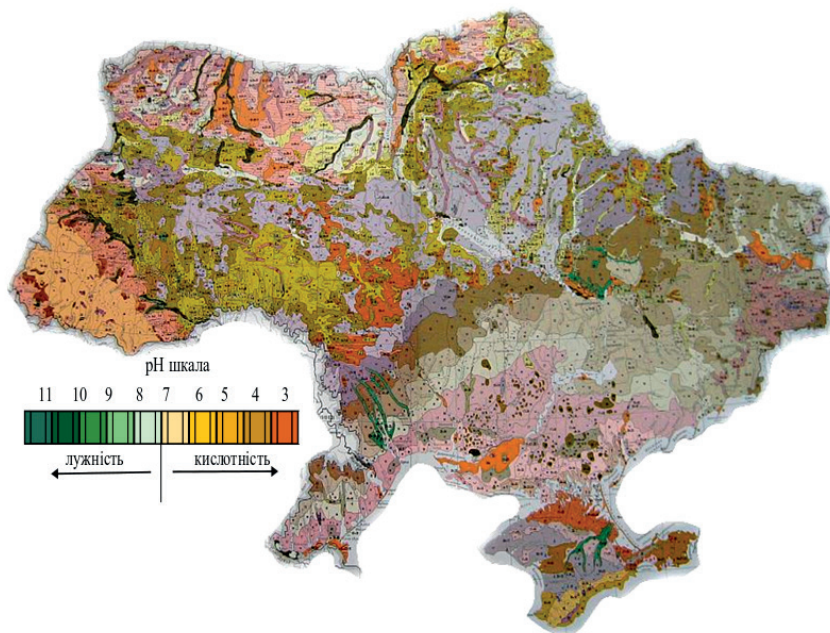


Рисунок 1.1. Карта ґрунтового покриву України

Кислі ясно-сірі лісові ґрунти за сукупністю властивостей наближаються до найменш родючих ґрунтів України – дерново-підзолистих супіщаного і легкосуглинкового гранулометричного складу, бо залягають у вологіших кліматичних умовах північної частини Лісостепу, яка в доагрокультурний період була покрита мішаними лісами західноєвропейського типу. Власне, кислі сірі лісові ґрунти є також і в південній частині Лісостепу, але відрізняються значно меншою опідзоленістю і вилугуваністю та посиленням акумулятивних процесів, що відображається

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

у морфології і властивостях. У Західному Лісостепу ґрунти елювіального типу ґрунтоутворення утворюють різні поєднання як у плакорних умовах, так і за елементами рельєфу.

Дослідженнями ґрунтознавців у Північному Лісостепу встановлено деякі закономірності в розподілі ґрунтів за елементами рельєфу, а саме зменшення опідзоленості та вилугуваності у напрямку до підніжжя схилу. Вододіли звичайно зайняті ясно-сірими лісовими ґрунтами, інколи в поєднанні з дерново-підзолистими, до схилів приурочені ясно-сірі і сірі лісові ґрунти, а в найнижчих частинах схилів поширені напівгідроморфні сірі лісові глееві ґрунти. По днищах балок, улоговин і западин за умови високого залягання ґрунтових вод сформовані дерново-глееві і перегнійно-глееві ґрунти під лучною і лучно-чагарниковою рослинністю (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 Площа кислих ґрунтів України

ґрунти	С.-г. угіддя, млн. га	Рілля, млн. га
Дерново-підзолисті і дернові опідзолені	2,398	1,97
Ясно-сірі і сірі лісові	2,106	1,908
Темно-сірі опідзолені і чорноземи опідзолені	4,288	3,90
Дернові оглеєні	1,042	0,476
Буроземи	0,314	0,062
Буроземно-підзолисті оглеєні	0,283	0,188
Лучно-буроземно-підзолисті	0,101	0,039
Разом	10,517	8,543

У Південному Лісостепу різного ступеня кислотності темно-сірі опідзолені ґрунти виходять на вододіли, і тільки

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

серед опідзолених і вилугуваних чорноземів вони місцями займають схили, у напівгідроморфному ряду розвиваються лучно-чорноземні і чорноземно-лучні, а в гідроморфному – лучні ґрунти [14, 32, 65].

У Лісостепу України сірі лісові ґрунти займають значні площі орних земель – 16,7 %, що становить 3,84 млн. га. Розрізняють три підтипи цих ґрунтів: ясно-сірі, сірі лісові та темно-сірі опідзолені. Ясно-сірі та сірі лісові ґрунти займають у Лісостепу 1,6 млн. га, або 12,4 % площі ріллі. У сільському господарстві використовується 2,6 млн. га (у тому числі 17 % оглеєних), що складає 5,9 % площі сільськогосподарських угідь країни [80].

Ясно-сірі лісові ґрунти – найдревніші в Лісостеповій зоні з початку післяльодовикового періоду, вони розвивалися під широколистяними лісами на лесоподібних породах. Морфологічно вони близькі до дерново-підзолистих ґрунтів, сформованих в умовах мішаних лісів. На сьогодні ж ясно-сірі лісові ґрунти найчастіше трапляються під дубово-грабовими або грабовими лісами, які змінили дубняки, проте значні їх площі задіяні в сільському господарстві.

При розкладанні лісової підстилки утворювався «кислий гумус» із переважанням фульвокислот. Разом з тим, протікання підзолистого процесу в сучасних ґрунтах, що знаходяться в обробітку, відбувається не в такій різкій формі, як у ґрунтах змішаних або хвойних лісів, особливо за умов карбонатної материнської породи. На карбонатних породах, за інтенсивного підзолистого процесу, акумуляція колоїдних часток у середній частині ґрунтового профілю відбувається повніше і сприяє утворенню горіхуватої і призматичної структури. А за умов безкарбонатної породи частина колоїдів повністю вимивається за межі ґрунтового профілю, потрапляючи в ґрунтові води [32].

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Узагальнюючи теоретичні висновки з генези сірих лісових ґрунтів, О. Андрущенко [8] досить точно висловив сучасні уявлення ґрунтознавців, що за умов, де підзолистий процес сильно переважає над дерновим, формуються ясно-сірі лісові ґрунти, а за умов, де підзолистий процес проходить з однаковою інтенсивністю з дерновим, утворюються сірі лісові ґрунти. Зрештою, там, де дерновий процес сильно переважає над підзолистим, утворюються темно-сірі опідзолені ґрунти. Варто зазначити, що на сьогоднішній день відбуваються значні зміни напрямків ґрунтотворних процесів у сірих лісових ґрунтах у результаті господарської діяльності людини, а саме невиправданого розорювання схилених земель, вирубування лісів, інтенсивного обробітку і системи удобрення.

Але безперечним є те, що виникнення сірих лісових ґрунтів на лесових островах Полісся та в Лісостепу обумовлено підзолоутворюючим та дерновим процесами, які відбувались і відбуваються у ґрунтах на карбонатних породах під покривом широколистяних лісів за умов помірного зволоження, промивного та періодично промивного типів водного режиму.

Утворилися сірі лісові ґрунти на лесовидних суглинках і лесах (97,0 %), глинах (0,4 %), які підстилаються пісками (1,3 %), крейдо-мергелями (0,7 %) та іншими відкладами. Залежно від характеру материнської породи гранулометричний склад їх різний – від супіщаного до важкосуглинкового, але переважно легкосуглинкові – 42,9 %, середньосуглинкові – 34,3 %, супіщані – 16,8 % та важкосуглинкові – 6,0 %. Це зумовлює значне коливання вмісту гумусу – від 1,5 % у ясно-сірих і сірих лісових на переході від зони Полісся до Лісостепу в супіщаних та легкосуглинкових і до 2,5–3,0 % у сірих лісових середньосуглинкових відмінах.

У північній частині території Правобережного Лісостепу сірі лісові ґрунти утворилися на легкосуглинкових лесах,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

або лесовидних суглинках, у зв'язку із чим належать до крупнопилуватих, рідше пилуватих легкосуглинкових. Лес і лесоподібні суглинки містять у собі чимало вапна; тому й лісові ґрунти, особливо опідзолені чорноземи та темносірі, мають кращі фізичні, хімічні та інші властивості, ніж дерново-підзолисті. Ці ґрунти мають значно кращу родючість, але все ж вони досить кислі, з порушеною структурою, а то й зовсім безструктурні. Легкий гранулометричний склад сірих лісових ґрунтів Правобережного Лісостепу обумовив порівняно низьку ємність вбирання, низький вміст гумусу (1,5–2,5 %), а промивний і періодично промивний типи водного режиму – надмірну кислотність, унаслідок чого сірі лісові ґрунти потребують систематичного вапнування. У зв'язку з невисоким вмістом гумусу вони мають невеликі запаси поживних речовин, особливо азоту, а фосфором і калієм середньо- та слабозабезпечені [53].

За сукупністю морфологічних ознак і властивостей сірі лісові ґрунти займають перехідне положення від дерново-підзолистих до чорноземних ґрунтів. Як і у дерново-підзолистих ґрунтах, мають добре виражені процеси опідзолення, тому профіль чітко диференційований за елювіально-ілювіального типу. Інтенсивність опідзолення залежить від гідротермічних умов і збільшується з півдня на північ та зі сходу на захід України, у напрямку зростання інтенсивності промивання ґрунту, тривалості періоду розкладу органічних залишків [79, 178].

Оскільки сірі лісові ґрунти Лісостепу формувалися в умовах періодично промивного водного режиму, вони відзначаються кислою реакцією ґрунтового розчину (від 4–5 до 5–6 pH_{KCl}). Це зумовлює високу рухомість елементів живлення та їх вилуговування у нижні шари ґрунту, аж до ґрунтових вод. У гранулометричному складі переважає фракція крупного

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

пилу, тому орний шар не відзначається структурністю, що є причиною запливання й утворення твердої кірки після дощу та крупногрудочкуватої поверхні після обробітку. Все це визначає невисоку природну родючість сірих лісових ґрунтів, яка за основними показниками переважає лише родючість бідних дерново-підзолистих ґрунтів [130, 144].

Підсумовуючи закономірності поширення кислих сірих лісових ґрунтів, можна констатувати, що основні їх площі приурочені до височинних і верхньосхилових форм рельєфу, що зумовлює розвиток природно-антропогенних змін їх властивостей і складу. Переважно промивний водний режим, пов'язаний зі збільшеною кількістю опадів, у поєднанні з ерозійно-нестійкими материнськими породами (лесоподібними суглинками) визначають розвиток сучасного ґрунтоутворного процесу. Оцінюючи агрогенну еволюцію сірих лісових ґрунтів, що знаходяться в обробітку, як конвергенцію ознак з сусідніми ґрунтовими типами у просторі і часі слід, відзначити незначний ступінь деградації, що проявляється найчастіше в двох напрямках – дегумуфікація та підкислення.

1.2. Номенклатура та діагностика кислих ґрунтів

Розглядаючи ґрунт як об'єкт праці і засіб виробництва в історичному контексті, тобто з часів зародження перших уявлень про нього як оброблений верхній родючий шар землі, здатний давати урожай, зароджувалося генетичне ґрунтознавство, яке до сьогодення є наукою, що постійно прогресує і не терпить догм. Таке визначення ґрунту цілком влаштувало людство у його еволюційному й соціальному розвитку доти, доки воно не зіткнулося упритул і з тими проблемами, перед якими його поставив прогрес продуктивних сил і технологій у землеробстві, що призвело

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

до катастрофічної деградації ґрунтового покриву за останні десятиліття [185].

Глобалізація антропо-техногенного впливу на всі природні системи, у т.ч. і на ґрунтовий покрив, зумовила проблеми як суто прикладного агрономічного та лісгосподарського характеру, так і певною мірою абстраговані від них фундаментальні, пов'язані з різноманітними геологічними функціями ґрунтової оболонки Землі – педосфери. Уявлення про еволюцію ґрунтів за цих умов були сформульовані такими визначними вченими, як В.В. Докучаєв [69], В.І. Вернадський [31], І.П. Герасимов [43], Г.В. Добровольський [64], О.Н. Соколовський [199], І.О. Соколов [198]. Хоча на сьогоднішній день є консолідована наукова позиція щодо відкритих поверхнево-планетарних, покривних, екзогенних біологічних систем, до яких відноситься ґрунтова оболонка Землі, загальноприйнятої систематики не існує.

Прогрес розвитку ґрунтознавства як фундаментальної і прикладної науки значною мірою пов'язаний із вирішенням класифікаційної проблеми ґрунтів. Тому вона була завжди у центрі уваги дослідників. Досить вдало з цього приводу висловився М.М. Сибірцев: «Достатньо міцні, останнім часом, погляди на ґрунт як природне тіло, що має певну властиву йому генетичну окремішність і певну натуру, не могло не зумовити спроб до створення природничо-наукової класифікації ґрунтів» [194]. Разом з тим, сучасний стан проблеми характеризується тим, що на сьогоднішній день у світі не вироблено загальноприйнятих принципів наукової класифікації, особливо на надтиповому рівні, не розроблено єдиної номенклатури, їх може бути навіть по дві в одній країні.

Українська номенклатура базується на принципах, прийнятих у 1977 р. і розвинутих М.І. Полупаном, В.Б. Соловейом, В.А. Величком [93] у 2005 р. За існуючими правилами у назві ґрунту мають бути присутні всі таксономічні

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

рівні – від типу ґрунту до варіанту, який відображає зміну властивостей ґрунтів у результаті їх сільськогосподарського використання. За характером природи ґрунтоутворювальних порід і наявністю підстилаючих визначають класифікаційну таксономічну одиницю – літологічну серію.

Вітчизняною генетичною школою ґрунтознавства в основу діагностики ґрунтів покладено «профільний метод» В.В. Докучаєва [69], де принципово необхідне повне дослідження й опис усіх горизонтів аж до материнської породи, що становлять одне ціле. Другим важливим принципом є комплексний підхід до діагностики ґрунтів, що вимагає повного аналізу та характеристики морфологічних, фізичних, фізико-хімічних, хімічних, біологічних, агрономічних властивостей ґрунту не окремо взятих, оскільки це не може братися до уваги, а обов'язково в сукупності. Третім широковживаним у ґрунтознавстві є порівняльно-географічний аналіз, що передбачає зіставлення одних ґрунтів з іншими з урахуванням ареалів їх поширення та відмінностей факторів ґрунтоутворення з наступним віднесенням однакових за ознаками ґрунтів до різних систематичних груп.

Зрештою, генетичний принцип діагностики ґрунтів передбачає першочергове використання тих властивостей і ознак, які безпосередньо пов'язані з генезисом: ступінь розвитку і диференційованості ґрунтового профілю; ступінь акумуляції сполук або збіднення ними, ступінь трансформації ґрунтоутворного матеріалу, вияв направленості ґрунтових процесів.

Класифікаційна типологія ґрунтів на основі параметрів властивостей та умов формування, запропонована вченими ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н. Соколовського» [177], поряд із віддзеркаленням генетичної природи досить повно характеризує агровиробничі

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

якості ґрунтів на підставі природних ресурсів родючості, що є запорукою як охорони, так і підвищення їх продуктивності та раціонального використання.

Отже, класифікація ґрунтів за кількісними діагностичними показниками дає змогу об'єктивно встановити їх еколого-генетичний статус. Разом з тим, треба зауважити, що, крім польового визначення генетичної належності ґрунту за будовою профілю, з його морфологічною характеристикою генетичних горизонтів, на сьогодні не існує інших чітких критеріїв уточнення номенклатурної приналежності ґрунту.

Інтенсивність опідзолювання у значній мірі залежить від гідротермічних умов і посилюється з півдня на північ та зі сходу на захід. У цьому напрямку зростає інтенсивність промивання ґрунту, тривалість трансформації рослинних решток і як результат – зменшення кількості гумусу, глибини ґрунтового профілю і збільшення ознак опідзолювання ґрунту.

У західних провінціях, як відомо, клімат тепліший і вологіший, період активного ґрунтоутворення триваліший. За цих умов біологічний кругообіг речовин відбувається швидко і повно, процеси ґрунтоутворення поширюються на значну глибину. Тому на заході ґрунти мають потужні гумусові горизонти з відносно невисоким умістом гумусу. У східних провінціях період активного ґрунтоутворення коротший, клімат холодніший, опадів менше порівняно з західними провінціями, ґрунт промерзає на значну глибину. Очевидно, це і є причиною того, що гумусний горизонт має меншу потужність, а вміст гумусу вищий. Це зумовлено уповільненням біологічного кругообігу речовин і неповним розкладанням органічних решток.

Своєрідність факторів ґрунтоутворення (м'який і вологий клімат, легкі та бідні на основи і поживні елементи породи, близьке залягання до поверхні ґрунтових вод) обумовили

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

розвиток трьох основних процесів ґрунтоутворення: підзолистого, дернового і болотного. Прояв цих процесів обумовили формування строкатого і мозаїчного ґрунтового покриву Полісся. На підвищених вододільних територіях сформувалися дерново-підзолисті та дернові ґрунти, на відносно понижених територіях, з близьким рівнем підґрунтових вод – дерново-підзолисті та дернові ґрунти різного ступеня оглеєння, у річкових заплавах і пониженнях – болотні, лучні ґрунти. У місцях з близьким заляганням від поверхні крейдових відкладень (Волинське Полісся) сформувалися дерново-карбонатні ґрунти. Невеликими осередками поширені опідзолені ґрунти на лесах і лесоподібних суглинках.

Дерново-підзолисті ґрунти утворюються при поєднанні підзолистого і дернового процесів ґрунтоутворення, які мають диференційований за елювіально-ілювіальним типом профіль. При прояві оглеєння, передусім поверхневого, диференціація профілю посилюється. Дерново-підзолисті ґрунти поділяють на види: дерново-слабопідзолисті, дерново-середньопідзолисті, дерново-сильнопідзолисті. Крім того, виділяються дерново-прихованопідзолисті ґрунти. За глибиною оглеєння – глеюваті, глейові, глибокоглеюваті, поверхневооглеєні. За гранулометричним складом розрізняють різновидності: піщані, глинисто-піщані, супіщані, піщано-легкосуглинкові.

Для цих ґрунтів характерна слабка гумусованість: у легких піщаних, глинисто-піщаних ґрунтів уміст гумусу 0,5–0,6 %, а в легкосуглинкових – 1,2–2,0 %; тип гумусу в легких ґрунтах фульватний або гуматно-фульватний у суглинкових. Ґрунти мають дуже малу ємність поглинання (1,5–8,5 мг-екв/100 г ґрунту), яка зростає від піщаного до суглинкового гранулометричного складу. Частіше у Поліссі пролягають дерново-підзолисті ґрунти легкого (піщаного, глинисто-піщаного, супіщаного)

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

гранулометричного складу. Реакція ґрунтового розчину кисла (pH_{KCl} 4,0–5,7), гідролітична кислотність 1,7–3,0 мг-екв/100 г ґрунту. Запаси поживних речовин дуже низькі: азоту 0,05–0,08, фосфору 0,04–0,09, калію 1,0–1,5 % від сухої речовини ґрунту.

На понижених та плоских слабкодренованих ділянках рельєфу з неглибоким (1,0–2,5 м) заляганням ґрунтових вод формуються сірі лісові глейові ґрунти. Ці ґрунти мають чітко виражений гумусний горизонт потужністю 35–45 см з високим вмістом гумусу під лісом.

Важливою діагностичною ознакою є вміст і якісний склад гумусу – гуматно-фульватний у сірих лісових і фульватно-гуматний – темно-сірих опідзолених ґрунтів. Кількість гумусу різко зменшується вниз по профілю. Ґрунти на загал різного ступеня кислі, проте водню і алюмінію у структурі ґрунтового вбирного комплексу значно менше, ніж у підзолистих ґрунтах. Агрофізичні властивості крупнопилувато-легкосуглинкових сірих лісових ґрунтів дуже несприятливі, що пов'язано зі значною кількістю грубого пилу, який, у свою чергу, є причиною запливання і утворення ґрунтової кірки на площах, що знаходяться в інтенсивному обробітку.

Природна родючість ясно-сірих ґрунтів невисока. Фізико-хімічні показники ясно-сірих ґрунтів близькі до дерново-підзолистих, про що свідчить інтенсивний розвиток підзолистого процесу. Вміст гумусу – 1,3–2,8 %, гумус гуматно-фульватного типу (табл. 1.2).

Реакція ґрунтового розчину ясно-сірих ґрунтів – кисла (pH_{KCl} 4,0–5,7), гідролітична кислотність становить 2,5–3,1 мг-екв/100 г ґрунту, сума обмінних основ – 10–22 мг-екв/100 г ґрунту, насичені основами на 65–75 %. Ґрунт містить досить мало загальних і доступних рослинам форм елементів живлення (легкогідролізованого азоту – 3,0–4,0 мг/100 г ґрунту, обмінного калію 5,0–8,0 мг/кг ґрунту за Кірсановим, але

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

незначна рухомість фосфору 15–20 мг/кг ґрунту, що пов'язано з кислою реакцією середовища. Агрофізичні властивості ясно-сірого лісового ґрунту малосприятливі для розвитку сільськогосподарських культур, структура ґрунту маломіцна, з невисокою водостійкістю агрегатів. Поверхня ґрунту після дощу ущільнюється, замулюється, утворюється кірка, що негативно впливає на ріст і розвиток рослин.

Таблиця 1.2 Класичний профіль ясно-сірого лісового ґрунту:

Нл (2–3 см) –	лісова підстилка у цілинних (лісових);
НЕ (Не) (10–15 см) – у цілинних, в орних – (25–35 см)	гумусово-елювіальний горизонт, слабкогумусований, нерівномірно світло-сірого забарвлення, сивуватий від кремнеземистої присипки, слабо виражена неміцна грудкувато-пластинчаста, а на ріллі – грудкувато-пилувата структура, перехід ясний;
Е або Еh (10–20 см)	елювіальний горизонт, безгумусовий або дуже слабкогумусовий, сивуватий, майже весь складений з присипки SiO_2 , тонкопластинчастої листуватої структури, перехід ясний;
I (70–90 см) – <i>Ih</i> (до 60 см)	ілювіальний, безгумусовий, червоно-бурий, щільний, горіхувато-призматичний, грані структурних агрегатів вкриті темно-бурими затіками органо-мінеральних колоїдів, а інколи припудрені присипкою SiO_2 ;
PI	перехідний ілювіальний, світліший за попередній, менш щільний, з меншим виразом затьоків колоїдів, перехід поступовий;
Рк (з 120 см і глибше)	материнська порода, як правило, лесова з карбонатним псевдоміцелієм і прожилками.

Порівняно з ясно-сірими ґрунтами в сірих у складі

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

гумусу зростає вміст гумінових речовин, кращий поживний режим, але вміст доступних форм невеликий, що пов'язано як з незначною кількістю гумусу, так і з кислою реакцією, що, в свою чергу, пригнічує процеси нітрифікації й азотфіксації. Малосприятливі агрофізичні властивості цих ґрунтів майже такі, як і в ясно-сірих опідзолених (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 Класичний профіль сірого лісового ґрунту:

Нл (0–2 см) –	лісова підстилка;
НЕ (Не) (3–35 см) –	гумусово-елювіальний горизонт, бурувато-сірий пухкий, горіхувато-грудкуватий, із присипкою SiO_2 ;
Еh (20–50 см) –	підзолистий, слабогумусований, попелястий, плитчастий, пухкий, <i>присутній тільки у ясно-сірих лісових</i> ;
Еl, Іе (22–52 см) – <i>Іh (до 60 см)</i>	підзолистий, ілювіований, перехідний, багато присипки SiO_2 , <i>присутній тільки у темно-сірих опідзолених</i> ;
І (50–120 см) – <i>Іh (до 60 см)</i>	ілювіальний, темно-бурий, дуже щільний, призмo-подібно-горіхуватий, органо-мінеральне лакування, вміта присипка SiO_2 <i>присутній тільки в сірих лісових і темно-сірих опідзолених</i> ;
<i>Рl</i> (80–100см) Рк (100–130 см і глибше)	<i>вилугуваний лесовидний суглинок, закінчується лінією скипання карбонатів, присутній тільки в сірих лісових і темно-сірих опідзолених</i> ; материнська порода, найчастіше лесовидний суглинок або лес, бурхливо закипає, безформно-грудкувата, пухка, трубочки CaCO_3 ;

Верхні горизонти цих ґрунтів збіднені мулом, який вимивається в ілювіальний горизонт. Уміст гумусу 1,5–2,5 %,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

що зосереджений у гумусово-елювіальному горизонті, в ілювіальному його кількість різко падає до 0,2–0,5 %. Реакція ґрунтового розчину менш кисла, ніж у ясно-сірих ґрунтів (pH_{KCl} 5,3–6,2), гідролітична кислотність – 2,4–3,5 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насиченості основами – 70–80 %, сума обмінних основ – 10–25 мг-екв/100 г ґрунту залежно від гранулометричного складу і вмісту гумусу.

Отже, сірі лісові ґрунти виділяють на рівні самостійного генетичного типу, який має три підтипи: світло- (ясно-) сірі, сірі лісові та темно-сірі опідзолені ґрунти. Властивості ясно-сірих і сірих лісових ґрунтів є близькими до дерново-підзолистих – чітко диференційований профіль, легкий гранулометричний склад, підвищена кислотність гумусованого горизонту, невисока природна родючість. В основу такого поділу на підтипи покладено інтенсивність протікання підзолистого та дернового процесів, що, у свою чергу, відображається у будові профілю.

Темно-сірі лісові опідзолені ґрунти мають високу природну родючість, більш сприятливі агрофізичні властивості, характеризуються значним перерозподілом за профілем мулу і збагаченням фракціями пилу, у них зростає кількість водостійких агрегатів, тому вони менш запливають, кірка менш щільна (табл. 1.4).

Фізико-хімічні властивості сприятливі для сільськогосподарських культур. Ґрунти слабокислі (pH_{KCl} 5,3–6,4), проте величина гідролітичної кислотності зростає до 2,1–3,5 мг-екв, насиченість основами – 80–90 %, сума обмінних основ – 11,0–35,0 мг-екв/100 г ґрунту. З глибиною кислотність зменшується й зростає насиченість основами, збільшення гумусованості, що зумовлює вищий вміст елементів живлення (5,0–6,0 мг/100 г ґрунту – азоту легкогідролізованих сполук, 5,5–10,0 мг/кг – рухомого калію, 15,0–20,0 мг/кг – фосфору (за Кірсановим). Уміст гумусу в цілинних лісових ґрунтах

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

5–8 %, в орних – 2,0–4,0 % з поступовим зменшенням вниз за профілем. У складі гумусу суттєво зростає група гумінових речовин, тому тип гумусу – фульватно-гуматний. За своїми ознаками і властивостями наближаються до чорноземів опідзолених – інтенсивні процеси акумуляції гумусу, переміщення колоїдів незначне, важко- та середньосуглинковий гранулометричний склад.

Таблиця 1.4 Класичний профіль темно-сірого опідзоленого ґрунту:

Нл (2–3 см) –	лісова підстилка у цілинних ґрунтах;
НЕ (Не) (30–40 см) –	гумусово-ілювіальний горизонт, темно-сірий, пухкий, неміцно-грудкуватий із слабкою пластинчастою структурою, перехід добре помітний;
НІ (20–30 см) –	гумусово-ілювіальний, темно-бурий ущільнений, з чітко призматично-горіхуватою структурою, структурні агрегати можуть бути припудрені SiO_2 , перехід поступовий;
I (40 см) –	ілювіальний, безгумусовий, червоно-бурий, щільний, горіхувато-призматичний, структурні агрегати вкриті темно-бурими затьокками (органомінеральне лакування, примазки), перехід поступовий;
РІ (заягає до глибини 120–150 см)	перехід ілювіальний, світліший за попередній, менш щільний, з меншим виразом затьоків колоїдів, перехід поступовий;
Рк (130 см і глибше)	материнська порода, найчастіше лісова з карбонатним псевдоміцелієм і прожилками;

Крім розглянутих типів сірих лісових ґрунтів, окремо виділяють глейові відміни, що зустрічаються на слабодренованих плоских вододілах і характеризуються ознаками перезволоження та зміною забарвлення у нижній

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

частині профілю, а також виділяють ряд окремих родів: залишково-карбонатні; буруваті; реградовані; мочаристі; контактнo-лугуваті. Види сірих лісових ґрунтів відрізняються за: глибиною закипання (високо- і глибокозакипаючі, по межі 100 см); потужністю гумусованого профілю, см (потужні ≥ 40 , середньопотужні 20–40, малопотужні ≤ 20); ступенем оглеєння (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 Класичний профіль чорнозему опідзоленого:

He (35–45 см) –	гумусовий слабоелювіюваний, темно-сірий з кремнеземистою присипкою SiO_2 , яка надає білуватого відтінку, зернисто-грудкувата структура, поступовий перехід;
HPi (30–40 см) –	верхній перехідний слабоілювіюваний, темно-бурий ущільнений, грудочкувато-горіхуватий, структурні агрегати можуть бути припудрені R_2O_3 , перехід поступовий;
PHi (35–45 см) –	нижній перехідний слабоілювіюваний, темно-бурий, язики натічного гумусу, горіхувато-призматичний, переходить у породу по лінії залягання карбонатів;
Pк (з 120 см і глибше) –	материнська порода, найчастіше карбонатний лес.

Чорноземи опідзолені містять більше азоту і більше фосфору, ніж темно-сірі опідзолені ґрунти, їх потенційна родючість має досить високий рівень. Вони мають 3,5–5,0 % гумусу (супіщані до 2,0 %, глинисті до 6,0 %), слабокислу реакцію середовища (pH_{KCl} 5,6–6,5), ступінь насичення основами – 75–90 %, у ГВК присутній водень 2,0–3,5 мг-екв/100 г ґрунту.

1.3. Застосування хімічної меліорації в Україні та в інших країнах світу

Вапнування як агрохімічний і меліоративний захід у сільськогосподарському виробництві відоме давно. В Україні дослідження із застосування вапняних матеріалів для підвищення врожайності і поліпшення якості продукції сільськогосподарських культур ведуться з кінця другої половини XIX ст., коли під керівництвом А.Є. Зайкевича в 1894–1895 рр. мережею дослідних полів Харківського товариства сільського господарства були проведені перші досліди з вивчення дії вапна на врожайність цукрових буряків. Через два роки, в 1897–1899 рр., М.Я. Жуков виявив позитивну дію дефекату на врожайність цукрових буряків у дослідях на Іванівській сільськогосподарській станції. Уже в 1900 р. за ініціативою Всеросійського товариства цукрозаводчиків досліди з вапнування ґрунтів під цукрові буряки в Україні були значно розширені. Однак у зв'язку з тим що застосування вапняних матеріалів проводилося без урахування особливостей ґрунтів, позитивних висновків із цих досліджень не зробили і в 1905 р. дослідні роботи з вапнування ґрунтів було припинено.

Лише в 1925 р., після двадцятирічної перерви, мережею дослідних полів було відновлено дослідження із застосування дефекату під цукрові буряки (А.Ф. Нестеров, 1927 р.; П.А. Петровський, 1929 р.). Водночас на Поліській дослідній станції Ф.В. Турчин і Х.Г. Зінов'єва розпочали дослідження з вивчення ефективності застосування мергелю на слабоопідзолених піщаних ґрунтах. Згодом дослідження з вапнування ґрунтів були розширені П.А. Власюком на чорноземах слабовилугуваних Уманської дослідної станції,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

професором М.М. Годліним (1933 р.) і О.В. Стоцьким (1940 р.) на дерново-підзолистих ґрунтах в Українському НДІ землеробства, С.М. Міневичем (1937 р.) на дерново-підзолистих ґрунтах Поліської дослідної станції, І.Л. Колошею (1938 р.) на сірих і В.С. Далечуком (1940 р.) на темно-сірих лісових ґрунтах Вінницької області, С.М. Міневичем і Г.Н. Самбуром (1955 р.) на сірих лісових ґрунтах Вінницької і чорноземах вилугуваних Київської області, Е.І. Козаком, М.Е. Нечипоренко і М.Г. Демидюком (1963 р.) на дерново-опідзолених поверхнево-оглеєних ґрунтах Передкарпатської дослідної станції, З.М. Томашівським (1969 р.) та А.І. Гуменюком (1973 р.) на сірих і світло-сірих лісових ґрунтах науково-дослідного інституту землеробства і тваринництва західних районів України, Л.П. Малишевською (1971 р.) на дерново-підзолистих ґрунтах Івано-Франківської дослідної станції.

На сьогодні хімічна меліорація знаходиться на високому рівні у світі, що безперечно підтверджує хибність сучасних уявлень деяких вітчизняних господарників про незначну окупність заходу. У багатьох країнах із розвинутим землеробством меліорації кислих ґрунтів приділяється все більша увага, і в останні роки вапнування набуло статусу обов'язкового заходу у землеробстві [159, 242, 244]. За даними цілого ряду науково-дослідних установ (Великобританії, Німеччини, Швеції, Австрії і ін.), нестача кальцію часто є фактором, який стримує виробництво сільськогосподарської продукції, загальні витрати кальцію (СаО) в гумідних районах у середньому становлять 500–600 кг/га, а в окремих випадках (у залежності від сівозміни, ґрунтів і ін.) – 1000–1200 кг/га [248, 249, 253, 262]. Крім того, в деяких промислових районах не менш важливу роль у підкисленні ґрунтів відіграють кислотні дощі. У широких масштабах вапнування проводиться планово, особливо на півночі континенту з високою питомою

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

вагою кислих ґрунтів у структурі сільськогосподарських угідь (Бельгія, Голландія, Швеція, Норвегія, Фінляндія, Великобританія, Німеччина, Франція, Польща, Данія та ін.) [2]. У тому числі в Болгарії, де раніше ґрунти не вапнували, тепер виникла необхідність його проведення.

У країнах Західної Європи, зокрема в Англії, перші дані про застосування вапнякових матеріалів згадуються у відомостях про внесення мергелю в ґрунт у книгах А. Фріцгерберта (1534 р.). Гута Платта (1594 р.) і Георга Оуена (1603 р.). У середині XVII ст. Г. Платт у книзі «Відкриття невичерпного кладу» писав, що той, хто відкрив спосіб удобрення ґрунту вапном і мергелем, навіть випадково, зробив більше добра людям, ніж якби він побудував усі благодійні установи Англії, разом узяті. Мова йде про шість типів мергелю, який вносили під зернові культури і на пасовища та прослідковували його позитивну дію на ґрунт впродовж тривалого періоду. В інших літературних джерелах зустрічається інформація, що застосування мергелю є набагато вигіднішим, ніж гною, бо його вплив проявляється протягом 20 років. Так, у перший рік після внесення мергелю дія на урожайність культур є незначною, але в подальшому післядія проявляється протягом 12–13 років. Широке застосування як меліоранта мергелю у дозах вище норми обумовило зниження позитивного ефекту.

Внесення мергелю згодом поступилося застосуванню крейди, яку вносили великими дозами (не менше 50 т/га). Найпоширенішим способом було розкидання крейди по полю, зайнятому травами, загальноприйнятою дозою внесення на 1,0 га вважалося 15 тонн за два роки до проведення оранки. Необхідним заходом було внесення крейди під горохі конюшину, а також для поліпшення травостою на пасовищах. На залужених ґрунтах крейду вносили близько 4,5 ц/га. Вапнування крейдою

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

вважалося найбільш придатним для застосування у чистому вигляді на кислих ґрунтах, проте багаторазове використання викликало збіднення ґрунту і призвело до необхідності в додатковому внесенні гною. Дещо пізніше для вапнування ґрунтів почали застосовувати негашене вапно, особливо в тих районах, де неважко було дістати вапняк.

Видатний внесок у теорію вапнування вніс Йозеф Блек, професор хімії в Единбурзі, який у 1752 році розкрив сутність випалювання вапняку з метою отримання негашеного вапна. Користь від вапнування була настільки загальноновизною, що застосування вапнякових матеріалів стало в Англії майже повсюдним. Застосовували негашене вапно в різних дозах: від 5,0 т/га вважалася мінімальною, близько 9,0 т/га звичайною, не було винятком використання 15,0 т/га, і періодичність внесення часто повторювали. Вапно розкидали у полі невеликими купами, де під впливом метеорологічних факторів (зливових дощів) відбувалося його гасіння, а потім розкидали і заробляли у ґрунт.

На початку XIX століття відомий хімік Хемфрей Деві зробив видатне відкриття в галузі хімії вапна, виділивши елемент кальцій. Він висловив правильні погляди на сутність дії вапнякових матеріалів: «крейда, мергель і мелений вапняк проявляють позитивну дію за внесення в ґрунт лише тоді, коли вони стають невід'ємною складовою частиною ґрунту та є однією із складових частин органів рослин». Хемфрей Деві розробив методи визначення карбонату кальцію в ґрунтах шляхом кислотних витяжок із подальшим осадженням кальцію, а також за допомогою вимірювання об'єму вуглекислоти, що виділилася, було визначено вміст карбонату кальцію у різних ґрунтах. У вапнуванні передбачали засіб оздоровлення ґрунту, створення сприятливого режиму для ряду бажаних процесів, засіб, який потрібно застосовувати не замість, а поряд з гноєм.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

У Великобританії, де вапнування набуло систематичного характеру ще у позаминулому столітті й застосовували протягом тривалого історичного періоду, в останній час близько 30–34 % ґрунтів, зайнятих польовими культурами, луками і пасовищами, потребують вапнування. У середньому по країні застосовують 4,4 т/га CaCO_3 (табл. 1.6). У конкретних умовах дозу вапна встановлюють для доведення pH_{KCl} ґрунтів до 6,5 у польових сівозмінах і до pH_{KCl} 6,0 на луках, а під вибагливі культури додають обов'язково магній у дозі 50–100 кг/га MgCO_3 [154].

Таблиця 1.6 Статистика вапнування у Великобританії

Культура	2014 р.		2015 р.		2016 р.		2017 р.		2018 р.	
	Оброблені площі, %	Доза внесення, т/га	Оброблені площі, %	Доза внесення, т/га	Оброблені площі, %	Доза внесення, т/га	Оброблені площі, %	Доза внесення, т/га	Оброблені площі, %	Доза внесення, т/га
Пшениця озима	6,6	4,5	4,9	3,7	4	4,3	7,8	3,7	6	4,3
Ячмінь ярий	13,8	4,2	11,3	3,7	10	4,1	9,3	4	10,6	3,6
Ячмінь озимий	6,9	3,8	8,7	4,1	5,4	3,9	8,9	3,8	8,3	3,5
Бурак цукровий	20,7	5,7	25,2	5,3	21,4	3,9	17,1	3,3	27,8	5,9
Кормові культури	20,7	4,6	18,6	3,3	27,1	4,9	24,2	2,8	20	4,4
Середнє	6,1	4	5,4	3,7	4,6	4,2	5,2	3,8	5,4	4,1

Примітка: за данимим British Survey of Fertilizer Practice 2014–2018 pp.

За даними спеціалістів Консультативної служби з питань сільського господарства (ADAS, Великобританія), майже 2/3 ґрунтів країн потребують регулярного внесення вапна. У зв'язку з цим у багатьох країнах переглянуті існуючі положення, уточнені або заново розроблені рекомендації відповідно до нової оцінки потребування кислих ґрунтів у вапнуванні [24]. Спеціалісти ADAS рахують, що на ріллі

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

легких ґрунтів необхідно підтримувати pH_{KCl} орного шару на рівні 5,0; на важких ґрунтах і в сівозмінах, які насичені цукровими буряками і капустою – на рівні 7,0–7,5; на сінокосах і пасовищах в 0–15 см шарі – біля 6,0; на торфових ґрунтах для ріллі та сінокосів – відповідно 5,8 і 5,3 [159].

Вапнування ґрунтів у Німеччині не мало такого поширення, як в Англії. Однак відомо, що мергель використовувався ще в XVI–XVII ст., із розвитком сільського господарства в Німеччині зростало і застосування мергелю. Успіхи сільського господарства в зазначений період були охарактеризовані О.Н. Соколовським (1919 р.) таким чином: «винайдення і застосування мергелю привело північну Німеччину від бідності до багатства, із безплідних пустирів було створено благословенну землю». Відзначено, що застосування мергелю сприяло вирощуванню культур із кращими врожаїв, особливо на супіщаних ґрунтах вносили стільки мергелю, щоб він покритв їх 2–3 см шаром.

Різка зміна ставлення до збагачення ґрунтів вапном у Німеччині настала в середині XVIII ст., на дослідних станціях і в лабораторіях починають розробляти питання потреби ґрунтів у вапнуванні, роблять спроби встановити об'єктивні ознаки ґрунтів, які потребують його внесення [116]. Поряд з цим з'ясовуються переваги різних видів вапнякових матеріалів, властивості покладів, що містять у своєму складі вапно, а також уточнюються питання щодо строків внесення меліорантів у ґрунт, а при їх дозуванні виявляються умови успішного застосування, а також причини сприятливого впливу на врожай. Одночасно проводяться дослідження з пошуків вапнякових порід, джерел постачання сільським господарствам, складаються приблизні карти районів, де геологічні властивості порід дозволяють сподіватися на успіх у вапнуванні. Німецьке товариство сільського господарства

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

домагається зниження тарифів на вапнякові матеріали, що йдуть на меліорацію кислих ґрунтів [200].

За агрономічними вимогами у Німеччині щорічно вапнується близько 1/3 або 1/4 частини сівозмінної площі для того, щоб впродовж 3–4 років провапнувати всі орні ґрунти. При докорінній меліорації у більшості випадків вносять понад 5,0 т/га CaCO_3 , а за підтримуючого вапнування – близько 1,0 т/га. При цьому практикується застосування вапна в поєднанні з глибоким рихленням для нейтралізації кислотності підорних шарів ґрунту, а на ґрунтах із низьким умістом магнію (піщані, супіщані) застосовують магнієвмісні меліоранти.

У Німеччині, незважаючи на збільшення в 1,5–2 рази доз вапна, в останнє десятиліття оптимальна pH_{KCl} ($\text{pH}_{\text{опт.}}$) підтримується лише на 57 % ріллі і 67 % лукопасовищних угідь [249]. За даними досліджень німецьких учених, більш раціональним є постійне підтримання показника pH_{KCl} близьким до оптимального ($\text{pH}_{\text{опт.}}$) [24]. На їх думку, найбільш слушною разовою дозою вапнякових матеріалів на піщаних, супіщаних і легкосуглинкових ґрунтах на ріллі є 2,0–4,0 т/га CaCO_3 , на суглинистих і важкосуглинистих – 5,0–6,0 т/га CaCO_3 . На луках ці дози складають 1,5–3,0 т/га CaCO_3 [248, 249].

У рекомендаціях Інституту живлення рослин (м. Іена) ґрунти по потребі в вапнуванні з урахуванням умісту органічної речовини (від 4 до 15 %) розділені на три групи:

1. Не потребують вапнування – pH_{KCl} від 5,8 до 7,3;
2. Ґрунти, що мають невелику потребу в вапні – pH_{KCl} від 4,2 до 6,3;
3. Сильно потребують вапнування – pH_{KCl} від 3,7 до 5,3.

У цих рекомендаціях належну увагу приділено також засторозі землевласників від перевапнування ґрунтів. З цією метою виділена підгрупа ґрунтів, які мають pH_{KCl} вищий чи рівний оптимальному, за якого спостерігається

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

зниження урожайності при внесенні вапна, що підтверджено дослідженнями. За підрахунками спеціалістів Інституту живлення (м. Іена) та Інституту добрив (м. Лейпциг), внесення вапна на легких і середніх за гранулометричним складом ґрунтах із кислотністю, що близька до оптимальної, не тільки не підвищує, але і знижує врожайність на 2–3 % [250, 256].

За рекомендаціями наукового дослідного центру (м. Ольденбург), підтримуюче вапнування проводять кожні 3–4 роки. Для цього на легких ґрунтах вносять 2,0–2,5 т/га, на середніх – 2,5–3,0 т/га карбонату кальцію, або доменного шлаку; на важких ґрунтах – 2,0–3,0 т/га паленого або гашеного вапна [264].

У відповідності з рекомендаціями Консультативної служби з внесення добрив (м. Камперхоф) оптимальна реакція ґрунту забезпечується таким режимом вапнування: первинне вапнування легких ґрунтів проводять дозою у середньому близько 1,0 т/га, на важких ґрунтах – 5,0–10,0 т/га СаО; потім для збереження досягнутого оптимуму pH_{KCl} щорічно вносять вапно невеликими, розрахованими на компенсацію щорічних витрат кальцію, дозами 0,6 т/га СаО. Проте на важких ґрунтах цього буває недостатньо, через те один раз у три роки підтримуючу дозу збільшують до 4,0 т/га СаО. Такий режим вапнування, як показала практика, забезпечує стабільний рівень pH_{KCl} ґрунту і середній приріст урожаю 0,4 т/га зернових одиниць [263].

За даними сільськогосподарського відділення Касельської Вищої школи, при безполицевому обробітку ґрунту в шарі 0–5 см pH_{KCl} знизився до 4,6, а в шарі 5–30 см – до 5,6. Дослідження показали, що за безполицевого обробітку необхідно проводити щорічне підтримуюче вапнування низькими дозами вапна, оскільки у цьому випадку рослинні рештки, що залишилися на поверхні ґрунту, у вологих умовах

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

сильно його підкислюють, особливо верхній шар. При цьому найбільш відповідними вапняковими добривами є форми м'якої дії (карбонатні, промислові відходи) [24, 264].

За опублікованими матеріалами Міністерства сільського господарства США для запобігання підвищенню кислотності ґрунтів рекомендовано вносити вапно залежно від рівня $pH_{\text{водн}}$ дозою в інтервалі 6,0–12,0 т/га. Ефективність такого заходу була дуже висока, а приріст урожаю культур становив: пшениці озимої 1,0 т/га; кукурудзи на зерно – 0,6–1,8 т/га. Сільськогосподарська палата Австрії рекомендує підтримувати оптимальний рівень кислотності на ріллі легких ґрунтів близько 5,5, важких – біля 7,0, під пасовищами – від 5,0 до 6,0 [254].

В Італії, як підкреслював римський письменник XVI ст. А. Галло, вапнування полів збереглося з часів Римської імперії. Ще в II ст. до н. е. римський філософ і письменник М.П. Катон описав методику випалювання вапняків, а Л.Ю. Колумелла (I ст. н. е.) радив: пристосовувати їх для удобрення маслин, «що відмовлялися давати плоди». Як зазначав його сучасник Пліній Старший (79 р. н. е.), римляни на той час уже широко застосовували вапно для удобрення виноградників, маслинових і вишневих садів, а також вносили на поля, луки і пасовища крейду та мергелі. А ще він повідомляв про те, що вапнування ґрунтів запроваджувалося у Франції.

У Франції, як повідомляв Дюамель дю Монсо (1765 р.), вапнування ґрунтів проводилося з давніх-давен. У Швеції на більшості глинистих ґрунтах прагнуть підтримувати $pH_{\text{ксі}}$ не нижчий 6,5, на легких – 6,0–6,5 [261]. Вапнування відіграло важливу роль у сільськогосподарському освоєнні сильнокислих низькородючих ґрунтів Данії. Систематичне проведення вапнування на кислих ґрунтах згодом дозволило не тільки вирощувати зернові культури, а й сіяти конюшину.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Застосування ж надалі мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням і використанням гною (якого раніше не було) перетворило раніше бідні неродючі ґрунти, навпаки, у родючі, що дають досить високі врожаї [180]. На теперішній час у Данії підтримуюче вапнування проводять один раз у чотири роки при зниженні кислотності з розрахунку 0,5–1,0 т/га вапна на 0,1 од. pH_{KCl} [258].

На основі аналізу досвіду ведення землеробства європейські спеціалісти дійшли до висновку, що традиційний підхід до вапнування не задовольняє вимоги інтенсивного землеробства. Разове внесення великих доз вапна в розрахунку на тривалий термін дії часто приводить до надлишку кальцію у початковий період, а потім до зниження pH_{KCl} практично до вихідного рівня. Досвід світового землеробства показує, що у всіх країнах із промивним режимом зволоження, у результаті якого йде процес збіднення ґрунтів, хімічна меліорація відбувається в різному ступені й обов'язково підтримується державою (рис. 1.2). Всі витрати, пов'язані з вапнуванням, окуплюються за 1,5–2 роки [4, 117, 241].

Враховуючи географічне розміщення Польщі, де більшість ґрунтотворних порід льодовикового походження (близько 60 % ґрунтового покриву), що знаходиться в обробітку, з показником $\text{pH}_{\text{KCl}} \leq 5,5$ – землевласниками та землекористувачами приділяється значна увага меліоративним заходам. На легких ґрунтах перевага віддається меліорантам, що у хімічному складі містять магній, та досить широко використовується дефекат [230, 253, 256].

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

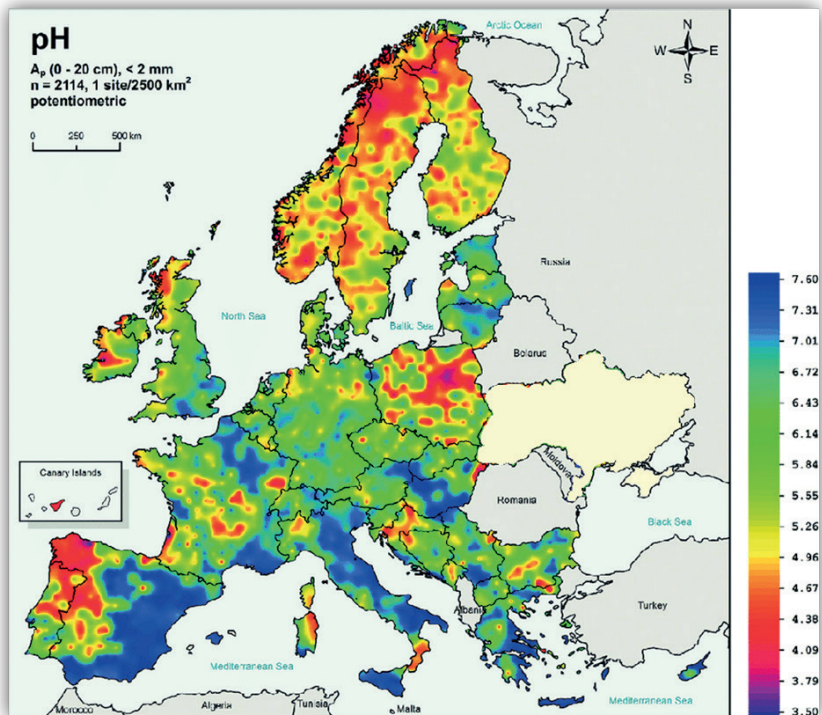


Рисунок 1.2. Рівень рН ґрунтового покриву у Європі

У Словаччині з економічних причин в останні 10 років застосовується вапнякове борошно в межах – 0,25 т/га, тоді як до цього обсяги вапнування були на рівні 0,5–0,8 т/га.

У Фінляндії, де накопичений багаторічний досвід хімічної меліорації сільськогосподарських угідь, спеціалісти рекомендують на кислих ґрунтах підтримувати показник pH_{KCl} у межах 5,0–6,0. У даній країні з розрахунку компенсації щорічного виносу CaO і потреби на нейтралізацію мінеральних добрив, що вносяться, а також кислотних дощів, підтримуюче вапнування проводять кожні 3–5 років дозою у середньому 300 кг/га CaO [257].

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Географічне розташування Республіки Білорусь у підзоні південної тайги зумовлює переважне поширення дерново-підзолистих і дерново-підзолистих заболочених ґрунтів, які є зональними для території республіки. Вони займають близько 87,2 % ріллі і 71,4 % загальної площі сільськогосподарських угідь, значна частина ґрунтів характеризується низькою природною родючістю, яка у великій мірі лімітується підвищеною кислотністю. Відповідно, отримувати високі врожаї на таких ґрунтах можна тільки після проведення комплексу меліоративних заходів [102].

Широкомасштабне вапнування кислих ґрунтів у республіці проводилось у 1965 р., за цей період створена система наукового і матеріально-технічного забезпечення: Вітебське ВАТ «Доломіт», яке виробляє високої якості доломітове борошно; районні об'єднання «Сільгоспхімія», що забезпечують зберігання, транспортування і внесення меліорантів у ґрунт, та значна кількість інших організацій, що ведуть супровід та здійснюють забезпечення заходів для проведення моніторингу та контролю якості кислих ґрунтів.

У Республіці Білорусь було проведено сім циклів вапнування кислих ґрунтів, внесено приблизно 145 млн. тонн CaCO_3 , або 16,0 т/га на ґрунтах інтенсивного використання. Інтенсивна робота з хімічної меліорації кислих ґрунтів знайшла відображення у різкому зменшенні їх площ: частка ґрунтів I групи кислотності на ріллі знизилась за останні 35 років у 23 рази, II групи – в 7,5, на сінокосах і пасовищах частка зменшилася відповідно в 12 і 4 рази [236, 153]. У дослідженнях підкреслюється висока ефективність вапнування кислих дерново-підзолистих ґрунтів у поєднанні з раціональною системою застосування органічних і мінеральних добрив із іншими заходами агротехніки.

Перші відомості про вигоди від вапнування в Росії

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

зробив А.А. Нартов (1771 р.) у працях Вільного Економічного товариства, а згодом професор Гори-Горецького сільськогосподарського інституту Б.А. Целлінський повідомив про високу ефективність вапнування ґрунтів у маєтках Е.О. Цоккерта і А.Д. Менжинського Горецького повіту Могильовської губернії. Більш глибокі дослідження з використанням вапна в Росії для поліпшення властивостей кислих ґрунтів були проведені професорами Московського університету М.Г. Павловим (1825 р.) та Петровської сільськогосподарської і лісової академії І.О. Стебутом (1865 р.), відомим хіміком Д.І. Менделєєвим (1872 р.). В опублікованих ними повідомленнях зазначалася здатність вапна поліпшувати властивості орного шару ґрунту, виявляти багатосторонню дію на ґрунт та рослини.

Щодо вапнування як необхідного заходу для підвищення врожайності і продуктивності сільського господарства у Росії розпочинається з Петровської академії (1865 р.), де й з'явилася дисертація професора І.А. Стебута «Вапнування ґрунту», в якій автор зазначає, що лише обґрунтоване застосування вапнякових матеріалів приносить значні прирости урожайності. У 80–90-х рр. Д.І. Менделєєв, О.М. Енгельгардт і П.А. Костичев вказували на засіб вапнування кислих ґрунтів як на засіб зростання врожаїв. П.С. Косович в експериментальних роботах з 1898 року приділив значну увагу питанню щодо вапнування, виходячи з завдання підвищення родючості кислих ґрунтів опідзоленої зони. Одночасно (1897–1898 рр.) були розпочаті роботи з вапнування в лабораторії Д.Н. Прянишникова.

У кінці 60–х і особливо в 70–х рр. темпи механізації сільськогосподарського виробництва різко зростають, а СРСР займає перше місце з виробництва хімічних меліорантів, багаторазово зростають і темпи вапнування ґрунтів. Так, за

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

період з 1966 по 1985 рр. дози вапнякових добрив зросли в 1,7, при цьому середньорічне надходження CaCO_3 на 1,0 га кислих ґрунтах збільшилася у три рази. Зростання постачання вапнякових матеріалів тривало до 1988 р., у період активної практики хімічної меліорації була розроблена сучасна теорія вапнування ґрунтів з надлишковою кислотністю і введені у виробництво перевірені практикою заходи видобутку, переробки, зберігання, транспортування та внесення різних форм меліорантів, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Застосування зростаючих (0,25, 0,5, 1,0) доз вапна у довготривалому досліді Північно-Західного НДІ сільського господарства по-різному впливало на кислотність і вміст рухомого алюмінію у дерново-підзолистому легкосуглинковому ґрунті. Відмічено найвищу позитивну дію за використання повної дози CaCO_3 , вплив на кислотність і рухомість алюмінію продовжувався тривалий час, навіть на 17-й рік післядії показник pH_{KCl} становив 5,0, гідролітична кислотність була у два рази нижчою, ніж на контролі, а обмінна кислотність і вміст рухомих сполук Al^{3+} були практично відсутні [101, 219, 121, 225].

До кінця другого тисячоліття економічні умови функціонування сільського господарства в Росії змінилися. Різко знизилося державне фінансування робіт із підтримки родючості ґрунтів, більшість господарств не має достатніх фінансових ресурсів для організації проведення вапнування. Крім цього, повністю зруйнована технологія виробництва, зберігання, транспортування і внесення меліорантів. Внаслідок цього з 1988 року темпи вапнування почали різко знижуватись, і, відповідно, триває зростання площ кислих ґрунтів. До теперішнього часу площі провапнованих ґрунтів зменшилися з 6,0 млн. га до 266 тис. га [241]. Якщо станом на 1 січня 2000

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

року кислі ґрунти Російської Федерації ($\text{pH}_{\text{KCl}} < 5,0$) займали 36,7 млн. га, то на сьогоднішній день загальна площа кислих ґрунтів становить 50 млн. га. Альтернативи використанню хімічних меліорантів у Росії немає [1]. Практику вапнування ґрунтів у потрібних обсягах необхідно відновити в самий найближчий час, оскільки одна тонна вапна забезпечує щорічний приріст урожаю на нечорноземних ґрунтах 0,10–0,15 т/га.

Дослідження, проведені у нашій країні та за кордоном, підтверджують, що рівень зниження кислотності ґрунтів знаходиться у прямій залежності від дози меліоранту. В умовах посилення антропогенного навантаження на природу в цілому і ґрунт, зокрема все більшого значення набуває вапнування як фактор охорони навколишнього середовища.

1.4. Сучасний стан проблеми вапнування кислих ґрунтів

З огляду на довготривалу історію вивчення і розвиток теорії та практики проведення вапнування кислих ґрунтів, у сучасних умовах ведення господарювання виникають усе нові питання, вирішення яких має у подальшому виявляти позитивний вплив на підвищення родючості ґрунтів. Проведення ж хімічної меліорації на сьогоднішній день має широкі можливості для застосування на значних площах, у тому числі в господарствах зони Лісостепу, що підтверджується нашими дослідженнями.

В останні роки значно підвищилися темпи підкислення ґрунтів, що пов'язано зі збільшенням доз мінеральних добрив, особливо азотних, за дефіциту органічних добрив, а також відчуженням кальцію з більш високими врожайми та ін. Так, у складі орних земель Київської області налічується близько 584 тис. га кислих і близьких до нейтральних ґрунтів

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

(pH_{KCl} 4,1–5,6), які зосереджені переважно на Поліссі та у перехідних до Лісостепу зонах.

Систематичне вапнування у 1970–1990 рр. зменшило їх площі орієнтовно вдвічі. Оскільки з 1993 по 2001 рік вапнування практично не проводилося, а з 2001 по 2004 роки щорічно здійснювалося на площі лише 24 тис. га в Україні (за статистичними даними). Наслідком цього стало активне повторне підкислення ґрунтів і, за даними VII туру агрохімічного обстеження, площа кислих і слабокислих ґрунтів наблизилась до попередніх показників, що є об'єктивним процесом особливо за умов промивного водного режиму (рис. 1.3).

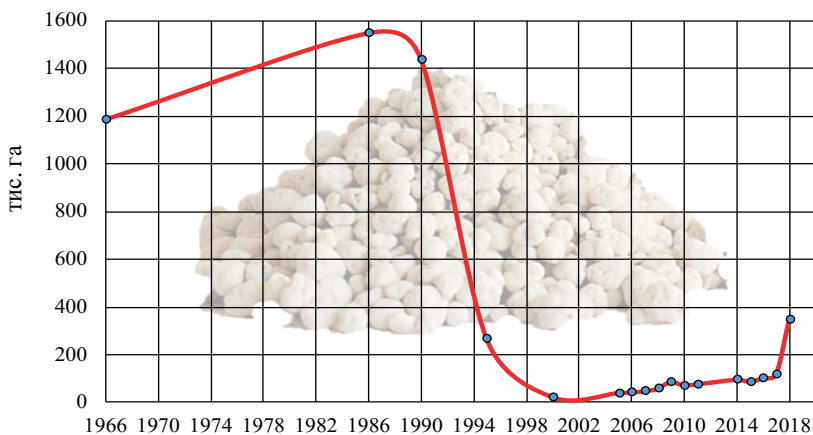


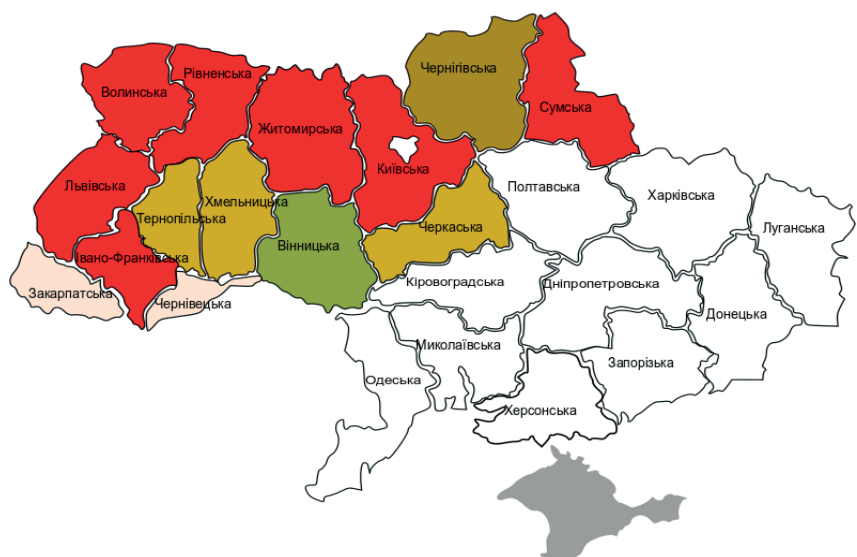
Рисунок 1.3. Динаміка вапнування кислих ґрунтів, тис. га

Завдяки проведеній хімічній меліорації, обсяги якої в період із 1986 р. по 1990 р. (період інтенсивної хімічної меліорації) безперервно зростали, площі сильно- та середньокислих ґрунтів зменшились приблизно на 40 % у зоні Полісся і на 48 % у Лісостепу, що позитивно вплинуло на покращення не тільки фізико-хімічних, а й фізичних властивостей. Якщо до 1992 р. вапнування було плановим державним заходом підвищення

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

родючості кислих ґрунтів і проводилося щорічно на площі 1,4–1,5 млн. га, то з переходом до ринкової економіки воно майже не проводиться, або здійснюється у мізерних обсягах. І це незважаючи на те, що економічна ефективність вапнування найвища серед заходів, спрямованих на відтворення родючості кислих ґрунтів. По суті, втрачена база виробництва хімічних меліорантів, немає технічних можливостей для широкого застосування хімічної меліорації, у більшості господарств не вистачає обігових коштів для її проведення [136].

Починаючи з 1992 р., коли вапнування через фінансування з боку державного бюджету припинилось, зміни кислотності набули зворотного напрямку. Відбувається поступове підвищення кислої реакції в ґрунтах, особливо на фоні істотного зниження середньорічних доз внесення гною (майже у 8–10 разів порівняно з 1990 р.) [19] (рис. 1.4).



■ ≤ 10 тис. га ■ 10–20 тис. га ■ ≥ 21 тис. га

Рисунок 1.4. Хімічна меліорація території України, 2017 р., тис. га

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Останнім часом проблема родючості кислих ґрунтів і раціонального використання земельних ресурсів набула системного характеру. Негативні зміни в агросфері України, що відбулися протягом минулих 10–15 років, призвели до зниження родючості та деградації ґрунтів, розповсюдження бур'янів, хвороб, шкідників, порушення гідрологічного режиму на значних територіях. У сучасних незбалансованих умовах господарювання питання збереження родючості ґрунтів є вкрай важливим, адже не секрет, що врожайність сільськогосподарських культур за останні роки забезпечується здебільшого за рахунок потенційної родючості ґрунтів [133].

На теперішній час особливе занепокоєння викликає поява у деяких господарствах і районах групи сильнокислих ґрунтів ($\text{pH}_{\text{KCl}} 4,0\text{--}4,5$), чого раніше там не спостерігалось. Таке явище пояснюється вторинним підкисленням ґрунту в процесі його використання, тобто зміна показника pH_{KCl} у бік кислішого середовища, ніж природно притаманно даному типу. Вторинне підкислення може виникнути з різних причин. Одна з них – різке зменшення кількості внесених органічних добрив, які є вагомим джерелом повернення в ґрунт кальцію (табл. 1.7).

Не менш важливу роль у підкисленні ґрунтів відіграє забруднення навколишнього середовища. Тільки промисловість нашої країни викидає щорічно в атмосферу близько 0,5 млн. т сірчаного ангідриду. Не виключено і випадання кислотних дощів із газових та аерозольних сполук сірки, азоту, вуглецю, хлору, і при цьому pH_{KCl} може опускатись до рівня 3,0–2,6, що сприяє вилугуванню сполук кальцію і підкисленню ґрунтів [9, 85, 95, 111, 158].

Втрати карбонатів – це закономірний процес на територіях, де кількість опадів за рік перевищує кількість вологи, що використовується рослинами та випаровується. Інтенсивність цього процесу та його негативна роль залежать

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

від багатьох факторів: різниці між опадами і випаровуванням, що визначає тип водного режиму, характеру опадів і їх розподіл за періодами року, генетичних особливостей ґрунту, його гранулометричного складу, типу сівозміни, інтенсивності удобрення, доз внесення вапна, виносу карбонатів рослинами.

Таблиця 1.7 Площі кислих орних ґрунтів України

Адміністративна область	Кислі ґрунти, тис. га	
	всього	з $pH_{KCL} \leq 4,5$
АР Крим	–	–
Вінницька	1079,1	8,7
Волинська	10,6	–
Дніпропетровська	–	–
Донецька	–	–
Житомирська	603,9	31,9
Закарпатська	144,7	57,3
Запорізька	–	–
Івано-Франківська	285,5	37,5
Київська	514,1	18,8
Кіровоградська	1009,4	–
Луганська	–	–
Львівська	579,7	88,6
Миколаївська	36,5	–
Одеська	5,1	–
Полтавська	809,1	3,4
Рівненська	253,5	23,8
Сумська	654,8	10,6
Тернопільська	428,4	6,8
Харківська	649,7	2,9
Херсонська	–	–
Хмельницька	545,6	12,7
Черкаська	661,2	3,4
Чернігівська	121,9	2,0
Чернівецька	743,6	31,1
Всього по Україні	9136,2	339,4

У зв'язку з великою кількістю факторів, що впливають на підкислення ґрунтів, фактичні значення цього процесу різняться у різних агрокліматичних зонах. Несприятливі

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

властивості кислих ґрунтів пов'язані, перш за все, з надмірною кислотністю, внаслідок чого вони містять значні кількості рухомих форм алюмінію та марганцю, які токсично впливають на ріст і розвиток більшості сільськогосподарських культур. Кислі ґрунти мають невелику ємність катіонного обміну і низький ступінь насичення основами, опускаючись іноді до рівня 50–30 %. Вони характеризуються низьким вмістом гумусу ($2,0 \pm 0,5$ % сірий лісовий ґрунт), рухомих форм азоту, фосфору, калію, кальцію, магнію та інших елементів, необхідних для живлення рослин. Поряд із фізико-хімічними аспектами (токсичність іонів водню, алюмінію, марганцю, дефіцит азоту, фосфору, калію, кальцію, магнію і цинку, зниження активності мікроорганізмів) висока кислотність у значній мірі обумовлює несприятливі агрофізичні властивості ґрунту (безструктурність, злитість, низьку аерацію та фільтрацію) [19, 66].

Кожний власник (фермер) дбає про підвищення лише ефективної родючості ґрунту, але так, як це дозволяє йому економічна ситуація. Тому серед комплексу заходів, що застосовуються для підвищення родючості ґрунту на першочерговий план постають: система удобрення, яка досить часто не є раціональною, вирощування культур, на які є високий попит ринку, нехтуючи сівозміною, заходами боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами рослин. Щодо системи удобрення, то в останні роки надається перевага трьом елементам живлення: азоту, фосфору, калію, незважаючи при цьому на динаміку переміщення та баланс кальцію і магнію у ґрунті. Зумовлено це тим, що вміст даних елементів у ґрунтах значно більший ніж азоту, фосфору та калію і їх завжди достатньо для живлення сільськогосподарських культур. Тому, останнім часом використовується незбалансована мінеральна система удобрення культур, надається перевага фізіологічно

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

кислим азотним добривам. Азот, на кислих ґрунтах знаходиться у мінімумі, і внесення його веде до підвищення врожайності, а таким заходом як вапнування нехтується взагалі.

Інтенсивне застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив істотно змінює родючість кислих ґрунтів, насамперед бідних дерново-підзолистих легкого гранулометричного складу (піщаних, глинисто-піщаних, супіщаних) і менше – легкосуглинкових. Під впливом зростаючої кількості мінеральних добрив різко підвищується урожайність сільськогосподарських культур, проте зростає також рухомість елементів живлення й обмінних форм кальцію і магнію у цих ґрунтах. Це пов'язано насамперед з обмінними фізико-хімічними реакціями добрив із твердою фазою ґрунту, в результаті чого в ґрунтовий розчин у значній кількості надходять аніони сильних кислот, ґрунт підкислюється, і тим самим підвищується рухомість поживних речовин та інших простих солей і винесення їх низхідними токами води в нижні шари ґрунтового профілю. Крім того, за таких ґрунтових умов збільшується винесення підвищеними врожайами елементів живлення, особливо кальцію і магнію [27].

Дослідженнями А.І. Гуменюка, Т.Н. Кулаковської, Г.А. Мазура, З.М. Томашівського та ін., проведеними у різних ґрунтово-кліматичних зонах, встановлено, що застосування лише мінеральних добрив на сильнокислих ґрунтах малоефективне. Виявлено пряму залежність між кількістю внесених фізіологічно кислих азотних добрив (витрачається від 0,4 до 3,0 ц CaCO_3 на 1 ц добрив) і втратою карбонатів, що залежить від гранулометричного складу ґрунту та дози внесених мінеральних добрив. Підкислююча дія азотних добрив виявляється не тільки в негативному впливі на pH_{KCl} та інших показниках кислотності, але й у посиленні процесу вилуговування обмінних основ кальцію та магнію з ґрунту

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

[23, 118]. Досліджено, що навіть за допомогою високих доз органічних і мінеральних добрив не завжди можна досягти стійкого і достатнього запасу в них поживних речовин, тому що надмірна кислотність і легкий гранулометричний склад ґрунтів не забезпечують достатньої їх фіксації в кореневмісному шарі [21]. Тому система удобрення сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах може бути високоефективною лише при правильному поєднанні з вапнуванням, яке повинно завжди передувати застосуванню мінеральних добрив.

Спостереженнями Т.Н. Кулаковської, Дж.У. Кука, К.П. Магницького, В.К. Малкова, Г.А. Мазура виявлено пряму залежність між кількістю внесених добрив (насамперед мінеральних) і втратами кальцію та магнію ґрунтами. Під дією мінеральних добрив збільшується розчинність кальцію і магнію в ґрунтах, тому зростають їх втрати, проте міграція кальцію та магнію має й зворотний характер. Певна їх кількість повинна повертатися висхідними токами води в той шар ґрунту, з якого вони вимиваються [118, 130].

Незважаючи на те, що питанням вапнування кислих ґрунтів багато дослідників приділяли значну увагу, є лише поодинокі дані тривалих польових дослідів про динаміку кислотності вапнованих ґрунтів. Структура кислотності вапнованих ґрунтів дуже відрізняється від невапнованих, і за рівних величин pH_{KCl} вони, як правило, мають різні величини обмінної, гідролітичної кислотності, а також відрізняються за вмістом рухомого алюмінію і ступенем насичення основами.

Інтенсифікація землеробства без систематичного науково обґрунтованого застосування вапнякових матеріалів прискорює руйнування ґрунту не тільки в умовах надмірного зволоження, але й у районах з періодично промивним водним режимом (наприклад, північна частина Правобережного Лісостепу України). При цьому зменшується вміст обмінних

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

форм кальцію і магнію, підвищується кислотність орного шару, погіршуються інші властивості ґрунту.

Проте в останні роки вапнування як захід відтворення родючості ненасичених ґрунтів не здійснюється, внаслідок чого різко знижується ефективність дії мінеральних добрив, особливо при вирощуванні культур, які для нормального росту і розвитку вимагають нейтральної реакції ґрунтового розчину (пшениця, ячмінь, кукурудза, бобові та капустяні, цукрові й кормові буряки тощо). На всіх орних ґрунтах зони Полісся і значній частині Лісостепу баланс кальцію характеризується від'ємною величиною, тобто його надходить менше, ніж витрачається, внаслідок чого площі кислих ґрунтів щорічно зростають.

Отже, припинення вапнування кислих ґрунтів на Україні через відсутність необхідних коштів на його проведення призводить до значних втрат продукції рослинництва, що вимагає пошуків нових способів застосування сполук кальцію, їх форм, доз і особливо строків повторного вапнування у зв'язку із системою удобрення культур, їх набором у сівозміні, можливостями застосування невеликих доз вапна та ін.

1.5. Вапнякові меліоранти та їх характеристика

У землеробстві для розширеного відтворення родючості кислих ґрунтів застосовують як природні вапняки, так і відходи промислового виробництва, найважливіші з яких такі: мелений вапняк (вапнякове борошно), мелена крейда, мелені доломіти (доломітове борошно), мергелі, вапнякові туфи, торфотуфи, дефекат, флотаційні хвости, сланцевий попіл, торфовий попіл (з карбонатного торфу) та інші меліоранти [43, 130]. Всі вони поділяються на три групи: тверді вапнякові породи, які після розмелювання та випалювання становлять групу промислових

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

вапнякових добрив; м'які вапнякові породи, що не потребують розмелювання; відходи промисловості.

Тверді вапнякові породи містять різну кількість CaCO_3 і MgCO_3 , а також домішки – пісок і глину. Великі поклади твердих вапнякових порід є у Вінницькій, Житомирській, Івано-Франківській, Хмельницькій, Тернопільській, Львівській, Рівненській, Чернівецькій, Одеській та інших областях України. За вмістом оксидів кальцію і магнію вони поділяються на вапняки, доломітизовані вапняки і доломіти (рис. 1.5, 1.6, 1.7). Крім того, до твердих вапнякових порід належить крейда. Усі тверді вапнякові породи перед внесенням у ґрунт потребують переробки. При розмелюванні вапнякових порід, доломітів і крейди добувають вапнякове борошно, а при їх випалюванні – палене вапно.

М'які вапнякові породи – місцеві швидкодіючі меліоранти, що не потребують переробки. Це переважно породи вторинних відкладень прісноводних вапняків. Вони, як правило, легко добуваються з допомогою місцевих засобів. До м'яких вапнякових порід належать вапнякові туфи, гажа, мергелі, торфотуфи, природне доломітове борошно.

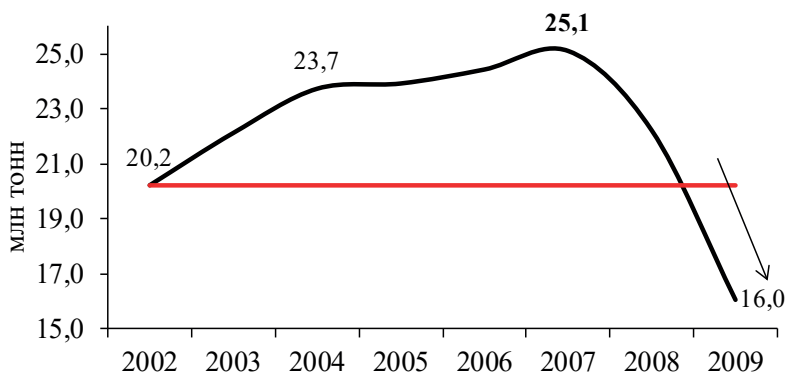


Рисунок 1.5. Обсяг виробництва вапняків і доломітів в Україні

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Вапнякове борошно (CaCO_3) – найпоширеніший меліорант, що застосовується у всіх ґрунтово-кліматичних зонах де є кислі ґрунти. Досить ефективно на Поліссі, в Прикарпатті, Карпатах і Закарпатті. Діє повільно. Виготовляється шляхом розмелювання твердих осадових гірських порід, складених в основному мінералом кальцитом. За походженням розрізняють органогенні, хемогенні, уламкові та вторинні вапняки з домішками піску і глини.

Вапнякове борошно випускається двох класів: борошно першого класу виробляється із вапняків і доломітів, нейтралізуюча здатність його не менш як 85 %, вміст вологи не більш як 1,5 %, добре розпилюється, під час просіювання крізь сито з отворами 1 мм повинно пройти 95 % його маси. Борошно другого класу випускається переважно з розмеленої крейди, нейтралізуюча здатність – 85 %, вміст вологи – не більш як 4,0 %, крізь сито з отворами 1 мм пройти повинно 80 % його маси. Вапнякове борошно, що застосовувалося у досліді, мало сірувато-білий колір, вміст CaCO_3 – 85 %, вологість відповідно 2 %.

Ефективність вапняного борошна залежить від тонкості помелу, рівномірності розсіювання і взаємодії з ґрунтом. Збільшення вологості вапняного борошна погіршує рівномірність розсіювання і знижує його ефективність.

Доломітове борошно $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ – одержують шляхом розмелювання твердих доломітових порід. Добриво має високу сипучість, на 98 % складається з часточок менш ніж 0,25 мм, нейтралізуюча здатність 95–100 %. Діє повільно. Зустрічається у Вінницькій, Хмельницькій, Тернопільській, Львівській, Чернігівській, Івано-Франківській, Закарпатській, Чернівецькій областях. Особливо цінними для виробництва доломітового борошна є доломіти Нагребівського родовища Житомирської області. Наявність магнію підвищує його цінність, особливо при

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

внесенні на легких за гранулометричним складом ґрунтах під час вирощування льону, картоплі, коренеплодів і багаторічних трав.

Якщо в карбонатній породі мінералу доломіту міститься 50–90 %, то її називають вапнистим доломітом, при меншому вмісті доломіту – доломітизованим вапняком. У досліді застосовували доломітизований вапняк сірого кольору з вмістом $MgCO_3$ – 55 %, вологість відповідно 2 %.

Мелена крейда ($CaCO_3$) – у ґрунті крейдиане борошно діє швидше, ніж два попередніх меліоранти, завдяки меншій щільності породи і кращій дисперсності. Ефективне для всіх кислих ґрунтів. Карбонату кальцію – 85 %, води – 4–6 %.

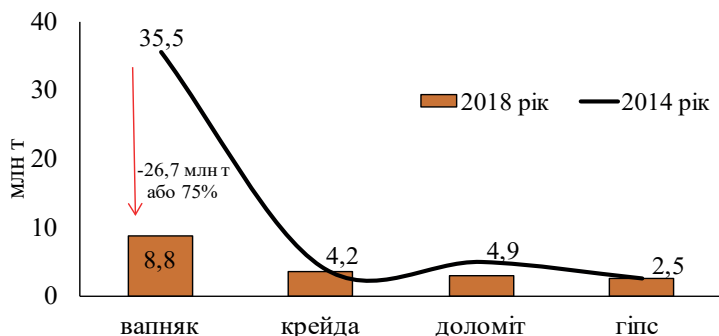


Рисунок 1.6. Видобуток меліорантів в Україні

Палене негашене вапно – швидкодіючий меліорант, одержують випалюванням вапняків, діюча речовина – CaO , при цьому $CaCO_3$ втрачає вуглекислоту і перетворюється в CaO . Негашене вапно слід зберігати лише в сухому місці, тому що, вбираючи воду, спочатку перетворюється в гашене вапно, потім у бікарбонат, а далі – в $CaCO_3$. У перерахунку на $CaCO_3$ його нейтралізуюча здатність коливається від 100 до 178 % залежно від вмісту $CaCO_3$ у сировині.

Палене гашене вапно – діюча речовина $Ca(OH)_2$ –

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

одержують його, поливаючи водою випалений вапняк. Залежно від кількості води утворюється порошок, який називають пушонкою, нейтралізуюча здатність якої може становити 135 % CaCO_3 . Швидкодіючий меліорант, ефективний на важких за гранулометричним складом ґрунтах, не рекомендується для вапнування піщаних та супіщаних ґрунтів.

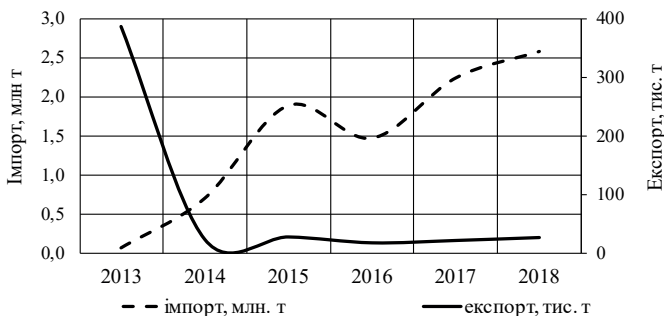


Рисунок 1.7. Об'єми імпорту та експорту вапняку, доломіту і мінпорошку

Мергелі – вапнякові породи, які, крім CaCO_3 і MgCO_3 , містять понад 25 % піску і глини. Їх поклади залягають у багатьох районах Житомирської, Чернігівської, Рівненської, Волинської, Львівської та інших областей України. За фізичним станом мергелі поділяються на тверді та розсипчасті. Нейтралізуюча здатність їх коливається від 25 до 75 %. Породи, що містять 50–75 % CaCO_3 , називаються мергелями, а породи, що містять 25–50 % CaCO_3 , глинистими мергелями. Мергелі містять також домішки гіпсу, слюди, глауконіту, іноді азот, фосфор та інші корисні для рослин елементи. Залежно від вмісту тих чи інших домішок мергелі поділяються на крейдяні і вапнякові мергелізовані вапняки. Вносять їх на малобуферних легких за гранулометричним складом ґрунтах під усі культури.

Тверді мергелі перед внесенням у ґрунт іноді потребують

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

розмелювання. Розсипчасті мергелі мають властивість розтріскуватись, добре поглинати воду і тому при замерзанні та наступному розмерзанні розсипаються і перетворюються на пухку породу. Тому їх після вивезення на поля залишають у штабелях, а після того, як вони розсипляться в результаті температурних коливань, вносять у ґрунт. Прикладом глинистого мергелю можуть бути спондилові глини Придніпров'я, що містять 12–25, іноді 60 % CaCO_3 і до 2 % MgCO_3 .

Джерельне вапно (вапнякові туфи) – цінні місцеві матеріали, з високим вмістом CaCO_3 (90–98, іноді 70–80 %), у своєму складі містять магній, глину, торф та інші поживні речовини. Поклади вапнякових туфів залягають на понижених елементах рельєфу, в місцях виходу на поверхню джерел – долинах, балках, ярах. Значні відклади їх є у Житомирській області. Ефективні швидкодійчі меліоранти для піщаних та супіщаних ґрунтів. Перед внесенням у ґрунт вапнякові туфи просяють, а великі грудки подрібнюють.

Гажа (озерне вапно) утворюється після висихання озер і боліт, що заповнювалися багатими на карбонати водами. Це дрібнозерниста маса з домішками піску, мулу й органічних речовин (до 30 % і більше) і високим вмістом води. Досить поширена в багатьох районах Полісся; використовується для вапнування кислих, легких за гранулометричним складом піщаних і супіщаних ґрунтів. При вивезенні на поля потребує підсушування або проморожування, після чого легко розсипається на дрібні часточки (<0,25 мм), добре зберігає розсипчастість. Високоєфективний меліорант, часто ефективніший, ніж вапнякове борошно.

Торфотуфи (карбонатизований торф) – це низинні торфи з високим вмістом карбонатів кальцію (від 15 до 50 %). Як правило, прошарки вапна чергуються з торфовою масою,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

створюючи ефективний матеріал для вапнування кислих ґрунтів. Значні запаси торфотуфів зустрічаються на Поліссі, зокрема в Київській, Житомирській, Сумській та інших областях.

Сапоніт – триоктаедричний високомагнієвий смектит, мінерал із групи шаруватих силікатів, який має трьохшарову 2:1 лабільну структуру. Відноситься до найбільш магнезійної відміни монтморилоніту; міжплощинна віддаль має значення, яке відповідає високому вмісту в мінералі двовалентних катіонів (головним чином магнію), і коливається від 1,54 до 1,55 класу А [121]. Кристалічна структура мінералів монтморилоніт-сапонітової групи побудована із двовимірних нескінченних шарів, утворених комбінацією двох тетраедричних кремній-кисневих (або кремній-алюмокисневих) решіток і розміщеною між ними октаедричною решіткою. Ці триповерхові шари зв'язані обмінними гідратованими катіонами Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} і додатковими молекулами води.

Сапоніт і його властивості. На північно-західному схилі Українського кристалічного щита в Хмельницькій області розвідані родовища сапонітових глин – Ташківське та Варварівське, запаси яких обчислюються у загальному обсязі до 40 млн. тонн. Глини залягають на глибині 10–20 м, потужність продуктивних шарів 20–50 м. Сапонітові глини становлять особливий інтерес у зв'язку з їх універсальними особливостями [20].

Сапонітова порода Ташківського родовища являє собою метаморфізовані туфи і складається на 80 % із сапонітових мінералів. Хімічний склад сапоніту, порівняно з дефекатом, характеризується низьким вмістом оксиду кальцію, але його перевага, як меліоранту, полягає у підвищеному вмісті таких важливих біогенних компонентів, як MgO , K_2O .

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

У катіонному складі структурних ґраток можуть відбуватися ізоморфні заміщення. У тетраедричній ґратці Si^{4+} може заміщатися (до 15 %) на Al^{3+} . Ширше заміщення можливе в октаедричному шарі, де катіони Al^{3+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} можуть взаємозаміщуватися. Повне заміщення 2Al^{3+} на 3Mg^{2+} характерне для сапоніту [22].

Маючи специфічну шарувату кристалічну структуру, сапоніт відзначається високою дисперсністю і ємністю обміну. Мінерал сапоніт має у своєму складі високий вміст магнію, який залежно від умов утворення коливається у широких межах – від 10 до високомагнезійного (18–26 % MgO) [108], що дозволяє застосовувати сапоніти для усунення дефіциту магнію в кислих ґрунтах.

Сапонітова глина з родовища Ташківське є метаморфізованим туфом з максимально високим вмістом смектитів, зокрема сапонітів (до 80 %), і тому найкраще проявляє цінні сорбційні та катіонообмінні властивості. Ємність катіонного обміну становить 74,7 мг-екв/100 г. Для цих туфів характерна висока магнезійність (MgO до 11,6 %) та підвищений вміст мікроелементів, зокрема міді, цинку та ін., які необхідні для нормального росту і розвитку рослин. Хімічний склад сапоніту $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, представлений у таблиці 1.8 [22].

Сапоніт не містить шкідливих токсичних домішок, що дозволяє отримувати екологічно безпечну продукцію рослинництва за системи органічного землеробства. Має такі фізико-хімічні властивості: бентонітове число – 10–11, набухання – 1,0–1,8 рази, колоїдність – 20,0–25,3, пористість – 10 %, що вказує на високі зв'язуючі, іонообмінні й адсорбційні властивості. У ґрунт відповідних ділянок дослідів на всіх трьох полях вносилося сапонітове борошно, в гранулометричному складі якого переважали часточки розміром 0,25–1,0 мм. Як

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

відомо, тонина помелу меліорантів відіграє дуже важливу роль, підвищуючи ефективність їх дії. Зокрема від дисперсності залежить рівномірність внесення та контакт матеріалу з ґрунтом, швидкість його розчинення та реакції з ґрунтовим розчином.

**Таблиця 1.8 Хімічний склад сапоніту
Ташківського родовища, %**

Компонент	Валовий вміст	Дані спектрального аналізу	
		елемент	вміст
SiO ₂	42,95–48,50	Скандій	1,5–3,2 · 10 ⁻³
Al ₂ O ₃	12,12–13,52	Берилій	0,1 · 10 ⁻³
Fe ₂ O ₃	8,81–13,30	Молибден	0,5 · 10 ⁻⁴
FeO	1,2–4,65	Свинець	3,5–5,0 · 10 ⁻⁵
MgO	8,2–10,91	Галій	6,3–12,0 · 10 ⁻⁵
CaO	1,69–3,13	Ніобій	0,1 · 10 ⁻³
Mn ₂ O ₇	1,19–0,21	Вісмут	2,5 · 10 ⁻²
TiO ₂	1,31–1,40	Барій	1,5 · 10 ⁻³
P ₂ O ₅	0,12–0,15	Лантан	2,5 · 10 ⁻³
K ₂ O	0,96–1,70	Цинк	4,7 · 10 ⁻³
CO ₂	0,52–1,92	Цирконій	1,2–2,0 · 10 ⁻²
Na ₂ O	0,06–2,88	Хром	0,5–0,8 · 10 ⁻²
S (заг. вміст)	0,004	Талій	20 · 10 ⁻⁵
H ₂ O	4,74–7,30	Олово	1,5 · 10 ⁻⁴
		Літій	2,0–3,3 · 10 ⁻⁴
		Мідь	4,0–8,0 · 10 ⁻³
		Срібло	2,0 · 10 ⁻³
		Золото	5,0–10,0 · 10 ⁻²
		Ітрій	0,12 · 10 ⁻³
		Кобальт	0,5–4,0 · 10 ⁻³
		Ванадій	1,5–3,2 · 10 ⁻³
		Германій	0,12–0,15 · 10 ⁻³
		Нікель	1,5–3,0 · 10 ⁻³

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Цеоліти (від грецького «цео» – кипіти і «літос» – камінь) відносяться до великої групи каркасних алюмосилікатів, головною структурною одиницею яких служать тетраедри SiO_4 і AlO_4 , кожен атом кисню яких зв'язаний одночасно із двома тетраедрами. Останні полімеризуються спільними атомами кремнію, утворюючи ланцюговий каркас з характерною для певного цеоліту системою каналів і порожнин, загальна внутрішня поверхня яких у сотні і тисячі разів перевищує зовнішню поверхню мінералу. Каркас цеолітів має надлишковий від'ємний заряд, який компенсується катіонами кальцію, калію, магнію, натрію, що розміщуються в пустотах і каналах каркасу та є переважно обмінно-увібраними.

Чисті цеоліти безбарвні, їх забарвлення обумовлено тонкодиспергованими окислами заліза, алюмінію та інших металів, а також супутніми домішками осадових порід. Цеоліти мають дрібнокристалічну будову, а їх кристали відзначаються різновидністю форм – від призматичних і ромбоетричних до голчастих з розмірами граней 0,005–0,001 мм.

Особливістю кристалічної структури цеолітів є те, що вона має сотову будову. Достатньо крупні розміри сот (0,3–1,3 мм) дозволяють вільно проникати в цеоліт не тільки іонам, але й молекулам багатьох речовин. Усі цеоліти, у різній мірі характеризуються високою сорбційною та іонообмінною здатністю, яка більше залежить від іон-дипольної взаємодії молекул адсорбованої сполуки з катіонами каркасу.

Із позитивних властивостей природних цеолітів необхідно відзначити кислото- і термостійкість, а в окремих представників – механічну міцність. Встановлено, що механічна міцність і кислотостійкість зростають із збільшенням відношення окису кремнію до окису алюмінію. Найбільш стійкі в цьому відношенні морденіт і фер'єрит.

Висока ємність катіонного обміну цеолітів може

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

збільшуватися ізоморфним заміщенням атомів кремнію (Si^{4+}) алюмінієм (Al^{3+}) або іншим атомом із близьким радіусом, але з меншим зарядом, що призводить до нагромадження некомпенсованих від'ємних зарядів структурної соти, тобто до надлишкової валентності, а також появою гідроксильних груп у місцях розриву хімічного зв'язку кристалічної решітки, водень яких може вступати в реакції обміну.

«Відкалібровані» природою розміри каналів і порожнин забезпечують у більшій чи меншій мірі молекулярно-ситовий ефект; у залежності від розміру радіусу катіона чи молекули вони можуть поглинатися цеолітом або можуть зовсім не поглинатися. При цьому більша частина катіонів лужних і лужноземельних елементів (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Sr^{2+}), які знаходяться у складі цеолітів, легко заміщуються у водних розчинах іншими позитивно зарядженими іонами із збереженням електролітичної рівноваги. Ця унікальна властивість цеолітів і є передумовою для їх застосування в землеробстві.

Невід'ємною властивістю цеолітів є наявність певної кількості води. Вона може бути видалена висушуванням мінералу, оскільки не є конституційною, але при послідуєчому контакті з водою він об'ємно поглинає воду. Залежно від виду цеоліту кількість увібраної води може досягати 17 % від його маси, що також дуже важливо при визначенні доцільності застосування мінералів цього класу в землеробстві на легких ґрунтах [130].

Дефекат – відходи цукрової промисловості, вихід дефекату становить 9–12 % від маси переробленої цукрової сировини. Свіжий дефекат містить близько 50 % води, при підсиханні на повітрі, коли вміст вологи знижується до 20–30 %, він стає сипким і придатним для вапнування кислих ґрунтів. У сухому продукті міститься 30–75 % – кальцію, карбонати знаходяться у формі CaCO_3 і $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Крім того, до складу дефекату входять

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

у невеликих кількостях 0,2–0,7 % – N, 0,2–0,9 – P₂O₅, 0,3–1,0 – K₂O, 10–15 % – деякі органічні речовини та мікроелементи. За технічними умовами на час внесення повинен бути сухим, просіватися через сито, містити 40–50 % CaCO₃. Завдяки вмісту поживних речовин у вигляді домішок дефекаст є значно ефективнішим меліорантом.

Металургійні шлаки – мартенівські, доменні й електроплавильні містять значну кількість CaCO₃, MgCO₃, CaO, Ca(OH)₂ і силікатів. Згідно з технічними умовами, металургійні шлаки повинні відповідати таким вимогам: вміст оксидів кальцію і магнію – не нижче 80 %, води не більше 2 %, крізь сито з отворами 0,5 мм повинно пройти 90 %, а крізь сито з отворами 0,25 мм – 70 % маси, максимальний розмір грудочок 2 мм. У зв'язку з наявністю в шлаках магнію, сірки, фосфору, марганцю та інших елементів вони ефективніші, ніж вапнякове борошно. Мартенівські і доменні шлаки вносять у ґрунт у тонкорозмеленому стані (розмір часточок 0,25–0,5 мм).

Мартенівські шлаки – відходи, що залишаються після виробництва сталі. До їх складу входять такі оксиди: кальцію – 20–70 %, магнію – 2–20 %, кремнію – 10–30 %, заліза – 2–15 %, алюмінію – 1–25 %, марганцю – 1–10 %, фосфору – 0–2,5 %.

Доменні шлаки – утворюються в доменних печах із флюсів, золи, коксу, пустої породи й агломерату. В їх складі є оксиди кальцію (30–48 %), магнію (0–12 %), алюмінію (4–25 %) і кремнію (30–32 %).

Електроплавильні шлаки – утворюються в електроплавильних печах, розмелювання не потребують, добре розсипчасті. Для відокремлення великих грудок їх слід просіювати крізь сито з отворами 0,5 мм.

Сланцевий і торфовий попіл – діюча речовина у цих матеріалах оксид кальцію, силікати кальцію і частково карбонат

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

кальцію. Торфовий попіл містить карбонатів 15–50 %, і діють у ґрунті значно повільніше, ніж усі інші меліоранти. В Україні ці меліоранти значного поширення не набули.

Вапняково-сірчані відходи – містять 77 % CaCO_3 , вологи до 14 % та у вигляді домішок можуть містити до 12 % елементарної сірки.

Доломітові відходи (мелений доломіт) – діюча речовина $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, CaCO_3 – до 50 %, MgCO_3 – до 45 %, містить домішок півтораоксидів заліза та алюмінію – 2,5 %, кремнію – до 2 %, води – до 15 %, має нейтралізуючу здатність 92 % у перерахунку на CaCO_3 . Швидкодійний меліорант, ефективний на піщаних й супіщаних ґрунтах.

Флоаційні відходи – вапняні відходи сірчанорудних виробництв, що залишаються під час добування сірки. Вони містять близько 80 % CaCO_3 , 8–12 % елементарної сірки і незначну кількість домішок кремнезему, півтораоксидів алюмінію та заліза, оксидів натрію, фосфору та органічних речовин. Застосовують у порошкоподібному вигляді за 10 днів до сівби сільськогосподарських культур. За ефективністю не поступаються вапняному борошну, а в окремих випадках навіть переважають його. Досить ефективні на бідних сіркою ґрунтах. Позитивно впливають на врожай та якість сільськогосподарських культур.

Цементний пил – це продукт, який вловлюється електрофільтрами в процесі виготовлення цементу. Відповідно до технічних умов нейтралізуюча здатність його не нижче 60 %, вміст води – не більше 2 %, просіювання крізь сито з отворами 1 мм – 100 %. Хімічний склад цементного пилу: оксиду кальцію – 40–60 %, магнію – 0,6–1,5 %, заліза – 2–4 %, кремнію – 12–22 %, сірки – 2,5 %, алюмінію – 4–9 %, натрію – 0,5–1,0 %, калію – 0,5–40 %. Висока дисперсність цементного пилу створює вже в перший рік його використання велику

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

нейтралізуючу здатність у ґрунті. Проте застосовують його лише після встановлення вмісту діючої речовини і складу домішок. Якщо вміст калію понад 10–15 %, цементний пил використовують як калійне добриво для удобрення картоплі.

Браки – відходи старих поташевих заводів, головним чином відклади попелу ліщини та іншої деревини. Містять 40–60 % CaCO_3 , 2–2,5 фосфору та 1,5 % калію у формі поташу. Це одне із кращих добрив під час вирощування льону, картоплі, люпину та гречки.

Зола сланців – утворюється під час факельного спалювання розмелених горючих сланців на електростанціях. Відповідно до технічних умов вміст оксидів кальцію і магнію – не менш як 60 %, води – не більш як 2 %, просіювання крізь сито з отворами 1 мм – 97 %. Зола із сланців має високу сипучість, під час зволоження злежується і цементується. Хімічний склад такий: оксиду кальцію – 40–53 %, магнію – 2–3,6 %, калію – 1–1,5 фосфору – 0,5–1,2 %, натрію – 0,8–1,0 %, марганцю – 0,03 %, кремнію – 26–31 %, сірки – 4,3–7,2 %, алюмінію – 6,9–9,6 %, заліза – 4,7–7,0 %. Крім того, до складу сланцевої золи входять бор, кобальт, молібден, мідь, титан тощо.

Зола кам'яного вугілля – утворюється під час спалювання вугілля на теплових електростанціях. Має високу нейтралізуючу здатність і не потребує додаткової переробки. Хімічний склад досить різноманітний і залежить від природи та складу кам'яного вугілля.

Зола торфів – утворюється під час використання торфу як палива. Нейтралізуюча здатність 30–35 %. Часто використовується як калійне добриво для удобрення полів, на яких вирощують картоплю або інші культури, що негативно реагують на вміст у добривах хлору.

Для вапнування кислих ґрунтів серед відходів промислових: підприємств можуть бути використані:

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

доломітовий пил, що утворюється під час випалювання доломітів. За нейтралізуючою здатністю 1 т доломітового пилу відповідає 1,5 т карбонату кальцію; дунітове борошно, що залишається після збагачування платинової руди і містить 40–50 % оксиду магнію; газове вапно, що утворюється на газових заводах і має нейтралізуючу здатність до 70 %; содове вапно – відходи содових заводів, що містять до 50 % оксидів кальцію і магнію; белітове борошно – відходи алюмінієвого виробництва, що містять до 40–50 % оксиду кальцію; підзол – відходи шкіряного виробництва, що мають нейтралізуючу здатність до 60 %; відходи целюлозно-паперового виробництва, що містять до 50 % оксидів кальцію і магнію; карбідне вапно – відходи виробництва ацетилену з карбіду кальцію, нейтралізуюча здатність 140 %; нефелінові відходи, що утворюються під час збагачування апатитів, що містять до 20 % кальцію і 4–5 % калію, можуть використовуватися як місцеве калійне добриво.

Усі промислові відходи досить високоефективні лише тоді, коли тонко розмелені і не містять надмірної кількості токсичних речовин – хлору, фтору, хрому, алюмінію, свинцю тощо. Додатковим джерелом кальцію для рослин є також органічні добрива, які містять у перерахунку на суху речовину 0,32–0,4 % CaCO_3 , та фосфоритне борошно, що містить близько 22 % CaCO_3 .

Незалежно від походження, вапнякові матеріали, особливо в перші роки після внесення, неоднаково впливають на властивості ґрунтів із різним ступенем кислотності та продуктивність і якість сільськогосподарських культур. У ґрунтового розчині, який має кислу реакцію, вони розчиняються досить добре і тим більше, чим нижче значення $\text{pH}_{\text{КСІ}}$. Тому для виявлення ефективності дії вапнякових меліорантів були обрані різні за хімічним складом і походженням матеріали та проведені відповідні наукові дослідження.

РОЗДІЛ 2.
Природа ґрунтової кислотності.
Роль кальцію і магнію в ґрунті
та живленні рослин

Величина pH_{KCl} є універсальним показником, який характеризує різноманітність властивостей ґрунтів і хімічні ґрунтові процеси. Рівень pH_{KCl} може бути зв'язаний із загальною кількістю кислотних компонентів у ґрунті. Він залежить передусім від здатності присутніх у ґрунті кислот постачати в розчин H^+ – іони в результаті дисоціації ($RCOOH = RCOO^- + H^+$), або гідролізу ($Al^{3+} + H_2O = AlOH^{2+} + H^+$). Чим сильніше виражена ця здатність, тобто чим вища константа дисоціації або гідролізу, тим більший вплив відповідного кислотного компонента на значення pH_{KCl} . Кислотні компоненти, проявляючи властивості слабких кислот, навіть якщо вони присутні у ґрунті в істотній кількості, можуть не впливати на pH_{KCl} за наявності більш сильних кислотних компонентів. Очевидно, що вимірювання значення pH_{KCl} залежить не тільки від здатності ґрунтових кислот до дисоціації, але й від того, на скільки повно вони можуть продисоціювати, тобто від умов проведення аналізу [87, 228].

Кислотність чи лужність ґрунтового розчину є одним із найважливіших чинників росту й розвитку культурних рослин, визначальною умовою реалізації потенційної родючості ґрунту. Вона характеризує не тільки властивості ґрунтового середовища, а й певною мірою відображає стан поглинального комплексу, у зв'язку з чим служить надійним діагностичним

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

показником фізико-хімічних, агрохімічних, біологічних та багатьох інших властивостей ґрунту [58, 72, 87, 155].

Сьогоднішні уявлення про кислотність ґрунту передбачають його здатність підкислювати ґрунтовий розчин наявними в ґрунті кислотами та обмінно-поглинутими катіонами водню й алюмінію, які при заміщенні в ГВК утворюють гідролітично кислі солі. Залежно від того, в якому стані знаходяться у ґрунті іони водню, розрізняють дві форми кислотності: актуальну (активну) та потенційну (пасивну або приховану). Актуальна кислотність завжди менша від потенційної і полягає у визначенні протонів водню у водній витяжці потенціометрично.

Активна (актуальна) кислотність зумовлюється наявністю в ґрунті вільної вуглекислоти, кислих і гідролітично кислих солей, а також розчинних органічних кислот, що утворюються при розкладанні рослинних решток. Її можна виразити через концентрацією водневих протонів (H^+) і гідроксильних (OH^-) іонів у ґрунтовому розчині, охарактеризувавши величиною pH_{KCl} показника (p – концентрація, H – іони водню), який є від'ємним логарифмом концентрації (активності) іонів водню у розчині [46, 87, 226].

Кислотні компоненти, проявляючи властивості слабких кислот, навіть якщо вони присутні у ґрунті в істотній кількості, можуть не впливати на pH_{KCl} за наявності сильніших кислотних компонентів. На думку Г. Каппена, В.Ф. Чірікова, є очевидним, що вимірювання значення pH_{KCl} залежить не тільки від здатності ґрунтових кислот до дисоціації, але і від того, наскільки повною може бути дисоціація, тобто від умов проведення аналізу [87, 228].

Потенційна кислотність ґрунту зумовлюється наявністю поглинутих колоїдною складовою (гумусом

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

і органомінеральними колоїдами) іонів водню, здатних обмінюватись на інші катіони та переходити в ґрунтовий розчин, іншими словами – це здатність ґрунту при взаємодії з розчинами солей проявляти себе як слабка кислота. Визначається вона властивостями твердої фази ґрунту, що забезпечує можливість вивільнення додаткових протонів гідрогену у ґрунтовий розчин за взаємодії з мінеральними добривами або іншими реагентами. Визначається потенційна кислотність за взаємодії ґрунту з розчинами нейтральних і гідролітично лужних солей. У першому випадку її називають обмінною, а в другому – гідролітичною. Дослідженнями Г.М. Александрової, І.А. Шильнікова встановлено та підтверджено іншими дослідженнями, що найшкідливішою для культурних рослин є обмінна кислотність ґрунту [7, 232].

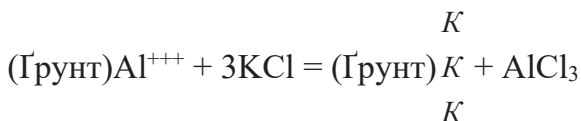
Обмінну кислотність визначають кількістю відтитрованих іонів H^+ і Al^{3+} у витяжці з ґрунту, яка готується на основі нейтральної солі (1н KCl , $NaCl$). Рухомі іони водню витісняються з поглинального комплексу катіонами нейтральної солі, які займають його місце, а водень переходить у ґрунтовий розчин, утворюючи вільну кислоту.

У зв'язку з цим К.К. Гедройц [41] стверджував, що обмінна кислотність ґрунту зумовлена поглинутими іонами водню за взаємодії ґрунту з розчином нейтральної солі (KCl , $BaCl_2$ та ін.). Мінеральна кислота, що переходить у ґрунтовий розчин, взаємодіючи з гідратом окису алюмінію, зумовлює утворення хлористого алюмінію ($3HCl + Al(OH)_3 = AlCl_3 + 3H_2O$) – гідролітично кислої солі, яка у водному розчині піддається гідролізу ($AlCl_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3HCl$). Тобто алюміній з'являється в розчині лише внаслідок цієї вторинної реакції [64].

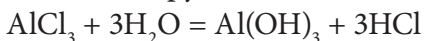
Пізніше було виявлено, що обмінна кислотність мінеральних ґрунтів майже співпадає або повністю співпадає

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

(еквівалентна) з вмістом у них солей алюмінію. У зв'язку з цим виникла гіпотеза Дайкухара-Каппена, згідно з якою обмінна кислотність ґрунтів зумовлюється наявністю в них увібраного алюмінію:



Сіль AlCl_3 під впливом води, яка у ґрунті знаходиться в тих або інших кількостях, розкладається з утворенням соляної кислоти і підкислює ґрунт:

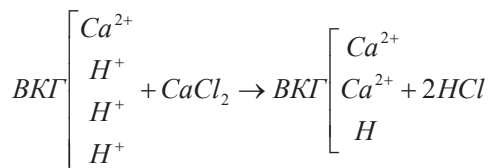


За такого підходу основним чинником виступає алюміній. Отже, обмінна кислотність часто зумовлена наявністю в ґрунті увібраного алюмінію і є найшкідливішою для рослин формою кислотності. Її зростання зумовлює втрати з ґрунтового вбирного комплексу обмінних основ, що внаслідок обмінних реакцій заміщаються іонами водню і алюмінію [172]. Проте ця гіпотеза не знайшла багато прихильників і піддавалася сумніву в численних наукових працях вчених ґрунтознавців і агрохіміків [226].

Прянишников Д.М. [180] виявив, що застосування мінеральних добрив у формі нейтральних солей може бути фактором перетворення прихованої кислотності в активну, шкідливу для рослин. Це особливо виявляється за внесення в ґрунт низьковідсоткових калійних солей, із якими, крім необхідної кількості калію, вноситься багато хлористого натрію.

Схематично утворення кислоти у ґрунтовому розчині можна уявити так:

Хімічна меліорація кислих ґрунтів



де ВКГ – вбирний комплекс ґрунту, насичений кальцієм і воднем. Після обробки ґрунту розчином хлористого кальцію катіони останнього обмінюються на водень, який переходить у розчин із утворенням соляної кислоти і підкислює сольову витяжку.

Рослини більше поглинають аніони в умовах кислого середовища, а у нейтральному і лужному – катіони.

Це пояснюється тим, що при кислій реакції поживного середовища відбуваються порушення іонної рівноваги в рослинах [195]. При надлишку катіонів водню в ґрунтовому розчині і надходженню його через кореневу систему порушується хід багатьох ферментативних процесів у рослинах, вуглецевий і білковий обміни, уповільнюється синтез хлорофілу.

Тому введення в ґрунтовий розчин кальцію у значній мірі знижує токсичну дію іонів водню та алюмінію.

Аналізуючи результати досліджень попередників та на підставі своїх власних експериментальних даних, С.С. Ярусов, Д.Л. Аскіназі та ін. висунули нову гіпотезу, що була підтримана у наукових колах, згідно з якою в гумусових горизонтах легких мінеральних ґрунтів елювіального типу ґрунтотворення потенційна кислотність зумовлюється значною мірою обмінними іонами водню, а в ґрунтах важкого гранулометричного складу (глинах), за промивного водного режиму, переважно – іонами алюмінію [6, 12].

Фундаментальні дослідження природи ґрунтової

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

кислотності проведено в ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» М.К. Крупським, Г.М. Александровою і Ю.В. Дараган. Вони підтвердили теорію К.К. Гедройца, застосувавши неводні розчинники, що виключають можливість гідролізу сполук алюмінію, які неминуче протікають за використання водних розчинів. При дослідженні обмінної кислотності дерново-підзолистого ґрунту встановлено, що його обмінна кислотність має подвійний характер і зобов'язана своїм походженням як обмінному водню ГВК (первинний водень), так і водню, що виникає при гідролізі алюмінію (вторинний водень) [4, 58].

Науковцями ННЦ «Інститут землеробства НААН» під керівництвом академіка НААН Мазура Г.А. підтверджено попередню гіпотезу про подвійну природу ґрунтової кислотності. Встановлено, що у ГВК ненасичених основами ґрунтів, за умов сильно- і середньокислої реакції ґрунтового розчину в обмінно-увібраному стані, очевидно, може знаходитися поряд з воднем і алюміній, що підтверджується експериментально, але його поява у ГВК пов'язана з високою кислотністю ґрунту, зумовленою воднем. У переважній більшості випадків присутність вільного алюмінію в сольовій витяжці з ґрунтів пов'язана з гідролізом його солей у процесі виконання аналізу [130].

Переважна кількість алюмінію міститься у первинних та вторинних ґрунтових мінералах, тому його вплив на ґрунтовий розчин і рослини обмежений. У складі твердої фази ґрунтів він займає досить значну питому вагу (10–30 % Al_2O_3). Проте у процесі вивітрювання мінералів алюміній може вивільнятися до простих сполук і в кислому середовищі переходити в розчин та обмінну форму. У підсумку він має токсичний вплив на рослини, які гинуть ще в стадії сходів. Крім того, алюміній шкідливо впливає на фосфорне

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

живлення рослин. При цьому він не тільки зв'язує рухомі форми фосфатів у важкорозчинні сполуки, а й порушує обмін речовин у рослинах [125, 171, 211].

Вміст рухомого алюмінію у ґрунті знаходиться в оберненій залежності від pH_{KCl} ґрунтового розчину, а його вплив на культурну рослинність залежить від гранулометричного складу та вмісту гумусу, тобто від величини вбирного комплексу ґрунту (1 мг/100 г ґрунту може бути шкідливим, а 2–3 різко знижувати врожайність культур) [134]. Тому окремі сільськогосподарські культури можуть добре розвиватися на кислих ґрунтах із низьким умістом рухомого алюмінію та різко знижувати продуктивність за його збільшення. Для цілеспрямованої зміни реакції ґрунтового середовища, оптимізації кислотно-лужної рівноваги та покращання інших важливих в агрономічному відношенні властивостей застосовують хімічну меліорацію кислих ґрунтів [11, 104].

Гідролітична кислотність визначається за оброблення ґрунту розчинами гідролітично-лужних солей (наприклад, ацетату натрію), який взаємодіє з водою, утворюючи луг, унаслідок чого у витяжку переходить значно більше іонів водню, ніж за взаємодії з розчинами нейтральних солей.

За вказаних умов реакція відбувається у лужному середовищі за pH_{KCl} 8,2, тоді як обмінна кислотність визначається за pH_{KCl} 5,5–5,6 і лише частина поглинутих іонів водню та алюмінію обмінюється на катіони розчину солі. Тому, за визначення гідролітичної кислотності, враховується майже весь увібраний ґрунтом гідроген, а його шкідливий вплив підвищеної концентрації іонів у ґрунтовому середовищі на культурні рослини і його фізіологічна суть дуже різноманітні.

Фізіологічна суть шкідливого впливу підвищеної концентрації водневих іонів ґрунтового розчину на культурні рослини дуже різноманітна. Авдоніном М.С. зазначено, що

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

у кислому середовищі знижується інтенсивність живлення рослин кальцієм, магнієм, калієм, азотом та фосфором і підвищується надходження у них марганцю, гальмується утворення білків і фосфорорганічних сполук, послаблюється процес перетворення моносахаридів у дисахариди та інші більш складні органічні сполуки. Кисле ґрунтове середовище прискорює ферментативні гідролітичні процеси та уповільнює синтетичні, зменшує вміст хлорофілу в тканинах рослин, знижує інтенсивність фотосинтезу та підвищує інтенсивність дихання [1].

Кальцій як елемент живлення має першочергове значення для кореневої системи рослин, розвиток якої знаходиться у прямій залежності від умісту цього елемента в ґрунті. Катіони кальцію (а також магнію) виявляють захисну дію проти шкідливого переважання у ґрунтовому середовищі інших катіонів (марганцю, натрію, алюмінію, водню), запобігаючи надлишковому їх надходженню у рослини [10, 15, 119]. Ґрунти, які поряд з обмінним кальцієм і магнієм у ГВК мають водень та алюміній, називають ненасиченими основами або кислими. Утворюються вони там, де річна кількість опадів перевищує сумарне випаровування, тобто в умовах промивного (чи періодично промивного) водного режиму. Тому зниження токсичної дії іонів водню та алюмінію на таких ґрунтах, значною мірою можливе лише за рахунок додаткового введення у ґрунтовий розчин сполук лужноземельних металів (Ca^{2+} , Mg^{2+}).

2.1 Вбирна здатність ґрунту

Сучасна ґрунтознавча наука вважає найважливішою особливістю ґрунту як складної поліфункціональної системи те, що він до деякої міри є природним сорбентом,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

тобто обмінно чи необмінно здатен поглинати тверді, рідкі і газоподібні речовини, або збільшувати їх концентрацію на поверхні елементарних ґрунтових частинок. Завдяки саме цій здатності, більшість ґрунтових процесів, включаючи живлення рослин, міграцію, трансформацію й акумуляцію речовин, відбувається якраз у гумусованій частині ґрунтового профілю, а ґрунт, зрештою, як комплексна функція і продукт взаємодії основних чинників ґрунтоутворення – гірської породи, живих організмів, клімату, рельєфу і часу набув головної своєї особливості – родючості.

Про існування сорбційних властивостей ґрунту людство знало давно, очищуючи питну і стічну воду. Сучасні уявлення про сорбційні процеси в ґрунті і його поглинальну здатність пов'язані з іменами К.К. Гедройца, а пізніше О.Н. Соколовського та ін. Було виділено п'ять видів поглинальної здатності: механічну, хімічну, біологічну, фізичну та фізико-хімічну, або обмінну [40]. Згідно з теорією поглинальна здатність – це здатність ґрунту затримувати «сполуки або їх частини, що знаходяться в розчиненому стані, а також колоїдально розпилені часточки мінеральної і органічної речовини, живі організми і грубі суспензії». Найактивнішу частину ґрунтового вбирного комплексу складають ґрунтові колоїди [41].

Сорбційні процеси відіграють виключно важливу роль у закріпленні елементів мінерального живлення в кореневмісному шарі ґрунту. Завдяки сорбції ці елементи активно не вимиваються з ґрунтового профілю, а навпаки, акумулюються в ньому і використовуються рослинами. У процесах закріплення поживних речовин та гумусу в кореневмісному шарі ґрунту важливу роль відіграють хімічна і особливо біологічна поглинальна здатність [41, 45, 134].

Зв'язок сорбційних процесів і з генезисом ґрунтів різноманітний. Ґрунтовий поглинальний комплекс, його

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

склад, властивості частково успадковуються від породи залежно від мінералогічного та гранулометричного складу останньої, але переважно формуються у процесі ґрунтоутворення. Сорбційне закріплення гумусу впливає на формування ґрунтових колоїдів, а також на стабілізацію самого гумусу у верхньому шарі ґрунтового профілю. Склад і властивості ґрунтових колоїдів, у свою чергу, впливають на агрегатоутворення, шпаруватість, щільність ґрунту, а також липкість і пластичність [41, 45, 200].

Основним видом поглинальної здатності ґрунту, що впливає на протікання ґрунтових процесів, є фізико-хімічна поглинальна здатність – це його властивість обмінювати деяку частину катіонів, присутніх у твердій фазі, на еквівалентну кількість катіонів ґрунтового розчину. Кожна колоїдна часточка має від'ємний електричний заряд, який компенсується позитивними зарядами іонів металів, розміщених навколо неї кількома шарами. Здебільшого це іони лужних металів (кальцій, магній, калій, натрій). У ненасичених основами кислих ґрунтах переважають або займають значну питому вагу іони водню та алюмінію [45, 134, 184].

Провідне місце серед увібраних основ займає кальцій. В «ідеальному» ґрунті за ступенем насичення (95 %) кальцій повинен складати 80–85 % ємності вбирання. Такий ґрунт здатний повністю забезпечити стабільно високі врожаї сільськогосподарських культур. Насиченість основами до 75 % є близькою до оптимальної в дерново-підзолистих піщаних ґрунтах, близько 85 % у дерново-підзолистих супіщаних і піщано-легкосуглинкових, 95 % є оптимальною для сірих лісових і чорноземних ґрунтів [45, 125, 172,]. Проте у природних умовах без проведення вапнування такого вмісту кальцію у сірих лісових ґрунтах досягти практично неможливо.

За визначенням О.Н. Соколовського [200] – «Роль кальцію

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

у ґрунті важко переоцінити, вартовим ґрунтової структури і самого ґрунтового тіла є кальцій, а єдиним, безальтернативним способом поповнення його вмісту в ґрунтах є внесення кальцієвмісних речовин». Слід зазначити, що його роль є досить різноманітною, а вплив на ґрунтові процеси в кінцевому результаті настільки важливий, що його можна назвати вартовим родючості ґрунтів. Враховуючи прямий і непрямий вплив кальцію на мікробіологічні процеси, на хімізм і фізичні властивості ґрунту, значення його в збереженні сталості самого складу ґрунту, то така оцінка не може виявитися перебільшеною».

Яскравим підтвердженням цих тверджень є факт, коли ґрунт (більшу частину обмінного кальцію) обробити 1-нормальним розчином NaCl, а потім промивати його дистильованою водою, то спочатку прозорий фільтрат поступово починає темніти, а потім стає чорно-бурим. Це вимивається гумус, який без кальцію не може утримуватися мінеральною частиною ґрунту. Одночасно ґрунт втрачає свою структуру, різко змінюються його властивості [19, 134, 200]. Те, що кальцій посилює мікробіологічні процеси, сприяє накопиченню гумусу, закріплює гуматну частину в ґрунті, робить її малорозчинною та понижує ступінь дисперсності – дослідники висловлювали таку думку й раніше [54, 103, 118, 156, 215].

Приєднуючись до дослідників, що, продовжуючи і розвиваючи теорію О.Н. Соколовського, висловлюють думку про те, що без кальцію взагалі не було б ґрунтів у розумінні – «середовища для росту і розвитку культурної рослинності», слід додати: та ефективного використання ґрунтового покриву для інтенсивно зростаючих потреб людства.

Структура, «це таке поєднання гумусу і глини, яке під впливом кальцію отримує здатність цементувати ґрунтові грудочки, причому кальцій, коагулюючи їх, у той же час

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

сприяє збереженню складу ґрунту». Як показали численні дослідження, агрономічно найбільш цінна структура утворюється в процесі коагуляції за умови, що в ньому беруть участь гумусові речовини і катіони кальцію та заліза [88, 106, 181].

Структурність ґрунту залежить перш за все від гранулометричного складу та суми увібраних основ: чим більша їх питома вага в структурі твердої фази ґрунту, тим більшу ємність має вбирний комплекс, тим ближчі до оптимальних фізичні властивості. Як правило, його характеризує ємність вбирання, або ємність катіонного обміну, яка коливається від 2,0–3,0 у піщаних і до 50–55 мг-екв/100 г ґрунту у важкосуглинкових чорноземних ґрунтах.

2.2 Оптимізація кислотно-лужних властивостей ґрунтів

Хімічна меліорація – застосування вапнякових меліорантів є основним регулятором кислотно-лужної рівноваги ґрунту, оскільки кальцій і магній швидко взаємодіють з ґрунтовим вбирним комплексом, нейтралізуючи кисле середовище ґрунту. Відомо, що кисле ґрунтове середовище формується за впливу елювіальних, підзолистих, глейових, глее-ілювіальних елементарних процесів. Також відомо, що більшість ґрунтів успадкувала свою природну кислу реакцію від материнської породи, інша частина набуває її у результаті глобальних змін клімату. Крім того, не останню роль у цьому відіграє антропогенний чинник – розбалансовані системи землеробства (за удобренням, структурою сівозмін, способами обробітку, осушення, зрошення), техногенні викиди, кислотні дощі. За

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

їх впливу відбувається вторинне підкислення і формування несприятливого для основних сільськогосподарських культур кислотно-основного режиму ґрунту.

Оптимізація основних фізико-хімічних властивостей кислих ґрунтів за допомогою вапнування давно привертає увагу численних дослідників і практиків як в Україні, так і за кордоном. Основним теоретичним положенням сучасної хімічної меліорації кислих ґрунтів є біологічні вимоги провідних сільськогосподарських культур до реакції ґрунтів – слабокисла, близька до нейтральної та нейтральна реакція ґрунтового середовища для більшості з них є оптимальною.

Без достатньої кількості кальцію у формі бікарбонату в ґрунті створюється кисла реакція середовища, яка суперечить біологічним вимогам більшості сільськогосподарських культур. Супутником цього явища є різке збільшення у ґрунті вмісту рухомих форм алюмінію (іноді марганцю), отруйних для рослин. Кальцій – один із необхідних елементів живлення рослин. І, незважаючи на те, що його вистачає ніби у всіх ґрунтах, але сільськогосподарські культури підвищують рівень продуктивності після його внесення. 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.

Дія кальцію та магнію у ґрунті не обмежується нейтралізацією вільних кислот і кислих солей ґрунтового розчину, вони також впливають на взаємодію між рослиною, ґрунтом і добривом. В увібраному стані, а також у вигляді вільних солей кальцій та магній різнобічно впливають на властивості ґрунту. Особливо важливого значення набуває вплив увібраного кальцію на ультрамеханічний склад і структурність ґрунту. Увібрані катіони за дії на

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

ґрунт розчинів солей обмінюються на катіони цих солей. Наприклад, якщо ґрунт містить в обмінному стані 80 % кальцію, 15 % магнію, 3 % калію і 2 % водню, то за обробки його соляною кислотою, певної концентрації, одержимо ґрунт, повністю насичений воднем. Експериментально доведено, що лише ґрунт, насичений кальцієм, забезпечує необхідні умови для розвитку рослин. Залізо й алюміній дуже пригнічують, а катіони водню, барію, кобальту, міді, марганцю згубно діють на рослини. Разом з тим, для більшості ґрунтів, крім кальцію, є обов'язковою наявність в обмінному стані певної кількості магнію [40].

Відомо, що ґрунти елювіального ряду на фоні промивного водного режиму характеризуються низькою природною родючістю. Проблема швидкої і, що головне, тривалої і стабільної зміни фізико-хімічних властивостей кислих ґрунтів у бік покращення ускладнюється тим, що більшість кислих ґрунтів мають легкий гранулометричний склад і, як наслідок, низьку ємність катіонного обміну. А це, в свою чергу, є причиною швидких і незворотних втрат внесених кальцію та магнію за межі кореневмісного шару. Якраз ці негативні явища мав на увазі К.К. Гедройц [41], обґрунтовуючи роль вапнування: «на вапнування не можна дивитися лише як на захід підвищення родючості ґрунтів; значення його далеко ширше, вуглекислий кальцій, внесений у ґрунт у достатній кількості (у будь-якому випадку в кількості, більшій, ніж це потрібно для створення оптимальних умов урожайності), оберігає ґрунт (в умовах достатньо зволоженого клімату) від неминучого руйнування, а саме його найбільш цінної частини – вбирного комплексу».

Якісний і кількісний склад обмінних катіонів неоднаковий у різних ґрунтах і навіть в одному й тому ж ґрунті різного ступеня окультурення, але в найбільш родючих

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

провідне місце займає кальцій і тільки деяку частину ємності вбирання – інші катіони. Дослідженнями К.К. Гедройца [41], О.Н. Соколовського [200], Н.І. Горбунова [45], В.Р. Вільямса [34], К.П. Магницького [126], Н.П. Ремезова [184], та іншими вченими доведено, що обмінні кальцій і магній надають ґрунтам особливих фізичних, фізико-хімічних, агрохімічних і мікробіологічних властивостей, завдяки яким у ґрунті створюються найсприятливіші умови для підтримання в ґрунтовому середовищі реакції, близької до нейтральної. Це забезпечує нормальний розвиток більшості вищих рослин і мікроорганізмів [90, 125, 137].

Дослідження, які проводилися на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах, показали, що використання лише одних мінеральних добрив збільшує обмінну та гідролітичну кислотність, вміст рухомого алюмінію, знижується pH_{KCl} сольової витяжки і зменшується сума увібраних основ у ґрунті [16, 100], що, за дослідженнями [72, 164], призводить до значного зниження вмісту кальцію в ґрунтах, унаслідок чого збільшується кислотність, погіршуються фізико-хімічні властивості, знижується урожайність сільськогосподарських культур.

Безперечно, для росту і розвитку сільськогосподарських культур необхідно, аби в ґрунті було достатньо рухомих (доступних рослинам) поживних речовин, що також залежать від складу поглинутих основ. Ґрунти, насичені кальцієм, характеризуються значним умістом валових форм елементів живлення і досить часто – незначною кількістю рухомих сполук, особливо азоту й фосфору. Тому, наявність останніх в обмінному стані поряд із кальцієм і магнієм забезпечує їх високу ефективну родючість [40, 45, 134].

У переважній більшості дослідження поведінки двовалентних катіонів у ґрунті відмічають, що обмінні кальцій

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

і магній, визначаючи поряд з іншими фізичні властивості ґрунту, попереджують вимивання з ґрунту фосфорнокислих солей, оскільки вони утворюють з фосфат-іонами малорозчинні і нерозчинні сполуки [12, 83, 84]. Вимивання фосфатів з гумусово-елювіального горизонту ґрунту та їх переміщення униз по профілю, на думку більшості дослідників, досягають декількох кілограмів з 1 га в рік [114, 150, 224].

Факт підвищення розчинності ґрунтових фосфатів за вапнування сильно- та середньокислих ґрунтів давно відомий і підтверджений багатьма дослідниками [69, 90, 136, 180]. Узагальнюючи встановлене попередніми дослідженнями, слід сказати, що достатня кількість кальцію і магнію в ґрунті сприяє мобілізації фосфору з важкорозчинних сполук заліза й алюмінію та переходу його в більш доступні для рослин фосфорнокислі солі кальцію і магнію. Проте однією з найважливіших функцій обміннопоглинутого кальцію в оптимізації ґрунтових процесів є регулювання реакції ґрунтового середовища шляхом нейтралізації кислотності, що утворюється у результаті природних ґрунтових процесів або внесення фізіологічно кислих мінеральних добрив.

Збільшення ємності поглинання ґрунту, нейтралізація його кислотності – найголовніше завдання при розробленні заходів відтворення родючості кислих та слабокислих ґрунтів України. У зв'язку з цим, метою досліджень є розроблення економічно доцільних способів підвищення їх родючості шляхом комплексного застосування різних форм і доз хімічних меліорантів та поєднання їх з органічними (гній, сидерати, побічна продукція) й мінеральними добривами для оптимізації основних ґрунтових процесів, підвищення продуктивності сільськогосподарських культур.

2.3 Втрати карбонатів ґрунтами і необхідність повторного вапнування

Кальцій входить до складу ультраосновних, основних середніх, кислих і осадових порід. Його середній вміст у літосфері становить 3,6 %. Він входить до складу багатьох ґрунтових мінералів: анортиту, нефеліну, диопсиду, родоніту, валастоніту, тремоліту, grosуляру, вермикуліту, кальциту, доломіту, фосфориту, полігаліту, апатиту, флюориту. Вміст кальцію у дерново-підзолистих ґрунтах коливається від 0,3 до 0,8 %, збільшуючись від піщаних до суглинкових. У сірих лісових ґрунтах він зростає до 1,24 %, а в вилугованих чорноземах – до 3,6 %. За абсолютним вмістом у ґрунті кальцій включають у другу групу елементів, вміст яких змінюється від десятих часток до декількох цілих відсотків. Запаси обмінного кальцію у ґрунтах різко коливаються залежно від гранулометричного складу: бідні ним піщані ґрунти (150–300 кг/га СаО) в орному шарі, супіщані (450–600 кг/га СаО) і більш багаті важкосуглинкові (3600 кг/га СаО).

Кірсанов А.Т. писав, що «немає жодного елементу, який у підзолистому ґрунті виносився б із нього в таких величезних кількостях, як кальцій. Втрати його складають в одному випадку 147–248 кг/га СаО, в інших – 200–300 і навіть 500–600 кг/га СаО в рік». Величина втрат кальцію і магнію ґрунтами залежить від багатьох факторів: гранулометричного складу ґрунту, суми опадів, доз мінеральних добрив, кислотності, вмісту кальцію та магнію в ґрунті, видового складу вирощуваних культур у сівозмінах та інших умов [96, 240]. Тільки за вирощування окремих культур (люцерна, конюшина, овочеві) втрати кальцію можуть досягати декількох центнерів [135, 148, 173].

На цей час встановлено: основною статтею втрат кальцію із орних земель – є його вилуговання атмосферними опадами

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

за межі ґрунтового профілю. Лізіметричні дослідження цілого ряду авторів [122, 179, 196, 201, 231] показали, що вимивання обмінних основ із орних ґрунтів нерідко досягає 300–400 кг/га CaCO_3 і до 100 кг/га MgCO_3 , що набагато перевищує втрати азоту, фосфору, калію та інших елементів живлення. На супіщаних ґрунтах втрати становили 0,9–1,0 кг CaO і 0,14–0,19 кг MgO , а на суглинкових – 0,5 CaO і 0,06–0,07 кг MgO на 1,0 кг поживних речовин, внесених із мінеральними добривами. За внесення мінеральних добрив на фоні вапна за інших однакових умов втрати карбонатів зростають у 1,5–2,1 раза [119, 237].

За кордоном проведена значна кількість досліджень, у яких вивчені основні фактори, що впливають на втрати кальцію з ґрунтів із фільтруючими атмосферними опадами. Серед них велике значення має ступінь насичення вбирного комплексу ґрунту кальцієм і магнієм і наявність вільних карбонатів. Досліджували втрати кальцію і магнію із ґрунтів різного гранулометричного складу з різним вмістом карбонатів. За їх даними, найбільші втрати кальцію з фільтруючими водами відмічені із карбонатного суглинку, який містив 16 % вільного CaCO_3 . Із піщаного ґрунту кальцію вимивалося більше, ніж із суглинкового, незважаючи на те, що його концентрація у воді була нижча: на супіщаному ґрунті 80 мг/л Ca , а на суглинистому 100 мг/л. У даному досліді це пояснюється великим коефіцієнтом фільтрації у піщаних ґрунтах.

Найбільші втрати кальцію з фільтруючими водами, які досягають декілька сотень кілограмів елементу з 1 га в рік, відмічені в країнах Західної Європи (ФРН, Англія, Франція), де випадає велика кількість атмосферних опадів. Цей фактор, безумовно, є вирішальним у процесі збіднення ґрунтів основами. За даними Гессера, в Англії і Уельсі внаслідок вимивання із ґрунту щорічно втрачається близько 2 млн. тонн CaCO_3 , що приблизно відповідає загальній кількості внесених

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

вапнякових добрив. При цьому втрати кальцію з гектара орних земель у 1,4 раза більше, ніж на луках і пасовищах. Наприклад, у лізіметричному досліді І. Кенляйна з орного шару провапнованого ґрунту з високою насиченістю основами втрати кальцію були в 4 рази вищі, ніж із ґрунту з низькою насиченістю.

У літературі опубліковано ряд результатів досліджень по вивченню міграції в ґрунтах кальцію. Так, Г.В. Гарднер і Г.Ф. Гарнер вважають, що в Англії щорічно вилуговується від 56 до 336 кг/га кальцію (у середньому до 168 кг/га), що в перерахунку на карбонат складає 420 кг. За даними І.А. Шильникова, Л.А. Лебедевої, піщаний ґрунт щорічно втрачав з дренажними водами від 380 до 1000 кг/га CaCO_3 у залежності від дози внесеного вапна [122]. Безперечно, однією з основних причин підкислення ґрунтів є вимивання обмінних основ атмосферними опадами у нижні горизонти. Втрати карбонатів з орних ґрунтів значною мірою залежать від їх гранулометричного складу, зменшуючись від піщаних до глинистих відмін. Також збільшення втрат кальцію з ґрунту, його підкислення, руйнування структури відбувається за впливу кислотних опадів, які утворюються в результаті викидів в атмосферу оксидів сірки і азоту промисловими підприємствами. З розвитком промисловості ці викиди зростають [203]. Вплив на ґрунт кислотних опадів упродовж 6 місяців знизило його pH_{KCl} на 0,5 од. При pH_{KCl} 5,5 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ і Na^+ переходили у ґрунтовий розчин і вимивались інтенсивніше [23].

У Поліссі та на більшій частині території Лісостепу відновлення кислотності у провапнованих ґрунтах з часом пов'язане як з виносом обмінних основ Ca^{2+} і Mg^{2+} врожайми сільськогосподарських культур (150–180 кг/га щорічно), так і з підкисленням ґрунтів атмосферними опадами й особливо

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

фізіологічно кислими азотними добривами (витрачається від 0,4 до 3 ц CaCO_3 на 1 ц добрив). Підкислююча дія азотних добрив виявляється не тільки в негативному впливі на реакцію ґрунтового середовища, але й у посиленні процесу вилуговування обмінних основ кальцію і магнію з ґрунту [122, 196]. Так, у західних районах України ясно-сірі лісові ґрунти, залежно від системи удобрення культур і доз вапна, щорічно втрачали від 230 до 570 кг/га карбонату кальцію. Від 400 до 600 кг/га CaCO_3 втрачалось з орних ґрунтів північно-західної частини території Росії [159]. У всіх наведених прикладах мова йде лише про орний шар ґрунту і про втрати за рахунок вилуговування опадами.

Втрати кальцію і магнію з ґрунту від застосування мінеральних добрив ведуть до порушення ґрунтових процесів у вигляді підвищення кислотності та погіршення фізичних, фізико-хімічних і мікробіологічних його властивостей, на що вказують Т.М. Кулаковська, Л.П. Дітковська, В.М. Сімачинський, І.А. Шильников та інші дослідники [118, 134]. Якщо систематично, впродовж багатьох років, вносити в ґрунт у великих дозах мінеральні добрива у вигляді аміачної селітри, сірчанокислого амонію і хлористого калію, то кількість увібраного кальцію може знизитися настільки, що фізичні властивості ґрунту погіршаться і він буде схильний до запливання та утворення кірки.

Інтенсивне застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив істотно змінює родючість кислих ґрунтів, насамперед легких за гранулометричним складом малобуферних дерново-підзолистих та ясно-сірих і сірих лісових ґрунтів. За впливу мінеральних добрив значно підвищується врожайність культурних сільськогосподарських рослин, але не менш різко збільшується рухомість елементів живлення й обмінних форм кальцію та магнію в цих ґрунтах. В умовах лізиметричного

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

досліді на сірому лісовому ґрунті встановлено, що при збільшенні дози азотного добрива з 60 кг діючої речовини до 240 кг/га інтенсивність вилуговування кальцію збільшилась у 4 рази [230]. Це, насамперед, пов'язано з обмінними фізико-хімічними реакціями добрив з твердою фазою ґрунту, що зумовлює надходження у ґрунтовий розчин значної кількості аніонів сильних кислот. Ґрунт підкислюється, що зумовлює підвищення рухомості поживних речовин та інших простих солей і винесення їх низхідними токами води в нижні шари і за межі ґрунтового профілю. Крім того, збільшується винос основних елементів живлення та кальцію і магнію підвищеними врожайми [122, 130, 139, 184, 204, 228, 237]. У досліді К.П. Магницького, В.К. Малкова, при $\text{pH}_{\text{KCl}} 3,9$ з ґрунту вимивалося близько 70 % магнію. Внесення вапна в ґрунт значно (в 10 разів) послаблювало його вимивання [125].

Відомо також, що значна кількість обмінних основ кальцію і магнію виноситься врожайми сільськогосподарських культур (150–180 кг/га щорічно). Лише цукрові буряки за врожаю 400 ц/га виносять з ґрунту 70,0 кг/га кальцію і 25,0 кг магнію [111]. Менше споживають кальцій з ґрунту зернові культури і льон (20–40 кг СаО на 1 га), дуже багато виносять капуста, конюшина, люцерна, люпин (до 250 кг СаО і більше), багато потребує його картопля (85–170 кг СаО). Потреба рослин у магнії також залежить від культур сівозміни. Багато виносять його із ґрунту цукрові і кормові буряки (60–70 кг), картопля (40–60 кг MgO на 1 га). Зернові культури потребують 10–14 кг, злакові трави – 20–30 кг, бобові трави – 33–49 кг і люпин – 20–40 кг MgO на 1 га. Бідні цим елементом піщані і супіщані ґрунти, у яких запаси його в орному шарі складають 30–180 кг MgO на 1 га [126, 148].

Тому важливою умовою є застосування кальцієвих і магнієвих добрив для досягнення оптимального

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

співвідношення Са:Мg. За внесення одних кальцієвмісних меліорантів може скластися несприятливе співвідношення, унаслідок чого погіршується засвоєння магнію рослинами, виникає його дефіцит. Величина врожаю сільськогосподарських культур часто визначається вмістом у ґрунті цього елемента, що пов'язано з фізіологічною роллю його як елемента живлення. Він сприяє підвищенню активності фотосинтезу, покращанню вуглеводного, азотного та фосфорного обмінів рослин, особливо зернових культур із коротким періодом вегетації.

За інтенсивного землеробства внаслідок виносу кальцію і магнію з ґрунту змінюється іонна рівновага в ґрунтовому розчині, різко зростають актуальна і потенціальна кислотність, що призводить до дефіциту магнію, особливо в ґрунтах легкого гранулометричного складу, зменшення ступеня насичення ґрунту основами, підвищення активізації рухомого алюмінію і, як наслідок, зниження родючості ґрунту, недобір урожайності.

Тому дуже важливо знати, як швидко змінюється структура увібраних катіонів у ґрунтовому вбирному комплексі в залежності від рівня удобрення та вапнування, який їх вплив на оптимізацію ґрунтових процесів, родючість ґрунту та продуктивність культур, щоб дати пропозиції виробництву в умовах економічної кризи щодо раціонального використання добрив у поєднанні з вапнуванням.

1.4 Баланс кальцію та магнію у ґрунті

Необхідність повторного вапнування ґрунтів можна визначати на основі балансових розрахунків. Розрахункам балансу кальцію та магнію у ґрунті приділяється значно менше уваги, ніж розрахункам балансу елементів живлення.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Зумовлено це тим, що вміст кальцію і магнію значно більший, ніж азоту, фосфору та калію. У всіх ґрунтах, за винятком піщаних, лужноземельних елементів достатньо для живлення рослин.

Баланс кальцію та магнію математично являє собою різницю між статтями надходження і витрат їх під культурою, в окремому полі, сівозміні, господарстві тощо, за однаковий проміжок часу. Крім того, при його визначенні передбачається враховувати ступінь поглинання кальцію та магнію ГВК у зв'язку з нейтралізацією кислотності ґрунту і витрати на нейтралізацію фізіологічно кислих мінеральних добрив.

Розрахунок балансу кальцію і магнію наводимо за даними тривалого дослід, який проводиться у північній частині Правобережного Лісостепу на сірому лісовому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті в зерно-просапній сівозміні. У досліді вапнування проводили один раз на 14 років. Вапно вносили у формі вапнякового і доломітового борошна з розрахунку 1,0 та 1,5 за гідролітичною кислотністю, проби ґрунту відбирали для аналізу восени кожного року. Для вапнування ґрунту застосовували доломітове борошно, і при визначенні дози вапна перераховували його на CaCO_3 .

Для розрахунку балансу кальцію та магнію за дві ротації сівозміни (кг/га) використовували такі формули:

$$1) B_{\text{Ca}} = \Sigma(M_{\text{Ca}} + O_{\text{Ca}} + \Phi_{\text{Ca}} + П_{\text{Ca}} + A_{\text{Ca}} + \text{КП}_{\text{Ca}}) - \Sigma(\text{ВО}_{\text{Ca}} + \text{ВП}_{\text{Ca}} + \text{ВМ}_{\text{Ca}}) - \Sigma(\text{Н}_{\text{ГК}} + \text{Н}_{\text{Мд}})$$

де: B_{Ca} – баланс кальцію;

надходження кальцію:

M_{Ca} – з меліорантами;

O_{Ca} – з органічними добривами;

Φ_{Ca} – з фосфорними мінеральними добривами;

$П_{\text{Ca}}$ – з посівним і садивним матеріалом;

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

A_{Ca} – з атмосферними опадами;

$КП_{Ca}$ – завдяки капілярному підняттю;

витрати кальцію:

$ВО_{Ca}$ – винос з основною продукцією;

$ВП_{Ca}$ – винос з побічною продукцією;

$ВМ_{Ca}$ – вимивання фільтруючими водами за межі кореневмісного шару ґрунту;

$H_{ГК}$ – витрати на нейтралізацію ґрунтової кислотності;

$H_{Мд}$ – витрати на нейтралізацію фізіологічно кислих мінеральних добрив;

$$2) B_{Mg} = \Sigma(M_{Mg} + O_{Mg} + K_{Mg} + П_{Mg} + A_{Mg} + КП_{Mg}) - \Sigma(ВО_{Mg} + ВП_{Mg} + ВМ_{Mg}) - \Sigma(H_{ГК} + H_{Мд})$$

де: B_{Mg} – баланс магнію;

надходження магнію:

M_{Mg} – з меліорантами;

O_{Mg} – з органічними добривами;

K_{Mg} – з калійними мінеральними добривами;

$П_{Mg}$ – з посівним і садивним матеріалом;

A_{Mg} – з атмосферними опадами;

$КП_{Mg}$ – завдяки капілярному підняттю;

витрати магнію:

$ВО_{Mg}$ – винос з основною продукцією;

$ВП_{Mg}$ – винос з побічною продукцією;

$ВМ_{Mg}$ – вимивання фільтруючими водами за межі кореневмісного шару ґрунту;

$H_{ГК}$ – витрати на нейтралізацію ґрунтової кислотності;

$H_{Мд}$ – витрати на нейтралізацію фізіологічно кислих мінеральних добрив;

Досліджували таку систему удобрення:

- Без добрив (контроль);
- Гній (10 т/га) + $N_{54}P_{54}K_{56}$ – фон;

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

- Фон + CaCO_3 (1,0 Нг);
- Фон + $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг);
- Гній (10 т/га) + $\text{N}_{80}\text{P}_{80}\text{K}_{85}$ + CaCO_3 (1,0 Нг);
- Гній (10 т/га) + $\text{N}_{80}\text{P}_{80}\text{K}_{85}$ + CaCO_3 (1,5 Нг);

Кислі ґрунти збагачуються на кальцій та магній різними шляхами. Проте основною статтею поповнення ґрунту кальцієм і магнієм є вапнування. При визначенні складових надходження кальцію та магнію в ґрунт у першу чергу враховували їх кількість, внесену з меліорантами, органічними і мінеральними добривами. Розглянемо статті надходження кальцію до ґрунту на досліджуваних варіантах. Тут кальцій і магній надходять із таких джерел:

1. З насінням культур – 16 кг СаО та 20 кг MgO за дві ротації сівозміни (використовували нормативні дані);

2. З атмосферними опадами за 14 років надійшло $10 \times 14 = 140$ кг/га СаО та 70 кг/га MgO (враховували щорічне надходження з опадами при середньорічній їх кількості: 10 кг СаО і 5 кг MgO);

3. Капілярне підняття висхідними токами води згідно із нормативними даними становило $20 \times 14 = 280$ кг/га СаО та $8 \times 14 = 112$ кг/га MgO.

4. З добривами розраховували для тих ділянок, де їх вносили. З кожним центнером простого суперфосфату до ґрунту надходить 28 кг СаО. Відповідно надходження становило $28 \text{ кг} \times 2,7 \text{ ц суперфосфату} \times 14 \text{ років} = 1058 \text{ кг/га}$, та $28 \text{ кг} \times 4,0 \text{ ц} \times 14 \text{ років} = 1568 \text{ кг/га}$.

5. З меліорантами відповідно внесено: з вапняковим борошном – 3444 кг/га, 3528 кг/га і 5166 кг/га СаО, із доломітовим борошном – 3657 кг СаО та 1296 кг MgO. Ці цифри отримали множенням кількості внесеного CaCO_3 та $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ на вміст у ньому СаО та MgO відповідно.

6. З гноєм визначали як добуток із кількості внесеного

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

гною (70 т/га) на вміст відповідно Ca (5 кг) і Mg (2,5 кг) в 1 т гною. У нашому випадку надійшло за 14 років 700 кг CaO і 350 кг MgO.

У подальшому розраховували статті витрат кальцію та магнію з ґрунту. По-перше, враховували винесення цих елементів урожаєм (кількість кальцію і магнію, яка виноситься із ґрунту з урожаєм сільськогосподарських культур, дуже змінюється, вона відносно невелика в зернових, але значна у бобових, коренеплідних та ін.). Для цього врожайність кожної культури (у ц/га) збільшують на вміст кальцію і магнію в урожаї. Але спочатку необхідно вміст CaCO₃ в урожаї перерахувати на CaO та MgO і збільшити винос на 20 % (вапнований ґрунт). Наприклад, для пшениці озимої вміст CaO складатиме: $0,63 : 1,78 = 0,35$ кг. Збільшивши на 20 %, отримаємо винос $0,35 \text{ кг} \times 20 : 100 + 0,35 = 0,42$ кг. Аналогічно вміст MgO складе: $0,26 \times 20 : 100 + 0,26 = 0,31$ кг.

Культури, що вирощувались у наведеній сівозміні, разом за період двох ротацій виносили таку кількість кальцію і магнію: на ділянці без добрив 508 кг кальцію і 185 кг магнію; за внесення гною (10 т/га) та N₅₄P₅₄K₅₆–702 кг кальцію, 256 кг магнію; за гною (10 т/га) + N₅₄P₅₄K₅₆ + CaCO₃ (1,0 Нг) – 729 кг кальцію; на ділянці, де вносили доломітове борошно винос кальцію становив 767 кг, магнію 282 кг; на ділянках (гній (10 т/га) + N₈₀P₈₀K₈₅ + CaCO₃ (1,0 Нг)) та (гній (10 т/га) + N₈₀P₈₀K₈₅ + CaCO₃ (1,5 Нг)), винос кальцію був більшим у зв'язку із збільшенням урожайності за рахунок внесеної додаткової кількості добрив і відповідно становив 755 кг, 730 кг CaO.

Вимивання кальцію та магнію з ґрунту за межі кореневмісного шару встановлювали залежно від гранулометричного складу ґрунту за узагальненими нормативними даними. У нашому випадку втрати CaCO₃– $110 \text{ кг/га} \times 0,56 \times 14 \text{ років} = 862$ кг CaO і MgCO₃– $11 \times 0,48 \times$

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

14 років = 74 кг MgO. Як бачимо з наведених даних, магнію вимивається з ґрунту в 10 разів менше, ніж кальцію. Це пов'язано не лише з тим, що магнію менше у складі обмінних основ ґрунту, але й із більш енергійним засвоєнням його рослинами внаслідок активної участі в живленні рослин.

Внесення азотних добрив викликає додаткове вилугування кальцію. Наприклад, на суглинкових ґрунтах втрати становили 0,5 кг CaO і 0,07–0,06 кг MgO на 1 кг поживних речовин, внесених із мінеральними добривами. За внесення мінеральних добрив на фоні вапна за інших однакових умов втрати карбонатів зростають у 1,5–2,1 раза. З цього випливає, що чим вища доза мінеральних добрив, тим інтенсивніше проходить вилугування кальцію та магнію по профілю ґрунту, що призводить до його втрат при змиканні з ґрунтовими водами.

Далі розраховували наступну статтю витрат кальцію і магнію, що йде на нейтралізацію фізіологічно кислих мінеральних добрив, насамперед азотних, які характеризуються підкислювальною дією. Теоретично для цього необхідна така кількість карбонату кальцію (ц/1 ц): аміачної селітри – 0,75; хлористого амонію – 1,40; сульфату амонію – 1,20; сечовини – 0,80; аміачної води – 0,40; амофосу – 0,65. Ці дані загальноприйняті й використовуються у розрахунках балансу в інших країнах. У зв'язку з тим, що в досліді вносили аміачну селітру і за 14 років її було внесено на ділянках із одинарною дозою мінеральних добрив 22,4 ц/га, на ділянках із полуторною – 33,6 ц/га, то витрати CaO на нейтралізацію добрив складають: з одинарною дозою – 941 кг ($42 \times 22,4$), із полуторною дозою – 1411 кг ($42 \times 33,6$). Тут число 42 означає кількість CaO в кілограмах, що йде на нейтралізацію 1 ц аміачної селітри (нормативні дані).

У балансі кальцію важливим є також врахування його

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

витрат на нейтралізацію ґрунтової кислотності. Слід мати на увазі, що це не є прямими витратами кальцію з ґрунту, бо кальцій вапна, що прореагує з ґрунтом, залишається в самому ґрунті – у водорозчинній формі чи в обмінній у складі ГВК. Враховуючи те, що на нейтралізацію кислотності витрачається еквівалентна кількість карбонату кальцію, вапно, що прореагувало, надалі не зможе впливати на підвищення реакції ґрунтового розчину.

У нашому випадку слід виходити з таких міркувань: оскільки гідролітична кислотність зменшилась на 1,0 мг-екв за вапнякового борошна, на 1,1 мг-екв за доломітового борошна при застосуванні одинарних доз мінеральних добрив, на 0,9 мг-екв і на 1,3 мг-екв за полуторних доз мінеральних добрив на фоні одинарної та полуторної доз вапнякового борошна відповідно, то на ділянках витрачено: 840 кг/га (1,0 мг-екв \times 840 кг (норматив витрат кальцію на 1 мг-екв кислотності); 924 кг/га; 756 кг/га та 1092 кг/га СаО. Вміст СаО у СаСО₃ становить 56 %. Тоді вміст СаО в 1,5 т СаСО₃ складе: $1,5 \times 56 : 100 = 0,84$ т/га або 840 кг. Цей показник і відповідає нормативу витрат кальцію для нейтралізації 1 мг-екв гідролітичної кислотності на 1,0 га. Аналогічно вміст MgO у Ca(MgCO₃)₂ становить 45 %, тоді вміст MgO складе $1,5 \times 45 \% : 100 = 0,68$ т/га, або 680 кг MgO витратиться на нейтралізацію 1 мг-екв гідролітичної кислотності на 1,0 га.

При завершенні розрахунків знаходимо суму всіх статей витрат кальцію і магнію та їх надходження і співставляємо між собою (табл. 2.1–2.2.). Баланс кальцію (магнію) – це різниця між його сумарними надходженням і витратами з ґрунту за певний проміжок часу. За період двох ротацій сівозміни (14 років) у ділянці без добрив (контроль) баланс кальцію становив: –934 кг/га, магнію –57; у ділянці (гній (10 т/га) + N₅₄P₅₄K₅₆) баланс також був від’ємним: кальцію –1431 кг/га, магнію –237 кг/га.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Порівнюючи з контролем, у ділянці вносилися мінеральні добрива в одинарній дозі і на їх нейтралізацію витратилося 941 кг/га СаО та 302 кг/га MgO, тобто відбулося більше втрат кальцію та магнію з ґрунту.

На ділянках із вапняковим борошном та з доломітовим борошном баланс кальцію позитивний і відповідно становив +155 кг/га і +246 кг/га. Баланс магнію (ділянка з доломітовим борошном) також позитивний +169 кг/га – це свідчить про те, що доломітове борошно є кращою формою меліоранту для сірих лісових ґрунтів. Порівнюючи ділянку з полуторною дозою мінеральних добрив і одинарною дозою вапна за гідролітичною кислотністю з ділянкою, де вносили полуторну дозу мінеральних добрив і полуторну дозу вапнякового борошна, баланс кальцію у них відповідно становив: -503 кг/га і +824 кг/га.

Від’ємний баланс кальцію у ґрунті пояснюється тим, що затрачено велику кількість окису кальцію на нейтралізацію полуторної дози азотних добрив, також була вища врожайність практично всіх сільськогосподарських культур, які вирощувалися в даній ділянці та тим самим був більший винос кальцію з урожаєм культур. Очевидно, що застосування полуторної дози вапна забезпечило на 14-й рік післядії позитивний баланс кальцію, навіть за підвищеної дози мінеральних добрив.

Наведені розрахунки показують, що за внесення вапна у повній дозі за гідролітичною кислотністю при застосуванні підвищених доз мінеральних добрив баланс кальцію є дефіцитним. Це вказує на прогресуючий розвиток декальцинації ґрунтів, яка призводить до зниження їх родючості, що й так характеризуються невисоким природним потенціалом.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 2.1 Баланс кальцію (СаО) в ґрунті, кг/га за дві рогації 7-пільної сівозміни

Стагті балансу	Без добрив (контроль)	Гній 10 т/га + NPK 22,4 ц/га - фон	Фон + СаСО ₃ (1,0 НГ)	Фон + СаMg(CO ₃) ₂ (1,0 НГ)	Гній 10 т/га + NPK 33,6 ц/га + СаСО ₃ (1,0 НГ)	Гній 10 т/га + NPK 33,6 ц/га + СаСО ₃ (1,5 НГ)
З органічними добривами (гній)	-	700	700	700	700	700
З мін. добривами (суперфосфат)	-	1058	1058	1058	1568	1568
З вапном	-	-	3444	3657	3528	5166
З опадами	140	140	140	140	140	140
Капілярне підняття	280	280	280	280	280	280
З насінням культур	16	16	16	16	16	16
Усього	436	2194	5638	5851	6232	7870
Винос урожаями культур	508	702	729	767	755	730
Нейтралізація ґрунтової кислотності	-	-	840	924	756	1092
Нейтралізація мінеральних добрив	-	941	941	941	1411	1411
Вимивання за межі кореневої частини шару	862	1982	2973	2973	3813	3813
Усього	1370	3625	5483	5605	6735	7046
Баланс	-934	-1431	+155	+246	-503	+824
У середньому за рік на 1 га ріллі	-67	-102	+11	+18	-36	+59

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Результати досліджень свідчать, що втрати кальцію і магнію на ділянках без добрив і без проведення вапнування (гній 10 т/га + NPK 22,4 ц/га) значно перевищують його надходження. Внесення органічних і помірних доз мінеральних добрив у поєднанні з одинарною дозою вапна (доломіту) сприяє збагаченню ґрунту на кальцій і магній. За підвищених доз мінеральних добрив доцільно вносити полуторну дозу вапна.

Таблиця 2.2 Баланс магнію (MgO) в ґрунті, кг/га за дві ротації 7-пільної сівозміни

Статті балансу	Без добрив (контроль)	Гній 10 т/га +NPK 22,4 ц/га-фон	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)
З органічними добривами (гній)	–	350	350
З вапном	–	–	1296
З опадами	70	70	70
Капілярне підняття	112	112	112
З насінням культур	20	20	20
Усього	202	552	1848
Винос урожаєм культур	185	256	282
Нейтралізація ґрунтової кислотності	–	–	748
Нейтралізація мін. добрив	–	302	302
Вимивання за межі кореневмісного шару	74	231	347
Усього	259	789	1679
Баланс	-57	-237	+169
У середньому за рік на 1 га ріллі	-4	-17	+12

Таким чином, підвищена доза хімічних меліорантів може бути рекомендована до впровадження на кислих ґрунтах Лісостепу за умов вирощування сільськогосподарських культур, що потребують застосування високих доз мінеральних добрив.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Отже, при вирощуванні сільськогосподарських культур у типовій 7-пільній сівозміні для умов Лісостепу і внесенні вапна у дозах 1,0–1,5 Нг, повторне вапнування слід проводити через 10–12 років. Можливі деякі відхилення від цих строків, які, насамперед, залежать від якості вапнякових та органічних добрив і кількості внесеного суперфосфату, кількості опадів, а також відношення культур сівозміни до кальцію та магнію.

2.5 Ефективність повторної хімічної меліорації вторинно-підкислених ґрунтів

Практична реалізація земельної реформи в Україні призвела до невиправданого ігнорування хімічної меліорації як ефективного заходу через нібито високу енергозатратність і недостатню ефективність. За вказаний період не тільки меліоративне вапнування, а й решта заходів з відтворення родючості та охорони ґрунтів скоротилися до мінімальних обсягів. Недостатність діючих вапнякових кар'єрів у зонах розповсюдження кислих ґрунтів, відсутність державної програми хімічної меліорації ґрунтів поглиблюють проблему деградації ґрунтового покриву.

Тому наші дослідження спрямовані на пошук шляхів підвищення ефективної та відтворення потенційної родючості кислих ґрунтів за використання нових альтернативних нейтралізуючих матеріалів і різних їх композицій. Проведені дослідження з перевірки комплексного хімічного меліоранту на основі вапняно-крейдыно-сапонітових сумішок у тимчасовому досліді ННЦ «Інститут землеробства НААН» із вивчення ефективності різних доз (за Нг – 0,5; 0,75; 1,0) вапна та крейди в поєднанні з сапонітами (відповідно 1,0; 1,5; 3,0 т/га) дали позитивні результати. При цьому проведено

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

хімічну меліорацію дефекатом (різними дозами) в поєднанні (комплексна меліорація) з 1,5 т сапонітової глини.

Враховуючи попередні напрацювання та висновки, зокрема зроблені за результатами досліджень у тривалому стаціонарному досліді, було проведено його реконструкцію. Упроваджено нову сівозміну: соя – пшениця яра – кукурудза на силос – ячмінь із підсівом конюшини – конюшина (на сидерат) – пшениця озима – просо. Введено ділянки із використанням нетоварної частини врожаю та сидерату в різних комбінаціях, що дає змогу вирішувати проблему нестачі органічних добрив і при цьому забезпечувати високий вихід енергії з 1 га сівозмінної площі.

У нашому випадку показовим для оцінки ефективності повторного вапнування є 4-й рік ефективної нейтралізуючої дії. Слід відзначити, що ефективність хімічної меліорації, безперечно, залежить від системи удобрення, доз і форм унесеного вапна і технологічних прийомів його застосування. Тому зрозуміло, що різні системи удобрення неоднаково впливають на зміну фізико-хімічних властивостей ґрунту.

Аналізуючи динаміку обмінної кислотності за величиною pH_{KCl} протягом двох ротаций семипільної сівозміни (табл. 2.3–2.4) та після реконструкції дослідів і повторного вапнування восени, можна зробити висновок, що за умов періодично промивного водного режиму і сільськогосподарського використання ґрунтів без удобрення та з використанням лише мінерального удобрення (NPK) відбувається стабілізація процесу опідзолення. При цьому спостерігаємо підкислення на рівні показників pH_{KCl} 4,6–4,8, Нг 4,0 мг-екв/100 г ґрунту, що, згідно з групуванням ґрунтів за кислотністю, відповідає середньокислому ґрунту, який вимагає першочергового вапнування.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 2.3 Зміна кислотності 0–20 см шару сірого лісового ґрунту залежно від системи удобрення та повторного вапнування

Удобрення	рН _{КСІ}			Нг, мг-екв/100 г ґрунту		
	вихідні	14-й рік післядії	повторне вапнування, 4-й рік дії	вихідні	14-й рік післядії	повторне вапнування, 4-й рік дії
Без добрив (контроль)	4,6	4,8	4,8	3,6	4,0	4,1
160 кг/га NPK	4,5	4,8	4,8	3,3	4,0	4,1
160 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	4,8	5,1	6,9	3,9	3,4	1,5
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. – Фон	5,1	5,1	5,2	3,8	3,8	3,6
Сидерат + 160 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	4,3	5,6	7,3	4,1	3,1	1,2
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 3,75 т/га CaCO ₃ + 1,5 т/га сапоніту	4,7	5,0	6,2	3,7	4,3	2,4
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 2,5 т/га CaCO ₃ + 1,5 т/га сапоніту	4,6	5,1	5,9	3,8	3,2	2,3
Сидерат + 240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	4,4	5,5	7,2	4,2	3,3	1,4
Сидерат + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га CaCO ₃ + П.П.	4,3	5,6	7,3	4,1	3,2	1,3
Побічна продукція	4,2	5,0	5,4	3,7	3,9	3,3
240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	4,8	5,3	7,3	3,2	3,1	1,2
320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	4,5	5,2	6,7	3,6	3,4	1,8
\bar{X}	4,6	5,2	6,3	3,8	3,6	2,4
$S\bar{x}$	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3
V, %	5,6	5,3	16,0	8,2	11,7	48,5
S	0,3	0,3	1,0	0,3	0,4	1,1
НІР _{0,05}	0,2	0,2	0,9	0,3	0,4	0,9

Внесення повної дози CaCO₃ (1,0 Нг) у формі дефекату зумовило різке зниження рівня кислотності у всіх провапнованих ділянках аж до нейтральних значень. Показники рН_{КСІ} у провапнованих ділянках, де застосовували лише мінеральні добрива, були дещо нижчими, ніж у ґрунті,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

де вносились побічна продукція. Цей факт пояснюється хоч і незначним, але поверненням у ґрунт кальцію і магнію з нетоварною частиною врожаю, післяжнивними рештками сої та соломою пшениці ярої.

Таблиця 2.4 Вплив повторного вапнування на обмінну кислотність і вміст рухомого алюмінію у 0–20 см шарі сірого лісового ґрунту

Удобрення	Н ⁺ обм. мг-екв/100 г ґрунту			Рухомий Al ³⁺ мг/100 г ґрунту		
	вихідні	14-й рік післядії	повторне вапнування, 5-й рік дії	вихідні	14-й рік післядії	повторне вапнування, 5-й рік дії
Без добрив (контроль)	0,119	0,257	0,289	0,88	2,09	2,32
160 кг/га NPK	0,130	0,218	0,194	0,96	1,79	1,52
160 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	0,076	0,096	0,009	0,41	0,66	0,01
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. – Фон	0,070	0,118	0,710	0,40	0,88	0,71
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 5 т/га CaCO ₃	0,148	0,062	–	1,06	0,33	–
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 3,75 т/га CaCO ₃ + 1,5 т/га сапоніту	0,091	0,226	0,018	0,64	1,80	0,02
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 2,5 т/га CaCO ₃ + 1,5 т/га сапоніту	0,134	0,054	0,031	0,96	0,19	0,12
Сидерат + 240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	0,167	0,082	0,036	1,24	0,52	0,04
Сидерат + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га CaCO ₃ + П.П.	0,272	0,064	–	2,12	0,32	–
Побічна продукція	0,176	0,125	0,077	1,3	0,87	0,49
320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	0,182	0,083	0,090	1,31	0,52	0,05
\bar{X}	0,142	0,126	0,174	1,03	0,91	0,59
$S\bar{x}$	0,017	0,022	0,072	0,15	0,20	0,27
V, %	40,5	58,1	124,2	47,3	74,3	139,5
S	0,058	0,073	0,216	0,48	0,67	0,82
HP _{0,05}	0,055	0,070	0,236	0,46	0,64	0,89

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Негативний вплив підвищених доз фізіологічно кислих мінеральних добрив на 4-й рік дії меліорантів повністю нівелюється внесенням CaCO_3 (1,0 Нг). Показники гідролітичної кислотності знаходяться на рівні 1,2–1,4 мг-екв/100 г ґрунту. У ґрунті, де вносяться високі дози мінеральних добрив (320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO_3), відбулося незначне підкислення ґрунтового середовища за рахунок фізіологічної кислотності мінеральних добрив, що проявилось в деякому підвищенні (до 1,8 мг-екв/100 г ґрунту) гідролітичної кислотності порівняно з іншими ділянками.

Внесення повної дози CaCO_3 (1,0 Нг) у формі дефекату зумовило різке зниження рівня кислотності у всіх провапнованих ділянках аж до нейтральних значень. Показники pH_{KCl} у провапнованих ділянках, де застосовували лише мінеральні добрива, були дещо нижчими, ніж у ґрунті, де вносились побічна продукція. Цей факт пояснюється, хоч і незначним, але поверненням у ґрунт кальцію і магнію з нетоварною частиною врожаю післязливними рештками сої та соломою пшениці ярої.

Негативний вплив підвищених доз фізіологічно кислих мінеральних добрив на 4-й рік дії меліорантів повністю нівелюється внесенням CaCO_3 (1,0 Нг). Показники гідролітичної кислотності знаходяться на рівні 1,2–1,4 мг-екв/100 г ґрунту. У ґрунті, де вносяться високі дози мінеральних добрив (320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO_3), відбулося незначне підкислення ґрунтового середовища за рахунок фізіологічної кислотності мінеральних добрив, що проявилось в деякому підвищенні (до 1,8 мг-екв/100 г ґрунту) гідролітичної кислотності порівняно з іншими ділянками.

Отже, застосування дефекату (вміст діючої речовини CaCO_3 до 50 %, дисперсність – 2,0–2,5 мм) повною дозою за гідролітичною кислотністю на 4-й рік після внесення забезпечує достатню нейтралізацію кислотності раніше вапнованого сірого лісового ґрунту незалежно від системи

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

удобрення. Відомо, що різні сільськогосподарські культури неоднаково відносяться до підвищеного вмісту рухомого алюмінію в ґрунті. Найчутливіші до підвищення його вмісту є цукрові, кормові та столові буряки, люцерна, конюшина червона, кукурудза, горох, соя, ячмінь, пшениця озима, ріпак, просо та інші культури. Критичною межею для них є вміст алюмінію 5,0–8,0 мг/100 г ґрунту. За такої його кількості в ґрунті культури можуть знижувати врожай на 20–50 %.

Підвищена концентрація алюмінію в ґрунті найбільше спостерігається за сильно- і середньокислої реакції ґрунту (pH_{KCl} 4,0–5,0), тобто, з підвищенням обмінної кислотності пропорційно зростає вміст рухомого алюмінію. Ця закономірність простежується і в нашому досліді, особливо на ділянках, де вносили лише мінеральні добрива. Зворотна закономірність спостерігається за внесення зростаючих доз вапна. Так, за внесення повної і полуторної доз CaCO_3 у поєднанні із заорюванням подрібненої побічної продукції спостерігаємо відсутність рухомого Al^{3+} і мінімальні значення обмінної кислотності в ґрунті. Незважаючи на те, що проблема високої обмінної кислотності і критичних меж шкідливості алюмінію притаманна дерново-підзолистим ґрунтам, а сірі лісові ґрунти в цьому відношенні вважаються неproblemними, варто звернути увагу на те, що тривале інтенсивне використання мінеральних добрив веде до істотних змін умісту рухомого алюмінію (табл. 2.5–2.7).

Крім того, уміст Al^{3+} на рівні 2,09–2,32 мг/100 г ґрунту, зафіксований у ґрунті без добрив (15–19 років використання) у III ротатії сівозміни, впритул наближається до критичних величин, які на сірих лісових ґрунтах не досліджені і в нашому випадку можуть істотно відрізнятись від загальновідомих. Зазначені фактори призводять, очевидно, до зменшення рівня надходження поживних речовин у тканини та органи рослин, викликаючи пригнічення їх росту і розвитку та зниження продуктивності.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 2.5 Динаміка кислотності сірого лісового ґрунту залежно від вапнування та удобрення, шар ґрунту 0–20 см

	рН _{ксл}				Нг, мг-екв/100 г ґрунту			
	вихідні	5-й рік дії вапна	10-й рік післядії вапна	14-й рік вапна	вихідні	5-й рік дії вапна	10-й рік післядії вапна	14-й рік післядії вапна
Без добрив (контроль)	4,6	4,8	4,7	4,8	3,6	3,5	3,0	4,0
5 т/га СаСО ₃	4,2	6,0	5,8	5,6	4,2	2,5	2,4	2,7
160 кг/га NPK	4,5	4,8	4,7	4,8	3,3	2,5	3,4	4,0
160 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,8	6,3	5,2	5,1	3,9	1,9	2,8	3,4
10 т/га гною + 5 т/га СаСО ₃	4,6	6,1	5,7	5,3	3,6	2,8	2,0	2,4
10 т/га гною + 160 кг/га NPK – Фон	5,1	5,3	5,2	5,1	3,8	2,5	2,5	3,8
10 т/га гною + 160 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,3	5,9	5,8	5,6	4,1	1,7	2,6	3,1
10 т/га гною + 160 кг/га NPK + 0,7 т/га СаСО ₃ щорічно у I ротацию	4,5	6,3	5,5	5,2	3,6	2,5	2,7	3,2
10 т/га гною + 160 кг/га NPK + СаСО ₃ (2,5 кг/1 кг N)	4,7	5,4	4,8	5,0	3,7	3,1	3,6	4,3
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,4	6,1	6,1	5,5	4,2	2,3	2,1	3,3
10 т/га гною + 320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,5	5,9	5,6	5,2	3,7	2,4	2,6	3,6
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га СаСО ₃	4,3	6,8	6,2	5,6	4,1	2,4	1,9	3,2
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + побічна продукція	4,5	6,7	5,1	5,0	3,9	1,4	3,2	3,1
15 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,0	6,4	5,6	5,3	4,3	1,4	2,3	3,1
240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,8	6,5	5,9	5,3	3,2	2,3	2,1	3,1
320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,5	6,0	5,5	5,2	3,6	2,4	2,1	3,4
	4,5	6,0	5,5	5,2	3,8	2,4	2,6	3,4
\bar{X}	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sx	5,8	10,1	8,6	5,0	8,5	23,6	19,9	14,7
V, %	0,3	0,6	0,5	0,3	0,3	0,6	0,5	0,5
S	0,2	0,5	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4
НІР _{0,05}								

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 2.6 Обмінна кислотність і вміст рухомого алюмінію в сірому лісовому ґрунті за внесення вапна та добрив, (шар ґрунту 0–20 см)

Удобрення	Н ⁺ обм. мг-екв/100 г ґрунту				Рухомий Al ³⁺ , мг/100 г ґрунту			
	вихідні	5-й рік дії вапна	10-й рік вапна	14-й рік вапна	вихідні	5-й рік дії вапна	10-й рік вапна	14-й рік вапна
Без добрив (контроль)	0,119	0,129	0,131	0,257	0,88	0,96	1,05	2,09
5 т/га СаСО ₃	0,260	0,099	0,030	0,043	2,00	0,76	0,18	0,20
160 кг/га NPK	0,130	0,121	0,188	0,218	0,96	2,07	1,75	1,79
160 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	0,076	0,025	0,034	0,096	0,41	0,11	0,21	0,66
10 т/га гною + 5 т/га СаСО ₃	0,070	0,075	0,017	0,050	0,40	0,85	0,81	0,27
10 т/га гною + 160 кг/га NPK – Фон	0,070	0,035	0,030	0,118	0,40	0,20	0,19	0,88
Фон + 5 т/га СаСО ₃	0,148	0,025	0,030	0,062	1,06	0,08	0,15	0,33
Фон + 0,7 т/га СаСО ₃ щорічно у I рогації	0,114	0,071	0,032	0,095	0,79	0,50	0,18	0,70
Фон + СаСО ₃ (2,5 кг/1 кг N)	0,091	0,044	0,089	0,226	0,65	0,21	0,69	1,80
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	0,167	0,013	0,010	0,082	1,24	0,03	0,03	0,52
10 т/га гною + 320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	0,203	0,033	0,018	0,098	1,57	0,01	0,08	0,62
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га СаСО ₃	0,272	0,020	0,011	0,064	2,12	0,05	0,03	0,32
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + побічна продукція	0,235	0,108	0,039	0,049	1,75	0,79	0,26	0,27
15 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	0,524	–	0,014	0,049	2,19	–	0,036	0,26
240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	0,090	–	0,014	0,066	0,57	–	0,009	0,37
320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	0,182	0,029	0,015	0,083	1,31	0,08	0,063	0,72
\bar{X}	0,172	0,059	0,044	0,104	1,14	0,48	0,357	0,74
$S\bar{x}$	0,029	0,010	0,012	0,017	0,16	0,14	0,12	0,15
V, %	66,9	68,8	113,9	66,0	54,5	120,0	135,2	82,7
S	0,115	0,041	0,050	0,068	0,62	0,57	0,483	0,61
НІР _{0,05}	0,087	0,031	0,038	0,051	0,47	0,43	0,364	0,46

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 2.7 Зміна фізико-хімічних показників сірого лісового ґрунту залежно від застосування комплексної хімічної меліорації та удобрення, (шар ґрунту 0–20 см)

Удобрення	pH _{КСД}					Нг, мг-екв/100 г ґрунту					
	вихідні	14-й рік післядії	5-й рік дії повторного вапнування	7-й рік дії повторного вапнування	вихідні	14-й рік післядії	5-й рік дії повторного вапнування	7-й рік дії повторного вапнування	14-й рік післядії	5-й рік дії повторного вапнування	7-й рік дії повторного вапнування
Без добрив (контроль)	4,6	4,8	4,8	4,6	3,6	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
5 т/га СаСО ₃	4,2	5,6	6,8	6,2	4,2	2,7	1,3	1,3	2,7	1,3	1,9
160 кг/га NPK	4,5	4,8	4,7	4,6	3,3	4,0	4,0	4,0	3,3	4,0	3,9
160 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,8	5,1	6,8	6,5	3,9	3,4	1,5	1,5	3,4	1,5	1,5
Сидерат + 5 т/га СаСО ₃	4,6	5,3	6,9	6,4	3,6	2,4	1,3	1,3	2,4	1,3	1,9
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. – Фон	5,1	5,1	5,2	5,1	3,8	3,8	3,5	3,5	3,8	3,5	3,6
Фон + 5 т/га СаСО ₃	4,3	5,6	7,0	6,9	4,1	3,1	1,3	1,3	3,1	1,3	1,3
Фон + 5 т/га доломіту	4,2	5,5	7,1	7,0	4,0	3,0	1,1	1,1	3,0	1,1	1,1
Фон + 3 т/га сапоніту	4,5	5,2	5,1	5,3	3,6	3,2	3,8	3,8	3,2	3,8	3,2
Фон + 3,75 т/га СаСО ₃ + 1,5 т/га сапоніту	4,7	5,0	6,6	6,3	3,7	4,3	1,9	1,9	3,7	1,9	1,9
Фон + 2,5 т/га СаСО ₃ + 1,5 т/га сапоніту	4,6	5,1	5,9	5,8	3,8	3,2	2,5	2,5	3,2	2,5	2,1
Побічна продукція + сидерат	4,2	5,0	5,2	5,2	3,7	3,9	3,5	3,5	3,7	3,5	3,3
240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,8	5,3	6,4	6,3	3,2	3,1	1,8	1,8	3,1	1,8	1,7
320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,5	5,2	6,1	6,1	3,6	3,4	2,4	2,4	3,6	2,4	1,9
\bar{X}	4,5	5,2	6,0	5,9	3,7	3,4	2,4	2,4	3,7	3,4	2,4
$S\bar{x}$	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
V, %	5,8	5,0	14,5	13,5	7,5	16,0	46,2	42,0	7,5	16,0	46,2
S	0,3	0,3	0,9	0,8	0,3	0,5	1,1	1,0	0,3	0,5	1,0
НІР _{0,05}	0,2	0,2	0,7	0,6	0,2	0,4	0,9	0,8	0,2	0,4	0,8

Примітки: 1. Ванно вносили у 1992 р. та 2005 р. 2. Сидерат приораний у 2010 р.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

У нашому польовому досліді за інтенсивного використання ґрунту без добрив і за внесення тільки мінеральних добрив (160 кг/га NPK) протягом трьох ротацій сівозміни на 20-й рік спостерігається дестабілізація кислотного-лужного режиму, що спричинило погіршення фізико-хімічних властивостей сірого лісового ґрунту, зокрема підвищення обмінної і гідролітичної кислотності, зростання вмісту рухомого алюмінію та дуже низьку врожайність сільськогосподарських культур у досліді.

Те, що при мінеральній системі удобрення за рахунок фізіологічно кислих форм добрив, особливо азотних, відбувається погіршення фізико-хімічних властивостей, інтенсивніше підкислюється ґрунтовий розчин, підтверджується також іншими дослідженнями [161]. Так, наприклад, у досліді Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН високі дози мінеральних добрив ($N_{163}P_{154}K_{180}$), внесені протягом семи ротацій, сформували несприятливі умови живлення рослин та високий уміст рухомого алюмінію (9,85 мг/100 г ґрунту), що, у свою чергу, призвело до зменшення продуктивності сівозміни на 0,16 т/га порівняно з неудобреним ґрунтом. Отже, інтенсивне сільськогосподарське використання сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту за періодично промивного водного режиму при застосуванні мінеральної системи удобрення сприяє їх підкисленню.

Підсумовуючи вищесказане, слід зазначити, що вапнування кислих ґрунтів є важливим заходом зниження обмінної кислотності і, як наслідок, – умісту рухомого алюмінію в них. Вапнування запобігає його накопиченню в ґрунті, у першу чергу, за умови застосування високих доз мінеральних добрив. Також реальним є те, що з підвищенням рівня застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив загальні площі кислих ґрунтів будуть зростати і вапнування стане ще більшою необхідністю і обов'язковою умовою їх ефективного використання.

2.6 Ефективність застосування комплексних меліорантів

Відомо і вже давно не викликає сумніву серед ґрунтознавців той факт, що одним із найважливіших показників легких за гранулометричним складом ґрунтів є реакція їх ґрунтового розчину, яка значною мірою визначає його агрономічні властивості, а відтак і ріст, розвиток та продуктивність сільськогосподарських культур [220]. Кислі ґрунти, як відзначено, містять шкідливу кількість іонів водню, алюмінію та марганцю, відзначаються незадовільним співвідношенням між обмінними кальцієм, магнієм і воднем, що зумовлює їх несприятливі водно-фізичні, фізико-хімічні, та агрохімічні властивості [134, 221]. Тому надмірна кислотність негативно впливає на ріст і розвиток рослин і є стримуючим фактором у формуванні високої врожайності сільськогосподарських культур.

Тривалими дослідженнями Г.А. Мазура і співавторів [134] встановлено, що pH_{KCl} ґрунтів Лісостепу має становити 6,5–7,0, гідролітична кислотність – 1,8–1,9 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насиченості основами – не нижче 92 %. Крім того, потрібно враховувати, що при зниженні кислотності створюються сприятливі умови для росту і розвитку рослин, при цьому стають нерухожими (переходять в нерозчинний стан) іони Al^{3+} , що токсично діють на рослини при підвищених концентраціях.

Дослідження ґрунтових проб, відібраних на ділянках досліду після збирання врожаю, вже на 2-й рік після повторної хімічної меліорації показало, що внесення дефекату, доломіту та композиції дефекату з сапонітом значно знизили кислотність ґрунтового середовища. Разом з тим, слід відзначити, що внесення мінеральних добрив на фоні вапна

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

дещо знизило темпи нейтралізації ґрунту. У всіх ділянках, де вносили повну дозу CaCO_3 за гідролітичною кислотністю у поєднанні з побічною продукцією, на 5-й рік відбулася майже повна нейтралізація орного шару ґрунту. Враховуючи невисоку дисперсність дефекату (2,0–2,5 мм), уміст діючої речовини (50 %) та повну дозу CaCO_3 за Нг, такий результат був очікуваним.

Проте, судячи з наших попередніх досліджень, за внесення повних доз CaCO_3 відбуваються істотні зміни у ґрунтовому поглинальному комплексі у бік зменшення частки Mg^{2+} , що веде до зниження ефективності хімічної меліорації. Тому нами були використані різні комбінації, де поєднували дефекат і сапоніт з незначним інтервалом дозування CaCO_3 для визначення доцільнішої композиції комплексного меліоранту з точки зору меліоративної ефективності.

Відомо, що мінералам групи монтморилоніту-сапоніту властива здатність сорбувати деякі аніони і катіони та сприяти їх переведенню їх в обмінні форми, що здатні обмінюватися на інші катіони [22]. Як показали наші попередні дослідження на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся, досягнутий порівняно високий меліоративний ефект від унесення сапоніту вже в перші роки дії є результатом швидкого проходження обмінних реакцій у системі «ґрунт-сапоніт». Таку саму закономірність отримано з цеолітовим борошном: швидкість обмінних реакцій за його внесення в ґрунт вища, ніж у випадку з вапном, унаслідок меншої розчинності останнього [130].

Нами встановлено нижчу меліоративну ефективність сапоніту, внесеного в чистому вигляді (сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 3 т/га сапоніту), ніж було зафіксовано в попередніх дослідженнях, проведених на сірих лісових ґрунтах [130, 140]. Це пояснюється слабокислою реакцією вихідного (раніше вапнованого) ґрунту (pH_{KCl} 5,2, Нг 3,8 мг-екв/100 г ґрунту)

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

та його значною буферністю. Це не дозволило сапоніту в дозі 3,0 т/га на фоні мінеральних добрив зрушити реакцію ґрунтового розчину в бік нейтральної хоча б на найменші долі, що можливо зафіксувати під час аналізу ґрунтових проб.

Слід відзначити, що у ґрунті вказаної ділянки вже на 5-й рік після внесення сапоніту погіршилися фізико-хімічні властивості: показник pH_{KCl} знизився на 0,1 одиниці, Hg підвищилася на 0,6 мг-екв/100 г ґрунту. Отже, внесення сапоніту на фоні внесення мінеральних добрив у дозі 3,0 т/га не вирішує проблеми нейтралізації ґрунтової кислотності сірого лісового ґрунту. Проте, на наш погляд, не обов'язково доводити реакцію ґрунту до нейтральної чи лужної – достатньо створити в ньому сприятливе для більшості культурних рослин середовище. Тобто, якщо розглядати внесення сапоніту у дозі 3,0 т/га як захід, що дозволяє покращити співвідношення між Ca і Mg , то його можна рекомендувати для підвищення родючості опідзолених ґрунтів.

З наведених у табл. 2.5–2.7 даних видно також, що на ділянках із застосуванням сапоніту (1,5 т/га) сумісно з дефекатом (2,5 т/га 3,75 т/га) спостерігається істотне підвищення показників pH_{KCl} на 0,8–1,6 одиниці та зменшення гідролітичної кислотності відповідно на 0,7–2,4 мг-екв/100 г ґрунту. Крім того, у ґрунті згаданої ділянки відмічається значне зниження обмінної кислотності і вмісту рухомого алюмінію. При цьому потрібно відзначити, що відносно вихідного стану ґрунту меліоративна дія такої композиції меліорантів поступово наростає і посилюється на 5-й рік дії та зберігається протягом ротації сівозміни. Зміни показників кислотності відбуваються не лише в шарі 0–20 см, але й у підорному (20–40 см) шарі ґрунту.

Кращий нейтралізуючий ефект спостерігається у ґрунті, де поєднували 0,75 дози карбонату кальцію у формі дефекату із

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

сапонітовим борошном на фоні мінеральних добрив (сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 3,75 т/га CaCO_3 + 1,5 т/га сапоніту). У ґрунті цієї ділянки показники pH_{KCl} позитивно змінюються і на 5-й рік зростають на 1,6 одиниці, гідролітична кислотність зменшується відповідно на 2,4 мг-екв/100 г ґрунту. Спостерігається зниження обмінної кислотності до 0,018 мг-екв/100 г ґрунту і, відповідно, вмісту рухомого алюмінію до 0,02 мг/100 г ґрунту, який майже повністю переходить у нерозчинні сполуки (табл. 2.5–2.7). Це свідчить про те, що сапоніт, доповнюючи дію CaCO_3 дефекату, сприяє зниженню показників актуальної і потенціальної кислотності в орному шарі сірого лісового ґрунту та може бути рекомендований для покращання фізико-хімічних властивостей кислих ґрунтів Лісостепу.

Отримані результати досліджень показують, що внесення в ґрунт сапоніту у поєднанні з внесенням мінеральних добрив, побічної продукції та оптимальними дозами CaCO_3 сприяє зниженню кислотності ґрунту вже в 1-й рік дії. Це відбувається завдяки підвищеній активності і швидкості обмінних реакцій сапоніту з ґрунтом. Так, при підвищеній концентрації іонів водню в ґрунтового розчині обмінні реакції з ґрунтовым вбирним комплексом будуть їх нейтралізувати, виділяючи в розчин катіони обмінного комплексу сапоніту – магній, кальцій, натрій, калій. Отже, обмінні реакції з сапонітом нейтралізують реакцію ґрунтового розчину, створюючи оптимальне середовище для росту і розвитку культурних рослин.

Встановлено, що параметри показників кислотності ґрунтового середовища у всіх ділянках досліду, де було проведено хімічну меліорацію на кінець III ротації сівозміни (7-й рік дії CaCO_3), знаходяться в оптимальному для сірих лісових ґрунтів інтервалі. Разом з тим, очевидним є факт повільнішого зниження меліоративної дії меліорантів

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

у часовому відрізку, а саме, спостерігається висока ефективність повторного вапнування протягом семи років без істотного погіршення фізико-хімічних властивостей. Це дозволяє припустити, що тривалість ефективної дії внесених вапнякових матеріалів повною дозою CaCO_3 за гідролітичною кислотністю, на раніше вапнованих сірих лісових ґрунтах, буде тривалішою, ніж 10 років.

Таким чином, інтенсифікація землеробства у напрямку збільшення внесення мінеральних добрив без систематичного науково-обґрунтованого застосування вапнякових матеріалів (комплексної хімічної меліорації) прискорює деградаційні процеси в ґрунті не тільки в зоні Полісся, але й у районах з періодично промивним водним режимом (Лісостеп України). При цьому підвищується кислотність орного шару, погіршуються інші фізико-хімічні властивості ґрунту, що веде до значного недобору рослинницької продукції.

Відомо, що поряд з карбонатними формами вапнякових добрив широко застосовують силікатні та магневіємісні. Деякі з них виявляють уповільнену дію на зміну кислотності ґрунту. Такі форми вапнякових добрив як доломітове борошно, сланцева зола, мартенівський і доменний шлаки, хвости флотації сірчаної руди, крейда і цементний пил різняться між собою за хімічним складом і ступенем розчинності, що істотно може впливати на їх меліоративну ефективність. У більшості проведених до цього часу досліджень вивчався вплив доз і форм вапнякових матеріалів на властивості кислих дерново-підзолистих ґрунтів Полісся (нечорноземної зони). Питання про меліоративну ефективність та тривалість дії й післядії різних форм сполук кальцію на сірих лісових ґрунтах Лісостепу в літературі висвітлено недостатньо.

Нами досліджено вплив різних форм вапнякових меліорантів на кислотність ґрунту, настання ефективної дії та тривалість їх

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

післядії у згаданому вище тривалому стаціонарному польовому досліді. Поряд з тим вивчено також і способи внесення вапна, які впливають на прискорення чи послаблення дії карбонату кальцію на ГВК сірого лісового ґрунту. У досліді протягом трьох ротацій сівозміни вивчали ефективність вапнякового і доломітового борошна, дефекату, сапоніту та їх поєднання, різні строки і способи внесення.

За результатами досліджень меліоративної ефективності вапнякових матеріалів у перших двох ротаціях сівозміни встановлено, що кращою формою меліоранту для сірого лісового ґрунту, як і для дерново-підзолистих ґрунтів Полісся, є доломітове борошно, яке достовірно перевищує ефективність вапнякового у I-й ротації сівозміни та у II-й до 10 років і проявляє рівноцінну післядію до 14 років.

У ділянці, де досліджували ефективність унесення 0,7 т/га CaCO_3 (1/7 дози за гідролітичною кислотністю) щорічно під передпосівну культивуацію, під кожную культуру сівозміни (табл. 2.8–2.11, рис. 2.1) було досягнуто гомогенізованого орного шару ґрунту з близькими до оптимальних значень фізико-хімічними властивостями (pH_{KCl} 6,3; Нг – 2,5 мг-екв/100 г ґрунту; $\text{H}^+_{\text{обм}}$ 0,071 мг-екв/100 г ґрунту, Al^{3+} – 0,50 мг/100 г).

Слід відмітити, що доломітизований вапняк зі вмістом MgCO_3 –55 %, проявляв меліоративну нейтралізуючу дію дещо повільніше у перші два роки після внесення. Це може бути успішно використано в овочевих сівозмінах за умови планування хімічної меліорації кислих ґрунтів у рік вирощування ранньої картоплі, яка часто уражується паршою на перевапнованих ґрунтах, втрачаючи тим самим товарність.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 2.8 Зміна показників pH_{KCl} сірого лісового ґрунту залежно від способів внесення та форм вапнякових меліорантів, шар 0–20 см

Удобрення	pH_{KCl}				
	вихідні	2-й рік дії вапна	5-й рік дії вапна	10-й рік післядії вапна	14-й рік післядії вапна
Без добрив (контроль)	4,6	4,6	4,8	4,7	4,8
5 т/га $CaCO_3$	4,2	6,2	6,0	5,8	5,6
160 кг/га NPK	4,5	4,6	4,8	4,7	4,8
160 кг/га NPK + 5 т/га $CaCO_3$	4,8	5,9	6,3	5,2	5,1
10 т/га гною + 5 т/га $CaCO_3$	4,6	6,1	6,1	5,7	5,3
10 т/га гною + 160 кг/га NPK – Фон	5,1	5,6	5,3	5,2	5,1
Фон + 5 т/га $CaCO_3$	4,3	6,0	5,9	5,8	5,6
Фон + 5 т/га $CaMg(CO_3)_2$	4,2	5,9	6,1	5,9	5,5
Фон + 0,7 т/га $CaCO_3$ щорічно у I ротатії	4,5	5,5	6,3	5,5	5,2
Фон + $CaCO_3$ (2,5 кг/1 кг N)	4,7	5,1	5,4	4,8	5,0
Фон + 5 т/га $CaCO_3$ пошарово	4,6	6,8	6,4	5,6	5,1
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га $CaCO_3$	4,3	7,0	6,8	6,2	5,6
15 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га $CaCO_3$	4,0	6,6	6,4	5,6	5,3
320 кг/га NPK + 5 т/га $CaCO_3$	4,5	6,0	6,0	5,5	5,2
\bar{X}	4,5	5,9	5,9	5,4	5,2
$S\bar{x}$	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
V, %	6,3	12,4	10,3	8,5	5,2
S	0,3	0,7	0,6	0,5	0,3
$HP_{0,05}$	0,2	0,6	0,5	0,4	0,2

Проте ідея ефективної малозатратної підтримуючої хімічної меліорації та досягнення оптимальних параметрів кислотності у шарі ґрунту (0–7 см) на момент проростання насіння та розвитку кореневої системи на перших етапах органогенезу не виправдала себе, тому що внесення невеликих (підтримуючих) доз $CaCO_3$ щорічно нейтралізує всі види ґрунтової кислотності, не поступаючись при цьому внесенню повних доз, але величина затрат використаних на щорічне внесення значно перевищує прибуток від отриманого приросту продукції.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 2.9 Зміна гідролітичної кислотності сірого лісового ґрунту залежно від способів внесення та форм вапнякових меліорантів, шар ґрунту 0–20 см

Удобрення	Нг, мг-екв/100 г ґрунту				
	вихідні	2-й рік дії вапна	5-й рік дії вапна	10-й рік післядії вапна	14-й рік післядії вапна
Без добрив (контроль)	3,6	3,5	3,5	3,0	4,0
5 т/га CaCO ₃	4,2	1,6	2,5	2,4	2,7
160 кг/га NPK	3,3	3,1	2,5	3,4	4,0
160 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	3,9	2,1	1,9	2,8	3,4
10 т/га гною + 5 т/га CaCO ₃	3,6	1,8	2,8	2,0	2,4
10 т/га гною + 160 кг/га NPK – Фон	3,8	3,0	2,5	2,5	3,8
Фон + 5 т/га CaCO ₃	4,1	1,2	1,7	2,6	3,1
Фон + 5 т/га CaMg(CO ₃) ₂	4,0	2,3	2,1	2,6	3,0
Фон + 0,7 т/га CaCO ₃ щорічно у I ротации	3,6	2,6	2,5	2,7	3,2
Фон + CaCO ₃ (2,5 кг/1 кг N)	3,7	3,1	3,1	3,6	4,3
Фон + 5 т/га CaCO ₃ пошарово	3,8	1,2	2,4	2,4	3,2
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га CaCO ₃	4,1	1,0	2,4	1,9	3,2
15 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	4,3	1,1	1,4	2,3	3,1
320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	3,6	1,1	2,4	2,1	3,4
\bar{X}	3,8	2,1	2,4	2,6	3,3
Sx	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
V, %	7,4	43,2	22,3	18,9	15,7
S	0,3	0,9	0,5	0,5	0,5
HIP _{0,05}	0,2	0,7	0,4	0,4	0,4

Спосіб нейтралізації кислотності ґрунту, що виникає в результаті застосування фізіологічно кислих добрив, передбачав додаткове внесення в ґрунт 2,5 кг на 1 кг N під передпосівну культивуацію кожної з культур сівозміни. Меліоративна ефективність такого способу внесення невеликих доз карбонату кальцію, що компенсують надлишкову кислотність, привнесена з азотними добривами, виявилася мінімальною. Отже, досліджений спосіб нейтралізації кислотності сірого лісового ґрунту, зумовленої фізіологічно кислими мінеральними добривами, зазначеними дозами у польових сівозмінах, є неефективним.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

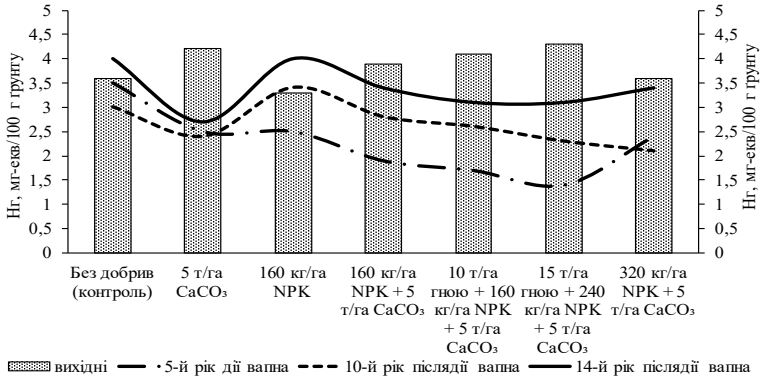


Рисунок 2.1. Динаміка гідролітичної кислотності сірого лісового ґрунту залежно від способів внесення та року дії вапнякових меліорантів, мг-екв/100 г ґрунту

Спосіб різноглибинного внесення вапна доцільно застосовувати в овочевих сівозмінах, адже більшість овочевих рослин потребують нейтрального ґрунтового середовища. За результатами досліджень меліоративної ефективності різноглибинного способу внесення вапнякових меліорантів у співавторстві отримано патент на корисну модель «Спосіб внесення вапна в ґрунт» [49].

За результатами досліджень у тривалому стаціонарному польовому досліді уточнено строки (циклічність) повторної хімічної меліорації кислих сірих лісових ґрунтів. Встановлено, що за різних доз і форм вапнякових матеріалів та способів застосування вони істотно відрізняються від термінів проведення хімічної меліорації кислих дерново-підзолистих ґрунтів зони Полісся. Системний аналіз параметрів основних показників кислотності ґрунту за різних систем удобрення і вапнування протягом 14 років дозволяє стверджувати, що застосування повної дози вапна (доломіту), розрахованої за величиною гідролітичної кислотності (у межах 5,5–6,0 т/га)

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

у поєднанні з органічними та мінеральними добривами (10,0 т/га і 160 кг/га відповідно) забезпечує протягом десяти років близькі до оптимальних показники реакції ґрунтового середовища (pH_{KCl} 5,8–6,4; Нг – 1,1–2,0 мг-екв/100 г ґрунту; $H^+_{обм}$ 0,05–0,10 мг-екв/100 г ґрунту; Al^{3+} 0,07–0,50 мг/100 г ґрунту).

Таблиця 2.10 Зміни обмінної кислотності в сірому лісовому ґрунті залежно від способів внесення та форм вапнякових меліорантів, шар 0–20 см

Удобрення	$H^+_{обм}$, мг-екв/100 г ґрунту				
	вихідні	2-й рік дії вапна	5-й рік дії вапна	10-й рік післядії вапна	14-й рік післядії вапна
Без добрив (контроль)	0,119	0,175	0,129	0,131	0,257
5 т/га $CaCO_3$	0,260	–	0,099	0,030	0,043
160 кг/га NPK	0,130	0,336	0,121	0,188	0,218
160 кг/га NPK + 5 т/га $CaCO_3$	0,076	0,031	0,025	0,034	0,096
10 т/га гною + 5 т/га $CaCO_3$	0,070	–	0,075	0,017	0,050
10 т/га гною + 160 кг/га NPK – Фон	0,070	0,065	0,035	0,030	0,118
Фон + 5 т/га $CaCO_3$	0,148	–	0,025	0,030	0,062
Фон + 5 т/га $CaMg(CO_3)_2$	0,195	0,051	0,028	0,030	0,070
Фон + 0,7 т/га $CaCO_3$ щорічно у I ротатії	0,114	0,063	0,071	0,032	0,095
Фон + $CaCO_3$ (2,5 кг/1 кг N)	0,091	0,097	0,044	0,089	0,226
Фон + 5 т/га $CaCO_3$ пошарово	0,134	0,025	0,026	0,022	0,054
10 т/га гною + 240 кг/га NPK +7,5 т/га $CaCO_3$	0,272	0,089	0,020	0,011	0,064
15 т/га гною + 240 кг/га NPK +5 т/га $CaCO_3$	0,524	0,020	–	0,014	0,049
320 кг/га NPK + 5 т/га $CaCO_3$	0,182	–	0,029	0,015	0,083
\bar{X}	0,170	0,095	0,056	0,048	0,106
$S\bar{x}$	0,032	0,030	0,011	0,014	0,019
V, %	70,7	100,9	69,6	108,2	68,5
S	0,121	0,096	0,039	0,052	0,073
$HIP_{0,05}$	0,098	0,097	0,032	0,042	0,059

Примітки: 1. У II ротатії сівозміни гній не вносилися. 2. Вапно вносили у 1992 р

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 2.11 Зміни вмісту рухомого алюмінію в сірому лісовому ґрунті залежно від способів внесення та форм вапнякових меліорантів, шар 0–20 см

Удобрення	Рухомий Al ³⁺ , мг/100 г ґрунту				
	вихідні	2-й рік дії вапна	5-й рік дії вапна	10-й рік після дії вапна	14-й рік після дії вапна
Без добрив (контроль)	0,88	1,25	0,96	1,05	2,09
5 т/га CaCO ₃	2,00	–	0,76	0,18	0,20
160 кг/га NPK	0,96	2,71	2,07	1,75	1,79
160 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	0,41	0,09	0,11	0,21	0,66
10 т/га гною + 5 т/га CaCO ₃	0,40	–	0,85	0,81	0,27
10 т/га гною + 160 кг/га NPK – Фон	0,40	0,34	0,20	0,19	0,88
Фон + 5 т/га CaCO ₃	1,06	–	0,08	0,15	0,33
Фон + 5 т/га CaMg(CO ₃) ₂	1,41	0,29	0,07	0,16	0,56
Фон + 0,7 т/га CaCO ₃ щорічно у I ротатії	0,79	0,30	0,50	0,18	0,70
Фон + CaCO ₃ (2,5 кг/1 кг N)	0,65	0,64	0,21	0,69	1,80
Фон + 5 т/га CaCO ₃ пошарово	0,96	0,05	0,05	0,12	0,19
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га CaCO ₃	2,12	0,55	0,05	0,03	0,32
15 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	2,19	0,05	–	0,036	0,26
320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	1,31	–	0,08	0,063	0,72
\bar{X}	1,11	0,63	0,46	0,40	0,77
$S\bar{x}$	0,17	0,26	0,16	0,13	0,17
V, %	56,0	130,1	127,1	124,7	84,5
S	0,62	0,82	0,59	0,50	0,65
НІР _{0,05}	0,51	0,82	0,48	0,41	0,53

Примітки: 1. У II ротатії сівозміни гній не вносилися. 2. Вапно вносили у 1992 р.

На основі проведених досліджень розроблено спосіб основного внесення вапна для прискореної нейтралізації ґрунтової кислотності, що дає можливість вирощування чутливих до ґрунтової кислотності культур (ячмінь ярий, пшениця яра, соя, кукурудза, цукрові та кормові буряки,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

просо). Уже на 2-й рік практично усувається надмірна кислотність і шкідливий вплив рухомого алюмінію, що забезпечує підвищення врожайності сільськогосподарських культур сівозміни на 10–20 % порівняно із традиційним способом внесення повної дози вапна. Тривалість післядії меліорантів при застосуванні такого технологічного заходу в II ротації сівозміни не знижується і залишається на рівні з традиційним унесенням вапна.

Встановлено, що, починаючи з 11-го року післядії вапна, відбувається істотне погіршення фізико-хімічних властивостей, які визначають ефективну родючість сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту, і на кінець II ротації семипільної сівозміни (14 років) вони є значно гіршими від оптимальних – pH_{KCl} 5,4–5,6; Hg 3,0–3,2 мг-екв/100 г ґрунту.

Отже, оптимальна періодичність вапнування сірих лісових ґрунтів, що використовуються у системі інтенсивного землеробства, повною дозою за гідролітичною кислотністю за умов періодично промивного водного режиму в північному Лісостепу України становить 10 років, а при застосуванні високих доз меліорантів (1,5 Hg) циклічність вапнування може становити понад 12 років.

РОЗДІЛ 3.

Вапнування – основа відтворення родючості кислих ґрунтів і збільшення продуктивності агроценозів

Відомо, що ґрунт – це живий організм, складна динамічна система, функція складного поєднання природних факторів, дуже неоднорідних у географічному вимірі, що зумовлює різний характер ґрунтоутворювального процесу, його інтенсивність і відповідно різні властивості та рівні родючості. В ґрунті мешкає, пронизуючи його по всій товщі, величезна кількість організмів флори і фауни – біоти, яка розкладає рослинні рештки, вивільняє елементи азотного і зольного живлення. Без активної діяльності мікроорганізмів, без накопиченої органічної речовини ґрунт мертвий. Але, незважаючи на велику складність і неоднорідність системи ґрунтоутворення, вона має загальну рису, пов'язану з трансформацією органічної маси і формування гумусових речовин. Кількість останніх зумовлюється проявом усього комплексу факторів ґрунтоутворення [177].

За історичними дослідженнями І.І. Назаренка та його університетських колег С.М. Польчиної, Ю.М. Дмитрука, І.С. Смаги, перші писемні визначення родючості зафіксовані у давній Елладі (Аристотель, IV століття до н. е.) – ґрунти були поділені на родючі і неродючі. Дещо пізніше видатний агроном Стародавнього Риму Луцій Колумелла у своїй праці «Про сільське господарство» доводить неефективність рабської праці та необхідність відтворення родючості –

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

«...земля – діва, завжди юна і красива, завжди свіжа і молода, завжди здатна бути родючою, якщо тільки зумієш плекати її молодість, зберігати і підтримувати її ніжне грайливе життя». Французький вчений Бернард Паліссі (1580 р.) у своєму трактаті «Чудові роздуми про природу мінеральних вод і джерел металів, солей і солончаків, каменів, земель, вогню і емалей» пояснював ріст рослин дією солей, що містяться у землі: «...сіль є основа життя і росту всіх посівів...». М.В. Ломоносов (1763 р.) вважав, що рослини отримують живлення з повітря. На початку ХІХ століття Теєр дійшов висновку, що рослини живляться гумусом, а родючість повністю залежить від його наявності в ґрунті. Шпренгель, у свою чергу, припустив, що, крім «перегнійних» кислот, необхідна присутність у ґрунті ще не менше 12 неорганічних макро- і мікроелементів [55].

Вільямс В.Р. на початку ХХ століття обґрунтовував основну роль біологічних факторів у ґрунтоутворенні, створив вчення про малий біологічний кругообіг як основу розвитку ґрунтів [34]. Висловив думку про єдність неорганічної і органічної природи родючості, розробив травопільну систему землеробства та перший почав наголошувати не про відновлення, а про підвищення родючості, яке можливе при дрібногрудочкуватій структурі ґрунту.

Просте на перший погляд поняття родючості ґрунту приховує в собі надзвичайно багато формальних та суттєвих за змістом відтінків, що утруднює його розуміння з діалектичної точки зору. Перш за все, це стосується видів та форм родючості, їх взаємозв'язку з продуктивністю агроценозу. Навіть відомі вчені О.М. Грінченко, Б.О. Нікітін, Р.С. Трускавецький трактують види та форми родючості по-різному, надаючи їм різного змісту. Так, Б.О. Нікітін у структурі визначення виділяє типи, види, відміни, форми та стан родючості, що нагадує класифікацію і систематику рослин або ґрунтів із

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

явним змішуванням форм та видів. Грінченко О.М., замість терміну «штучна» вживає термін «економічна», окремі науковці вважають, що можна відтворювати ефективну родючість. Деякі вчені виділяють родючість клімату, хоч останній є фактором ґрунтоутворення і не може виступати як вид чи форма родючості [136]. Отже, єдиної думки відносно видів та форм родючості ґрунту немає. Ці поняття повинні бути простішими, більш чітко обґрунтованими.

Сучасне ґрунтознавство розглядає поняття «родючість ґрунту» як функцію ґрунтоутворювального процесу, визначаючи її як здатність ґрунту до одночасного забезпечення рослин умовами їх нормального росту і розвитку. Але, щоб прийти до такого короткого і точного формулювання, людство пройшло значний пізнавальний шлях.

Щодо ґрунтів сільськогосподарського використання та визначення їх родючості, то будь-який ґрунт, до того як почав використовуватись людиною (для вирощування сільськогосподарських культур, у вигляді сіножатей чи пасовищ, під багаторічні насадження), характеризувався одним видом родючості – природним. З початком використання ґрунту для потреб людини він набуває, поряд із природною, нового виду родючості – штучної. Остання, як правило, несе в собі додаткові джерела родючості. Природна і штучна родючість створюють потенційну родючість. Остання може відтворюватися, оскільки в будь-який проміжок часу матеріально проявляється у речовинному складі ґрунту, його властивостях та режимах, а також щорічно своєю ефективною формою у вигляді продуктивності агроценозу [136, 204].

Конституційні властивості ґрунтів (хімічний, мінералогічний і гранулометричний склад, питома маса та ін.) практично не піддаються суттєвим змінам порівняно за короткі проміжки часу, тоді як динамічно-

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

функціональні (фізико-хімічні, агрохімічні, біологічні та ін.) досить мінливі під впливом антропогенного фактору, у зв'язку з чим їх кількісне відтворення та регулювання є основою раціонального використання землі в сільському господарстві [19, 35, 120, 143]. Процес відтворення родючості ґрунтів здійснюється в системі землеробства, але роль її підсистем (блоків) у цьому процесі нерівноцінна. Є досить проблематичним прослідкувати, а тим більше вичленити прямий чи опосередкований позитивний ефект практично кожної підсистеми (обробітку ґрунту, сівозміни, захисту рослин, насінництва та ін.) у відтворенні родючості, проте пряма і вирішальна роль належить агрохімічному фактору – хімічній меліорації та системі удобрення. Його відтворювальна функція в системі землеробства полягає у направленому регулюванні оптимальної структури вбирного комплексу та поповненні речовинного складу твердої фази ґрунту органічною речовиною й основними елементами живлення рослин, що призводить у підсумку до корінних змін цілого ряду агрономічно цінних властивостей ґрунту [145, 160, 165].

Такими є загальні закономірності, взаємозв'язки і взаємозалежності між родючістю ґрунту та гумусом, які склалися тисячоліттями під природною рослинністю із характерним для екосистеми тваринним світом. Таким чином, для істотного початкового нагромадження гумусу ґрунт (порода) повинен мати певний рівень родючості, щоб задовольнити потреби рослин в умовах росту і розвитку. Такі умови створюють загальний хімічний і фізичний склад материнської породи, клімат, зокрема гідротермічний інгредієнт. Далі, в міру нагромадження гумусу, зростає його позитивна роль у підвищенні продуктивності ґрунту.

3.1. Особливості відтворення вмісту гумусу в кислих ґрунтах – невід’ємна частина збереження їх родючості

Гумусний стан є матрицею, яка продукує всі інші властивості, тісно пов’язана із усіма режимами ґрунту, і, в першу чергу, з поживним. У гумусі зосереджено 95–98 % ґрунтового азоту, до 80 % сірки, від 40 до 60 % фосфору, значна кількість кальцію, магнію, калію та інших макро- і мікроелементів. У процесі трансформації гумусу (мінералізація-синтез) вони вивільняються і стають доступними для рослин. Колоїдна природа гумусу і, перш за все, його гумінової складової частини, в значній мірі визначає фізичні властивості ґрунту, підсилюючи здатність до агрегування механічних частинок, і тим самим разом із кальцієм створює водотривку структуру верхніх шарів, визначає щільність складення та водно-повітряний режим ґрунту. Тому між вмістом у ґрунті гумусу та врожайністю сільськогосподарських культур, як правило, спостерігається пряма залежність. Але вона має певні особливості та обмеження [4, 39, 63, 124]. Взагалі, детальний аналіз залежності врожайності від вмісту гумусу свідчить, що ця залежність тим суттєвіша, чим нижчий вміст (запас) гумусу в ґрунті. І це не випадково, адже з вмістом гумусу тісно пов’язані практично всі найважливіші властивості ґрунтів [21, 70, 71, 97].

Процеси гумусоутворення зумовлені факторами, спільними з процесами ґрунтоутворення. Теорія і практика землеробства проблеми формування родючості розглядають нерозривно з вмістом та якістю гумусу в ґрунті. Роль гумусу надзвичайно багатогранна. Завдяки наявності в хімічній будові гумусу великої кількості функціональних груп, йому притаманна висока ємність катіонного обміну

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

(350–500 мг-екв/100 г ґрунту), яка перевищує у 2–3 рази ємність найбільш високоємного ґрунтового мінералу – монтморилоніту [103, 124]. У зв'язку з цим гумус характеризується великою водоутримуючою здатністю та буферністю, що надзвичайно важливо для легких ґрунтів.

Дуже багато дослідників пов'язують величину продуктивності агроценозів з умістом гумусу – ця залежність тим істотніша, чим нижчий вміст (запас) гумусу в ґрунті. І це не випадково: з умістом гумусу тісно пов'язані практично всі найважливіші властивості ґрунтів [21, 35, 50, 70, 71, 97]. Добре гумусовані ґрунти характеризуються високою біологічною активністю, міцною структурою, буферністю, вологоємністю, оптимальним для рослин співвідношенням повітряного і теплового режимів.

Вміст гумусу у верхньому горизонті основних типів, підтипів і видів ґрунтів, яким властива виражена кислотність ґрунтового розчину, характеризується значною строкатістю, що є наслідком генетичних, провінціальних (фізико-географічних) та антропогенних особливостей гумусоутворення. Вміст гумусу в ґрунтах збільшується з північно-західних районів Полісся до південно-східного Лісостепу. В межах зональних таксономічних одиниць його вміст залежить від гранулометричного складу, збільшуючись у відмінах, збагачених мулистою фракцією.

За поєднання з кліматичними умовами, фізичними та фізико-хімічними властивостями ґрунту створюється відповідний гідротермічний режим, від якого залежать характер і темпи трансформації органічної речовини, активність процесів гумус-нагромадження [215]. Однак принципи діагностики ґрунтів за гумусованістю та відповідні оптимальні параметри вмісту гумусу в окультурених ділянках у межах одного типу ґрунтів вивчені недостатньо.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Найважливішим показником рівня родючості ґрунту вважається вміст у ньому гумусу. Щоправда, пряма залежність між вмістом (запасами) гумусу та рівнем ефективної родючості спостерігається до певної межі. На ґрунтах Правобережного Лісостепу ця межа знаходиться близько 4 % гумусу, при його більшому вмісті кореляційна залежність продуктивності агроценозу знижується.

Введення ґрунту в культуру землеробства обумовлює порушення природного кругообігу речовини, пов'язане із заміною рослинності та переважаючим відчуженням біомаси культурних рослин, а з нею – азоту, єдиним джерелом якого в ґрунті є гумус, а також вуглецю і зольних елементів.

Відомим українським ґрунтознавцем М.І. Полупаном доведено, що значні втрати гумусу в ґрунтах сучасних агроценозів (до 50 %) зумовлені методичними похибками, які виникають при визначенні вмісту гумусу в різних умовах. Одержання коректних параметрів зміни вмісту гумусу за різного антропогенного навантаження і використання угідь та поліпшення ґрунтів можливе у випадку точного визначення їхньої генетичної природи, адекватних умісту гранулометричних фракцій і потужності профілю та рівня вологозабезпечення [178].

Переважає більшість дослідників стверджує про значне зменшення вмісту гумусу в ґрунтах за умови їх інтенсивної експлуатації в системі землеробства [17, 145, 218, 227]. При цьому іде мова про критичний рівень втрати гумусу не тільки ґрунтами елювіального типу ґрунтоутворення, а й ґрунтами акумулятивного ряду та незворотну «катастрофічну» втрату родючості і погіршення цінних агрономічних властивостей, що, безумовно, наближається до істини. Разом з тим, мають місце публікації, зокрема у Російській Федерації, де автори не погоджуються із тотальним незворотним процесом дегуміфікації орних ґрунтів [167].

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Безперечно, що біологічні втрати гумусу при розорюванні цілини, або багаторічного перелогу, є результатом трансформації природної ґрунтової системи: вона переходить у новий агроценозний стан. У першу чергу, це позначається на вмісті негуміфікованих (напіврозкладених) рослинних решток, які втратили початкову форму, оскільки посилення аерації ґрунту активізує, передусім, процес мінералізації вказаних органічних решток. У подальшому, якщо не усунути наявність такого дисбалансу між розкладанням і надходженням свіжої органічної речовини, цей процес буде зачіпати і власне гумусові компоненти, переважно мобільну частину гумусу ґрунту.

Відомо, що найефективнішим шляхом поповнення запасів гумусу та утримання на високому рівні агрономічно цінних властивостей ґрунту є внесення органічних добрив. Їх поліпшуюча дія настільки універсальна, що рівень окультуреності ґрунту можна оцінювати за кількістю внесених у нього органічних добрив, у першу чергу гною. Одна тонна гною сприяє утворенню до 50,0 кг гумусу. Крім цього, у ній міститься 12,0–14,0 кг діючої речовини NPK, значна кількість інших потрібних рослині макро- і мікроелементів. Гній треба розглядати як джерело основних поживних елементів, у тому числі і для ґрунтових мікроорганізмів, які перетворюють органічні сполуки у мінеральні, важкодоступні для рослин форми у доступні. Після відмирання вони самі стають поживою для рослин [21, 35, 38].

Про позитивний і безальтернативний вплив застосування гною на легких ґрунтах склалася абсолютно однозначна думка більшості вчених, що досліджували ефективність органічних добрив. Дослідження В.В. Медведєва, О.О. Бацули та Б.С. Носка дозволили стверджувати, що на теперішній час для досягнення бездефіцитного балансу гумусу в зоні Лісостепу

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

необхідно вносити 11,0–12,0 тонн органічних добрив на гектар сівозмінної площі, а на Поліссі – 14,0–18,0 тонн. Проте, враховуючи сьогоденний занепад галузі тваринництва, катастрофічне зменшення поголів'я тварин і неможливість швидкого його відновлення до необхідних кількостей, збагатити ґрунт органічною речовиною у повному обсязі тільки за рахунок гною практично неможливо [144, 145, 165].

Обов'язковим для кислих ґрунтів є вапнування, оскільки кальцій нейтралізує негативний заряд на поверхні міцел гумусових речовин. Ще І.В. Тюрін [216] зазначив, що нейтралізація кислотності та насичення ґрунту кальцієм посилює гуміфікацію й утворення гумінових сполук у формі нерозчинних гуматів кальцію, що підвищує стійкість органіно-мінерального комплексу та закріплення гумусових речовин у ґрунті.

Дослідженнями Г.М. Самбура, Г.А. Мазура, С.М. Міневича, З.М. Томашівського встановлено істотний вплив на гумусний стан вапнування ґрунтів. Внесений із меліорантами кальцій запобігає вимиванню гумусу в нижні шари, забезпечує сприятливі умови для розкладу рослинних решток та їх гуміфікації, внаслідок чого поліпшується якість гумусу й уповільнюється його розкладання. Разом із вапном перегній склеює часточки ґрунту в дрібні грудочки, завдяки чому глинисті та суглинкові ґрунти стають пухкішими, водо- і повітропроникними, а глинисто-піщані та супіщані – в'язкішими і вологоємнішими, менш водопроникними [130, 191].

Не один раз підтверджено, що першочергову роль у накопиченні гумусу відіграють багаторічні бобові трави – конюшина, люцерна, а також польові бобові культури, які за рахунок симбіотичної азотфіксації залучають у біологічний цикл значну кількість азоту повітря, покращують азотний режим живлення наступних за ними культур. Польові

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

культури за впливом на рівень гумусного стану поділяються на три групи: багаторічні трави, під якими утворюється 0,9 тонни на гектар гумусу; однорічні зернові і зернобобові культури – 0,6–0,7; однорічні просапні – лише 0,2–0,3 тонни на гектар [189].

Дослідження наукових установ показують: якщо в структурі посівних площ багаторічні трави займають близько 20, а зернові колосові культури – 50 і більше відсотків, баланс гумусу в ґрунті позитивний. Після дворічного використання багаторічних бобових трав у ґрунті залишається 4,0–5,0 т/га кореневих і пожнивних решток, що еквівалентно одноразовому внесенню гною у дозі 15 т, тобто накопиченню 0,8–1,0 тонни гумусу на одному гектарі. Крім цього, багаторічні трави значно поліпшують агрофізичні властивості ґрунту, оскільки їх корені створюють вертикальний дренаж ґрунтового профілю [11, 108, 138]. Із вище сказаного випливає: одним із основних шляхів додаткового надходження органічної речовини є заробка в ґрунт подрібненої нетоварної продукції рослинництва, збільшення площ посіву сидеральних культур та багаторічних трав.

Дослідниками [38, 99, 174] встановлено, що надходження кореневих і післяжнивних рослинних залишків коливається від 20 до 160 ц/га і залежить від біологічних особливостей культур, рівня їх урожайності, технології вирощування, а також метеорологічних умов року. Постійне рихлення поверхні ґрунту призводить до посилення мінералізації гумусу, внаслідок цього вплив польових культур на процеси мінералізації та відтворення гумусу неоднозначний.

У даний час значна кількість соломи використовується не по-господарськи. На думку А.Д. Балаєва, залишення соломи на полі як добрива не призводить до енергозатрат. Крім цього, солома, яку вносять на поверхню ґрунту, виконує

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

функцію мультчі, збільшує вологонакопичення, утеплює ґрунт і покращує його агрофізичні властивості. Залишена солома є значним буфером у зменшенні ерозійних процесів та сприяє покращенню водно-фізичних властивостей ґрунту [17]. Балаєв А.Д. із співавторами відмічають, що при заорюванні соломи обов'язковим є внесення азоту в дозі 8,0–10,0 кг на 1 т, оскільки мікроорганізми, що беруть участь у її розкладанні, на початку активно споживають азот із ґрунту і виступають конкурентами рослин відносно цього елемента. Одна тонна соломи із добавкою 8,0–10,0 кг азоту за своєю дією та післядією на врожайність і накопичення гумусу еквівалентна 4,0–5,0 тоннам напівперепрілого гною. При заорюванні 4 тонн соломи на гектар у ґрунт надходить: азоту – 16,0–20,0 кг, фосфору – 4,0–7,0, калію – 22,0–25,0, кальцію – 20,0–30,0, магнію – 2,0–7,0 кг, а також мікроелементи: бор, мідь, марганець та цинк [17]. Академік В.Ф. Сайко вважає: ще одним із джерел поповнення органічної речовини в ґрунті є залишення на полі гички цукрових буряків після збирання сучасними комбайнами та одночасна заробка її дисковими знаряддями [189].

Відомо, що розкладання органічних залишків та накопичення гумусу в значній мірі залежить від біологічної активності ґрунту, адже процес гумусоутворення має біологічну природу. Реакція ґрунтового розчину, водний режим, насиченість обмінними основами, зокрема кальцієм – поєднання цих умов визначає мікробіологічну інтенсивність і направленість трансформації органічної маси, що надходить у ґрунт. Так, в умовах чорноземів інтенсивність мінералізації нижча на 22 % порівняно з сірим лісовим ґрунтом, це зумовлює довше зберігання рослинних залишків і продуктів метаболізму, сприяє ефективнішому їх використанню у біосинтетичних процесах.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Проблема збільшення вмісту гумусу в ґрунтах Полісся і Лісостепу набуває першочергового значення у ґрунтових відмінах з дуже низькою гумусованістю. Це, насамперед, дерново-підзолисті і сірі лісові ґрунти, на яких спостерігається тісна кореляція між показниками вмісту гумусу (його запасами) та врожайами культур. Проте на сьогоднішній день зовсім мало результатів досліджень щодо оптимізації доз внесення меліорантів, тривалості дії вапна, строків повторного вапнування, наприклад, кислих сірих лісових ґрунтів. Тому пошук нових шляхів удосконалення технології хімічної меліорації – є особливо важливим в умовах економічної кризи.

Літературні джерела [174, 186] свідчать, що під дією мінеральних добрив змінюється будова, хімічні властивості молекул гумінових кислот у напрямку більш сильного розвитку бокових, аліфатичних структур. При цьому зменшується питома вага стійких бензоїдних фрагментів в молекулах, це призводить до накопичення у гумусі хімічно менш зрілих (стійких) гумусових кислот, які легше розкладаються мікроорганізмами і мінералізуються. За даними Н.А. Сапожникова [192], втрати гумусу в ґрунтах нечорноземного ряду за довготривалого використання складають 13–25 % до вихідного вмісту, на окремих ділянках відзначено зниження вмісту гумусу до 61–72 %. Поповнення органічними речовинами ґрунту за відсутності добрив відбувається за рахунок післяжнивних і кореневих решток, кількість яких, як правило, у декілька разів менша необхідної для підтримання оптимального гумусного стану. Стабілізація гумусного стану на більш низькому рівні настає через 3–5 років, так відмічає С.Я. Трофімов [212].

У кислих ґрунтах відсутність помітного підвищення вмісту органічної речовини пов'язують з ослабленням процесів гуміфікації та закріплення гумусових речовин [222,

223]. Зменшення надмірної кислотності за внесення вапна призводить до зняття негативного впливу систематичного внесення фізіологічно кислих добрив і сприяє встановленню бездефіцитного балансу гумусу [130, 207].

Вирішальне значення в посиленні й оптимізації процесу гумусоутворення в цих ґрунтах, безперечно, має вапнування. Сприяючи закріпленню і підвищенню гумусованості колоїдів, вапно, таким чином, забезпечує зростання питомої ваги їх органічної речовини у створенні валових запасів гумусу в ґрунті. Це узгоджується з висновками О.Н. Соколовського [199] про те, що кальцій меліоранту справляє коагулюючий вплив саме на колоїдний гумус, переводячи його в нерозчинну форму.

У значній мірі вміст гумусу залежить від системи удобрення та вапнування. Використання ґрунту без удобрення призводить до зниження вмісту гумусу, в ґрунті погіршуються фізико-хімічні властивості, формується низька продуктивність польових культур, а застосування тільки мінеральних добрив, особливо їх підвищених доз, посилює рухомість органічних сполук, що призводить до втрат гумусу. При цьому, чим триваліший період такого використання, тим більші втрати гумусу. Систематичний обробіток ґрунту та використання його без удобрення виснажує ґрунт, веде до посилення процесів мінералізації, при цьому зменшуються запаси гумусу всього кореневмісного шару [50].

Систематичне застосування мінеральних добрив не можна розглядати як засіб підвищення запасів поживних речовин, які визначають рівень родючості ґрунту. Відомо, що внесення достатньої кількості поживних речовин не завжди супроводжується підвищенням урожайності культур [35]. Дія добрив значно складніша і проявляється у зміні властивостей ґрунту [98, 110]. Вплив мінеральних добрив на вміст гумусу

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

в ґрунтах проявляється по-різному. Одні вчені [74, 98] відмічають зниження вмісту органічної речовини в ґрунті за систематичного внесення мінеральних добрив, хоча і значно менше, ніж на полях, де добрив не вносили. Інші [70] показують позитивну роль мінеральних добрив у підтриманні вмісту гумусу на вихідному рівні. Третя точка зору, підтверджена експериментально [187], полягає у тому, що мінеральні добрива за тривалого застосування в сівозмінах сприяють накопиченню гумусу в ґрунті у кількостях, що перевищують його вихідний вміст.

Поряд з цим численними дослідженнями доведено позитивний вплив на фізико-хімічні властивості ґрунту органічних добрив, який полягає у збільшенні ємності поглинання, часткової нейтралізації надмірної кислотності [57]. Найбільш стійкий позитивний вплив на підтримання вихідного стану гумусу в кислих ґрунтах проявляється за поєднання органічних та мінеральних добрив [120]. Втрати гумусу та підтримання позитивного балансу визначаються багатьма факторами: дозами внесення мінеральних добрив, тривалістю їх застосування, поєднання з вапнуванням.

Застосування добрив сприяє суттєвому зниженню втрат гумусу при використанні сірих лісових ґрунтів як орних земель. Дослідженнями ЦІНАО [182] встановлено, що післядія тривалого застосування гною залежить від дози його внесення: за щорічного застосування 6,0–8,0 т/га гною відбулося стримування зниження вмісту гумусу в ґрунті, при дозі 31–37 т/га гній сприяв накопиченню гумусу в орному шарі на 18–64 % від вихідного вмісту.

Багато практиків сільського господарства в Україні дотримуються думки, що застосування гною на кислих ґрунтах може повністю виключити такий захід підвищення родючості ґрунту як вапнування. З цим можна погодитись

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

лише у випадку багаторічного і систематичного застосування високих доз органічних добрив, як це має місце на присадибних ділянках, де вирощують картоплю та овочі беззмінно. Застосування гною у польових сівозмінах у кращому випадку досягає рівня 8,0–10,0 т/га сівозмінної площі щорічно, а це апіорі не знижує кислотності і не може замінити вапнування. Поєднання ж вапнування із внесенням гною значно підвищує його ефективність [56].

Узагальнюючи результати попередніх досліджень, можна виділити основні на сьогодні причини втрат гумусу в ґрунтах, задіяних у системах землеробства:

- зміна джерел надходження органічних речовин у результаті переходу від природних до агроценозів;

- обробіток ґрунту – посилення аерації, ущільнення, обезструктурення;

- застосування фізіологічно кислих добрив – підкислення;

- дестабілізація мікробіологічної діяльності – диспропорція еколого-трофічних груп;

- відчуження елементів живлення з урожаєм – без дотримання закону повернення.

Для збереження і підвищення родючості потрібно забезпечувати максимальне накопичення органічних речовин у ґрунтах агроценозів. Зменшення надходження рослинних решток і відчуження елементів живлення з урожаєм призводить до переважання процесів мінералізації органічних речовин над процесами їх гуміфікації. Унаслідок цього відбуваються втрати органічних речовин, і ґрунт переходить до іншого рівня рівноважного стану.

Для сірих лісових ґрунтів Лісостепу характерними залишаються ознаки і властивості дерново-підзолистих ґрунтів, але в більш ослабленій формі. Формування ґрунотворного процесу пов'язане із приблизно рівним

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

співвідношенням опадів і випаровування, відносним покращанням характеру біологічного кругообігу речовин та умов гуміфікації на фоні ослабленого промивного режиму, але в цілому сірі лісові ґрунти, особливо у північних районах зони, відносяться до малопродуктивних.

Слід зазначити, що ці ґрунти відрізняються від дерново-підзолистих важчим гранулометричним складом, кращими водно-фізичними та агрохімічними властивостями, проте, як і дерново-підзолисті, вони кислі, тому внесення вапна є важливим заходом збереження гумусу. Ґрунт відзначається легким крупнопилуватим гранулометричним складом, в орному шарі переважає фракція пилу (79,5 %), вміст фізичної глини складає – 20,5 %, мулу – 12,9 %. Такий несприятливий склад обумовлює низьку вбирну здатність і не сприяє значному закріпленню органічних сполук. Відомо, що часточки мулу в силу високої дисперсності та особливого хіміко-мінералогічного складу мають яскраво виражену високу вбирну здатність, утворюючи адсорбційні комплекси з органічними сполуками, чого не відбувається з часточками крупного пилу.

Специфічні умови ґрунтоутворення і гумусонагромадження у сірих лісових ґрунтах та відносний вміст механічних елементів різної дисперсності в них надають цим ґрунтам комплекс властивостей, за якими їх певною мірою справедливо не відносять до особливо цінних ґрунтів. Ґрунтотворні породи, на яких утворилися сірі лісові ґрунти, представлені переважно лесами та лесовидними суглинками, рідше делювіальними і флювіогляціальними відкладами. Характерні особливості ґрунтотворних порід успадкували і ґрунти: вміст фізичної глини у гумусно-елювіальному горизонті становить від 20 до 45 %, на фракцію середнього і дрібного піску припадає до 10 %, фракція пилу досягає 80 %, у тому числі крупного пилу – 55 %. Такий несприятливий склад зумовлює низьку поглинальну

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

здатність і не сприяє значному закріпленню органічних сполук, а переважання у гранулометричному складі крупного пилу стає причиною запливання, утворення міцної кірки після дощів і крупногрудочкуватої поверхні після механічного обробітку вказаних ґрунтів і, як наслідок, невисокої їх родючості.

Внаслідок специфічних умов ґрунтоутворення сірі лісові ґрунти містять мало гумусу (1,5–2,5 %), а через кислотну реакцію гумусові речовини в них збагачені рухомими сполуками, які слабо утримуються мінеральною частиною ґрунту. При розкладанні органічної речовини в умовах підвищеної кислотності утворюються лабільні форми гумусу, які легко вимиваються у нижчі шари ґрунту [193]. Саме цим пояснюється той факт, що на надмірно кислих ґрунтах внесені органічні добрива не завжди дають бажаний ефект у виробничих умовах. Також гірший ефект дають на кислих ґрунтах фізіологічно кислі форми мінеральних добрив. Тому за внесення мінеральних добрив і вапнування особливого значення набувають агрофізичні властивості ґрунту, які забезпечують ефективне використання поживних речовин рослинами впродовж періоду вегетації.

Очевидною є складність внутрішніх процесів, пов'язаних зі зміною природи гумусових речовин. Позначається, перш за все, їх відносна стійкість в агротехнічному циклі при застосуванні стандартних методів діагностики результатів антропогенного впливу на ґрунт. Дослідження вільних і зв'язаних з рухомими півтораоксидами гумінових кислот, як і інші дані, що характеризують трансформацію якісного складу гумусу за впливу вапнування та удобрення, є підтвердженням класичних положень про роль кальцію в гумусоутворенні.

У підсумку значно видозмінюються кількісні та якісні характеристики біологічного кругообігу елементів родючості. При цьому помітних змін зазнає морфологічна будова

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

ґрунтового профілю. Гумусовий горизонт, наприклад, сірих лісових ґрунтів, разом з верхньою частиною елювіального трансформується в однорідний орний шар, змінюється його гранулометричний склад. Останній, як відомо, найбільшою мірою визначає властивості і режими ґрунтів, а також заходи їх раціонального використання без втрати родючості.

Таким чином, для істотного початкового нагромадження гумусу ґрунт (порода) повинен мати певний рівень родючості, щоб мінімально задовольнити потреби рослин умовами росту і розвитку. Такі умови створюють загальний гранулометричний склад, фізичні, хімічні, фізико-хімічні властивості материнської породи і клімат, зокрема гідротермічний інгредієнт. У подальшому генезисі ґрунту, у міру накопичення гумусу, зростає його позитивна роль у підвищенні родючості ґрунту. Враховуючи відчуження органічної маси в системі землеробства, одним із основних шляхів додаткового надходження органічної речовини в ґрунт є заробляння в орний шар вироблених (добутих) органічних добрив (гною, гноївки, торфокомпостів, сапропелів та ін.), подрібненої побічної продукції рослинництва, збільшення площ посіву сидеральних культур та багаторічних трав, покращення фізичних і фізико-хімічних властивостей ґрунту.

3.2. Трансформація органічної речовини та умови гумусоутворення у зв'язку із застосуванням вапнякових матеріалів

Органічна речовина – найважливіша складова ґрунту, а її кількісний і якісний склад є інтегральним показником родючості. Основним джерелом надходження органічних речовин у ґрунт є рослинні рештки, невелика частка залишків відмерлих мікроорганізмів і тварин. У складі органічної

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

речовини 85 % належить специфічним гумусовим сполукам, які несуть основне навантаження у процесах росту і розвитку рослин. Встановлено, що при інтенсифікації землеробства темпи розкладу гумусу посилюються, а тому, зважаючи на багатогранну роль органічних речовин у підвищенні родючості ґрунтів, загострюється проблема регулювання гумусового балансу [28, 182]. У природному цілинному ґрунті відбувається постійне накопичення органічних речовин, і баланс гумусу не може бути від'ємним [40, 131].

В основі стійкого функціонування природних екосистем та агроекосистем лежать процеси трансформації та переміщення органічних сполук, які або безпосередньо формують систему біохімічних циклів усіх елементів в екосистемах, або опосередковано впливають на неї. Нестабільність (дефіцит) у надходженні в ґрунт органічних речовин, тобто порушення принципів відтворення родючості та гумусу зокрема, дестабілізують функціонування системи і можуть привести до значного виснаження потенційної родючості ґрунту за порівняно короткий проміжок часу, в першу чергу це стосується низькородючих ґрунтів.

Трансформація органічної частини ґрунту у природних ландшафтах, як відомо, визначається генезою, мінеральною частиною ґрунту, кислотністю ґрунтового розчину, інтенсивністю і розмірами надходження сирової органічної маси, насиченістю основами, біологічною активністю ґрунту. Зрозуміло, що в агроландшафтах напрямок і швидкість цих процесів може змінюватися і значною мірою залежить від агрохімічного навантаження на ґрунт, інтенсивності його обробітку та сівозмінного чинника.

Сучасний етап у землеробстві країни відзначається застосуванням недостатніх доз органічних і мінеральних добрив або повною відсутністю їх внесення, змінами структури посівних площ, недобором культур у сівозміні. Це призводить до того, що на значних площах орних земель немає

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

можливості зберегти позитивний баланс вмісту органічної речовини внаслідок недостатнього її надходження та посилення мінералізації. У такій ситуації врожай формується в основному за рахунок раніше досягнутої родючості ґрунту, тому дуже важливим є пошук шляхів регулювання гумусного режиму всіх ґрунтів і забезпечення максимальної віддачі від застосованої антропогенної енергії.

Проблема збереження органічної речовини ґрунту продовжує займати одне із центральних місць у землеробстві України, оскільки в розораних земельних угіддях переважають слабогумусні ґрунти. Більша частина з них уже зараз потребує термінових заходів із відновлення та збереження родючості, тому значну увагу було приділено дослідженням впливу різних комбінацій органічних і мінеральних добрив у поєднанні з комплексною хімічною меліорацією на вміст і якісний склад гумусу, характер і механізми трансформації органічних речовин у сірому лісовому ґрунті.

Результати дослідження механізмів трансформації органічних речовин легких за гранулометричним складом ґрунтів, особливостей гумусоутворення в них засвідчили, що сучасні системи землеробства можуть істотно впливати на вміст і запаси гумусу в ґрунтах. У загальних рисах початок використання цілинних екосистем у землеробстві, як відомо, зумовлює зміни багатьох ґрунтових процесів.

Тобто, незаперечним слід визнати те, що характер трансформації органічної речовини ґрунту в конкретних гідротермічних умовах визначається його біологічною активністю, яка, у свою чергу, значною мірою залежна від реакції ґрунтового середовища. У кислому інтервалі $\text{pH}_{\text{KCl}} (<6,0)$ біохімічна ситуація зумовлює посилення окислювальних процесів й інтенсивний розклад гумусу, а в зоні $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,0\text{--}6,2$ відбувається помірне продукування CO_2 ґрунтом, переважають процеси синтезу гумусових речовин.

У тривалому стаціонарному досліді на сірому лісовому

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

ґрунті, починаючи з III ротації сівозміни, було продовжено вивчення впливу складових агрохімічного блоку системи землеробства на зміни вмісту та якісного складу гумусу, направленість трансформації органічної речовини з метою відтворення потенційної та ефективної родючості ґрунтів, визначення ролі і ступеня впливу кожного фактора.

Відтворення родючості частково може здійснюватися за рахунок сівозміни та біологічних агрозаходів, зокрема за рахунок збільшення частки в агроценозах багаторічних бобових трав, зернобобових культур, які сприяють покращанню гумусового стану ґрунтів, заорювання побічної продукції. У тривалому стаціонарному досліді нами визначено вплив побічної продукції і кореневих залишків у зерно-просапній (I–II ротація) і плодозмінній сівозмінах (III ротація), а також сидерації (III ротація) на поповнення ґрунту сировою органічною речовиною й новоутворення лабільних гумусових речовин та загального вмісту гумусу.

Подібні дослідження, проведені на дерново-підзолистому ґрунті, показали, що просте відтворення гумусу в зерновій сівозміні можливе за наявності в структурі посівних площ 20 % багаторічних трав, у зернобобово-зерновій – при заорюванні соломи з 25–30 % посівної площі зернових [130]. У попередніх дослідженнях встановлено, що бездефіцитний баланс гумусу, його розширене відтворення в дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся досягається систематичним застосуванням 10 т/га гною, 150 кг/га NPK і вапнуванням повною дозою за гідролітичною кислотністю (1,0 Нг). Нестача будь-якого з указаних компонентів впливу на ґрунт призводить до порушення процесу синтезуючої гуміфікації і втрат гумусу. Практика аграрного виробництва в Німеччині свідчить, що близько 60 % потреби ґрунту в органічній речовині покривається за рахунок післяжнивнорічних залишків [90].

У нашому досліді III ротація культур сівозміни проходила

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

на фоні повторного вапнування, проведеного для продовження вивчення ефективності технологічних заходів, що поєднують різні комбінації та дози мінеральних добрив, вапнування, сидерацію та використання побічної продукції. Дослідження вмісту загального гумусу проведені в кореневмісному орному (0–20 см) та підорному (20–40 см) шарах ґрунту (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 Динаміка вмісту (загального) гумусу в сірому лісовому ґрунті залежно від повторного вапнування та системи удобрення, %

Удобрення	Шар ґрунту, см	III ротація сівозміни				
		1-й рік дії вапна	2-й рік дії вапна	3-й рік дії вапна	4-й рік дії вапна	7-й рік дії вапна
Без добрив (контроль)	0–20	1,29	1,24	1,24	1,29	1,24
	20–40	0,88	0,88	0,88	0,88	0,87
Побічна продукція + сидерат	0–20	1,70	1,61	1,65	1,75	1,86
	20–40	1,19	1,08	1,08	1,14	1,39
160 кг/га NPK	0–20	1,71	1,65	1,55	1,65	1,70
	20–40	0,98	0,98	1,14	0,98	1,03
160 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	0–20	1,86	1,75	1,70	1,70	1,85
	20–40	0,98	0,98	0,98	1,03	0,99
240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	0–20	1,81	1,81	1,81	1,86	1,90
	20–40	1,29	1,14	1,18	1,24	1,21
320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	0–20	1,86	1,86	1,86	1,91	1,96
	20–40	1,29	1,29	1,24	1,29	1,28
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. – Фон	0–20	1,76	1,70	1,70	1,76	1,88
	20–40	1,03	1,03	1,14	1,19	1,20
Фон + 5 т/га CaCO ₃	0–20	1,85	1,75	1,80	1,85	2,05
	20–40	1,03	1,13	1,14	1,14	1,21
240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	0–20	1,96	1,85	1,80	1,86	1,95
	20–40	1,24	1,13	1,23	1,19	1,12
Сидерат + 320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	0–20	1,91	1,95	1,90	1,91	2,15
	20–40	1,34	1,28	1,24	1,29	1,34
НІР _{0,05} %	0–20	0–20	0,08	0,06	0,07	0,06
	20–40	20–40	0,04	0,04	0,03	0,03

Примітка. Сидерат (зелена маса конюшини) зароблений у 2010 році.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

У зв'язку з відсутністю гною для збереження родючості в досліді визначали ефективність заорювання нетоварної частини врожаю як окремо, так і в комбінаціях з іншими компонентами системи удобрення. Враховуючи те, що внесення побічної продукції відбувається нерегулярно, оскільки це пов'язано зі специфікою сівозміни і набором сільськогосподарських культур, згаданого вище рівноважного стану не встановлено. Разом з тим, рівень гумусованості основної частини кореневмісного шару за такої системи землеробства достовірно зростає у середньому на 25 % відносно ділянки без добрив. Заорювання зеленої маси конюшини червоної (2-й укіс) на цій ділянці забезпечило зростання вмісту гумусу на 7-й рік дії повторного вапнування до 1,86 % у шарі 0–20 см і 1,39 % у шарі 20–40 см.

Нами встановлено, що внесення 6 тонн соломи пшениці та стебел сої (побічна продукція + сидерат) активно впливало на динаміку вмісту гумусу в ґрунті. Але, як видно з табл. 3.1, вміст гумусу у результаті заорювання соломи сої та пшениці знизився до 1,61–1,65 %, хоча порівняно з ділянкою без удобрення він залишався вищим у середньому на 0,4 % в орному шарі (0–20 см) і на 0,2 % у 20–40 см.

Очевидно, несприятливі абіотичні фактори певним чином вплинули на біологічну активність мікроорганізмів. Недостатній уміст азоту та утворення фенольних сполук при розкладанні соломи спричинили посилення мінералізації органічної маси. Проте, враховуючи, що соя відноситься до бобових культур і її рештки відзначаються високим умістом азоту, а кислотність орного шару після внесення побічної продукції не підвищувалася, а навпаки, дещо знизилася, то ці процеси у нашому випадку є незначними.

Дещо вищий приріст отримано на фоновій ділянці за поєднання побічної продукції з мінеральними добривами,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

а додавання органічної речовини у вигляді зеленої маси конюшини сприяло інтенсивності гумусоутворення та зростанню вмісту гумусу. Найвищий уміст гумусу зафіксовано на ділянках, де застосовували підвищені дози мінеральних добрив, побічної продукції та сидерації по фоні вапнування, що в середньому був на 53–57 % вищим ніж на контролі (1,24 %). Достовірне зростання вмісту гумусу та його розширене відтворення супроводжується зростанням продуктивності культур, в окремих випадках від 50 до 75 % (рис. 3.1).

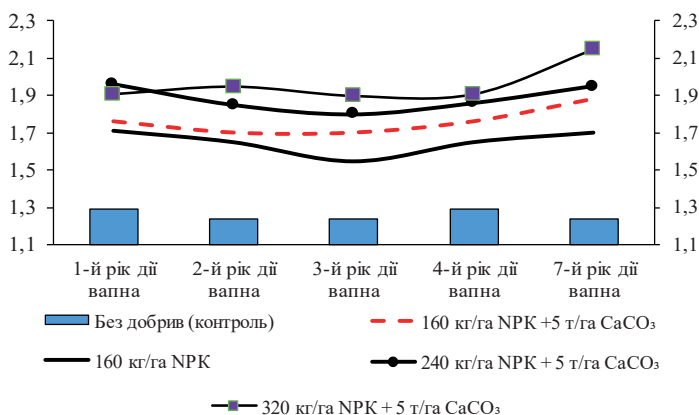


Рисунок 3.1. Динаміка вмісту гумусу в шарі ґрунту 0–20 см залежно від повторного вапнування та системи удобрення, %

Дослідження вмісту (загального) гумусу протягом III ротації 7-пільної сівозміни ще раз підтвердило той факт, що використання сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту у ріллі за традиційної системи обробітку без використання добрив і повного відчуження вирощеної продукції з поля веде до втрати органічної речовини і ґрунт переходить до іншого рівня рівноважного стану. Вміст загального гумусу в орному і підорному шарах стабілізувався відповідно на рівні 1,24 і 0,88 % і нижче не опускався (без

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

удобрення), що, можливо, за таких кліматичних умов та системи використання агроценозу може відбуватися протягом значно довшого періоду, ніж досліджений тривалістю 21 рік.

У таблиці 3.2 наведено середній хімічний склад соломи різних культур. Як видно, солома більшості культур приблизно на 80 % складається з органічної речовини і значно переважає підстилковий гній за цим показником. За вмістом органічного вуглецю 1 тонна соломи еквівалентна 3,4–4,0 т гною. Власне гумусові речовини й утворюються в основному за розкладання соломистих решток та соломистого гною. Органічна речовина соломи представлена целюлозою, пентозанами, геміцелюлозою та лігніном. Усі ці органічні сполуки є енергетичними вуглецевими субстратами для ґрунтових мікроорганізмів.

Таблиця 3.2 Середній хімічний склад решток сільськогосподарських культур (дані Інституту ґрунтознавства та агрохімії НАН Білорусі)

Культури	Вологість, %	Вміст, кг/т					
		органічна речовина	загальний азот	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
зернові	16	800	4,0	1,5	10,0	2,0	1,0
зернобобові	16	780	10,0	2,0	11,0	9,0	2,0
хрестоцвіті	16	780	5,0	1,5	9,0	8,0	2,0
круп'яні	16	800	7,0	3,0	12,5	5,0	2,0
кукурудза	16	850	4,5	2,0	12,0	3,0	2,0
гній підстилковий	75	220	5,0	2,5	6,0	3,5	1,2

У результаті целюлозолітичних процесів утворюються продукти деструкції – низькомолекулярні вуглеводні, які є будівельним матеріалом для утворення гумусу. Зокрема продукти деструкції соломи є важливими компонентами для утворення лабільних гумусових речовин. За різними джерелами, коефіцієнт гуміфікації соломи складає близько

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

0,10–0,25. Значення коефіцієнта вказує, скільки гумусу може утворитися з одиниці органічної маси. Для соломи це означає, що при заорюванні 2,0–4,0 т соломи в ґрунті утворюється 0,3–2,6 т гумусу на 1 га [167].

Сільськогосподарські культури можуть нагромаджувати 1,5–8,0 т/га і більше сухої маси кореневих і рослинних решток. Їх позитивний вплив на родючість ґрунту визначається не тільки масою, а і якістю решток, зокрема вмістом азоту і співвідношенням C:N. Розкладання органічних решток, які мають у своєму складі більше 1,0 % азоту, не супроводжується іммобілізацією рухомих форм азоту ґрунту мікроорганізмами.

Целюзорозкладальні мікроорганізми мають високу потребу в азоті. За його нестачі в соломі мікроорганізми поглинають мінеральний азот з ґрунту, тобто відбувається процес іммобілізації азоту, який зумовлює втрати гумусу. Практикою встановлено, що для нормального процесу розкладання соломи співвідношення C:N повинно бути 20–30:1, а в соломі співвідношення складає 70–80:1 [74, 114]. Тому нестача азоту компенсується додатковим внесенням мінеральних азотних добрив при заорюванні соломи. Швидкість розкладання залежить від вологості ґрунту і покривної культури. Відомі дані, що за рік у ґрунті розкладалося близько 67–82 % органічних решток соломи [229].

За поєднання побічної продукції з повним мінеральним удобренням та вапнуванням позитивний ефект від заорювання побічної продукції зростає в обох досліджених шарах ґрунту. Це пояснюється тим, що розкладання у ґрунті органічної маси соломи, багатой на лігнін, відбувається повільно за умов лужного ґрунтового середовища. Таким чином, позитивний ефект від соломи як органічного добрива проявляється у післядії протягом всієї ротації сівозміни. Враховуючи, що за 2,5–4 місяці розкладається до 40 %, а за 1,5–2 роки –

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

до 80 % від заробленої органічної маси, то новоутворення «поживного гумусу» відбувається пролонговано з тенденцією до накопичення.

Гумусний режим сірого лісового ґрунту залежав від характеру трансформації сирих органічних сполук. За осінньо-зимово-весняний період, як ми вважаємо, відбувалося розкладення лабільних органічних сполук, які утворилися з рослинних решток попередника, з одночасним накопиченням азотистих сполук, що легко гідролізуються та в подальшому мінералізуються до простих мінеральних сполук. Результати досліджень показують: за впливу мінеральних добрив уміст сполук азоту, що легко гідролізуються, зростає, що може бути результатом посиленої мікробіологічної активності, пов'язаної з інтенсивнішим надходженням корневих решток на цих ділянках. Подібні процеси у ґрунті відбувалися також при заорюванні побічної продукції, залежно від переваги в ґрунті автотрофних організмів над гетеротрофними, створювалися оптимальні умови для гуміфікації, тобто новоутворення гумусу.

Таким чином, постійне відчуження елементів живлення, недостатнє поповнення органічної речовини за рахунок післяжнивних і корневих решток веде до від'ємного балансу гумусу в кислих ґрунтах. Знизити негативну дію тривалого екстенсивного використання ґрунтів можливо як прямим поповненням органічними речовинами (внесення гною, компостів, соломи, посів сидеральних культур), так і непрямым: через застосування добрив і їх вплив на збільшення продуктивності культур, що, у свою чергу, призводить до збільшення маси корневих і післяжнивних залишків, виділення метаболітів і накопичення біомаси мікроорганізмів (табл. 3.3).

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 3.3 Новоутворення гумусу в сірому лісовому ґрунті залежно від коренево-післяживних залишків за різної системи удобрення та вапнування

Удобрення	Пшениця озима						Пшениця яра			
	1-й рік дії вапна		5-й рік дії вапна		7-й рік дії вапна		12-й рік післядії вапна		2-й рік дії повторного вапнування	
	урожай, т/га	новоутв. гумус, т/га	урожай, т/га	новоутв. гумус, т/га	урожай, т/га	новоутв. гумус, т/га	урожай, т/га	новоутв. гумус, т/га	урожай, т/га	новоутв. гумус, т/га
Без добрив (контроль)	2,62	0,51	2,59	0,50	1,80	0,41	1,23	0,24	2,00	0,39
Побічна продукція	2,73	-	2,79	0,54	2,08	0,44	1,40	0,27	2,10	0,38
160 кг/га NPK	3,10	0,56	3,34	0,60	2,24	0,47	1,57	0,31	2,61	0,46
160 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	2,87	0,56	2,87	0,56	2,46	0,52	1,86	0,36	3,19	0,53
240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	3,12	0,56	3,04	0,59	3,62	0,60	2,17	0,39	3,41	0,56
320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	3,03	0,59	3,38	0,61	3,69	0,61	2,12	0,38	3,63	0,54
10 т/га тною + 160 кг/га NPK + П.П. – Фон	2,98	0,58	3,00	0,59	2,40	0,50	2,09	0,38	2,73	0,49
Фон + 5 т/га CaCO ₃	3,20	0,58	3,13	0,56	2,92	0,57	2,15	0,39	3,25	0,53
\bar{X}	2,96	0,56	3,02	0,57	2,65	0,52	1,82	0,34	2,87	0,49
$S\bar{x}$	0,07	0,01	0,09	0,01	0,25	0,03	0,13	0,02	0,21	0,02
V, %	6,8	4,7	8,9	6,4	26,3	14,3	20,5	17,4	21,1	14,2
S	0,20	0,03	0,27	0,04	0,70	0,07	0,37	0,06	0,60	0,07
НПР _{0,05}	0,24	0,03	0,32	0,04	0,83	0,09	0,44	0,07	0,72	0,08

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Продовження табл. 3.3

Удобрення	Кукурдза на силос				Конюшина зелена маса					
	6-й рік дії вапна		12-й рік післядії вапна		3-й рік дії повторного вапнування		11-й рік післядії вапна		5-й рік дії повторного вапнування	
	уро-жай, т/га	ново-утв. гумус, т/га	урожай, т/га	новоутв. гумус, т/га	урожай, т/га	новоутв. гумус, т/га	урожай, т/га	новоутв. гумус, т/га	урожай, т/га	новоутв. гумус, т/га
Без добрив (контроль)	14,3	0,20	9,7	0,18	16,8	0,23	19,5	1,02	14,0	0,81
Побічна продукція	14,8	0,22	11,7	0,18	21,5	0,30	20,2	1,05	15,0	0,86
160 кг/га NPK	24,0	0,34	20,1	0,28	25,5	0,33	24,2	1,26	15,5	0,86
160 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	24,1	0,34	25,9	0,34	33,2	0,37	24,8	1,29	17,5	0,98
240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	30,6	0,34	34,5	0,38	45,6	0,41	20,9	1,09	19,0	1,06
320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	32,0	0,35	35,5	0,36	46,7	0,42	22,5	1,18	19,3	1,08
10 т/га гною + 160 кг/га NPK + П.П. – Фон	25,5	0,33	24,3	0,34	27,0	0,35	24,7	1,29	16,5	0,92
Фон + 5 т/га CaCO ₃	27,6	0,36	35,2	0,35	39,9	0,40	26,2	1,27	18,0	1,01
\bar{X}	24,1	0,31	24,6	0,30	32,0	0,35	22,9	1,18	16,8	0,95
$S\bar{x}$	2,32	0,02	3,6	0,03	3,9	0,02	0,9	0,04	0,7	0,04
V, %	27,2	20,2	41,8	26,6	34,9	18,2	10,8	9,6	11,4	10,6
S	6,6	0,06	10,3	0,08	11,2	0,06	2,5	0,11	1,9	0,10
НІР _{0,05}	7,8	0,07	12,2	0,09	13,2	0,08	2,9	0,13	2,3	0,12

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Вплив сільськогосподарських культур на процеси відтворення гумусу в сірому лісовому ґрунті був неоднозначним і залежав від урожайності культур, системи удобрення та метеорологічних умов вегетації. Підвищені дози мінерального удобрення на фоні вапнування створювали кращі умови для росту і відповідно формування вищого врожаю, що сприяло збільшенню у ґрунті маси кореневих залишків. Чим більше в ґрунті залишається коренево-післяжнивних решток, тим більше компенсуються втрати гумусу під культурою. Найбільшу масу кореневих решток, з яких з часом утворилося 1,0–1,3 т/га гумусу, відмічено за вирощування конюшини. Зернові залишали дещо менше – 0,4–0,7 т/га, просапні, зокрема кукурудза на силос, – 0,2–0,4 т/га. Це досить істотна частка в статті надходження органічних речовин для відтворення родючості ґрунту.

Отже, однією з основних функцій уведення сівозмін у систему землеробства є безперервне постачання ґрунтів органічними речовинами культурних рослин для проходження позитивних процесів гумусоутворення. Тому питання структури сівозмін є важливим для відтворення родючості всіх ґрунтів незалежно від зони поширення. Чим більше надходить у ґрунт післяжнивних залишків, тим більше в ньому утворюється рухомих гумусових сполук.

Сучасний етап у розвитку землеробства відзначається застосуванням мінімальних доз органічних і мінеральних добрив або повною відсутністю їх застосування, поглибленням орного шару або впровадженням мінімального обробітку, змінами структури посівних площ у бік скорочення частки багаторічних трав і бобових сільськогосподарських культур. Це призводить до того, що на значних площах орних земель немає можливості утримувати рівень вмісту органічної речовини внаслідок посилення мінералізації. У такій

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

ситуації урожай формується, в основному, за рахунок раніше досягнутої родючості ґрунту, тому дуже важливим є пошук шляхів регулювання гумусного режиму ґрунту і забезпечення максимальної віддачі від застосованого антропогенного впливу.

Прогресивне підвищення родючості ґрунту і помітне збільшення в ньому запасів гумусу відзначається більшою мірою за сумісного застосування мінеральних та органічних добрив, які доповнюють одне одного в процесі формування гумусонакопичувальної здатності ґрунту. Зокрема це пов'язано зі збільшенням ступеня гуміфікації органічних добрив. Слід зазначити, що завдяки новоутвореним молодим органічним сполукам при цьому поповнюється фонд специфічних гумусових речовин, відбувається постачання рослин необхідними поживними елементами.

За умов нестачі органічних добрив ефективним елементом технології є заорювання побічної продукції. У тривалому стаціонарному досліді протягом двох ротацій сівозміни вивчали заорювання соломи зернових та гички цукрових і кормових буряків, яке показало відмічені нами раніше призупинення процесу підкислення ґрунту, зменшення втрат обмінних кальцію та магнію.

Зміни вмісту гумусу в усіх ділянках із застосуванням різних комбінацій удобрення відбулися в бік його збільшення. Відмічено позитивний вплив на вміст гумусу побічної продукції та післядії післяжнивних решток конюшини. Надходження органічної маси та сприятливі фізико-хімічні умови ґрунту були тими факторами, які сприяли простому відтворенню вмісту гумусу і його бездефіцитного балансу протягом періоду досліджень.

Серед можливих шляхів регулювання гумусного режиму сірих лісових ґрунтів, на нашу думку, може бути застосування, поряд із традиційними агротехнічними заходами,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

нестандартних технологічних заходів, зокрема заорювання побічної продукції, різні способи та композиції внесення меліорантів, здатних створити за несприятливих економічних умов збереження родючості та підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь.

Вихідні параметри гумусового стану 0–20 см шару сірого лісового ґрунту, який досліджували, становлять: загальний вміст гумусу – 1,44 %, тип гумусоутворення – гуматно-фульватний – Сгк – 31,9, Сфк – 40,4, Снз – 27,7 %; Сгк: Сфк = 0,79. У складі гумусу переважає агресивна група фульвокислот фракцій Ia та I, унаслідок чого гумус ґрунту кислий, має нестійкий характер та легкорухомий, бо переважають фракції, пов'язані з рухомими півтораокислами.

Відомо, що рівень втрат та самостабілізації гумусу при розорюванні ґрунту залежить від генетичних характеристик ґрунту, а також від особливостей технологічних заходів системи землеробства. Найважливішими гумусовими характеристиками орного шару ґрунту є загальний вміст та запаси в ньому гумусу. Стосовно динаміки вмісту гумусу залежно від інтенсивності системи землеробства у ділянках тривалого стаціонарного досліді в табл. 3.4 наводяться багаторічні результати спостережень на кінець I та II ротацій 7-пільної зерно-просапної сівозміни.

Проведені протягом I ротації дослідження зміни вмісту гумусу показали, що використання ґрунту без удобрення призводить до погіршення його фізико-хімічних властивостей, зниження вмісту гумусу на 14 % порівняно з вихідною величиною, формування низької продуктивності польових культур. Тобто, використання сірого лісового ґрунту без удобрення впродовж 7 років виснажує його, веде до посилення процесів мінералізації, унаслідок чого зростає рухомість гумінових кислот і їх втрати як з верхнього 0–20 см шару, так і з нижнього (20–40 см) шару (табл. 3.4).

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 3.4 Динаміка вмісту (%) та запаси гумусу (т/га) у товщі ґрунтового профілю сірого лісового ґрунту за різних систем вапнування та удобрення

Удобрення	Шар ґрунту, см	Вихідні		7-й рік дії вапна		14-й рік післядії		7-й рік дії повторного вапнування	
		%	запаси, т/га	%	запаси, т/га	%	запаси, т/га	%	запаси, т/га
без добрив (контроль)	0-20	1,33		1,24		1,29		1,24	
	20-40	1,03		0,86		0,88		0,87	
	40-60	0,66	118,2	0,57	103,2	0,62	111,3	0,56	104,4
	60-80	0,51		0,41		0,51		0,49	
	80-100	0,41		0,36		0,41		0,32	
побічна продукція	0-20	1,38		1,48		1,81		1,86	
	20-40	1,08		1,12		1,19		1,39	
	40-60	0,41	103,2	0,51	112,8	0,60	132,3	0,59	140,7
	60-80	0,31		0,35		0,41		0,43	
	80-100	0,26		0,30		0,40		0,42	
160 кг/га NPK	0-20	1,39		1,59		1,81		1,70	
	20-40	1,17		0,93		1,04		1,03	
	40-60	0,42	120,3	0,77	132,6	0,73	138,3	0,77	133,5
	60-80	0,62		0,67		0,62		0,52	
	80-100	0,41		0,46		0,41		0,43	
160 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	0-20	1,55		1,62		1,96		1,85	
	20-40	1,02		1,10		1,18		1,19	
	40-60	0,45	118,8	0,57	127,5	0,55	142,5	0,51	135,0
	60-80	0,56		0,60		0,68		0,55	
	80-100	0,38		0,36		0,38		0,40	

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Продовження табл. 3.4

Удобрення	Шар ґрунту, см	Вихідні		7-й рік дії вапна		14-й рік післядії		7-й рік дії повторного вапнування	
		%	запаси, т/га	%	запаси, т/га	%	запаси, т/га	%	запаси, т/га
320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	0-20	1,44		1,41		1,96		1,96	
	20-40	1,03		1,05		1,32		1,55	
	40-60	0,45	117,6	0,50	118,8	0,87	153,9	0,98	167,1
	60-80	0,60		0,59		0,60		0,67	
	80-100	0,40		0,41		0,38		0,41	
10 т/га гною + 160 кг/га NPK - Фон	0-20	1,44		1,53		1,60		1,88	
	20-40	1,08		0,86		1,08		1,20	
	40-60	0,67	123,6	0,83	132,0	0,83	141,0	0,91	157,2
	60-80	0,57		0,72		0,67		0,69	
	80-100	0,36		0,46		0,52		0,56	
Фон + 5 т/га CaCO ₃	0-20	1,27		1,62		1,91		2,05	
	20-40	1,12		1,17		1,29		1,21	
	40-60	0,70	121,8	0,72	136,2	0,77	150,0	0,81	154,2
	60-80	0,49		0,51		0,57		0,57	
	80-100	0,48		0,52		0,46		0,50	
10 т/га гною + 320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	0-20	1,30		1,48		1,91		2,15	
	20-40	1,00		1,12		1,27		1,34	
	40-60	0,62	113,4	0,65	127,2	0,69	148,2	0,72	158,7
	60-80	0,49		0,53		0,56		0,59	
	80-100	0,37		0,46		0,51		0,49	
15 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	0-20	1,31		1,58		2,10		1,95	
	20-40	1,11		1,16		1,30		1,12	
	40-60	0,62	120,3	0,70	132,9	0,73	154,5	0,67	141,3
	60-80	0,54		0,51		0,55		0,51	
	80-100	0,43		0,48		0,47		0,46	

Примітка: У II ротачії сівозмінні гній не внесено. У III ротачії сівозмінні ділянки з гноєм замінені на сидерат у поєднанні з побічною продукцією.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Подальші спостереження за динамікою загального вмісту гумусу показали, що за тривалого використання без удобрення в ґрунті відбувається стабілізація вмісту гумусу на найнижчому рівні, нижче якого він вже не знижувався. У середньому за 14 років втрати склали 10,4 % до вихідного стану, при цьому запаси гумусу зменшилися до 38,7 при вихідному їх значенні в шарі 0–20 см 43,2 т/га (табл. 3.4). Тобто, протягом 14 років у процесі трансформації сирової органічної маси в неудобреному ґрунті продовжує переважати мінералізація гумусу, яка відбувається внаслідок обробітку ґрунту, незначного надходження органічної маси після збирання основної продукції сільськогосподарських культур.

Розвиток тенденції до посилення мінералізації гумусу, за інтенсивного обробітку, обмежується специфічною стійкістю більшості його сполук до процесів деструкції, тобто буферністю ґрунтів до втрат гумусу. Природно, що кожному типові (підтипові) ґрунту притаманний власний рівень стійкості до біологічних втрат гумусу, нижче від якого помітного зниження вмісту органічної речовини (за відсутності додаткових екстремальних чинників, зокрема ерозії, дефляції, значного підкислення тощо) не відбувається.

Аналогічні явища відбуваються і в шарі 20–40 см без внесення добрив – показник умісту загального гумусу зменшився від 1,15 % вихідного ґрунту до 0,88 %, тобто на 23 % до вихідного стану, а усереднені втрати гумусу за 14 років склали 8,0 т/га. Щорічна мінералізація гумусу в орному шарі сірого лісового ґрунту без удобрення за 14 років становила 0,32 т/га. Таким чином, інтенсивне використання (як ріллі) сірого лісового ґрунту без удобрення виснажує його і призводить до деградації.

Найменші зміни системи землеробства у сегменті системи удобрення, а саме повернення у ґрунт нетоварної частини

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

врожаю (побічна продукція), або нейтралізація ґрунтової кислотності шляхом застосування лише вапна (CaCO_3 (1,0 Нг)) спрямовує процеси гумусоутворення у протилежний бік. Якщо у перші сім років досліджень ці зміни були у межах похибки і можна було говорити лише про тенденцію, то на кінець II ротації сівозміни запаси гумусу на вказаних ділянках зросли на 15,6 і 20,1 т/га відносно контролю (табл. 3.4).

Слід відзначити той факт, що застосування лише мінеральних добрив у рекомендованих дозах $\text{N}_{54}\text{P}_{54}\text{K}_{56}$ на 1 га сівозмінної площі не веде до зниження загального вмісту гумусу в орному шарі сірого лісового ґрунту, як це було зафіксовано у попередніх дослідженнях на дерново-підзолистому ґрунті. Навпаки, його запаси після 14-ти років застосування мінеральних добрив зросли на 11,1 т/га. Внесення 10,0 т/га сівозмінної площі напівперепрілого гною у поєднанні з мінеральними добривами забезпечило зростання запасів гумусу в орному шарі на 14,1 т/га.

Ліпшими умовами для збереження та поступового накопичення гумусу відзначалися ділянки з внесенням одинарної дози 160 кг/га NPK + 5 т/га CaCO_3 , а також гною (10 т/га) на фоні вапнування, що позначилося на зростанні вмісту гумусу відносно його вихідного значення за 14 років на 0,52 і 0,42 абсолютних відсотки. Застосування підвищених доз мінеральних добрив на фоні вапнування повною дозою (1,0 Нг) не забезпечило зростання вмісту гумусу у I ротації сівозміни, а на кінець II його вміст достовірно зріс.

Ефективною системою удобрення сірого лісового ґрунту виявилось застосовування 15 т гною на 1 га сівозмінної площі та полуторної дози мінеральних добрив на фоні вапнування повною дозою за гідролітичною кислотністю. Уміст гумусу досяг рівня 2,1 %, що на 0,66 абсолютного відсотка більше ніж у вихідному ґрунті.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Отже, завдяки поповненню органічною речовиною, відбувається підвищення родючості сильно- і середньокислих сірих лісових ґрунтів у результаті їх хімічної меліорації (вапнування). Цей меліоративний захід значно поліпшує фізико-хімічні властивості, сприяє стабільному підвищенню вмісту гумусу в орному шарі, що є запорукою зростання ефективної родючості ґрунту. Тому для збереження набутої в результаті агротехнічних та агрохімічних заходів ефективної родючості, отримання стабільно високих урожаїв хімічна меліорація кислих і вториннопідкислених ґрунтів є необхідною умовою.

РОЗДІЛ 4.

Поживний режим кислих ґрунтів залежно від системи удобрення та вапнування

Поживний режим сірих лісових ґрунтів і вміст елементів живлення у них дуже різноманітний. Перш за все, це значною мірою залежить від генетичних особливостей ґрунту, водного режиму, гранулометричного складу, вмісту гумусу та ін. Так, внаслідок періодично промивного водного режиму у сірих ґрунтах Правобережного Лісостепу України переважає низхідний рух легкорозчинних сполук, серед яких солі кальцію, магнію, азоту та калію, що є необхідними елементами живлення рослин. Вони мігрують у нижні горизонти ґрунту і навіть за його межі, тому сірі лісові ґрунти мало забезпечені цими елементами. Нестача їх призводить до значного зниження врожайності сільськогосподарських культур і робить неможливим ведення ефективного землеробства (на цих землях) без систематичного поповнення елементів живлення. Крім того, засвоєнню рослинами азоту, фосфору та калію також перешкоджають надмірні кількості алюмінію, заліза та марганцю. Забезпеченість ґрунтів валовими формами поживних речовин, зокрема азотом, коливається в орному шарі від 1,0 т/га в дерново-підзолистих глинисто-піщаних і до 15,0 т/га в багатогумусних буроземних ґрунтах.

Реакція ґрунтового середовища є одним з основних показників рівня родючості ґрунту для більшості сільськогосподарських культур, тому що вона є інтегральним показником цілого комплексу властивостей, від якого

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

залежить формування врожаю; вміст доступних для рослин азоту, фосфору, калію, багатьох мікроелементів; рухомість алюмінію, надмірна кількість якого може різко негативно впливати на рослини порівняно з іонами водню; кількісний та якісний склад мікроорганізмів, які населяють ґрунт, продукти метаболізму, які суттєво впливають на продуктивність рослин.

Отже, чим більше містить ґрунт гумусу і валових форм поживних речовин, тим вища його потенційна родючість, але ефективна родючість залежить від вмісту доступних для рослин поживних речовин та сприятливих метеорологічних умов і фактора управління. Тому динаміка форм поживних елементів у ґрунті, їхній вміст і запаси на фоні зміни фізико-хімічних властивостей залежно від системи удобрення та застосування меліорантів визначає ймовірну продуктивність як окремих культур, так і сівозміни в цілому.

4.1. Азот гідролізованих сполук

Азот – один з основних біогенних елементів, необхідних для рослин, тварин і людей. Він входить до складу білків, амінокислот, нуклеїнових кислот та інших речовин, що становлять хімічну основу клітини й основних її органоїдів (клітинних ядер, протоплазми, пластид, хромосом, мембран й інших). Азот входить також до складу хлорофілу, алкалоїдів, фосфатидів, багатьох вітамінів, глікозидів, інших біологічно активних сполук [11, 60]. Слід зазначити, що всі ферменти, які є каталізаторами процесів обміну в рослинах – це білкові речовини. Отже, за недостатнього забезпечення рослин азотом утворюється недостатня кількість білків-ферментів, що призводить до уповільнення процесів біосинтезу, обміну хімічних сполук і зниження інтенсивності фотосинтезу.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

На початку ХХ століття Д.М.Прянішніковим [180] встановлено, що нітратний та аміачний азот для живлення рослин є рівноцінними, але для використання у процесі синтезу органічних азотистих сполук потрібна відновлена форма азоту. За його висловом «довготривало не можна систематично брати у позику з ґрунту азот, нічого не віддаючи йому» [190]. На основі узагальнення світового досвіду Д.М.Прянішніков вважав прийнятним дефіцит азоту у 20 %, або 13,0–14,0 кг/га. Іншими науковцями підраховано, що за рахунок органічних і мінеральних добрив повертається лише третина винесеного азоту врожайми, тому важливим джерелом живлення рослин є азот ґрунту і повітря [11, 46].

У ґрунті азот знаходиться переважно в недоступній рослинам органічній формі, мінерального азоту міститься всього близько 1 % від загального. За впливу біологічних процесів органічний азот частково переходить у легкодоступний іон амонію NH_4^+ та залишок азотної кислоти NO_3^- , які є принципово рівноцінними джерелами живлення рослин азотом. Нормальне живлення рослин аміачною формою азоту відбувається при забезпеченні вуглеводами, нейтральній, або близькій до неї реакції ґрунту і необхідній кількості кальцію та магнію [60, 92, 114, 217].

У конкретних умовах рослини можуть віддавати перевагу тій чи іншій формі азоту. Так, за нейтральної реакції ґрунту перевагу має аміачна форма азоту, а на кислих ґрунтах – нітратна. Неоднаково впливає також склад обмінних катіонів ґрунтового вбирного комплексу. Калій та натрій сприяють засвоєнню нітратів рослинами у ґрунті, кальцій і магній – збільшують використання рослинами аміачного азоту [166].

Засвоєння азоту значно залежить від рівня забезпеченості рослин доступними формами фосфору та калію. На фоні підвищеного вмісту цих елементів у ґрунті, а також за поєднання внесення азотних, фосфорних і калійних добрив

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

використання азоту збільшується завдяки поліпшенню синтезу органічних сполук у рослинах [166, 202, 223, 238].

В історичному аспекті основним фактором підвищення врожайності сільськогосподарських культур протягом багатьох років були азотні добрива. Слід відзначити, що дози азотних добрив визначали за середніми результатами польових дослідів без урахування гранулометричних і фізико-хімічних властивостей ґрунтів, агротехніки та забезпеченості вологою, особливостей поживного режиму конкретного поля. Безпідставне збільшення доз мінеральних добрив в умовах виробництва в окремих випадках призвело до зниження ефективності їх використання та зниження родючості ґрунтів.

Багатьма дослідниками встановлено, що за впливу довготривалого застосування мінеральних добрив, які включають амонійні форми азоту, хлориди калію і суперфосфат, поряд з накопиченням доступних для рослин форм макроелементів відбуваються істотні зміни в складі ГВК: зменшується вміст увібраних кальцію та магнію, місце яких займають водень і алюміній, зростають усі види кислотності – актуальної, обмінної та гідролітичної [56, 74, 157, 202].

Систематичне застосування повного мінерального добрива без вапнування призводить до різкого зниження нітрифікаційної здатності ґрунтів. В окремі роки нітратів накопичувалось у 2,0–2,5 рази менше, ніж у ґрунті без добрив. Дія вапна на процес нітрифікації у ґрунті без добрив була беззаперечно позитивною, незалежно від того, коли його внесли. Унесення вапна до застосування мінеральних добрив дозволяє ліквідувати негативну дію добрив впродовж 25 років [233]. За даними Є.О. Бровкіної [25], за впливу CaCO_3 у ґрунтах підвищується нітрифікаційна здатність, що додатково створює 30–60 кг/га доступного для рослин азоту.

Азот у сірих лісових ґрунтах Правобережного Лісостепу України знаходиться у першому мінімумі серед елементів

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

живлення. Звичайно, рухомі сполуки азоту, зокрема мінеральний азот, не можуть служити надійними показниками суттєвих змін властивостей ґрунту. Їх запаси в основному створюються за рахунок внесених добрив, але значна частина вивільняється з важкодоступних форм самого ґрунту, перш за все, в процесі мінералізації гумусу.

До закладання досліду ґрунт систематично удобрювали, а тому незважаючи на запровадження прийнятого в дослідній справі вирівнювального посіву, він мав дуже строкаті показники вмісту рухомих сполук азоту, фосфору і калію, що до деякої міри ускладнювало отримання достовірних даних зміни поживного режиму залежно від застосування хімічної меліорації та системи удобрення у I ротації сівозміни. Тому увагу було зосереджено на виявленні істотних змін у поживному режимі ґрунту, що інтенсивно обробляється (у процесі якого відбувається неминуче перемішування орного шару) та інтенсивно удобрюється протягом усього 21-річного терміну ведення досліду (табл. 4.1).

Динаміка зміни вмісту сполук є досить показовою щодо характерних змін параметрів азотного режиму у ґрунті за роки його тривалого інтенсивного використання як ріллі. Слід відмітити позитивний вплив підвищених доз гною (15,0 т/га сівозмінної площі) на підвищення вмісту сполук гідролізованого азоту в ґрунті відносно вихідних його значень після I ротації сівозміни (1,5 Гній + 1,5 NPK + CaCO₃ (1,0 Нг), хоча вже в середині II ротації він був на рівні середнього по досліді. Разом з тим, на 14-й рік завдяки тривалішому за часом меліоративному впливу на вбирний комплекс ґрунту полуторної дози CaCO₃ (Гній + 1,5 NPK + CaCO₃ (1,5 Нг) і доломітового борошна (Фон + CaMg(CO₃)₂ (1,0 Нг) уміст гідролізованих сполук азоту в ґрунті цих ділянок був на рівні з тим, де вносили подвійну дозу мінеральних добрив на фоні післядії гною (Гній + 1,5 NPK + CaCO₃ (1,0 Нг) + побічна продукція).

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 4.1 Забезпеченість сірого лісового ґрунту азотом залежно від вапнування та системи удобрення, шар ґрунту 0–20 см

Удобрення	Вміст сполук гідролізованого азоту, мг/кг ґрунту				Зміна вмісту азоту через 21 рік, мг/кг ґрунту, ±	Зміна вмісту, %
	вихідні	7-й рік дії вапна	14-й рік після дії вапна	7-й рік дії повторного вапнування		
Без добрив (контроль)	71,4	64,4	65,8	64,4	-7,0	-10
5 т/га CaCO ₃	72,8	62,0	56,0	76,6	+3,8	+5
160 кг/га NPK	81,2	67,2	63,0	70,0	-11,2	-16
160 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	89,6	62,2	65,8	75,6	-14,0	-19
10 т/га гною + 5 т/га CaCO ₃	77,0	60,2	61,6	72,8	-4,2	-6
10 т/га гною + 160 кг/га NPK – Фон	95,2	67,2	65,8	78,4	-16,8	-21
Фон + 5 т/га CaCO ₃	71,4	64,4	67,2	81,2	+9,8	+14
Фон + 5 т/га CaMg(CO ₃) ₂	95,2	67,2	70,0	78,8	-16,4	-21
Фон + 0,7 т/га CaCO ₃ щорічно у І рогації	79,8	64,4	65,8	70,0	-9,8	-14
Фон + CaCO ₃ (2,5 кг/1 кг N)	74,2	67,2	67,2	67,2	-7,0	-10
Фон + 5 т/га CaCO ₃ пошарово	71,4	58,8	68,6	70,0	-1,4	-2
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	72,8	57,4	67,2	72,8	0	0
10 т/га гною + 320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	75,6	61,6	70,0	70,0	-5,6	-8
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га CaCO ₃	70,0	64,4	70,0	64,4	-5,6	-9
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃ + пл.	100,8	65,8	61,6	67,2	-33,6	-50
побічна продукція	67,2	64,4	57,4	64,4	-2,8	-4
15 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	70,0	91,0	64,4	61,6	-8,4	-14
240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	70,0	67,2	63,0	65,6	-4,4	-7
320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO ₃	67,2	88,2	61,6	67,2	0	0
\bar{X}	77,5	66,6	64,8	70,4		
S \bar{X}	2,3	2,0	0,9	1,3		
V, %	13,2	13,0	6,2	8,0		
S	1,02	0,86	0,40	0,56		
НІР _{0,05}	6,45	5,9	2,7	3,8		

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Доведено, що для підтримання позитивного балансу азоту у сірому лісовому ґрунті необхідно вносити не менше 15,0 т гною та 80,0 кг азоту на 1 га сівозмінної площі в поєднанні з вапнуванням. Застосування вапнякового борошна, а також поєднання дефекату з сапонітом у III ротації дозволяє підтримувати на стабільному рівні родючість ґрунтів, особливо ненасичених основами, підвищувати або стабілізувати вміст елементів живлення у них, раціональніше використовувати азот мінеральних добрив.

Дослідження змін умісту азоту в ґрунті залежно від тривалості дії вапна показало, що на кінець I ротації сівозміни спостерігається деяке його зменшення у всіх ділянках. Зниження вмісту сполук гідролізованого азоту можна пояснити більшим виносом рослинами і консервуючою дією вапна.

Встановлено, що вапнування, проведене повною дозою на фоні органо-мінерального удобрення, не вплинуло на вміст азоту гідролізованих сполук, що пов'язано із вимиванням цього елемента в нижчі шари ґрунту та інтенсивним використанням сільськогосподарськими культурами. Хоча і відмічено деяке його підвищення у ґрунті в окремих ділянках, але воно знаходилося у межах похибки визначень. Проте можна вважати, що позитивна післядія вапна спостерігалася у всіх ділянках, де був внесений меліорант.

У 2012 році спостерігалася помітне збільшення вмісту сполук гідролізованого азоту в усіх удобрених ділянках досліджу, відбулося це як за рахунок добрив, так і внаслідок розкладання органічної маси заораного сидерату і побічної продукції та вивільнення азоту. Певною мірою – за рахунок азотфіксації з повітря бобовими культурами, зокрема конюшиною (2010 р.) як попередником пшениці озимої та перед попередником проса. У 2012 році випала

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

менша кількість опадів за вегетаційний період, що також позначилося на збільшенні вмісту сполук азоту в орному шарі, бо не відбувалося його вимивання у нижчі шари ґрунту.

Таким чином, істотно вплинути на вміст сполук гідролізованого азоту в орному шарі сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту вдалося лише за умови внесення 15,0 т гною та 80,0 кг азоту на 1,0 га сівозмінної площі у поєднанні з вапнуванням. Решта застосованих систем удобрення загалом кардинально не змінювала вміст сполук гідролізованого азоту в гумусово-елювіальному горизонті дослідженого ґрунту.

4.2. Вміст і запаси рухомих та доступних для рослин форм фосфору

Як у формуванні родючості ґрунту, так і в процесах функціонування живих організмів фосфор відіграє дуже важливу роль. У ґрунтах він знаходиться у вигляді мінеральних та органічних сполук, переважно у важкорозчинних формах. Його мінеральні сполуки перебувають у нейтральних ґрунтах у вигляді солей кальцію, у кислих – солей алюмінію, заліза та менше кальцію [60, 83].

Фосфорні добрива, особливо легкорозчинні, після внесення і перемішування з ґрунтом при контакті з його твердою фазою піддаються трансформації, утворюючи сполуки різної розчинності та доступності для рослин. Так, при змішуванні суперфосфату з ґрунтом відбувається різке зниження вмісту його водорозчинної частини і перехід її в оцтовокисло- та солянокислорозчинні форми. Протягом двох тижнів після внесення суперфосфату від 50 до 92 % його водорозчинної форми P_2O_5 переходять у більш важкорозчинні форми, в подальшій взаємодії продовжується зменшення вмісту легкорозчинних форм фосфатів [169, 175,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

224]. Ці зміни відбуваються по-різному, з різною швидкістю у залежності від типу, хімічного та гранулометричного складу ґрунту. Не залишаються ці процеси без впливу на них одночасно внесених азотних і калійних добрив та вапна.

Вимивання фосфатів з орного шару ґрунту і їх переміщення униз по профілю, на думку більшості дослідників, коливаються від 0,2 до декількох кілограмів з 1,0 га в рік. За даними досліджень, у Нечорноземній зоні Росії фосфор практично не вимивається з ґрунту. Як показали дослідження, із темно-сірих опідзолених ґрунтів, навіть за внесення фосфору в дозі 120 кг/га під зернові, вимивання не спостерігалось. Проте на ґрунтах із періодично промивним типом водного режиму, вимивання фосфору можливе. З ґрунтів Чехії річні втрати фосфору шляхом вимивання не перевищують 2,0–3,0 кг/га, причому 5–10 % з них – це фосфор внесених добрив [245].

Відчутні втрати фосфору ґрунту і добрив можуть відбуватися на крупнозернистих піщаних ґрунтах, а також у тому випадку, коли разом із фільтраційною водою вимивається мулиста фракція, і, крім того, за внесення екстремально високих доз фосфорних добрив. При цьому втрати фосфору можуть досягати 10,0–15,0 кг/га [12]. За іншими дослідженнями [255], внесення добрив, як правило, не впливає на кількість фосфору в промивних водах.

За даними лізиметричних дослідів, проведених ученими Німеччини, на лесовидних суглинках в інфільтраті ділянок без добрив і за внесення $P_{120-180}$, $P_{180-240}$, P_{120} у поєднанні з гноем концентрація фосфору коливалась від 0,15 до 0,18 мг/л. У польових умовах за внесення під рослини азотних і повного мінерального добрив з різними дозами поживних речовин концентрація фосфору в інфільтраті також була невисокою, не залежала від доз і видів добрив і коливалась від 0,13 до 0,15 мг/л [259].

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Дослідження польських учених, що проводилися на легких глинисто-піщаних і піщаних ґрунтах, виявили, що вапнування до деякої міри підвищує вимивання фосфору за щорічного внесення добрив і обмежує цей процес за разового внесення більш високих доз поживних речовин. В інших роботах [83] не встановлено посилення міграції фосфору в підорний шар ґрунту і в ґрунтові води за внесення вапна. Якщо на контролі винос фосфору із кореневмісного шару ясно-сірого ґрунту склав 0,5 кг/га, то за внесення NPK і NPK + CaCO₃ – 0,6 кг/га. Використання у дослідях міченого ³²P показало, що вапнування підвищує ефективність суперфосфату на дерново-підзолистих ґрунтах. У вегетаційних дослідях за вапнування ґрунту різними дозами врожайність зерна ячменю підвищувалася від 2,0–2,4 г до 15,1–18,2 г на посудину. На вапнованому ґрунті коефіцієнт використання ячменем фосфорного добрива підвищувався у 5–7 разів і приблизно у 2 рази зменшувалось зв'язування добрив у формі фосфатів алюмінію [252, 256].

За даними, що були отримані в Англії, вапнування значно знижує вимивання фосфору добрив з орного шару ґрунту. Дослідження проводилися з сегментними колонками висотою 25 см. Суперфосфат вносили в дозах 75, 150, 300 та 600 мг фосфору на 1,0 кг ґрунту. З невапнованого піщаного ґрунту (рН_{KCl} нижче 5,0) при дозі фосфору 300 мг/кг вимивалося приблизно 60 % внесеного фосфору. При вапнуванні ґрунту та підвищенні рН_{KCl} до 5,7 і вище вимивалося менше 2 % внесеного фосфору [247]. За даними [134], оптимальні параметри вмісту рухомого фосфору в дерново-підзолистих ґрунтах Полісся України пов'язані з рухомістю його сполук і буферної здатності ґрунтів по відношенню до фосфору.

Також літературні джерела підтверджують, що на вміст фосфорних сполук у ґрунті, крім його властивостей і складу, помітний вплив мають азотні та калійні добрива, що вносяться одночасно, а також сполуки Ca(OH)₂, Ca(HCO₃)₂,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

увібраний Ca^{2+} . На кислих дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах [155] спостерігалось підвищення вмісту фосфору в 2 рази від застосування повної за гідролітичною кислотністю дози вапна. У 1-й рік його дії він підвищився до 4,0 мг/100 г ґрунту проти 1,8 мг на контролі, а на восьмий – до 8,7 мг/100 г проти 3,3 мг. Дослідники [29, 175] відмічали різке збільшення вмісту рухомого фосфору через чотири роки після вапнування (з 4,5 мг до 8,6 мг/100 г ґрунту), але після восьми років дії вапна кількість його знаходилась на рівні контролю, що пов'язано з поступовим підкисленням ґрунту.

Встановлено, якщо у ґрунті переважають фосфати алюмінію й заліза, вапнування сприяє збільшенню вмісту рухомого фосфору. Відбувається це за рахунок перетворення важкорозчинних фосфатів алюмінію і заліза у фосфати кальцію, які в умовах слабокислого середовища доступніші для рослин. У випадках, коли переважають фосфати кальцію або їх стільки, скільки фосфатів алюмінію і заліза, що має місце в опідзолених ґрунтах Лісостепу, фосфор під дією вапна на деякий період стає менш доступним для рослин.

Отже, позитивний вплив вапнування на вміст рухомого фосфору відбувся за рахунок перетворення важкорозчинних фосфатів алюмінію та заліза у фосфати кальцію, які в умовах слабокислого середовища доступніші для рослин. Поступове зниження вмісту рухомого фосфору пов'язане з підкисленням ґрунту раніше вапнованих ділянок.

У дослідженнях Г.А. Мазура [134] оптимальні параметри вмісту рухомих фосфатів у дерново-підзолистих ґрунтах Полісся України пов'язані зі ступенем їх рухомості і буферною здатністю ґрунтів по відношенню до фосфору. Фосфор добрив достатньо інтенсивно мігрує в нижні шари, коли його загальний вміст наближається або перевищує ємність поглинання ґрунту по відношенню до фосфору. Ступінь рухомості фосфатів у гумусово-елювіальному горизонті різних

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

варіантів досліду знаходився в лінійній залежності від фактора ємності і в оберненій залежності від ємності поглинання. Тому оптимальним слід вважати вміст 15–18 мг $P_2O_5/100$ г ґрунту, що відповідає 75 % ємності поглинання супіщаних ґрунтів, за якого не спостерігається істотного вилугування і позитивного ефекту від його підвищення [130].

Разом з тим, літературні джерела підтверджують, що на вміст фосфорних сполук у ґрунті, крім його властивостей і складу, помітний вплив мають азотні та калійні добрива, що вносяться одночасно, а також сполуки $Ca(OH)_2$, $Ca(HCO_3)_2$, увібраний Ca^{2+} . На кислих дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах спостерігалось підвищення вмісту фосфору в 2 рази від застосування повної за гідролітичною кислотністю дози вапна. У перший рік його дії він підвищився до 4 мг/100 г ґрунту проти 1,8 мг на контролі, а на восьмий – до 8,7 мг/100 г проти 3,3 мг. У літературі також відзначалося різке збільшення вмісту рухомого фосфору через чотири роки після вапнування (з 4,5 мг до 8,6 мг/100 г ґрунту), але після восьми років дії вапна кількість його знаходилася на рівні контролю, що пов'язано з поступовим підкисленням ґрунту [29, 175].

Загалом, сформувалася думка, що коли в ґрунті переважають фосфати алюмінію й заліза, вапнування сприяє збільшенню вмісту рухомого фосфору. Відбувається це за рахунок перетворення важкорозчинних фосфатів алюмінію і заліза у фосфати кальцію, які в умовах слабокислого середовища доступніші для рослин. У випадках, коли переважають фосфати кальцію або їх кількість дорівнює вмісту фосфатів алюмінію і заліза, що має місце в опідзолених ґрунтах Лісостепу, фосфор за впливу нейтралізуючої дії вапна на деякий період стає менш доступним для рослин.

Виходячи з вищезазначеного, завданням наших досліджень було визначення впливу нейтралізуючої дії та післядії вапнякових меліорантів і системи удобрення на вміст

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

доступних для рослин рухомих сполук P_2O_5 в орному шарі сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту. Результати досліджень (табл. 4.2) показують, що ґрунт дослідної ділянки мав високий вихідний вміст рухомих фосфатів (220–300 мг/кг ґрунту). Разом з тим, вапнування сприяло його підвищенню, особливо чітко це спостерігалось в кінці I ротації сівозміни в більшості вапнованих ділянках досліді, що пов'язано з насиченням ґрунтового вбирного комплексу обмінними кальцієм та магнієм за рахунок внесених хімічних меліорантів.

У II ротації сівозміни залежно від терміну дії вапна на ґрунт відбувалося згасання його нейтралізуючої дії, починаючи з 10-го року після внесення. При цьому вміст рухомих фосфатів поступово знижувався, особливо у ділянках, де на фоні вапнування вносили органічні та помірні дози мінеральних добрив, але на кінець II ротації вміст фосфору все одно залишався достатньо високим – 250–261 мг/кг ґрунту. Знижувався вміст рухомого P_2O_5 також у ґрунті ділянок, де застосовували підвищені дози мінеральних добрив та гною на фоні вапнування повною дозою за гідролітичною кислотністю. Хоча слід відзначити, що вміст рухомих фосфатів у ґрунті вказаних ділянок не опустився нижче вихідних показників (1992 р.).

Зростаючими темпами відбувалося накопичення рухомих P_2O_5 протягом 14 років лише за умови внесення полуторної дози $CaCO_3$, 10 тонн гною та підвищених доз ($N_{80}P_{80}K_{85}$) мінеральних добрив у розрахунку на 1 га сівозмінної площі. Зростання вмісту рухомих фосфатів в орному шарі відносно вихідних показників на 31 % відбулося на фоні повної нейтралізації ґрунтової кислотності в шарі 0–20 см протягом двох ротацій семипільної сівозміни.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 4.2 Уміст рухомих фосфатів у сірому лісовому ґрунті залежно від вапнування та системи удобрення, шар ґрунту 0–20 см

Удобрення	Вміст P_2O_5 , мг/кг ґрунту				Зміна вмісту, %	
	вихідні	7-й рік дії вапна	зміна вмісту P_2O_5 , ±	14-й рік післядії		зміна вмісту, P_2O_5 , ±
Без добрив (контроль)	223	193	-30	185	-38	-15
5 т/га $CaCO_3$	183	223	40	200	17	16
160 кг/га NPK	267	232	-35	212	-55	-17
160 кг/га NPK + 5 т/га $CaCO_3$	295	276	-19	260	-35	-9
10 т/га гною + 5 т/га $CaCO_3$	295	272	-23	188	-107	-22
10 т/га гною + 160 кг/га NPK – Фон	352	226	-126	224	-128	-36
Фон + 5 т/га $CaCO_3$	226	238	12	250	-24	-3
Фон + 5 т/га $CaMg(CO_3)_2$	257	295	38	259	2	1
Фон + 0,7 т/га $CaCO_3$ щорічно у I ротатії	295	295	0	261	-34	-6
Фон + $CaCO_3$ (2,5 кг/1 кг N)	267	281	14	250	-17	-1
Фон + 5 т/га $CaCO_3$ пошарово	257	370	113	283	26	3
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га $CaCO_3$	332	390	58	300	32	14
10 т/га гною + 320 кг/га NPK + 5 т/га $CaCO_3$	254	281	27	268	14	8
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га $CaCO_3$	235	276	41	340	105	31
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га $CaCO_3$ + П.П	295	294	1	282	-13	-2
лібична продукція	295	223	-72	236	-59	-22
1,5 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га $CaCO_3$	250	271	21	250	0	4
240 кг/га NPK + 5 т/га $CaCO_3$	286	314	18	283	3	4
320 кг/га NPK + 5 т/га $CaCO_3$	260	332	72	282	22	18
\bar{X}	270	278	-	253	-	-
$S_{\bar{X}}$	0,9	1,2	-	0,9	-	-
V, %	14,6	18,2	-	15,6	-	-
S	3,9	5,0	-	4,0	-	-
$HP_{0,95}$	2,7	3,4	-	2,7	-	-

Примітки: У II ротатії сівозміни гній не вносилися.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Поліпшення і підтримання на вищому рівні поживного режиму ґрунту відбулося також за внесення доломітового і вапнякового борошна пошарово та полуторної дози вапна. У цих ділянках, навіть на 14-й рік післядії вапна, вміст рухомого P_2O_5 перевищував вихідні показники і становив відповідно 259, 283, 340 мг/кг ґрунту. З наведених даних видно, що вапнування, особливо підвищеними дозами, незалежно від фону удобрення супроводжується підвищенням вмісту рухомого фосфору.

Разом з тим, проаналізувавши динаміку зміни вмісту рухомих P_2O_5 у ґрунті «тестових» ділянок, можна зробити висновок про значну буферність сірого лісового ґрунту щодо фосфору, оскільки рівень забезпеченості залишався дуже високим. Показники вмісту рухомих фосфатів в орному шарі сірого лісового ґрунту (0–20 см) протягом двох ротацій сівозміни в період максимально ефективної дії та післядії вапна, щорічного застосування прийнятої системи удобрення дозволяють стверджувати, що вміст рухомого P_2O_5 достовірно знизився на 15 % у ґрунті ділянки без застосування добрив та на 22 % у ділянці з використанням як добрива побічної продукції. Істотне зниження вмісту рухомих фосфатів відзначено також за внесення одних лише мінеральних добрив (17 %).

Очевидно, підвищення кислотності, зменшення вмісту обмінних основ, а також винос P_2O_5 з урожаєм є головними причинами зниження вмісту рухомих фосфатів в орному шарі сірого лісового ґрунту. Не виключено, що зниження могло бути спричинене також його вимиванням у підорний шар ґрунту. Крім того, в наших дослідженнях підтверджено відомий факт про підвищення розчинності ґрунтових фосфатів на фоні вапнування слабокислих ґрунтів. У всіх без винятку ділянках, де застосовували повторно внесення вапна на період максимальної дії меліоранту (2010 р.),

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

зафіксовано підвищений уміст рухомих фосфатів порівняно з аналогічними ділянками без вапнування (табл. 4.2). Зміна реакції ґрунтового середовища за впливу хімічної меліорації сприяла у певній мірі переходу важкорозчинних фосфатів у рухомі форми, доступні для рослин.

Застосування як меліоранта композиції дефекату (0,5 і 0,75 дози CaCO_3) і сапоніту 1,5 т/га забезпечило менше зниження вмісту рухомих фосфатів (на 18,0 мг/кг ґрунту) порівняно з унесенням повної дози CaCO_3 у формі дефекату і доломіту та найнижчі в досліді абсолютні зниження забезпеченості орного шару рухомими фосфатами. Не відбулося погіршення фосфорного режиму у ділянці, де застосовували сидерат, побічну продукцію та мінеральні добрива у дозі $\text{N}_{102}\text{P}_{56}\text{K}_{102}$ на 1 га сівозмінної площі, що за інших рівних умов дозволяє рекомендувати таку систему удобрення для забезпечення позитивного балансу рухомих фосфатів у ґрунті.

Можна стверджувати, що повернення в ґрунт нетоварної частини врожаю протягом двох з половиною ротаций сівозміни не дозволяє утримувати вміст рухомого P_2O_5 в орному шарі ґрунту на рівні вихідних показників 1992 р. (295 мг/кг ґрунту). Тут він знизився до 183 мг/кг ґрунту, проте достовірно перевищує вміст рухомих фосфатів у ґрунті ділянки без добрив.

Отже, переважно фосфатний стан сірого лісового ґрунту за інтенсивного землеробства залежав від рівня мінерального удобрення та в меншій мірі від внесення вапна. Позитивний вплив вапнування на вміст рухомих фосфатів відбувається за рахунок трансформації важкорозчинних фосфатів кальцію, алюмінію і заліза у фосфати кальцію різної основності, які в умовах нейтрального середовища є доступнішими рослинам. Негативного впливу вапна на доступність фосфатів не виявлено.

4.3. Вміст і запаси доступних для рослин форм калію

Калій – це один з найважливіших макроелементів мінерального живлення рослин, що відіграє важливу роль в одержанні високих та сталих урожаїв, забезпеченні їх якості. Без нього, як і без азоту та фосфору, неможливий нормальний ріст і розвиток сільськогосподарських культур. Забезпеченість ґрунтів різними формами калію пов'язана з властивостями первинних і вторинних мінералів, особливостями їх трансформації в ґрунті та системою удобрення культур. Склад і властивості мінеральних сполук у ґрунтах, запаси калію у них є визначальними чинниками для правильного й ефективного застосування калійних добрив [60, 150, 170].

З агрономічної точки зору, особливо важливе значення має визначення не загального (валового) калію, а тієї його частини, яка є найбільш рухомою та доступною рослинам. Ця частина складає лише невелику частку вмісту валового калію ґрунту. Найменша кількість калію міститься у ґрунтовому розчині, більше – в обмінній формі: у середньому 0,5 % (від валового) у дерново-підзолистих, 1 % – у сірих лісових, 1,5–2,0 % у чорноземах, 2,0–3,0 % – у каштанових ґрунтах і сіроземах. Найбільше калію у необмінних формах – 2,0–5,0 % від валового, а основна кількість калію (90–95 %) сконцентрована в складі ґрунтового скелета [46, 47, 62].

У процесі живлення рослини засвоюють, перш за все, найбільш рухомі форми, тобто калій ґрунтового розчину та обмінний (через ґрунтовий розчин). У міру розвитку рослин і підвищення здатності засвоювання у процес живлення рослин вступають обмінні форми. У наших дослідженнях увага приділялася визначенню обмінного калію в орному шарі

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

за методом Кірсанова, що рекомендований для визначення калію у кислих ґрунтах.

Про поглинання і рухомість калію у ґрунті в літературних джерелах зустрічаються суперечливі дані. Ґрунти, насичені основами, набагато краще поглинають калій порівняно з кислими. Фіксацію калію ґрунтом посилює органічна речовина: чим більше гумусу, тим більше поглинання, особливо на важких ґрунтах. Різні типи ґрунтів по-різному фіксують унесений з добривами калій. Наприклад, на піщаних ґрунтах фіксація калію проявляється слабо або зовсім не спостерігається. Одні дослідники [60] вказують на високий ступінь закріплення калію ґрунтом, а інші [36, 76] – на велику втрату цього елемента з ґрунту в результаті вимивання. Очевидно, така поведінка калію в ґрунті пояснюється його властивостями та кліматичними умовами, тобто, поглинання та міграція калію в першу чергу залежать від гранулометричного складу ґрунту та кількості опадів, а також форми калійних добрив, що застосовуються в системі удобрення.

Вплив кальцію на калійне живлення рослин був предметом численних досліджень, починаючи з часу встановленого Еренбергом «калійно-вапнякового» закону [252]. Встановлено, що вапнування є важливим чинником поліпшення родючості ґрунту і підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Негативна дія калію на надходження в рослини кальцію також встановлена і не викликає заперечень [67]. Про вплив кальцію на надходження в рослини калію є численні повідомлення, однак у більшості випадків, суперечливі. Одні дослідники переконані в наявності ясно вираженої негативної дії вапна на калійне живлення рослин. Явище антагонізму кальцію відносно калію, на думку цих авторів, проявляється у зниженні рухомості

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

форм калію, що поглинаються [172], зменшенні вмісту водорозчинного калію і фіксації калію в необмінній формі, що веде до зниження надходження калію в рослини [172].

У досліджах В.Г. Мінеєва, І.К. Панкова [151] встановлено підвищення ефективності калійних добрив на вапнованих ґрунтах. Адже вапнування дерново-підзолистого ґрунту, за їх даними, спричиняє посилення фіксації калію порівняно з невапнованими варіантами, а перехід калію з необмінної форми в обмінну відбувається повільніше, ніж у кислому середовищі. Це зумовлює необхідність унесення калію з добривами, бо за вапнування потреба рослин в ньому збільшується. Крім того, вапнування покращує азотно-фосфорне живлення, особливо в перші роки після внесення вапна, та зменшує доступність калію рослинам, унаслідок надмірної кількості кальцію, що викликає необхідність у внесенні підвищених доз калійних добрив, особливо під рослини, які є чутливими – «калієфіли».

Дослідженнями М.П. Шкель і Р.Д. Андрюшиної виявлено, що вапнування сприяло підвищенню рухомості калію у ґрунті, збільшувало доступність його рослинам. Перехід калію з однієї форми в іншу посилюється при підвищенні рН і при надлишку іонів Ca^{2+} у ґрунтовому розчині. Внесення вапна помірними дозами, що не викликають різкої зміни реакції ґрунтового розчину до нейтральної, не сприяє фіксації калію ґрунтом, а навпаки, за цих умов рухомість K^+ підвищувалася, можливо, внаслідок витіснення іонів K^+ іонами Ca^{2+} з ґрунтового вбирного комплексу. А дослідники Т.М. Кулаковська, І.М. Богдевич пояснюють ефективність калію у живленні рослин при зміщенні реакції у бік нейтральної, встановленням у ґрунті більш оптимальних співвідношень між калієм і кальцієм [118, 120].

У наукових виданнях є також ряд свідчень про те, що

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

вапнування не є фактором вирішального впливу на калійний режим ґрунту. Про це стверджують у своїх роботах Є.І. Іванова [84], С.А. Тулін [214], В.М. Шорін [235] та інші. Погіршення калійного живлення рослин на фоні вапнування пояснюється тим, що калій необмінно поглинається ґрунтовими колоїдами [74].

Про погіршення калійного живлення рослин за внесення карбонату кальцію та підвищення ролі калійних добрив у сівозмінах при вапнуванні вказували також В.А. Величко [30], Л.М. Жукова [74], В.М. Шорін [235]. Інші автори заперечують існування антагонізму кальцію та калію, а випадки зниження надходження калію в рослини називають «псевдоантагонізмом» і пояснюють дуже великим перевищенням вмісту кальцію над калієм у поживному середовищі.

Було відмічено, що до закладання досліду ґрунт систематично удобрювали, і в кожній ділянці був зафіксований певний рівень доступних поживних елементів. У цілому він був дуже контрастним і свідчив про використання високих доз калійних добрив на земельній ділянці перед закладанням досліду. Достовірні зміни поживного режиму залежно від застосування хімічної меліорації виявилися незначними. Переважно поживний режим ґрунту залежав від рівня мінерального удобрення і в меншій мірі від внесення вапна.

Аналізуючи отримані результати досліджень (табл. 4.3), слід відмітити, що вміст рухомого калію в орному шарі значно знизився відносно вихідних показників. Калійний режим живлення на ділянках з вапнуванням був сприятливий, але кількість рухомого калію майже на всіх фонах удобрення дещо зменшилася, особливо чітко це спостерігалось на кінець I ротації сівозміни.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 4.3 Уміст рухомого калію у сірому лісовому ґрунті залежно від системи удобрення та вапнування, шар ґрунту 0–20 см

Удобрення	K ₂ O, мг/кг ґрунту				Зміни вмісту K ₂ O через 19 років, мг/кг ґрунту, ±	Зниження вмісту, %
	вихідні	7-й рік дії вапна	14-й рік післядії	на 5-й рік дії повторного вапнування		
Без добрив (контроль)	119,5	107,5	54,0	52,5	-67	56
5 т/га СаСО ₃	105,0	78,5	62,5	57,5	-48	46
160 кг/га NPK	175,0	129,5	59,0	59,0	-116	66
160 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	249,6	97,0	62,0	60,0	-190	76
10 т/га гною + 5 т/га СаСО ₃	170,5	76,5	42,5	52,5	-118	69
10 т/га гною + 160 кг/га NPK – Фон	192,5	95,0	68,5	70,0	-123	64
Фон + 5 т/га СаСО ₃	85,0	79,5	65,0	75,0	-8	9
Фон + 5 т/га СаMg(CO ₃) ₂	88,5	95,0	60,2	70,0	-19	21
Фон + 0,7 т/га СаСО ₃ щорічно у I рогації	151,5	86,5	62,5	77,5	-74	49
Фон + СаСО ₃ (2,5 кг/1 кг N)	154,0	85,5	58,5	62,5	-92	60
Фон + 5 т/га СаСО ₃ пошарово	120,0	105,3	70,5	77,5	-43	36
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	144,0	91,0	73,5	70,0	-74	51
10 т/га гною + 320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	96,5	104,0	73,5	77,5	-19	20
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га СаСО ₃	96,5	90,0	81,3	76,3	-20	21
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + Пп	178,0	134,8	62,0	62,5	-116	65
побічна продукція	134,0	64,0	39,5	47,5	-87	65
15 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	92,5	85,5	62,0	62,5	-30	32
240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	100,0	77,5	78,5	70,0	-30	30
320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	136,5	103,0	118,3	81,3	-55	40
\bar{X}	136,3	94,0	66,0	66,5		
$S\bar{x}$	0,99	0,40	0,38	0,23		
V, %	31,8	18,7	24,9	15,1		
S	4,34	1,76	1,65	1,01		
НІР ₀₅	2,95	1,20	1,12	0,69		

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Отже, отримані результати не дають однозначної відповіді щодо впливу вапнування й удобрення на калійний режим сірого лісового ґрунту. Як свідчать результати досліджень, вапнування, проведене повною дозою із застосуванням помірних доз мінерального удобрення, істотно не вплинуло на вміст K_2O , що, очевидно, пов'язано з існуючим антагонізмом між кальцієм і калієм, вимиванням в нижчі шари ґрунту та інтенсивним використанням і відчуженням з сільсько господарськими культурами. Відзначено деяке підвищення його вмісту в ґрунті в окремі роки досліджень, але воно не вийшло за межі похибки визначень.

Відомо, що для оцінювання визначення ефективної родючості особливо важливе значення має визначення тієї частини калію, яка є найбільш рухомою і доступною для рослин. Основна кількість калію (90–95 %) сконцентрована в складі ґрунтового скелета, 0,5–5,0 % від валового вмісту це рухомі форми калію, і ще менше його в ґрунтовому розчині. Рослини в процесі живлення засвоюють, перш за все, найрухоміші форми калію.

Аналіз результатів умісту рухомого K_2O в орному шарі сірого лісового ґрунту за умови повної відсутності будь-якого удобрення протягом 19 років дає можливість говорити про значне погіршення калійного живлення культур сівозміни. Уміст рухомого калію зменшився удвічі порівняно з вихідними показниками (119,5 мг/кг ґрунту) і стабілізувався на рівні 50,0–52,5 мг/кг ґрунту, що відповідає за рівнем забезпечення низькому вмісту для зернових культур і дуже низькому для просапних.

Застосування нетоварної частини врожаю протягом двох з половиною ротацій плодозмінної сівозміни та її доповнення мінеральною системою удобрення в III ротації не забезпечило істотної зміни вмісту рухомого K_2O в орному шарі порівняно

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

з контролем та ділянками без заорювання в ґрунт побічної продукції. Після аналізу результатів досліджень за ділянками досліду слід відзначити, що вміст рухомого калію в ґрунті у переважній більшості залежав від системи удобрення. Проте, порівнюючи ділянки, де не проведено вапнування з вапнованими ділянками, слід відмітити, що вони мали сприятливіший калійний режим. Так, при застосуванні мінеральних добрив протягом 5-ти років, що накладалося на внесену повну дозу CaCO_3 уміст обмінного K_2O був дещо вищим ніж у ґрунті невапнованого аналогу.

Внесення підвищених доз мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням дозволило підтримувати вміст рухомого калію в орному шарі ґрунту на найвищому в досліді рівні 80–90 мг/кг ґрунту, а в рік вирощування кукурудзи навіть 100–140 мг/кг ґрунту. Разом з тим, у 2010 році в рік вирощування конюшини, під яку добрива за схемою досліду не вносяться, відмічено зниження вмісту рухомого калію, що вказує на значну залежність стабільності калійного режиму ґрунту від застосування калійних добрив.

Як показали дослідження, внесений сапоніт позитивно впливав на вміст рухомого калію в ґрунті. Уміст у сапонітах калію в межах 1,7 % зумовив надходження в ґрунт 25,5 кг/га K_2O , що сприяло додатковому збільшенню в ґрунті рухомого калію. Достовірне підвищення вмісту K_2O в ґрунті відзначено у ділянках із застосуванням 1,5 т/га сапоніту як доповнення до неповних доз CaCO_3 , що пов'язано також з надходженням невеликої кількості K_2O з сапонітом та запобіганням його втрат з добрив шляхом обмінного поглинання сапонітом.

Позитивний вплив сидерату на калійний режим сірого лісового ґрунту однозначно зафіксований у ділянках досліду, де система удобрення не включала мінеральних добрив взагалі. Приорювання 15 і 16 т/га зеленої маси конюшини

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

другого укосу забезпечило підвищення вмісту рухомого K_2O в ґрунті у вказаних ділянках на 24 і 20 % відповідно. Разом з тим, достовірне покращення поживного режиму відносно калію відмічено у ґрунті ділянок, де дія сидерата поєднувалася з внесенням помірних доз мінеральних добрив (160 кг/га НРК сівозмінної площі) на фоні наростаючої меліоративної дії різних композицій вапнякових меліорантів, уміст рухомого калію загалом зріс на 7–24 %. Проте внесення підвищених доз мінеральних добрив сумісно з побічною продукцією на фоні хімічної меліорації і сидерації не сприяло поліпшенню калійного режиму, приріст або зниження вмісту K_2O у ґрунті ділянок був у межах похибки.

Погіршення калійного режиму ґрунту в III ротації сівозміни відбулося за внесення підвищених доз мінеральних добрив на фоні вапнування повною дозою за гідролітичною кислотністю без сидерації та з відчуженням побічної продукції з поля. Окремо слід виділити ділянку, де досліджували дію високих доз $CaCO_3$ на трансформацію калію в ґрунті. Повторне вапнування полуторною дозою карбонату кальцію нейтралізувало реакцію ґрунтового середовища зі зміщенням у бік лужного середовища, що, очевидно, і стало причиною зменшення кількості доступного для рослин калію в ґрунті на 5,0 мг/кг ґрунту.

Отже, загалом калійний режим сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту, який малозабезпечений рухомими формами калію в основному поліпшується за рахунок застосування підвищених доз мінеральних добрив та вапнування, а негативної дії $CaCO_3$ на вміст і рухомість сполук калію, в ґрунті не виявлено. Покращання калійного режиму за використання сірого лісового ґрунту в системі інтенсивного землеробства може здійснюватися за рахунок внесення сапоніту, повернення в ґрунт нетоварної частини врожаю та системного використання сидерації протягом ротації сівозміни.

РОЗДІЛ 5.

Продуктивність агроценозу залежно від системи удобрення та вапнування кислих ґрунтів

Раціональне використання земельних ресурсів і проблема родючості ґрунтів залишається однією з найактуальніших у сучасному землеробстві, адже за останні роки кількість внесених мінеральних і органічних добрив не відповідає вимогам законів землеробства, що зумовило від'ємний баланс всіх елементів живлення, дефіцит якого в середньому за сумою NPK становить 100–120 кг/га щорічно. Майже не проводиться хімічна меліорація кислих і засолених ґрунтів. Тривалий спад сільськогосподарського виробництва та помітне зниження родючості основних типів ґрунтів змушує шукати нові шляхи для більш повного і раціонального використання природного потенціалу родючості ґрунтів.

Технологічні аспекти розширеного відтворення і більшою мірою збереження родючості ґрунтів повинні базуватися на відомих, попередньо встановлених оптимальних параметрах речовинного складу, функціональних властивостей і режимів кожного типу ґрунту, за яких його потенціальна родючість стабільно реалізується в продуктивності сільськогосподарських культур. Відповідно до рівня біологічного потенціалу родючості ґрунтів та вимог ринкової економіки формується спеціалізація землеробства, спрощуються сівозміни, відповідно змінюється структура посівних площ, особливо з урахуванням не завжди доцільного для підтримання ґрунтової родючості вирощування

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

конкурентоздатної продукції. Тому перегляд і вдосконалення засобів раціонального використання природного потенціалу родючості ґрунтів є актуальними з точки зору вирішення проблеми спеціалізації сільськогосподарського виробництва в сучасних умовах та забезпечення стабільної продуктивності агроценозів.

В основу наших досліджень покладено результати аналізу продуктивності сільськогосподарських культур у тривалих стаціонарних дослідях і виробничих умовах у зоні Полісся і Правобережного Лісостепу на різних типах ґрунтів. Зроблено спробу визначити агропотенціал природної і ефективної родючості ґрунтів елювіального (дерново-підзолисті, сірі лісові) і акумулятивного (чорноземи) типів ґрунтоутворення за врожайністю культур у типових сівозмінах зазначених природно-сільськогосподарських зон.

Оцінка агропотенціалу ґрунтів, що перебувають в інтенсивному обробітку. Природна родючість будь-якого ґрунту може бути точно визначена тільки в результаті систематичних, багаторічних обліків біологічного урожаю (накопичення сухої біомаси) на цілинній ділянці – це аксіома. У системі землеробства за умови антропогенного втручання, а саме інтенсивного обробітку і щорічного відчуження частини біологічного урожаю, визначити рівень природної родючості ґрунту важче. Виходячи з цього, умовний природний потенціал родючості ґрунтів визначено за величиною врожайності сільськогосподарських культур у тривалих стаціонарних дослідях на контрольних варіантах, де тривалий період не застосовували добрив, хімічних меліорантів та інших способів регулювання родючості.

Наведено середню продуктивність сільськогосподарських культур на основних типах ґрунтів, отриману в агроценозах контрольних варіантів без добрив, на основі чого визначено умовний природний потенціал родючості ґрунтів, який на

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

чорноземах типових Правобережного Лісостепу становить 4,20 т/га зернових одиниць (табл. 5.1).

Продуктивність пріоритетних культур для ґрунтово-кліматичної зони на чорноземі типовому прийнято за 100 %, від якої розраховано умовний біопотенціал кожного ґрунту. У результаті прогнозовано отримали дещо нижчі біопотенціали родючості, що можуть забезпечити чорноземи опідзолені, темно-сірі опідзолені та сірі лісові ґрунти за інтенсивного обробітку – 90, 85 і 80 % від рівня родючості вище вказаного чорнозему типового.

Дерново-підзолисті ґрунти зони Полісся за продуктивністю культур мають найнижчу природну родючість у виробничих умовах – 1,74 т/га на супіщаних відмінах і 0,99 т/га з. од. на глинисто-піщаних. Біологічний потенціал родючості цих ґрунтів становить відповідно 46 % і 26 % від узятих за еталон (умовно) чорноземів типових.

Така низька природна родючість легких за гранулометричним складом дерново-підзолистих ґрунтів в агроценозі зумовлена незадовільними фізико-хімічними і агрохімічними властивостями. Зокрема низьким умістом гумусу (0,5–0,8 %) і поживних речовин, кислою реакцією ґрунтового розчину (pH_{KCl} 4,5–5,0), а також несприятливим водним режимом у період вегетації сільськогосподарських культур.

Отже, аналіз природного потенціалу різних за генезою типів ґрунтів, що інтенсивно використовуються в землеробстві, проведений у різних агроґрунтових умовах Полісся та Лісостепу, показав, що природна родючість дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтів відзначається низьким рівнем продуктивності сільськогосподарських культур. Тому їх використання в інтенсивному землеробстві, особливо з урахуванням перманентної деградації ґрунтового покриву в цілому, повинно базуватися переважно на розширеному відтворенні родючості.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 5.1 Урожайність сільськогосподарських культур на варіанті без застосування добрив у довготривалих дослідках на основних типах ґрунтів Правобережного Лісостепу і Полісся України, т/га

Культура	Лісостеп					Полісся	
	ґрунт					дерново-слабо-листяний гіллястий	дерново-слабо-листяний суцільний
	чорнозем типовий середньо-суглинковий	чорнозем опідзолений маломумусний середньо-суглинковий	темно-сірий опідзолений пилувато-легко-суглинковий	сірий лісовий крупнопилювато-легкосуглинковий	дерново-слабо-листяний суцільний		
Кукурудза на силос	25,77	24,0	-	14,3	22,0	10,2	
Пшениця озима	3,87	3,63	3,46	3,40	1,60	0,91	
Буряки цукрові	21,78	19,60	22,50	16,0	-	-	
Ячмінь ярий	2,83	2,63	2,14	2,80	1,44	-	
Кукурудза на зерно	4,94	3,38	3,93	-	-	-	
Овес	2,53	-	2,60	-	-	1,03	
Соя	2,65	2,45	1,91	1,68	-	-	
Горох	2,42	2,24	2,46	-	-	-	
Жито озиме	-	2,95	-	-	1,84	1,39	
Люпин на силос	-	-	-	-	26,9	10,3	
Конюшина на зелений корм	-	-	-	-	7,3	2,9	
Картопля	-	-	-	-	5,1	2,4	
Продуктивність пріоритетних культур, т/га зернових одиниць	3,77	3,41	3,21	3,00	1,74	0,99	
Умовний природний потенціал родючості, %	100	90	85	80	46	26	

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

На основі узагальнених даних середньої врожайності на контрольних варіантах без добрив визначено умовний потенціал основних сільськогосподарських культур на Поліссі та в Лісостепу України. Встановлено, що умовний природний агропотенціал родючості, визначений за середньою продуктивністю сільськогосподарських культур, без застосування добрив у зоні Полісся становить 2,44 т/га, а в зоні Лісостепу – 3,16 т/га зернових одиниць (табл. 5.2, 5.3). Ця середня продуктивність взята за 100 %, і від неї розраховували потенціал кожної культури.

Таблиця 5.2 Потенціал продуктивності сільськогосподарських культур у Правобережному Лісостепу та Поліссі України за вирощування без добрив

Культура	Зона досліджень			
	Полісся		Лісостеп	
	без добрив			
	продуктивність, т/га з. од.	умовний агропотенціал, %	продуктивність, т/га з. од.	умовний агропотенціал, %
Буряки цукрові	–	–	5,85	185
Кукурудза на силос	4,76	195	4,93	156
Пшениця озима	2,45	100	3,10	98
Жито озиме	1,73	71	1,55	49
Багаторічні трави (сіно)	2,59	106	2,00	63
Ячмінь ярий	2,34	96	2,96	94
Картопля	4,75	195	3,65	116
Соя	–	–	3,91	124
Горох	1,93	79	2,28	72
Кукурудза на зерно	–	–	4,14	131
Просо	–	–	2,71	86
Гречка	0,91	37	1,28	41
Соняшник	–	–	2,73	86
Овес	1,18	48	–	–
Льон-довгунець	1,73	71	–	–
У середньому	2,44	100	3,16	100

У зоні Полісся за низького природного потенціалу родючості ґрунтів найефективніше його використовують картопля

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

і кукурудза на силос (195 %), а також багаторічні трави (106 %) та пшениця озима (100 %), решта культур використовує його від 37 до 96 %. У Лісостепу ґрунтовий покрив має значно вищий природний потенціал, що підтверджується урожайністю сільськогосподарських культур за умови їх вирощування без агрохімічного впливу на ґрунт. На першому місці за ефективністю його використання знаходяться буряки цукрові (185 %), далі йдуть кукурудза на силос і зерно (156 і 131 %) і пшениця озима (98 %), решта сільськогосподарських культур використовують його від 41 до 94 %.

Таблиця 5.3 Природний і досягнутий рівні агропотенціалу сільськогосподарських культур Полісся та Лісостепу України, т/га з. од.

Культура	Без добрив (контроль)				Оптимальний фон удобрення	
	Полісся		Лісостеп		Полісся	Лісостеп
	продуктивність, т/га з. од	умовний агропотенціал, %	продуктивність, т/га з. од	умовний агропотенціал, %	продуктивність, т/га з. од	продуктивність, т/га з. од
Пшениця озима	2,45	100	3,10	98	3,27	3,67
Жито озиме	1,73	71	1,55	49	2,70	2,38
Кукурудза на зерно	–	–	4,14	131	–	4,89
Ячмінь ярий	2,34	96	2,96	94	3,17	3,40
Соя	–	–	3,91	124	–	4,50
Горох	1,93	79	2,28	72	3,17	2,51
Овес	1,18	48	–	–	2,12	–
Просо	–	–	2,71	86	–	3,06
Гречка	0,91	37	1,28	41	1,38	1,48
Соняшник	–	–	2,73	86	–	2,95
Буряки цукрові	–	–	5,85	185	–	7,62
Кукурудза на силос	4,76	195	4,93	156	5,99	5,81
Картопля	4,75	195	3,65	116	5,85	4,38
Льон-довгунець (соломка)	1,73	71	–	–	2,35	–
Багаторічні трави (сіно)	2,59	106	2,0	63	3,34	2,54
У середньому	2,44	100	3,16	100	3,32	3,78

Примітка: оптимальний фон удобрення – рівень, за якого отримана найвища врожайність.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Встановлено, що на Поліссі з набором типових для зони культур сівозміни потенціал продуктивності озимої пшениці на удобреному фоні підвищується проти ділянки без добрив на 33 %, кукурудзи на силос – 26, жита озимого – 56, картоплі – 23, льону-довгунця (соломка) – 36, багаторічних трав – 29 і ячменю ярого – на 55 %. У лісостеповій зоні ефективність добрив дещо нижча, що пов'язано з високою природною родючістю ґрунтів цієї зони. Продуктивність культур на удобреному фоні проти контролю підвищується: буряків цукрових на 30 %, озимої пшениці, кукурудзи на силос і зерно – 18, ячменю ярого – 15, гороху – 10 і багаторічних трав – на 27 %.

Таким чином, визначений агропотенціал основних культур, що вирощуються у сівозмінах на ґрунтах елювіального і акумулятивного типу ґрунтоутворення на Поліссі та в Лісостепу, дозволяє вносити корективи при розробленні проектів землеустрою та формуванні короткоротаційних сівозмін у сучасних умовах господарювання. Слід зазначити, що умовний агропотенціал може змінюватися за рахунок інтенсивного агрохімічного впливу та створеної в результаті цього додаткової ефективної родючості ґрунту, яка може істотно впливати на продуктивність більшості сільськогосподарських культур в обох ґрунтово-кліматичних зонах.

Отже, ефективна родючість ґрунтів, визначена за продуктивністю сільськогосподарських культур, є основним критерієм для встановлення агропотенціалу родючості ґрунтів. На нього слід орієнтуватись при вдосконаленні існуючих принципів використання сільськогосподарських угідь і трансформації їх структури в сучасних умовах.

Порівняльна оцінка ефективної родючості основних типів ґрунтів. Визначення потенціалу ефективної родючості і його оцінки на різних типах ґрунтів проведено з врахуванням кліматичних умов, зміни фізико-хімічних і агрохімічних властивостей під впливом застосування добрив та інших засобів

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

хімізації, а також пов'язаної з цими змінами продуктивності основних сільськогосподарських культур у типових сівозмінах на переважаючих типах ґрунтів у тривалих стаціонарних дослідах і виробничих умовах зони Полісся та Правобережного Лісостепу.

Продуктивність сільськогосподарських культур у сівозмінах на ділянках без добрив отримана регіональними науковими установами, що ведуть дослідження на основних типах ґрунтів. Для точнішого визначення умовного природного потенціалу родючості ґрунтів, що інтенсивно експлуатуються в системі землеробства, було взято продуктивність 1,0 га сівозмінної площі (табл. 5.4). Вказану продуктивність у зернових одиницях узято за 100 %, від неї розраховано приріст від системи удобрення кожного ґрунту за рівності інших умов (обробіток, сівозміна, сорт, захист рослин).

Дерново-підзолисті ґрунти зони Полісся, узяті для розрахунків за продуктивністю культур, мають найнижчу природну родючість, яка за відповідного обробітку ґрунту, насінництва, захисту рослин становить близько 2,50 т/га на супіщаних відмінах і майже 1,7 т/га зернових одиниць – на глинисто-піщаних ґрунтах. Умовний біологічний потенціал родючості цих ґрунтів становить відповідно 50 і 30 % від продуктивності чорноземів типових, узятої для виконання розрахунків.

Низька «природна» родючість дерново-підзолистих ґрунтів зумовлена незадовільними фізико-хімічними й агрохімічними властивостями, зокрема низьким умістом гумусу (0,5–0,8 %) і поживних речовин, кислою реакцією ґрунтового розчину (pH_{KCl} 4,5–5,0), а також несприятливим водним режимом. Отже, як показали дослідження, проведені в різних частинах зони Полісся, природна родючість орних дерново-підзолистих ґрунтів знаходиться на дуже низькому рівні. Її відтворення в системі землеробства повинно базуватися на розширеному типі цього процесу.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 5.4 Продуктивність типових агроєкосистем на основних типах ґрунтів Полісся та Правобережного Лісостепу за різного агрохімічного навантаження

Удобрення	Загальна продуктивність культур, т/га з. од.	Внесено на 1 га за ротацію сівозміни (т, кг д. р.)					Приріст від удобрення, %
		ґній	вапно	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
чорнозем вилугуваний глибокий малогумусний середньосуглинковий (Білоцерківська ДСГДС, Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН)							
без добрив	3,39	–	–	–	–	–	100
помірний фон	5,75	9,0	–	54,0	72,0	72,0	170
підвищений фон	6,16	9,0	–	135	43,0	92,0	182
чорнозем типовий малогумусний крупнопилувато-середньосуглинковий (ТОВ «Маяк» Таращанського району, Київської області)							
без добрив	3,08	–	–	–	–	–	100
помірний фон	5,14	15,0	–	96,0	60,0	67,0	167
підвищений фон	6,32	15,0	–	106	72,0	81,0	205
чорнозем опідзолений малогумусний середньосуглинковий (Уманський національний університет садівництва)							
без добрив	2,96	–	–	–	–	–	100
помірний фон	4,93	12,0	–	60,0	90,0	48,0	166
підвищений фон	5,16	13,0	–	67,0	101	54,0	174
чорнозем опідзолений малогумусний середньосуглинковий (Хмельницька ДСГДС, Інституту кормів і сільського господарства Поділля НААН)							
без добрив	3,01	–	–	–	–	–	100
помірний фон	5,13	15,0	–	65,0	65,0	60,0	170
підвищений фон	5,32	10,0	–	110	95,0	90,0	177
темно-сірий опідзолений пилувато-легкосуглинковий (ННЦ «Інститут землеробства НААН»)							
без добрив	3,03	–	–	–	–	–	100
помірний фон	5,15	12,5	1,5	46,8	45,0	60,6	169
підвищений фон	5,59	12,5	1,5	86,5	103,4	130,3	184
сірий лісовий крупнопилувато-легкосуглинковий (ННЦ «Інститут землеробства НААН»)							
без добрив	2,68	–	–	–	–	–	100
помірний фон	5,03	10,0	0,9	80,0	80,0	84,0	148
підвищений фон	5,22	10,0	1,9	160	160	168	195
ясно-сірий лісовий крупнопилувато-легкосуглинковий поверхнево-оглеєний (Інститут с.-г. Карпатського регіону НААН)							
без добрив	1,75	–	–	–	–	–	100
помірний фон	4,13	13,0	0,7	77,0	77,0	82,0	162
підвищений фон	5,20	20,0	0,7	100	100	110	107

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Продовження таблиці 5.4

Удобрення	Загальна продуктивність культур, т/га з. од.	Внесено на 1га за ротацію сівозміни (т, кг д. р.)					Приріст від удобрення, %
		ґній	вапно	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
дерново-слабопідзолистий супіщаний (Рівненська ДСГДС, Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН)							
без добрив	2,47	–	–	–	–	–	100
помірний фон	4,48	20,0	0,3	60,0	68,0	75,0	181
підвищений фон	4,75	20,0	0,7	90,0	102	112	192
дерново-підзолистий середньопідзолистий супіщаний (Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН)							
без добрив	2,02	–	–	–	–	–	100
помірний фон	3,76	10,0	0,7	15,0	30,0	30,0	186
підвищений фон	4,77	20,0	0,7	45,0	45,0	45,0	236
дерново-середньопідзолистий супіщаний (Чернігівська ДСГДС, Інституту сільськогосподарської мікробіології НААН)							
без добрив	2,66	–	–	–	–	–	100
помірний фон	5,06	12,0	1,4	75,0	90,0	80,0	190
підвищений фон	5,28	12,0	1,4	90,0	120	95,0	198
дерново-середньопідзолистий супіщаний (ННЦ «Інститут землеробства НААН»)							
без добрив	2,03	–	–	–	–	–	100
помірний фон	5,10	10,0	0,7	51,0	51,0	56,0	251
підвищений фон	5,05	10,0	1,1	102	10	112	248
дерново-слабопідзолистий глинисто-піщаний (ННЦ «Інститут землеробства НААН»)							
без добрив	1,35	–	–	–	–	–	100
помірний фон	3,68	17,1	0,3	78,6	78,6	92,9	272
підвищений фон	3,47	28,6	4,6	78,6	78,6	92,9	257

Разом з тим, слід відзначити, що у зоні Полісся з невисоким умовно природним потенціалом родючості ґрунтів найефективніше використовують природний потенціал ґрунтового покриву картопля, кукурудза на силос, багаторічні трави та озима пшениця. Решта проаналізованих сільськогосподарських культур використовує його неповно, орієнтовно на рівні 40 до 90 %.

У Лісостепу ґрунтовий покрив має значно вищий умовний природний потенціал, про що свідчить вища продуктивність

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

сільськогосподарських культур. За ефективністю його використання найкраще себе проявляють буряки цукрові, кукурудза на силос і зерно, пшениця озима, решта культур використовують його від 41 до 95 %. Природна родючість та створена частина родючості за рахунок матеріальних вкладень у вигляді ефективної істотно змінюють ці співвідношення в обох зонах.

У зоні Полісся, за низької природної родючості ґрунтів і їх незадовільних фізико-хімічних властивостей, створена за рахунок матеріальних вкладень частина родючості значно вища, ніж на чорноземних ґрунтах. Тому, порівнюючи потенціал ефективної родючості ґрунтів за продуктивністю сільськогосподарських культур у сівозміні, за тим можна зробити висновок, що віддача вкладених коштів зростає в міру застосування засобів хімізації і залежить від природної родючості ґрунтів.

З методичної точки зору при визначенні частки впливу системи удобрення за основу брали продуктивність контрольних варіантів у дослідях на різних типах ґрунтів та їх відмінах і порівнювали з удобреними варіантами за помірного та високого рівнів удобрення. Продуктивність сівозміни для приведення до спільного знаменника виражена в тоннах зернових одиниць з одного гектара.

У зоні Правобережного Лісостепу на чорноземах типових, при застосуванні середнього рівня удобрення (9 т/га гною + $N_{54}P_{72}K_{72}$ на 1 га сівозмінної площі), ефективна родючість цих ґрунтів зростає в 1,7 рази, а при високому рівні удобрення – в 1,8–2,0 рази. Приріст від системи удобрення становить відповідно 70 і 82 % проти контрольної ділянки. На чорноземах опідзолених малогумусних середньосуглинкових, за використання різних систем удобрення, потенціал ефективної їх родючості проти контролю збільшився на 66–70 % при середньому рівні удобрення та на 74–77 % – при високому.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

При застосуванні добрив та інших засобів хімізації на темно-сірих опідзолених ґрунтах приріст проти контрольної ділянки був на рівні 69 % за помірних доз добрив та 84 % при високій їх дозі. Сірі-лісові крупнопилувато-легкосуглинкові ґрунти мають значно нижчий природний потенціал родючості порівняно з чорноземними ґрунтами. Вплив системи удобрення на цих ґрунтах збільшується при середньому та високому рівнях удобрення відповідно на 62–88 і 95–104 % відносно ділянки без застосування системи удобрення і вапнування.

Дерново-середньо- і слабопідзолисті супіщані ґрунти за своєю природною родючістю значно поступаються чорноземним ґрунтам, тому вкладені ресурси дають найвищу віддачу. Біологічний потенціал їх родючості на контролі становить до 70 % від природної продуктивності чорнозему типового.

Потенціал ефективної родючості цих ґрунтів за інтенсивного рівня застосування хімізації зростає порівняно з контролем на 81–151 і 92–148 % відповідно. Така висока частка впливу системи удобрення та інших засобів хімізації зумовлена значно нижчою природною родючістю цих ґрунтів відносно чорноземів типових, а застосування засобів хімізації дає досить високий ефект.

Дерново-слабопідзолисті глинисто-піщані ґрунти мають найнижчий потенціал природної родючості. Звідси загальна продуктивність культур сівозміни на контролі не перевищує 1,7 т/га з. од., а умовний природний потенціал родючості становить 40 % від потенціалу чорнозему типового. За інтенсивного застосування добрив і спеціальних агрозаходів (глинування, вапнування, екранування і ін.) продуктивність цих ґрунтів може зростати на 110–123 % проти контролю, але для цього необхідно витратити найбільше ресурсів, щоб її підвищувати і підтримувати на досягнутому рівні, а це не завжди буває економічно виправданим. Тому без застосування

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

спеціальних агрозаходів ці ґрунти недоцільно використовувати як орні землі. Їх слід виводити з ріллі і використовувати як природні кормові угіддя або відводити під заліснення.

На основі аналізу багаторічних даних науково-дослідних установ з питань зміни основних параметрів родючості ґрунтів елювіального й акумулятивного типу Полісся і Лісостепу України з одного боку, а з іншого – продуктивності агроecosystem встановлено, що природна родючість ґрунтів знаходиться на досить низькому рівні. Продуктивність агроценозів складає до 3,4 т/га з. од. на чорноземах, до 2,8 т/га на темно-сірих і сірих лісових, до 2,3 т/га на супіщаних і до 1,4 т/га з. од. – на глинисто-піщаних дерново-підзолистих ґрунтах.

Встановлено, що за однакових умов тривалого застосування складових системи землеробства роль агрохімічного фактора зростає від 66 до 105 % на ґрунтах акумулятивного типу і досягає 150 % на ґрунтах елювіального типу ґрунтоутворення. Разом з тим відбувається значне погіршення основних показників родючості та зниження продуктивності агроценозу на ділянках, які не мали систематичного впливу агрохімічного фактора, підтверджуючи його вирішальну роль у забезпеченні приросту агроценозу та відтворенні потенційної родючості ґрунту.

Як свідчать багаторічні результати досліджень у тривалих стаціонарних дослідках ННЦ «Інститут землеробства НААН» та виробничий досвід, продуктивність сільськогосподарських культур, в основному, залежить від агрохімічного блоку системи землеробства, частка впливу якого становить 41 %. Далі за значимістю ідуть погодні умови 27 %, сортові особливості 14 %, система захисту 12 %, інші фактори системи землеробства – 6 % [188]. Слід зауважити, що, згідно із законами землеробства, всі фактори рівнозначні, ефективність

їх значною мірою залежатиме від комплексного використання, але агрохімічний блок системи землеробства, без сумніву, залишатиметься головним фактором впливу на ефективну родючість ґрунту у польових агроecosистемах.

5.1. Оптимальні інтервали величин обмінної кислотності ґрунту для росту і розвитку сільськогосподарських культур

Реакція ґрунтового середовища є одним з основних показників рівня родючості ґрунтів для більшості сільськогосподарських культур, індикатором цілого комплексу властивостей, від яких залежить формування врожаю. За аналогією з умістом доступних для рослин основних мікроелементів, а також кількісним і якісним складом груп мікроорганізмів, рухомість алюмінію може негативно впливати на продуктивність рослин.

Переважає більшість сільськогосподарських культур, як відомо, потребує «оптимальної» реакції ґрунтового середовища яка знаходиться в межах від 5,5 до 7,0. Однак відношення культур до реакції є достатньо варіабельним і залежить від дуже багатьох чинників. Слід визнати, що залежно від гранулометричного складу ґрунту, вмісту і якісного складу гумусу, величини кислотності, насиченості ГВК основами, а також набору культур у сівозміні та типу водного режиму формується склад і співвідношення обмінних катіонів у ґрунтовому вбирному комплексі. І якщо в одному випадку реакція ґрунтового середовища є оптимальною, то при зміні параметрів і співвідношення чинників оптимальним виявляється інший інтервал реакції ґрунтового середовища для однієї і тієї ж культури.

Для більшості сільськогосподарських культур вченими ґрунтознавцями й агрохіміками [56, 104, 134] встановлено їх

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

відношення до реакції ґрунту й відповідно умовно згруповано за чутливістю до кислотності:

1. Найчутливіші (кальцієфіли), пристосовані для зростання на ґрунтах збагачених кальцієм, навіть у місцях виходу вапняків (виноград, маслина, кунжут). Потребують нейтральної і слабколужної реакції ґрунтового середовища (люцерна, буряк, часник, капуста, салат, шпинат, яблуна, вишня, слива). Позитивно реагують на внесення вапна.

2. Потребують слабкислої та близької до нейтральної реакції ґрунтового середовища (пшениця, кукурудза, ячмінь, соя, горох, соняшник, квасоля, вика, конюшина, огірки, цибуля, груша, персик, абрикос). Позитивно реагують на внесення вапна.

3. Слабочутливі до підвищеної кислотності (жито, овес, редька, помідор, морква, суниця). Добре ростуть у широкому діапазоні кислотності ґрунту, але позитивно реагують на вапнування середньокислих ґрунтів.

4. Погано переносять надлишок кальцію в ґрунті, добре ростуть на слабкислих ґрунтах (картопля, льон), але позитивно реагують на вапнування сильнокислих ґрунтів магнієвмісними хімічними меліорантами (доломітове борошно). Також дуже стійкі до кислого середовища рослини – ацидофіти (люпин, щавель, рис, буяхи, чорниця, брусниця, журавлина).

Оптимізація кислотно-лужної рівноваги ґрунтового середовища в польових агроecosистемах є досить складним завданням з огляду на те, що відношення рослин до кислотно-лужного режиму ґрунту дуже сильно варіює залежно від їх біологічних особливостей, більшість з них потребує вирощування в сівозміні тому, що не переносить монокультури. У таблиці 5.5 наведені усереднені показники оптимальних величин обмінної кислотності для основних сільськогосподарських культур, що культивуються в Україні.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 5.5 Допустимі інтервали величин обмінної кислотності ґрунту для нормального росту і розвитку сільськогосподарських культур

Культура	pH _{ксі}	Культура	pH _{ксі}
польові		овочеві	
пшениця озима	6,3–7,5	капуста	7,0–7,4
пшениця яра	6,0–7,5	огірки	6,4–7,5
жито	5,0–7,7	картопля	5,2–6,0
ячмінь	6,0–7,5	помідори	5,3–7,0
овес	5,0–7,5	морква	5,6–7,0
кукурудза	5,5–7,5	буяки столові	6,0–7,5
просо	5,5–7,5	цибуля	6,4–7,9
гречка	5,0–7,0	часник	6,5–7,5
рис	4,0–6,0	редис	5,8–7,3
горох	6,0–7,0	редька	5,0–7,3
soя	6,0–7,5	шпинат	6,0–7,5
квасоля	6,4–7,1	салат	6,0–7,0
вика	5,7–6,5	мак	6,8–7,2
люпин	4,6–6,0	плодово-ягідні	
технічні		яблуна	6,5–7,0
соняшник	6,0–7,0	груша	5,8–7,2
ріпак	5,8–7,0	вишня	6,7–7,2
льон	5,5–6,5	слива	6,0–7,2
кенаф	6,0–7,3	персик	6,0–7,5
технічні		плодово-ягідні	
коноплі	7,1–7,4	абрикос	6,0–6,7
буяки цукрові	6,5–7,5	виноград	6,0–7,5
картопля	5,0–7,0	смородина	5,5–6,9
кормові		порічки	5,5–6,5
турнепс	6,0–6,5	малина	5,8–6,5
буяки кормові	6,5–7,5	агрус	4,5–4,8
конюшина	6,0–7,0	суніця	5,0–6,0
люцерна	7,0–8,0	чорниця	4,0–5,0
еспарцет	6,0–7,0	буяхи (лохина)	4,0–5,2
тимофіївка	5,0–6,5	брусниця	3,0–5,0
грястиця збірна	5,0–7,0	журавлина	3,0–5,0
райграс	6,8–7,5		
серадела	5,0–6,5		

У зоні поширення ґрунтів легкого гранулометричного складу з низьким умістом гумусу, де вирощується люпин,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

льон, картопля, реакція ґрунтового розчину має бути слабокислою (pH_{KCl} 5,5–5,6). На дерново-підзолистих ґрунтах легкосуглинкового гранулометричного складу, де у сівозмінах переважають багаторічні трави, кукурудза, пшениця озима, ячмінь ярий, реакція ґрунтового середовища повинна підтримуватися близькою до нейтральної (pH_{KCl} 5,7–6,0). У Лісостепу, де в структурі сівозмін немає льону і люпину, а картопля займає 2,0–3,0 % посівної площі, показник pH_{KCl} ґрунту має утримуватися на рівні 6,5–7,0, гідролітична кислотність не повинна перевищувати 1,8 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насиченості основами – не нижче 92 % [1, 13, 54, 134].

Отже, вапнування кислих ґрунтів у поєднанні з раціональною системою удобрення сільськогосподарських культур – надійний засіб підвищення урожайності переважної більшості культур сівозміни, а значить і ефективної родючості цих ґрунтів [25, 28, 210].

Зі зміною кон'юнктури ринку сільськогосподарської продукції значні площі кислих ґрунтів зони Полісся сьогодні відводять під високоліквідні культури – сою, ріпак і навіть соняшник. З наведених параметрів оптимальної кислотності для цих культур видно, що їх вирощування за таких умов, без сумніву, наражає господарників на значні недобори (навіть втрати) врожаїв. Тому визначення необхідності проведення робіт з хімічної меліорації обов'язково повинно розпочинатися з уточнення набору сільськогосподарських культур і структури посівних площ у господарстві, ґрунтового обстеження і визначення фізико-хімічних властивостей ґрунту.

5.2. Продуктивність зернових колосових культур

Дослідження проводили в зоні Лісостепу за нерівномірного, але загалом достатнього зволоження.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Досліджено сірий лісовий крупнопилувато-легкосуглинковий ґрунт, що характеризувався невисокою ефективною родючістю. Сівозміна включала різні за ботанічними і біологічними характеристиками сільськогосподарські культури, які по-різному реагують на вапнування та поживний режим ґрунту. За таких умов якість, технологічні терміни внесення та рівень удобрення не завжди є вирішальним чинником для досягнення максимальної урожайності культур, адже співвідношення обмінних катіонів у ГВК може істотно впливати на ефективність використання поживних елементів з ґрунту та добрив. Отже, щоб правильно удобрювати ту чи іншу сільськогосподарську культуру, потрібно знати її відношення до реакції ґрунту.

Як відомо з літературних джерел, пшениця озима та яра краще ростуть на ґрунтах, які мають нейтральну або близьку до неї реакцію. Найсприятливіший для неї інтервал pH_{KCl} становить 6,5–7,0, а на кислих ґрунтах вона різко знижує врожайність. На ґрунтах легкого гранулометричного складу, навіть за умов збалансованого живлення, не завжди істотно підвищується врожайність, тому що в літній період досить часто створюється екстремальний водно-повітряний режим, який стає основним обмежуючим чинником зростання урожайності. До лімітуючих чинників відноситься також порушення катіонної рівноваги в ґрунтовому розчині, перш за все, між кальцієм і калієм, оскільки вапно діє на рослини (прямо або опосередковано) також як добриво.

Ячмінь відзначається високою чутливістю до реакції ґрунтового середовища. На кислих ґрунтах росте дуже погано, посіви його низькорослі та засмічуються бур'янами, особливо дикою редькою. Найкращим для ячменю є pH_{KCl} 6,5–7,0, тому доцільно вносити повну дозу вапна під його попередники за 2–3 роки до сівби ячменю. Відповідно до цього реакція ячменю

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

на вапнування кислих ґрунтів завжди позитивна і прирости врожаїв зерна знаходяться у прямій залежності від зрушення реакції ґрунтового середовища в бік зниження кислотності та системи удобрення.

За вирощування ячменю, пшениці озимої та ярої на кислих ґрунтах їх урожайність знижується тим більше, чим вища кислотність, а внесення мінеральних добрив, особливо азотних, не тільки не підвищує збору зерна, а й знижує його. На сильнокислих ґрунтах (pH_{KCl} нижче 4,5) недобір зерна може досягати 50 %, а ячмінь ярий взагалі може не сформувати врожаю. На середньокислих ґрунтах зниження врожайності перелічених культур досягає 20–30 %, на слабокислих – до 10–15 %. З підвищенням доз азотних добрив недобір урожаю зростає [188].

Зернові колосові культури вирощувалися у типових для зони Лісостепу України сівозмінах за різних попередників та різноінтенсивної системи удобрення і вапнування. Усі технологічні операції, починаючи від сівби, закінчуючи збиранням, виконувалися згідно із затвердженою технологічною картою. Тобто, дослідження впливу агрохімічного блоку системи землеробства на врожайність зернових культур відбувалося за абсолютно рівноцінних умов.

Безперечно, пшениця озима була і залишається провідною зерновою культурою в Україні, від якої наразі найбільшою мірою залежить її продовольча безпека. До найважливіших елементів технології її вирощування, що сприяють підвищенню урожайності, належать: використання сортів із високим потенціалом кушіння і стійкістю до вилягання; позитивна реакція на підвищений рівень азотного живлення; контролювання шкодочинності бур'янів, хвороб і шкідників; дотримання оптимальних параметрів виконання технологічних операцій за рахунок удосконаленої сільськогосподарської техніки.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Серед зернових колосових культур пшениця озима найвибагливіша до умов живлення у зв'язку з можливими екстремальними умовами вегетації в осінньо-зимово-весняний період. Тому найменше відхилення від оптимальних параметрів поживного режиму може значно впливати на продуктивність пшениці озимої. Крім того, пшениця озима дуже чутлива до реакції ґрунтового середовища. Найкраще її ріст і розвиток проходить за нейтральної реакції, на кислих ґрунтах відбувається різке зниження врожайності.

У досліді пшеницю озиму вирощували протягом трьох ротацій сівозміни, які дещо відрізнялися за набором культур і відповідно попередниками та системою удобрення. У перших двох ротаціях семипільної сівозміни досліджували вплив трьох рівнів мінеральної системи удобрення: помірної – 160 кг/га NPK, підвищеного – 240 кг/га NPK і високого – 320 кг/га NPK. Азотні добрива вносили у формі аміачної селітри в підживлення, половину дози – по мерзлоталому ґрунту, другу половину – у фазу кущення. Суперфосфат і калій хлористий вносили восени під основний обробіток ґрунту. Також вивчали післядію гною та побічної продукції. Особливу увагу приділено встановленню впливу внесеного у I ротації карбонату кальцію на врожайність зернових колосових культур та ефективність використання добрив.

Пшеницю озиму (сорт Поліська 90) вирощували на 2-й, 6-й, 9-й та 13-й роки після внесення різних форм і доз вапнякових меліорантів. Проаналізувавши показники урожайності за ділянками досліді (табл. 5.6–5.7), встановлено, що формування урожаю пшениці озимої головним чином відбувається за рахунок ґрунтової родючості та внесених мінеральних добрив. Разом з тим, незаперечним є факт стабільного підвищення урожайності на вапнованих фонах включно до 13-го року після внесення вапнякових меліорантів.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 5.6 Вплив системи удобрення та хімічної меліорації на врожайність пшениці озимой, т/га

Удобрення	Урожайність пшениці озимой, т/га										Приріст урожайності, т/га		
	2-й рік дії вапна		6-й рік дії вапна		9-й рік дії вапна		13-й рік після дії вапна		середнє		від вапна	від добрив	сумарний
	попередник		попередник		попередник		попередник		середнє				
	віско-вів-сяна сумішка	конюшина на з. к.	віско-вів-сяна сумішка	конюшина на з. к.	віско-вів-сяна сумішка	конюшина на з. к.	віско-вів-сяна сумішка	конюшина на з. к.	середнє	середнє			
1	2	3	4	5	6	7	8	9					
Без добрив (контроль)	3,62	2,36	2,19	3,24	2,86	-	-	-					
5 т/га СаСО ₃	4,00	2,57	2,44	3,59	3,15	0,29	-	-					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,52	2,98	2,71	4,10	3,56	-	0,70	-					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 5 т/га СаСО ₃	4,30	2,96	2,87	4,18	3,58	0,02	-	0,72					
10 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (1:0Нг)	3,82	2,96	2,71	3,80	3,32	-	-	0,46					
10 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ - Фон	4,34	2,95	2,80	4,10	3,54	-	0,68	0,68					
10 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 5 т/га СаСО ₃	4,59	3,38	3,20	4,97	4,04	0,50	-	1,18					
10 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 5 т/га СаMg(CO ₃) ₂	4,36	3,84	3,55	4,77	4,13	0,59	-	1,27					
10 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 0,7 т/га СаСО ₃ щорічно у I ротатії	4,55	3,96	3,39	4,28	4,06	0,52	-	1,20					
10 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + СаСО ₃ 2,5 кг/Ікр N	4,38	3,81	3,30	4,06	3,89	0,35	-	1,03					
10 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 5 т/га СаСО ₃ пошарово	4,60	3,25	3,20	5,00	4,01	0,47	-	1,15					
10 т/га гною + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + 5 т/га СаСО ₃	4,32	3,71	3,28	4,11	3,86	-	-	1,00					
10 т/га гною + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + 5 т/га СаСО ₃	4,36	3,97	3,51	4,14	4,00	-	-	1,17					
10 т/га гною + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + 7,5 т/га СаСО ₃	4,35	3,79	3,51	4,10	3,94	-	-	1,08					
10 т/га гною + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	4,45	4,01	3,36	4,37	4,05	-	-	1,19					
Побічна продукція	3,82	2,63	2,37	3,53	3,09	-	-	0,23					
15 т/га гною + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + 5 т/га СаСО ₃	4,22	3,84	3,48	4,28	3,96	-	-	1,10					
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + 5 т/га СаСО ₃	4,41	3,89	3,57	4,42	4,07	-	-	1,21					
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + 5 т/га СаСО ₃	4,17	4,05	3,59	3,95	3,94	-	-	1,08					
Урожайність	4,26	3,42	3,11	4,15	-	-	-	-					
середня за попередника	-	-	3,68	3,78	-	-	-	-					0,10

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Результати наших досліджень свідчать про те, що полуторна доза вапна та доломітове борошно достовірно перевищує ефективність одинарної дози вапнякового борошна. Однак зниження приростів урожаю від затухаючої дії вапна на кінець II ротації 7-пільної сівозміни проти I ротації свідчать про правильність наших висновків щодо необхідності проведення повторного вапнування повною дозою (1,0 Нг CaCO_3) не рідше одного разу на 10 років, що забезпечить підтримання реакції ґрунтового розчину на оптимальному рівні, гарантуючи тим самим отримання суттєвих приростів урожаю сільськогосподарських культур.

Таблиця 5.7 Вплив повторної хімічної меліорації та системи удобрення на врожайність пшениці, т/га

Удобрення	Урожайність, т/га			Приріст урожайності, т/га		
	пшениці ярої	пшениці озимої	середнє			
	2-й рік дії вапна	6-й рік дії вапна				
	попередник			від вапна	від добрив	сумарний
	соя	конюшина на з. к.				
1	2	3	4	5	6	7
Без добрив (контроль)	2,06	2,30	2,18	-	-	-
5 т/га CaCO_3	2,48	2,80	2,64	0,46	-	-
$\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$	2,87	3,00	2,93	-	0,75	-
$\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ + 5 т/га CaCO_3	3,26	3,10	3,18	0,74	-	1,00
Сидерат + 5 т/га CaCO_3	2,50	3,00	2,75	-	0,11	0,57
Сидерат + $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ + П.П. - Фон $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ + Пп	3,06	3,05	3,06	-	-	0,88
Сидерат + $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ + П.П. + 5 т/га CaCO_3	3,41	3,30	3,36	0,30	-	1,18
Сидерат + $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ + П.П. + 5 т/га доломіту	3,40	3,40	3,40	0,34	-	1,22
Сидерат + $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ + П.П. + 3,0 т/га сапоніту	3,28	3,20	3,24	0,18	-	1,06
Сидерат + $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ + П.П. + 3,75 т/га CaCO_3 + 1,5 т/га сапоніту	3,68	3,50	3,59	0,53	-	1,41
Сидерат + $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ + П.П. + 2,5 т/га CaCO_3 + 1,5 т/га сапоніту	3,52	3,30	3,41	0,35	-	1,23

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Продовження таблиці 5.7

1	2	3	4	5	6	7
Сидерат + N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	3,69	3,35	3,52	-	-	1,34
Сидерат + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	3,84	3,45	3,65	-	-	1,47
Сидерат + N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 7,5 т/га CaCO ₃ + П.П.	3,91	3,55	3,73	-	-	1,55
Сидерат + N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 5 т/га CaCO ₃	3,55	3,15	3,35	-	-	1,17
Побічна продукція + сидерат	2,19	2,55	2,37	-	-	0,19
N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	3,62	3,10	3,36	-	-	1,18
N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 5 т/га CaCO ₃	3,55	3,00	3,28	-	-	1,10
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + 5 т/га CaCO ₃	3,78	3,20	3,49	-	-	1,31
Урожайність	середня	3,24	3,09	-	-	-
	за попередника	-	-	-	-	-
НІР _{0,05}	0,135	0,120	-	-	-	-

Примітка:

1. Побічна продукція вносилося безпосередньо під пшеницю яру.
2. Сидерат (зелена маса конюшини 2-го укусу, 15–16 т/га) приорулювався тільки під пшеницю озиму.

Таким чином, урожайність культур типової для зони Лісостепу сівозміни на вапнованому фоні зростає у I та поступово знижується у II ротації 7-пільної сівозміни, що пов'язано з погіршенням фізико-хімічних властивостей ґрунту на фоні згасаючої дії вапна. Отже, повторне вапнування сірих лісових ґрунтів за умов періодично промивного водного режиму є необхідним заходом підвищення їх ефективної родючості.

Зважаючи на те, що фізико-хімічні показники властивостей сірого лісового ґрунту не забезпечують отримання суттєвого приросту врожаю, можна стверджувати про очевидну необхідність проведення хімічної меліорації кислих ґрунтів крупнопилувато-легкосуглинкового гранулометричного складу, що зменшить недобір сільськогосподарської продукції в результаті непроведення цього заходу повторно через 10 років.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Найвища врожайність (4,04–4,13 т/га) пшениці озимої за дві ротації сівозміни була отримана на ділянках із фоном 10 т/га гною і NPK (160 кг д. р./га), де для вапнування застосовували вапнякове і доломітове борошно (1,0 Нг). Приріст урожайності на цих ділянках від застосування вапна становив 0,50–0,59 т/га до контролю, а сумарний відповідно 1,18–1,27 т/га.

Невисокі середні прирости врожаю пшениці озимої (1,0–1,21 т/га до контролю), отримані від застосування полуторної та подвійної доз мінеральних добрив, свідчать про те, що дія вапна на 9–13-й рік на фоні підвищених доз фізіологічно кислих мінеральних добрив не забезпечувала підтримання реакції ґрунтового розчину на оптимальному рівні для вирощування пшениці озимої. Звідси випливає висновок, що довготривале внесення підвищених доз мінеральних добрив сприяє підкисленню ґрунтового середовища, а це зумовлює зниження урожайності культур, які позитивно реагують на вапнування, зокрема й пшениці озимої. Але слід відмітити, що на вказаних ділянках спостерігалось постійне вилягання посівів, яке значною мірою зумовлювало зниження урожайності.

Усереднені показники врожайності пшениці за шість років вирощування після різних попередників (вико-вівсяна сумішка, конюшина на зелений корм) засвідчили, що конюшина є кращим попередником порівняно з вико-вівсяною сумішкою, приріст урожайності становив 1 ц/га. Хоча роки, коли попередником була вико-вівсяна сумішка, припадали на період ефективної нейтралізуючої дії вапна. У III ротації сівозміни, після проведення повторного вапнування, пшениця яра (сорт Рання 90) вирощувалася після сої, а пшениця озима (сорт Артеміда) – після конюшини на зелений корм з приорюванням другого укусу на сидерат. Система удобрення передбачала внесення зменшеної кількості фосфорних добрив та використання побічної продукції сої у більшості ділянок.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Найвищий приріст урожайності (0,74 т/га) від повторного внесення CaCO_3 зафіксований у ділянці, де протягом 19 років вносили тільки мінеральні добрива. Високі сумарні прирости урожайності від агрохімічного блоку системи землеробства зафіксовані також і на ділянках, де система удобрення передбачала внесення підвищених доз мінеральних добрив. Встановлено, що застосування дефекату як хімічного меліоранта (0,75 Нг) у поєднанні з 1,50 т/га сапоніту забезпечує приріст урожайності 0,53 т/га порівняно з фоном, де хімічна меліорація не проводилася. Внесення одного лише сапоніту в кількості 3,0 т/га забезпечило дещо нижчий рівень урожайності пшениці, і відповідно приріст становив всього 0,18 т/га.

Побічна продукція як у чистому вигляді, так і сумісно з накладеною системою мінерального удобрення забезпечила в середньому приріст на рівні 0,15–0,19 т/га. Приорювання сидерата під пшеницю озиму сприяло покращанню поживного режиму ґрунту, що зумовило підвищення урожайності на 0,11 т/га, а в поєднанні з меліоративною дією дефекату (6-й рік дії) приріст досягав 0,57 т/га.

Аналізуючи вплив попередників та враховуючи нейтралізуючу дію хімічної меліорації ґрунту в досліді, а також ефективність приорювання сидерату і потенційну врожайність ярої та озимої пшениці, констатуємо факт, що середня врожайність пшениці озимої (3,09 т/га) об'єктивно нижча за врожайність пшениці ярої (3,24 т/га). Це пов'язано з тим, що погодні умови, які склалися під час вегетації пшениці озимої у 2011 році на IX і XII етапах органогенезу (формування і наливання зерна) були настільки екстремальними, що не дозволили сформувати достатній рівень урожайності на всіх без винятку ділянках. Незалежно від системи удобрення і хімічної меліорації середній рівень урожайності пшениці озимої в досліді становив близько 3,09–4,26 т/га.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Ячмінь ярий є дуже чутливою до кислотності ґрунту культурою. Оптимальна реакція ґрунту для неї орієнтовно знаходиться в межах pH_{KCl} 6,0–7,5. Відповідно до цього реакція ячменю на вапнування кислих ґрунтів завжди позитивна і прирости врожаїв зерна знаходяться у прямій залежності від величини й ступеня кислотності та системи удобрення. У тривалому стаціонарному досліді ячмінь ярий (сорт Сонцедар) розміщували у сівозміні після буряків цукрових (4-й рік дії вапна), кормових (11-й рік післядії вапна) та після кукурудзи на силос (4-й рік дії повторного вапнування). Встановлено, що приріст урожайності від застосування вапна був не досить вагомим по мінеральному фону удобрення, він становив у I і II ротаціях близько 0,1 т/га зерна, та дещо вищим (0,39 т/га) на неудобреному, але вапнованому контролі, де застосовували повну дозу вапна (табл. 5.8).

Така реакція ячменю на вапнування, перш за все, пов'язана з властивостями ґрунту: легким гранулометричним складом, низьким умістом гумусу та, як наслідок, нестійким водно-повітряним та поживним режимами у період активної вегетації рослин. Крім того, біологічні особливості ячменю, зокрема його кореневої системи, не сприяють здатності протистояти екстремальним погодним умовам, зокрема періодичним повітряним та ґрунтовим посухам, які створюються в умовах Лісостепу майже щорічно. Але основна причина – згасаючий вплив вапна на 11-й рік, що призводить до відновлення кислотності ґрунту майже до вихідного стану (табл. 5.9).

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

**Таблиця 5.8 Вплив хімічної меліорації та системи
удобрення на врожайність ячменю ярого, т/га**

Удобрення	Урожайність ячменю ярого, т/га				Приріст урожайності, т/га		
	4-й рік дії вапна	11-й рік після дії вапна		середнє, т/га	від вапна	сумарний	
		попередник	бураки цукрові				від добрив
Без добрив (контроль)	1,99	1,35	2,57	1,67	-	-	
5 т/га СаСО ₃	2,62	1,49	2,57	2,06	0,39	-	
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,01	2,25	2,57	2,63	-	0,96	
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ + 5 т/га СаСО ₃	3,11	2,33	2,57	2,72	-	1,05	
10 т/га гною + 5 т/га СаСО ₃	2,54	1,66	2,57	2,10	-	0,43	
10 т/га гною + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ - Фон	2,79	2,35	2,57	2,57	-	0,90	
10 т/га гною N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ + 5 т/га СаСО ₃	3,00	2,55	2,57	2,78	0,21	1,11	
10 т/га гною N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ + 5 т/га СаMg(CO ₃) ₂	3,14	2,75	2,57	2,95	0,38	1,28	
10 т/га гною N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ + 0,7 т/га СаСО ₃ щорічно у 1-рогації	2,95	2,39	2,57	2,67	0,10	1,00	
10 т/га гною N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ + 2,5 кг СаСО ₃ на 1 кг N	2,94	2,39	2,57	2,67	0,10	1,00	
10 т/га гною + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ + 5 т/га СаСО ₃ пошарово	2,96	2,60	2,57	2,78	0,21	1,11	
10 т/га гною + N ₉₀ P ₆₈ K ₆₈ + 5 т/га СаСО ₃	2,84	2,63	2,57	2,74	-	1,07	
10 т/га гною + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + 5 т/га СаСО ₃	3,09	2,76	2,57	2,93	-	1,26	
10 т/га гною + N ₉₀ P ₆₈ K ₆₈ + 7,5 т/га СаСО ₃	3,03	2,89	2,57	2,96	-	1,29	
10 т/га гною + N ₉₀ P ₆₈ K ₆₈ + П.П	2,90	2,91	2,57	2,91	-	1,24	
побічна продукція	2,30	1,49	2,57	1,90	-	-	
15 т/га гною + N ₉₀ P ₆₈ K ₆₈ + 5 т/га СаСО ₃	2,87	2,82	2,57	2,85	-	1,18	
N ₉₀ P ₆₈ K ₆₈ + 5 т/га СаСО ₃	3,04	2,52	2,57	2,78	-	1,11	
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + 5 т/га СаСО ₃	2,98	2,59	2,57	2,79	-	1,12	
Урожайність	2,85	2,35	2,57	-	-	-	
середня	0,103	0,120	2,57	-	-	-	
НІР _{0,05}							

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 5.9 Вплив повторної хімічної меліорації та системи удобрення на врожайність ячменю ярого, т/га

Удобрення, 4-й рік дії вапна		Урожай- ність ячме- ню ярого, т/га	Приріст урожайності, т/га		
			попередник кукурудза на силос	від вапна	від добрив
Без добрив (контроль)		1,61	-	-	-
5 т/га CaCO ₃		2,30	0,69	-	-
N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅		2,83	-	1,22	-
N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅ + 5 т/га CaCO ₃		3,14	0,31	-	1,53
Сидерат + 5 т/га CaCO ₃		2,36	-	0,06	0,75
Сидерат + N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅ + П.П. – Фон		3,32	-	-	1,71
Сидерат + N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅ + П.П. + 5 т/га CaCO ₃		3,60	0,28	-	1,99
Сидерат + N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅ + П.П. + 5 т/га доломіту		3,58	0,26	-	1,97
Сидерат + N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅ + П.П. + 3,0 т/га сапоніту		3,26	-0,06	-	1,65
Сидерат + N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅ + П.П. + 0,7 т/га CaCO ₃ + 1,5 т/га сапоніту		3,61	0,29	-	2,00
Сидерат + N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅ + П.П. + 2,5 т/га CaCO ₃ + 1,5 т/га сапоніту		3,43	0,11	-	1,82
Сидерат + N ₉₀ P ₄₅ K ₆₈ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.		3,56	-	-	1,95
Сидерат + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.		3,80	-	-	2,19
Сидерат + N ₉₀ P ₄₅ K ₆₈ + 7,5 т/га CaCO ₃ + П.П.		3,76	-	-	2,15
Сидерат + N ₉₀ P ₄₅ K ₆₈ + 5 т/га CaCO ₃		3,46	-	-	1,85
побічна продукція + сидерат		1,95	-	-	0,34
N ₉₀ P ₄₅ K ₆₈ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.		3,51	-	-	1,90
N ₉₀ P ₄₅ K ₆₈ + 5 т/га CaCO ₃		3,43	-	-	1,82
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ + 5 т/га CaCO ₃		3,72	-	-	2,11
Урожайність	середня	3,17	-	-	-
HIP _{0,05}		0,103	-	-	-

Нижчий приріст урожайності ячменю у II ротації сівозміни від застосування вапна та зниження ефективності дії підвищених доз мінеральних добрив у поєднанні з гноєм пояснюється, перш за все, підвищенням кислотності ґрунту в цих ділянках. Звідси можна зробити висновок, що повна доза вапна (1,0 Нг) за умови внесення підвищених доз мінеральних добрив на сірих лісових ґрунтах на 11-й рік післядії вже не

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

створює оптимального середовища для росту і розвитку ячменю ярого. Тому необхідність повторного вапнування за такої системи удобрення є безальтернативною умовою ефективного використання орних сірих лісових ґрунтів.

На фоні поєднання органічних та мінеральних добрив приріст урожаю від вапна був високим у I ротації та дещо нижчим у II. Хоча порівняно з дерново-підзолистими ґрунтами отримання приросту 0,21–0,38 т/га зерна ячменю лише від застосування один раз за 14 років 5,0 т/га вапна є досить вагомим аргументом для того, щоб рекомендувати внесення CaCO_3 на сірих лісових ґрунтах Лісостепу. Найвище сумарне зростання врожайності (1,28–1,29 т/га) зафіксовано за внесення у ґрунт органо-мінеральних добрив по фоні доломітового борошна, а також, де вносили полуторну дозу вапна.

Повторне вапнування дефекатом у згаданих вище ділянках забезпечило набагато вищі прирости. Так, на 4-й рік після внесення повної дози за гідролітичною кислотністю CaCO_3 , без накладання мінеральної системи удобрення врожайність зросла на 0,69 т/га, а за внесення помірних доз мінеральних добрив $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ приріст від вапна також був достатньо високим – 0,31 т/га.

Встановлено, що застосування повторної комплексної хімічної меліорації, а саме сумісне внесення дефекату (0,75 Нг) і сапоніту (1,5 Нг), побічної продукції та мінеральних добрив, забезпечило найвищий приріст урожайності ячменю ярого як від композиції хімічних меліорантів (0,29 т/га), так і сумарно (2,0 т/га) з урахуванням системи удобрення.

Отже, завдяки створенню оптимальних співвідношень обмінних катіонів у ґрунтовому вбирному комплексі та реакції ґрунтового середовища по відношенню до потреб ячменю ярого сорту Сонцедар, створювалися умови, для максимальної реалізації його продуктивного потенціалу.

5.3. Продуктивність зернобобових та круп'яних культур

При складанні системи удобрення для зернобобових культур потрібно враховувати одночасно підвищення врожайності і поліпшення якості продукції, оскільки ці культури забезпечують виробництво рослинного білка. Виходимо з того, що в насінні більшості зернобобових культур його міститься 25–30, у соломі 10–15 % [46]. Відомо, що на коренях бобових рослин симбіотично розвиваються бульбочкові бактерії, здатні фіксувати азот атмосфери. Для підвищення ефективності використання азотфіксації і продуктивності симбіозу необхідно враховувати вимоги бульбочкових бактерій до умов середовища.

Нормальний ріст і розвиток бульбочкових бактерій відбуваються за оптимальних показників вологості та температури ґрунту, нейтральної або слабокислої реакції ґрунтового середовища, достатнього надходження до бульбочок вуглеводів, фосфору, калію та інших елементів. Важливою є роль мікроелементів, що входять до складу ферментів і беруть активну участь у біологічній фіксації молекулярного азоту.

За оптимальних умов вирощування (реакція ґрунту нейтральна, достатнє фосфорне і калійне живлення, застосування інокуляції) зернобобові культури за допомогою бульбочкових бактерій засвоюють з повітря близько 60–70 % азоту від його загального вмісту в рослинах і лише 1/3 використовують з ґрунту [74]. За внесення високих доз азотних добрив розвиток бульбочкових бактерій гальмується, знижується їх азотфіксувальна активність, тому зернобобові культури переходять на живлення азотом, внесеним із мінеральними добривами.

Нами досліджено вплив реакції ґрунтового середовища

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

як результату прямої дії повторного внесення хімічних меліорантів та інтенсивного агрохімічного блоку системи землеробства на врожайність сої (сорт Устя). Потреба в елементах живлення у сої, як і в багатьох інших культур, визначається її біологічними особливостями. Для створення 1 т зерна сої орієнтовно необхідно 70–75 кг азоту, 18–20 кг P_2O_5 , 20–25 кг K_2O . Від початку вегетації і до цвітіння вона розвивається дуже повільно, тому споживання поживних елементів відбувається у досить незначних кількостях. У період цвітіння і масового наливання бобів значно зростає потреба в елементах живлення, а їх нестача призводить до зниження врожайності зерна сої.

Виходячи з цього, система удобрення у досліді передбачала внесення повного мінерального удобрення на рівні $N_{30}P_{30}K_{45}$ та зростаючих доз внесення на фоні проведеної восени хімічної меліорації. Суперфосфат і калій хлористий вносили восени під основний обробіток ґрунту, аміачну селітру відповідно під передпосівний обробіток весною. Сівба здійснювалася звичайним рядковим способом з шириною міжрядь 15 см, насіння перед висіванням було оброблене азотфіксувальними штаммами бактерій.

Сою вирощувалася у досліді після кукурудзи на силос. Щорічно, у травні та червні, значної шкоди сходам культури завдавав град, а в окремих роках навіть повністю їх знищив, зумовивши необхідність пересівання поля. Незважаючи на такі складні умови вегетації, отримані результати дозволяють провести аналіз впливу системи удобрення та комплексної хімічної меліорації на врожайність культури.

Аналіз урожайності показав, що соя є дуже пластичною і разом з тим дуже чутливою до поживного режиму та кислотності ґрунту культурою, що головним чином і зумовило рівень урожайності. Враховуючи, що за попередні дві ротації семипільної сівозміни кожен варіант тривалого досліді

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

характеризувався певними параметрами фізико-хімічних і агрохімічних показників та рівнем потенційної родючості, соя ефективно використовувала поживні елементи ґрунту. Підтвердженням є врожайність на ділянках без застосування протягом 14 років мінеральних добрив, що становила відповідно 1,68 і 1,99 т/га (табл. 5.10).

Таблиця 5.10 Вплив системи удобрення та повторної хімічної меліорації на врожайність сої та проса, т/га

Удобрення		Урожайність, т/га	
		сої	проса
		1-й рік дії повторно-го вапнування	7-й рік дії повторно-го вапнування
під сою	під просо	попередник	
		кукурудза на силос	пшениця озима
Без добрив (контроль)		1,68	1,51
5 т/га CaCO ₃		1,98	1,72
N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	2,34	2,34
N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅ + 5 т/га CaCO ₃	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ + 5 т/га CaCO ₃	2,58	2,61
Сидерат + 5 т/га CaCO ₃		2,21	2,22
Сидерат + N ₃₀ P ₃₀ K ₄₅ + П.П. – Фон	Сидерат + N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ + П.П. – Фон	2,48	3,03
Фон + 5 т/га CaCO ₃		2,90	3,44
Фон + 5,0 т/га доломіту		2,81	3,90
Фон + 3,0 т/га сапоніту		2,92	3,22
Фон + 3,75 т/га CaCO ₃ + 5 т/га сапоніту		3,34	4,23
Фон + 2,5 т/га CaCO ₃ + 1,5 т/га сапоніту		3,07	4,04
Сидерат + N ₄₅ P ₄₅ K ₆₈ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	Сидерат + N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	3,33	3,91
Сидерат + N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	Сидерат + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	3,66	4,32
Сидерат + N ₄₅ P ₄₅ K ₆₈ + 7,5 т/га CaCO ₃ + П.П.	Сидерат + N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 7,5 т/га CaCO ₃ + П.П.	3,54	4,03
Сидерат + N ₄₅ P ₄₅ K ₆₈ + 5 т/га CaCO ₃	Сидерат + N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 5 т/га CaCO ₃	3,01	3,91
побічна продукція + сидерат		1,99	1,82
N ₄₅ P ₄₅ K ₆₈ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	3,24	3,83
N ₄₅ P ₄₅ K ₆₈ + 5 т/га CaCO ₃	N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ + 5 т/га CaCO ₃	2,90	3,84
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + 5 т/га CaCO ₃	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + 5 т/га CaCO ₃	3,57	3,91
Урожайність	середня	2,82	3,23
НІР _{0,05}		0,095	0,110

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Застосування на кислому сірому лісовому ґрунті, рекомендованих помірних доз повного мінерального удобрення ($N_{30}P_{30}K_{45}$) забезпечило кращий розвиток рослин сої у другій половині вегетації та сприяло підвищенню врожайності на 0,66 т/га відносно контролю без добрив. Приріст урожайності від внесення $CaCO_3$ (1,0 Нг) у неудобрений ґрунт за рахунок зниження кислотності ґрунтового середовища становив 0,3 т/га. Абсолютно по всіх ділянках із системою удобрення, які накладалися на застосуванні з осені композицій хімічних меліорантів, отримані значні прирости врожайності, що є переконливим фактом позитивної реакції сої на внесення в кислий сірий лісовий ґрунт хімічних меліорантів.

Поєднання сумісного внесення дефекату і рекомендованої дози мінеральних добрив забезпечило сумарний приріст урожайності порівняно з контролем на 0,9 т/га. Застосування полуторних і подвійних доз мінеральних добрив на фоні внесення карбонату кальцію підвищило врожайність більше, ніж удвічі – до рівня 3,33–3,66 т/га, що є досить високим показником для ґрунтово-кліматичних умов проведення досліджень. Окремо слід відзначити кращий розвиток рослин сої на вапнованих ділянках у перші фази розвитку, що, очевидно, пов'язано з підвищеною чутливістю молодих рослин сої до кислотності ґрунтового розчину на початку росту і розвитку.

Встановлено позитивну реакцію рослин сої на внесення в ґрунт 3,0 т/га сапоніту, який містить у своєму складі понад 10 % MgO та широкий спектр невеликих кількостей мікроелементів. Урожайність в середньому за три роки зросла порівняно з фоном на 0,44 т/га. Найкращий результат отримали при внесенні сапоніту (1,5 т/га) і дефекату (0,75 дози $CaCO_3$ за гідролітичною кислотністю), урожайність зросла на 0,86 т/га.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

У підсумку, можна стверджувати, що внесення в сірий лісовий крупнопилувато-легкосуглинковий ґрунт комплексних хімічних меліорантів як поєднання карбонату кальцію та сапоніту значно покращує умови росту і розвитку сої. У повній мірі використовуючи пряму дію хімічних меліорантів, вже у перший рік після їх внесення, ефективно засвоюючи поживні елементи з ґрунту, повітря та добрив, рослини здатні максимально реалізувати свій біологічний потенціал.

Просо в досліді вирощували на 7-й рік дії повторно внесених хімічних меліорантів після пшениці озимої. Це був вимушений захід у зв'язку з неможливістю дотримання запланованого чергування культур у сівозміні. Зливові дощі з наступним різким підняттям температури настільки зцементували дрібно-грудочкувату поверхню ґрунту, що це унеможливило появу на денну поверхню сходів ріпаку ярого, тому висівали просо.

Просо є цінною круп'яною культурою, яка забезпечує відносно високі і досить стабільні врожаї навіть у посушливі роки. За дотримання технології вирощування воно дає часто вищі врожаї, ніж інші зернові культури. Характерно, що просо можна сіяти пізно навесні, і це дає змогу рослинам продуктивно використовувати літні опади. Тому цю культуру широко застосовують як страхову для пересіву загиблих озимих і ранніх ярих та для післяжнивних посівів на зелений корм.

Солома та полова проса за своїми якостями наближаються до лучного сіна (0,41 к. од.). Висушена зелена маса краща від сіна з тимофіївки, вівса, сорго, стебел кукурудзи, а за якістю зеленої маси просо переважає кукурудзу та сорго. Виходячи з цього, досліджували вплив реакції ґрунтового середовища та поживного режиму ґрунту на врожайність проса за умов його вирощування на кислих сірих лісових ґрунтах.

Ефективність використання поживного режиму

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

ґрунту на неудобрених ділянках була невисокою. Відверто низька врожайність проса (1,5–1,7 т/га) на ділянках, де не використовували органічних і мінеральних добрив протягом трьох ротацій 7-пільної сівозміни, зумовлена, очевидно, далеким від оптимального кислотно-лужним і поживним режимами ґрунту. Внесення мінеральних добрив та дія (7-й рік) вапна позитивно впливали на підвищення врожайності. Приріст зернової продуктивності на цих ділянках відносно контролю зріс на 53 і 73 %.

Просо вирощувалося на 2-й рік після приорювання сидерата. Приріст урожайності від післядії сидерата та побічної продукції становив 0,7 т зерна з 1 га відносно ділянки, де застосовувалися лише мінеральні добрива. Разом з тим, таких приростів не зафіксовано у ділянці, де протягом 21 року мінеральні добрива не вносили. Очевидно, це пов'язано з рівнем азотного живлення проса, що був забезпечений внесенням аміачної селітри та, як наслідок, краще збалансованим фосфорно-калійним живленням рослин.

Загалом позитивний вплив хімічної меліорації зафіксовано у всіх ділянках без винятку. Найкращими виявилися ділянки, де вносили помірні дози мінеральних добрив по фоні доломіту (1,0 Нг) та дефекату (0,75 Нг) сумісно з сапонітом та приораних сидерата й побічної продукції, рівень урожайності досягав 4,0 т/га. Вплив підвищених доз мінеральних добрив у всіх ділянках не можна оцінити однозначно, оскільки мало місце значне вилягання проса. На цих ділянках відмічено істотні втрати врожаю за рахунок загнивання волотей, що контактували з ґрунтом після незначних опадів і ранкової роси.

Отже, комплексна хімічна меліорація кислого сірого лісового ґрунту в поєднанні з раціональною системою удобрення сільськогосподарських культур – надійний засіб підвищення урожайності зернобобових та круп'яних культур сівозміни, а значить, і ефективної родючості цих ґрунтів.

Вирощування сої та проса без оптимізації кислотно-лужного середовища ґрунту, що тривалий час знаходиться в обробітку, вестиме до значного недобору врожаю.

5.4. Продуктивність кормових і технічних культур

Присутність буряків у польових та кормових сівозмінах Лісостепу України донедавна було класикою землеробства. Буряки цукрові були незамінною сировиною для виробництва цукру і займали центральне місце у сівозмінах не тільки на чорноземах, а значною мірою і на сірих лісових ґрунтах. Що стосується кормових буряків, то площі під них відводилися значно менші, як правило, у прифермських сівозмінах. Необхідність їх вирощування зумовлювалася значним поголів'ям ВРХ і свиней, для яких буряки кормові є високоякісним соковитим кормом у зимовий період. Наявність цих культур у сівозміні вимагає особливих підходів до всіх основних блоків системи землеробства (обробіток, удобрення, захист рослин), але головним і визначальним чинником ефективного вирощування буряків є забезпечення належних показників ґрунтової родючості.

Буряки дуже чутливі до кислотно-основного режиму ґрунту і зовсім не переносять кислої реакції ґрунтового середовища. Оптимальна реакція ґрунтового розчину (pH_{KCl}) для їх вирощування більшістю дослідників вважається 6,0–7,5. Буряки добре реагують на пряму дію та післядію вапнякових добрив. Тобто, найкраще буряки ростуть і розвиваються за нейтральної або слаболужної реакції ґрунтового розчину, що не завжди є такою, особливо по відношенню до сірих лісових ґрунтів. Забезпеченість буряків елементами живлення протягом тривалої вегетації і співвідношення між ними значно впливає на якість коренеплідів. Тому оптимізацію системи їх удобрення

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

і вапнування потрібно розглядати у взаємозв'язку з родючістю та окультуренням ґрунту, попередниками, обробітком, захистом від хвороб і шкідників та ін.

Для встановлення оптимальних показників ґрунтової родючості для буряків у досліді вивчали два рівні органічного і три – мінерального удобрення на фоні внесення різних форм і доз вапнякових матеріалів. Буряки цукрові вирощували на 3-й рік після проведення хімічної меліорації (період високої нейтралізуючої дії), а буряки кормові відповідно на 10-й рік (період затухаючої дії). Попередником в обох ротаціях сівозміни була пшениця озима. Вирощування буряків цукрових у I ротації здійснювалося за традиційної для зони північної частини Лісостепу технології. Загалом протягом трьох років було отримано достатньо високу врожайність коренеплодів – 35,7 т/га. Слід відзначити, що рівень урожайності 26,8–28,6 т/га на ділянках без застосування добрив забезпечений, в основному, за рахунок ґрунтової родючості, сформованої до закладання дослідів (табл. 5.11).

Використання ґрунту в режимі інтенсивного обробітку протягом десяти років без застосування добрив призвело до зниження всіх показників родючості на вказаній ділянці. Цей факт чітко можна підтвердити значним зниженням урожайності буряків кормових у II ротації 15,7–16,1 т/га. Внесення повної дози вапна за гідролітичною кислотністю загалом позитивно впливало на продуктивність буряків як на 3-й рік після внесення, так і на 10-й. Середній приріст урожайності коренеплодів становив 1,20 т/га відносно контролю.

Буряки позитивно реагували на повне мінеральне удобрення ($N_{75}P_{75}K_{95}$) приростом урожайності 8,3 т/га, а дія вапна за такої системи удобрення підвищувала урожайність відповідно цукрових буряків на 2,5 т і кормових на 1,0 т/га.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Унесення під основний обробіток 35 т/га напівперепрілого гною ВРХ на фоні вапнування значно покращувало фізико-хімічні властивості ґрунту та забезпечило збільшення урожайності на 56 %, перевищивши тим самим показники урожайності від поєднання гною і мінеральних добрив (11,8 т/га).

Таблиця 5.11 Вплив хімічної меліорації та системи удобрення на врожайність цукрових і кормових буряків, т/га

Удобрення	Урожайність буряків, т/га			Приріст урожайності, т/га		
	цукрових	кормових	середнє			
	3-й рік дії вапна	10-й рік післядії вапна		від вапна	від добрив	сумарний
	попередник пшениця озима					
Без добрив (контроль)	26,8	15,7	21,3	-	-	-
5 т/га CaCO ₃	28,6	16,3	22,5	1,2	-	-
N ₇₅ P ₇₅ K ₉₅	31,7	27,4	29,6	-	8,3	-
N ₇₅ P ₇₅ K ₉₅ + 5 т/га CaCO ₃	34,2	28,4	31,3	1,7	-	10,0
35 т/га гною + 5 т/га CaCO ₃	36,2	30,1	33,2	-	-	11,9
35 т/га гною + N ₇₅ P ₇₅ K ₉₅ - Фон	36,9	29,3	33,1	-	11,8	11,8
Фон + 5 т/га CaCO ₃	38,5	30,3	34,4	1,3	-	13,1
Фон + 5 т/га CaMg(CO ₃) ₂	41,4	31,2	36,3	3,2	-	15,0
Фон + 0,7 т/га CaCO ₃ щорічно у I ротации	33,6	29,0	31,3	-1,8	-	10,0
Фон + 2,5 кг CaCO ₃ на 1 кг N	34,7	28,9	31,8	-1,3	-	10,5
Фон + 5 т/га CaCO ₃ пошарово	42,5	29,7	36,1	3,0	-	14,8
35 т/га гною + N ₁₁₂ P ₁₁₂ K ₁₄₂ + 5 т/га CaCO ₃	39,5	32,6	36,1	-	-	14,8
35 т/га гною + N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₉₀ + 5 т/га CaCO ₃	39,7	33,5	36,6	-	-	15,3
35 т/га гною + N ₁₁₂ P ₁₁₂ K ₁₄₂ + 7,5 т/га CaCO ₃	35,3	33,9	34,6	-	-	13,3
35 т/га гною + N ₁₁₂ P ₁₁₂ K ₁₄₂ + 5 т/га CaCO ₃ + П.П.	40,7	33,1	36,9	-	-	15,6
побічна продукція	28,5	16,1	22,3	-	-	1,00
52 т/га гною + N ₁₁₂ P ₁₁₂ K ₁₄₂ + 5 т/га CaCO ₃	38,4	34,6	36,5	-	-	15,2
N ₁₁₂ P ₁₁₂ K ₁₄₂ + 5 т/га CaCO ₃	37,1	33,3	35,2	-	-	13,9
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₉₀ + 5 т/га CaCO ₃	40,9	34,1	37,5	-	-	16,2
Урожайність	середня	35,7	28,8	-	-	-
НІР _{0,05}	1,22	1,10	-	-	-	-

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Позитивний вплив хімічної меліорації на врожайність буряків чітко встановлений як за умови використання повного органо-мінерального удобрення на 3-й рік після внесення вапна, так і за внесення одинарної дози мінеральних добрив ($N_{75}P_{75}K_{95}$) на фоні післядії гною (4-й рік дії) та вапна (10-й рік післядії). Середні сумарні прирости врожайності за такого агрохімічного наповнення ділянок знаходилися на рівні 13,1–15,0 т/га. Достовірного зростання урожайності за внесення підвищених доз органічних і мінеральних добрив не виявлено, що пов'язано, очевидно, з лімітуючими факторами не агрохімічного характеру.

Кращим з точки зору продуктивності виявилася ділянка, де застосовували як меліорант доломітове борошно, який забезпечив достовірне перевищення (на 1,9 т/га) урожайності коренеплодів, отриманої на ділянці з застосуванням сиромеленого вапняку. Для ефективного підтримуючого вапнування недостатніми виявилися дози $CaCO_3$, що застосовувалися на ділянках – 1,7 дози щорічно під кожну культуру сівозміни та 2,5 кг $CaCO_3$ на 1 кг внесеної діючої речовини азоту з фізіологічно-кислими добривами. Урожайність буряків на цих ділянках залишалася на рівні контролю. Тобто, гіпотетична обумовленість покращання фізико-хімічних властивостей за підтримуючого вапнування кислого сірого лісового ґрунту в проведених тривалих стаціонарних польових дослідженнях не підтвердилася (табл. 5.12).

Таблиця 5.12 Вплив системи удобрення та хімічної меліорації на врожайність кукурудзи на силос, т/га

Удобрення	Урожайність кукурудзи на силос, т/га						Приріст урожайності, т/га		
	7-й рік дії вапна	14-й рік післядії вапна	3-й рік дії повторно вапнування	середнє		Від вапна	Від добрив	Сумарний	
				попередник					
				пшениця озима	пшениця яра				
Без добрив (контроль)	15,0	9,70	25,7	16,8	—	—	—		
5 т/га СаСО ₃	18,4	11,1	30,1	19,9	3,1	—	—		
160 кг/га NPK	26,0	20,1	36,2	27,4	—	10,6	—		
160 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	28,2	25,9	42,8	32,3	4,9	—	15,5		
Сидерат + 5 т/га СаСО ₃	21,7	22,7	30,8	25,1	—	—	8,3		
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. - Фон	29,5	24,3	38,1	30,6	—	—	13,8		
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 5 т/га СаСО ₃	31,4	35,2	47,3	38,0	7,4	—	21,2		
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 5 т/га доломіту	34,6	36,9	46,8	39,4	8,8	—	22,6		
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 3,0 т/га сапоніту	31,3	32,5	41,3	35,0	4,4	—	18,2		
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 0,7 т/га СаСО ₃ + 1,5 т/га сапоніту	29,6	30,7	52,2	37,5	6,9	—	20,7		
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 2,5 т/га СаСО ₃ + 1,5 т/га сапоніту	31,4	35,3	48,7	38,5	7,9	—	21,7		
Сидерат + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	34,7	39,8	52,9	42,5	—	—	25,7		
Сидерат + 320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	36,7	43,1	54,7	44,8	—	—	28,0		
Сидерат + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га СаСО ₃ + П.П.	34,5	41,9	53,8	43,4	—	—	26,6		
Сидерат + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	40,0	42,8	50,8	44,5	—	—	27,7		
Побічна продукція + сидерат	17,7	11,7	28,2	19,2	—	—	2,4		
240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	34,3	42,0	53,3	43,2	—	—	26,4		
240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	33,6	34,5	52,4	40,2	—	—	23,4		
320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	35,8	35,5	53,8	41,7	—	—	24,9		
НПР _{0,05}	1,11	0,99	1,25	—	—	—	—		

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Встановлено, що застосування різноглибинного (пошарового) унесення вапна – половину дози CaCO_3 під основний обробіток, а решту під культивуацію, можна рекомендувати для досягнення нейтралізації орного шару ґрунту вже у 1-й рік після внесення за рахунок додаткового перемішування, створюючи тим самим гомогенізований за фізико-хімічними властивостями шар, сприятливий для вирощування особливо чутливих до кислотності ґрунту рослин. Цукрові буряки, що вирощували на 3-й рік після внесення вапна таким способом, підвищували врожайність відносно ділянок із звичайним одноразовим внесенням, на 4,0 і 1,1 тонни відповідно.

Кукурудзу на силос вирощували у сівозміні після пшениці озимої та ярої за трьох рівнів мінерального і двох рівнів органо-мінерального удобрення на фоні відмінних між собою технологічних прийомів вапнування. Кукурудза на силос, як і пшениця, що була попередником, для оптимального росту та розвитку також вимагає близької до нейтральної реакції ґрунтового розчину. У дослідженнях на Поліссі [13] кукурудза різко підвищувала урожайність на 6-й рік дії вапна: найвищі прирости урожаю силосної маси одержано від вапнування по неудобреному та удобреному мінеральними добривами фонах (32,6–37,4 %). Вапнякові добрива, поліпшуючи умови ґрунтового живлення сільськогосподарських культур, не тільки підвищували урожайність, але й значно поліпшували його якість. У дослідях із кукурудзою відзначено, що вапнування ґрунту прискорює розвиток і досягання цієї культури [229].

У досліді кукурудзу на силос вирощували на 7, 14 і 3-й рік після внесення вапна (табл. 5.12). Роки досліджень на загал мали сприятливі погодні умови для вирощування кукурудзи на силос та зелену масу. На ділянці без добрив

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

(контроль) отримано досить низьку врожайність кукурудзи, особливо у II ротації сівозміни (9,7 т/га), що пов'язано з досить несприятливими показниками ґрунтової родючості та погодними умовами.

На ділянці, що розглядалася як фон (10 т гною і 164 кг д. р. NPK на 1 га сівозмінної площі у I-й ротації) урожайність становила на 14,5 т/га більше від ділянки без удобрення, що зумовлено як удобрювальною, так і меліоративною дією органічних добрив. Проте врожайність на цій же ділянці у двох наступних ротаціях вже без внесення гною була досить високою порівняно з урожайністю у II ротації. Це дає змогу висловити припущення, що на сірих лісових ґрунтах внесення гною під кукурудзу на силос не є безумовною потребою для отримання високих урожаїв.

Високі прирости врожайності кукурудзи на силос одержані від вапнування по органо-мінеральному фоні удобрення. Порівнюючи ці ділянки між собою, можна відмітити ділянку з доломітовим борошном, тут урожайність була найвищою, а середній приріст становив 8,8 т/га.

Повторна хімічна меліорація дефекатом (1,0 Нг) сумісно з внесенням 1,5 т/га сапоніту у III ротації виявилася ще ефективнішим технологічним заходом підвищення урожайності кукурудзи на силос. Урожайність силосної маси кукурудзи на цій ділянці в середньому зафіксована на рівні кращих ділянок із підвищеними дозами мінеральних добрив на фоні внесеного вапна в одинарній і полуторній дозах за гідролітичною кислотністю 50,8–54,7 т/га.

Вплив системи удобрення та хімічної меліорації на врожайність вико-вівсяної сумішки на зелений корм досліджували протягом I та II ротацій. У I ротації попередником був вирівнювальний посів вівса, а в II ротації кукурудза на силос. Характерною біологічною особливістю

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

такого посіву є різні вимоги до ґрунтового середовища. Овес є дуже пластичною культурою, яка однаково добре зростає як на кислих, так і на нейтральних ґрунтах, вика – дуже чутлива до надмірної кислотності ґрунту. Тобто ці культури зовсім по-різному реагують на найменшу зміну кислотно-основного та поживного режимів ґрунту.

Таким чином, доповнюючи одна одну, овес і вика, залежно від фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунту в кожній ділянці досліду, забезпечували досить високу середню урожайність – 36,5–40 т/га зеленої маси (табл. 5.13). Разом з тим, слід відзначити, що загальні закономірності, висвітлені у попередніх розділах, щодо позитивного впливу вапнування чітко простежувалися протягом усіх шести років досліджень як у 1-й рік, так і на 8-й рік дії вапна.

Конюшину червону вирощували в досліді загалом у кожній з трьох ротацій сівозміни, попередником традиційно був ячмінь ярий, що, без сумніву, є найкращою покривною культурою для конюшини, добрива не вносили. Відомо, що ця культура найкраще розвивається за нейтральної реакції ґрунтового розчину pH_{KCl} 6,0–7,0. На вапнування реагує дуже добре. Характерною особливістю конюшини є негативна реакція на азотні мінеральні добрива як у прямій дії, так і в післядії. Добре відомо, що вона може фіксувати азот повітря і не потребує додаткового внесення азотних добрив. Використання фізіологічно кислих мінеральних добрив, як правило, веде до підвищення кислотності ґрунтового розчину і заважає інтенсивній фіксації атмосферного азоту.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 5.13 Вплив системи удобрення та хімічної меліорації на врожайність вико-вівсяної сумішки на зеленій корм, т/га

Удобрення	Урожайність, т/га				Приріст урожайності, т/га		
	вико-вівсяної сумішки на з.к.		СРЕДНЕ		від вапна	від до-бров	су-мар-ний
	1-й рік дії вапна	8-й рік дії вапна					
	попередник		кукурудза на силос	СРЕДНЕ			
	овес – вирівнювальний посів						
Без добрив (контроль)	28,9	27,1	28,0	–	–	–	
5 т/га СаСО ₃	31,4	32,7	31,9	3,9	–	–	
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	35,2	37,0	36,1	–	8,1	–	
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + 5 т/га СаСО ₃	35,0	39,1	37,1	1,0	–	9,1	
10 т/га гною + 5 т/га СаСО ₃	30,8	35,2	33,0	–	1,1	5,0	
10 т/га гною + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ – Фон N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	37,2	38,5	37,9	–	–	9,9	
10 т/га гною + N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + 5 т/га СаСО ₃	37,0	40,5	38,8	0,9	–	10,8	
Фон + 5 т/га доломіту	37,4	41,1	39,3	1,4	–	11,3	
Фон + 0,7 т/га щорічно у I рогації	39,7	39,3	39,5	1,6	–	11,5	
Фон + 2,5 кг СаСО ₃ на 1кг N	38,9	36,2	37,6	-0,3	–	9,6	
Фон + 5 т/га СаСО ₃ пошарово	37,7	40,1	38,9	1,0	–	10,9	
10 т/га гною + N ₄₅ P ₆₈ K ₆₈ + 5 т/га СаСО ₃	38,3	45,7	42,0	–	–	14,0	
10 т/га гною + N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ + 5 т/га СаСО ₃	38,3	48,0	43,2	–	–	15,2	
10 т/га гною + N ₄₅ P ₆₈ K ₆₈ + 7,5 т/га СаСО ₃	39,0	51,5	45,3	–	–	17,3	
10 т/га гною + N ₄₅ P ₆₈ K ₆₈ + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	37,5	47,7	42,6	–	–	14,6	
Побічна продукція	30,6	29,0	29,8	–	–	1,8	
15 т/га гною + N ₄₅ P ₆₈ K ₆₈ + 5 т/га СаСО ₃	38,7	40,3	39,5	–	–	11,5	
N ₄₅ P ₆₈ K ₆₈ + 5 т/га СаСО ₃	42,2	39,7	41,0	–	–	13,0	
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ + 5 т/га СаСО ₃	40,9	51,0	46,0	–	–	18,0	
Урожайність	36,5	40,0	–	–	–	–	
НІР _{0,05}	0,87	1,0	–	–	–	–	

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Аналіз урожайності конюшини (табл. 5.14) показав, що її приріст від використання післядії лише мінеральних добрив, внесених під попередні сільськогосподарські культури в сівозміні, становить у середньому 2,80 т/га. Тобто, негативної реакції конюшини на погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту в цій ділянці не відмічено, що ще раз підтверджує висловлену раніше думку про високу буферність сірого лісового ґрунту до негативного впливу фізіологічно-кислих мінеральних добрив.

Встановлено, що використання післядії мінеральних добрив на фоні внесення вапна значно ефективніше, ніж на невапнованому, середній сумарний приріст урожайності зеленої маси конюшини зростав до 4,2 т/га, перевищивши приріст від післядії мінеральних добрив на 50 %. У перших двох ротаціях конюшина добре реагувала на післядію гною у поєднанні з вапнуванням, де приріст урожайності зеленого корму був відповідно 5,5 і 3,4 т/га. За порівняння приростів урожайності від поєднання післядії сумісного внесення гною і зростаючих доз мінеральних добрив на фоні післядії вапнування (5-й і 12-й роки) встановлено, що конюшина червона дуже позитивно реагує на зміну параметрів кислотно-лужного та поживного режиму ґрунту.

Прирости врожаю від післядії застосування рекомендованих для зони Лісостепу доз мінеральних добрив, гною і вапнування повною дозою за гідролітичною кислотністю були найвищими в досліді і становили 6,1–6,5 т/га. Достовірної, негативної чи позитивної, післядії на врожайність зеленої маси конюшини, високих доз мінеральних добрив на вапнованих фонах не встановлено, прирости знаходилися майже на рівні вищезгаданих ділянок.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 5.14 Вплив хімічної меліорації та системи удобрення на врожайність конюшини червоної на 3. К., т/га

Удобрення, попередник ячмінь ярий		Урожайність, т/га					Приріст урожайності, т/га			
		конюшини червоної на з.к.			середнє					
		5-й рік дії вапна	12-й рік після дії вапна	5-й рік дії вапна	середнє	від вапна	від добрив	сумарний		
у I та II ротациях	у III ротациях	Без добрив (контроль)								
		13,1	14,3	15,1	14,2	-	-	-		
		5 т/га СаСО ₃								
		16,5	15,8	16,5	16,3	2,1	-	-		
		160 кг/га NPK								
		16,2	17,6	17,2	17,0	-	2,8	-		
		160 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃								
		18,4	18,5	18,2	18,4	1,4	-	4,2		
		Сидерат + 5 т/га СаСО ₃								
		18,6	17,7	16,7	17,7	-	-	3,5		
		Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. - Фон								
		21,3	20,1	17,4	19,6	-	-	5,4		
		Фон + 5 т/га СаСО ₃								
		21,8	21,4	18,8	20,7	-	-	6,5		
		Фон + 5 т/га СаСО ₃								
		21,2	21,0	18,8	20,3	0,7	-	6,1		
		Фон + 0,7 т/га СаСО ₃ щорічно у I ротациях								
		24,2	21,4	19,1	-	-	-	-		
		Фон + 2,5 кгСаСО ₃ на 1кг N								
		21,7	21,2	18,5	-	-	-	-		
		Фон + 3,75 т/га СаСО ₃ + 1,5 т/га сапоніту								
		22,8	21,3	18,0	-	-	-	-		
		Фон + 2,5 т/га СаСО ₃ + 1,5 т/га сапоніту								
		20,8	17,6	20,1	19,5	-	-	5,3		
		Сидерат + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.								
		20,5	20,2	21,4	20,7	-	-	6,5		
		Сидерат + 320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.								
		19,5	17,6	22,3	19,8	-	-	5,6		
		Сидерат + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га СаСО ₃ + П.П.								
		19,5	17,6	22,3	19,8	-	-	5,6		
		Сидерат + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃								
		19,4	18,1	21,4	19,6	-	-	-		
		Сидерат + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃								
		19,4	18,5	18,9	-	-	-	-		
		Урожайність середня								
		0,36	0,41	0,45	-	-	-	-		
		NPK0,05								
		17,4	21,4	19,4	-	-	-	5,2		
		побічна продукція + сидерат								
		14,7	15,4	16,0	15,4	-	-	1,2		
		побічна продукція + сидерат								
		19,1	18,0	20,5	19,2	-	-	5,0		
		240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃								
		19,4	17,8	21,1	19,4	-	-	-		
		320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃								
		19,4	18,1	21,4	19,6	-	-	-		
		Урожайність середня								
		19,4	18,5	18,9	-	-	-	-		
		NPK0,05								
		0,36	0,41	0,45	-	-	-	-		

Примітка. Добрива, побічна продукція, гній і сидерат безпосередньо під конюшину не вносили.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Вапнування не тільки сприяло значному підвищенню врожайності конюшини червоної, але й поліпшувало видовий склад травостою у посівах. Так, на вапнованих ділянках (окомірно), конкуруючи за територію, різнотрав'я становило 5–6 %, а на невапнованих прекрасно розвивалися пирій повзучий, хвощ польовий, тонконіг, подорожник ланцетовидний, які складали до 30 % травостою, погіршуючи тим самим його кормову цінність.

Наведені результати досліджень свідчать, що вапнування при застосуванні добрив у зерно-просапних сівозмінах значно підвищує їх ефективність не тільки в перші десять років після хімічної меліорації, але й у післядії на 12–14-й рік, особливо виразно це видно за вирощування кукурудзи на силос і конюшини на зелений корм на ділянках із підвищеними дозами мінеральних добрив. Встановлено, що доломітове борошно достовірно перевищує ефективність одинарної дози вапнякового борошна протягом 14 років досліджень.

Проте слід відзначити, що зниження приростів урожаю від затухаючої дії вапна на кінець II ротації 7-пільної сівозміни в порівнянні з I ротацією свідчать про достовірність наших висновків щодо необхідності проведення повторного вапнування повною дозою ($1,0 \text{ Нг CaCO}_3$) не рідше одного разу на 10 років, що забезпечить підтримання реакції ґрунтового розчину на оптимальному рівні, гарантуючи тим самим отримання істотних приростів урожаю сільськогосподарських культур.

Таким чином, урожайність сільськогосподарських культур типової для зони Лісостепу польової сівозміни на вапнованому фоні зростає у I і поступово знижується у II ротації 7-пільної сівозміни, що пов'язано з погіршенням фізико-хімічних властивостей ґрунту на фоні згасаючої дії

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

вапна. Тому повторне вапнування сірих лісових ґрунтів за умов періодично промивного водного режиму є необхідним заходом підвищення їх ефективної родючості.

Зважаючи на те, що фізико-хімічні показники властивостей дослідженого сірого лісового ґрунту на кінець II ротації не забезпечують отримання істотного приросту врожаю, можна стверджувати про очевидний недобір сільськогосподарської продукції в результаті непроведення цього заходу повторно через 10 років.

Повторна хімічна меліорація сірих лісових крупнопилувато-легкосуглинкових ґрунтів виявилася високоефективним заходом підвищення урожайності культур у плодозмінній сівозміні за рахунок значного покращання фізико-хімічних властивостей ґрунту. Крім того, підтвердилися припущення про необхідність комплексної хімічної меліорації з використанням сапонітів Ташківського родовища. Композиція комплексного хімічного меліоранту (5 т/га CaCO_3 + сапоніт 1,5 т/га) забезпечила найкращі показники серед усіх випробуваних ділянок.

РОЗДІЛ 6. Ефективність вапнування кислих ґрунтів

Хімічна меліорація та система удобрення сільсько-господарських культур – найважливіший чинник інтенсифікації рослинництва у зоні поширення кислих ґрунтів. Збільшення затрат на удобрення повинно супроводжуватися приростом вартості врожаю, перевищуючи витрати, в іншому випадку порушується процес розширеного відтворення виробництва в землеробстві. Однак у господарствах часто має місце порушення цього визначального принципу, а саме: підвищені дози мінеральних добрив не завжди забезпечують очікуваний вихід продукції [1, 86]. Тому оптимізація системи удобрення культур сівозміни є одним із вирішальних чинників зростання їх урожайності та в кінцевому результаті, підвищення ефективності виробництва.

Водночас, особливого пріоритетного значення набуває якісна сторона проблеми – оптимізація доз, удосконалення способів внесення і заробляння добрив з урахуванням вмісту рухомих форм поживних речовин у ґрунті, а також особливостей сівозміни [159]. Здійснення заходів з регулювання та відтворення родючості сірого лісового ґрунту повинно передбачати економічну оцінку їх ефективності, яка базується на системі показників: урожайність сільськогосподарських культур; додаткова продукція (приріст врожаю), що отримана від вапнування та удобрення у натуральному та вартісному виразах; собівартість одиниці продукції, прибуток на 1,0 га; окупність поточних витрат, що виражається показником рентабельності [176].

6.1. Економічна оцінка

Оцінювання економічної ефективності застосування нової технології виробництва продукції сільськогосподарських культур чи окремих її елементів здійснюється шляхом співставлення ефектів виробництва, що отримані (будуть отримані) за використання нового (досліджуваного) і базового (контрольного) варіантів. Досягнуті ефекти виробництва визначаються системою фізичних та вартісних показників, серед яких найповніше і об'єктивне оцінювання економічної ефективності виробництва забезпечується при застосуванні відносних показників, що характеризують інтенсивність використання задіяних у виробничому процесі виробничих ресурсів. Перш за все, це показники, які відображають ефективність використання головного ресурсу – землі (ґрунту). Основними серед них є обсяги виробництва продукції у фізичному і вартісному вираженні, а також розмір отриманого прибутку в розрахунку на 1 га площі сільськогосподарської культури.

Дуже важливо, особливо в умовах зниження доступності фінансових ресурсів і функціонування диспаритетного механізму ціноутворення на сільськогосподарську продукцію, здійснювати економічне оцінювання виробничих технологій за критеріями окупності виробничих витрат. Одним із основних показників, що характеризує окупність виробництва є його рентабельність, яка визначається відношенням прибутку до повної собівартості отриманої продукції.

Тому визначення економічної ефективності вапнування та застосування добрив полягала у визначенні вартості виробленої у сівозміні продукції сільськогосподарських культур з одиниці сівозмінної площі, а також урахування затрат на її отримання. Економічна оцінка систем удобрення та вапнування здійснювалася за середньоринковими

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

цінами 2013 року (довідковий курс валют: 1,0 долар США = 8 грн.). Вартість продукції кормових культур визначалася за ціною на овес, що відображає середню вартість кормової одиниці. Знаючи суму приростів урожаю всіх культур сівозміни в грошовому виразі, а також витрати на придбання і застосування вапна та добрив можна визначити умовно чистий прибуток. При цьому загальні витрати на внесення одинарної дози вапна становили 1627 грн./га, або в середньому щорічно протягом 14 років – 116 грн./га.

Аналогічні витрати на внесення мінеральних добрив обчислювались з розрахунку на $N_{54}P_{54}K_{56}$ і становили – 1762 грн. Витрати на внесення 70 тонн гною становили 5370 грн./га (або в середньому щорічно 760 грн./га, протягом двох ротацій сівозміни), вартість побічної продукції залишеної в полі та затрати на її заробляння становили 2048 грн./га (або в середньому 147 грн./га щорічно).

Результати розрахунків економічної ефективності підтверджують високу рентабельність вапнування, внесення мінеральних і органічних добрив, але важливо зазначити, що окупність затрат має значні коливання залежно від системи удобрення і ступеня зміни властивостей ґрунту під впливом вапнування, у першу чергу, від рівня зниження кислотності.

Визначення економічної ефективності ділянок агрохімічного блоку системи землеробства (вапна, мінеральних і органічних добрив та їх поєднання) у зерно-просапній сівозміні протягом двох ротацій показало, що найвищий умовно чистий прибуток 2605,5–2968,5 грн./га отримано за внесення щорічно 164 кг/га NPK у поєднанні з органічними добривами (10 т/га сівозмінної площі у першій ротації) на фоні вапнування повними дозами $CaMg(CO_3)_2$ та $CaCO_3$ за гідролітичною кислотністю, а також за різноглибинного внесення $CaCO_3$ – 2509,5 грн./га, а рентабельність становила у середньому 38–46 %.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Окремо слід відзначити ефективність внесення полуторних доз мінеральних добрив і вапна в дозі, де за дві ротації семипільної сівозміни отримано досить високі економічні показники: середньозважений прибуток становив 2314,5 грн./га, а рентабельності 32 %. Порівняння цієї ділянки з комплексним внесенням гною та полуторної дози мінеральних добрив на вапнованому фоні за 1,0 Нг CaCO₃ вказує на те, що за внесення цієї ж дози органічних і мінеральних добрив на вапнованому фоні за 1,5 Нг прибуток від застосування меліоранту був більший на 145 грн./га, що пов'язано з тривалішою меліоративною дією полуторної дози вапна.

Порівняно низький умовно чистий прибуток 1796–2494 грн./га отримано при застосовуванні подвійної дози мінеральних добрив, рентабельність становила 23 і 35 %. Порівнюючи ділянки між собою, прибуток від застосування одинарної дози вапна та органічного добрива був нижчим на 698 грн./га, ніж при застосуванні лише вапна. Очевидно, що відбувається зниження меліоративної дії вапна на фоні подвійних доз фізіологічно кислих добрив, унаслідок чого підкислюється ґрунт, а позитивного впливу за такої системи удобрення було недостатньо для забезпечення ефективності виробництва (табл. 6.1).

Застосування у перших двох ротаціях сівозміни виключно мінеральної системи удобрення N₅₁P₂₈K₅₁ забезпечило прибуток на рівні 2408,5 грн./га за рентабельності 45 %. Проте, якщо зважити на те, що прибуток за рахунок умовної природної родючості (контроль) становив 1968 грн./га, то залишилося всього 440,5 грн./га на зростання прибутку від добрив (табл. 6.2).

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 6.1 Економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур у зерно-просапній сівозміні на сірому лісовому ґрунті залежно від вапнування і удобрення ґрунту, I–II рогації

Удобрення	Продуктивність сівозміни, т/га з. од.	Повна собівартість продукції, грн./га	Дохід від реалізації продукції, грн./га	Прибуток від реалізації продукції, грн./га	Прибуток від вапна, грн./га	Рентабельність, %
Без добрив (контроль)	2,85	3683,5	5651,5	1968,0	-	53
5 т/га СаСО ₃	3,22	3879,0	6387,0	2508,0	540,0	65
160 кг/га NPK	3,94	5360,5	7769,0	2408,5	-	45
160 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,15	5540,0	8194,5	2654,5	246,0	48
10 т/га гною + 5 т/га СаСО ₃	3,83	4958,5	7586,5	2628,0	-	53
10 т/га гною + 160 кг/га NPK – Фон	4,23	6286,0	8372,0	2086,0	-	33
Фон + 5 т/га СаСО ₃	4,63	6457,5	9073,0	2605,5	519,5	40
Фон + 5 т/га доломіту	4,79	6495,5	9464,0	2968,5	882,5	46
Фон + 0,7 т/га шоричіу I рогації	4,54	6745,5	8977,5	2232,0	146,0	33
Фон + 2,5 кг СаСО ₃ на 1 кг N	4,39	6654,0	8687,0	2033,0	-	31
Фон + 5 т/га СаСО ₃ пошарово	4,69	6522,5	9032,0	2509,5	423,5	38
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,74	7174,0	9343,5	2169,5	-	30
10 т/га гною + 320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,94	7932,5	9728,5	1796,0	-	23
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га СаСО ₃	4,83	7203,0	9517,5	2314,5	-	32
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	4,94	7236,5	9719,0	2482,5	-	34
Побічна продукція	3,11	3756,5	6149,5	2393,0	-	64
15 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,75	7134,5	9352,0	2217,5	-	31
240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,67	6136,0	9202,0	3066,0	-	50
320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,85	7068,5	9562,5	2494,0	-	35

Примітка: Розрахунки проведені за середньоринковими цінами 2013 року. Офіційний курс до 1 долара становив 8 гривень.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 6.2 Економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур у плодозмінній сівозміні на сірому лісовому ґрунті залежно від вапнування і удобрення ґрунту, III ротація

Удобрення	Продуктивність, т/га з од. сівозміни,	Повна продукція, т/га	Діод від реалізації продукції, т/га	Відбуток від реалізації продукції, т/га	Відбуток від вапна, т/га	Рентабельність, %
Без добрив (контроль)	2,41	3421	4905	1484	-	43
5 т/га СаСО ₃	2,88	3752	5832	2080	596	55
160 кг/га NPK	3,22	5014	6821	1807	-	36
160 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	3,75	5342	7610	2268	461	43
Сидерат + 5 т/га СаСО ₃	3,06	3882	6223	2341	-	60
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. – Фон	3,63	5206	7389	2183	-	42
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 5 т/га СаСО ₃	4,17	5551	8471	2920	737	53
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 5 т/га доломіту	4,20	5548	8444	2896	713	52
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 3,0 т/га сапоніту	3,93	5360	8013	2653	470	50
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 0,7 т/га СаСО ₃ + 1,5 т/га сапоніту	4,55	5644	9293	3649	1466	65
Сидерат + 160 кг/га NPK + П.П. + 2,5 т/га СаСО ₃ + 1,5 т/га сапоніту	4,29	5588	8752	3164	981	57
Сидерат + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	4,54	6302	9261	2959	-	47
Сидерат + 320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	4,81	7043	9839	2796	-	40
Сидерат + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га СаСО ₃ + П.П.	4,76	6385	9723	3338	-	52
Сидерат + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,37	6235	8931	2696	-	43
Побічна продукція + сидерат	2,70	3623	5489	1866	-	52
240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	4,47	6186	9119	2933	-	47
240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,34	6118	8945	2827	-	46
320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,67	6848	9527	2679	-	39

Примітка: Розрахунки проведені за середньоринковими цінами 2013 року. Офіційний курс до 1 долара становив 8 гривень.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Це дозволяє стверджувати про недостатню ефективність такої системи удобрення сірого лісового ґрунту. Разом з тим внесення повної дози за гідролітичною кислотністю CaCO_3 один раз на 14 років забезпечило 540 грн./га умовно чистого прибутку та 65 % рентабельності виробництва, хоча середня продуктивність 1,0 га сівозмінної площі за цієї технології вапнування значно поступалася мінеральній системі удобрення. Відзначено, що при застосовуванні лише побічної продукції, як органічного добрива, рентабельність була одна з найвищих у досліді і становила 64 %, а прибуток від її внесення становив 2393 грн./га, що майже рівняється з показником чистого прибутку при застосовуванні лише мінеральних добрив.

Оцінка економічної ефективності повторного вапнування у III ротатії плодозмінної сівозміни за умови застосування комплексних меліорантів сумісно з різними системами органічного і мінерального удобрення полягала у визначенні вартості виробленої продукції з одиниці площі, а також врахування затрат на її отримання. Загальні витрати на внесення хімічних меліорантів становили 1627 грн./га (або в середньому щорічно протягом 7 років відповідно 232 грн./га).

Аналогічні витрати на внесення мінеральних добрив обчислювались з розрахунку на $\text{N}_{51}\text{P}_{28}\text{K}_{51}$ – 1463 грн. Витрати на внесення 6,0 т зеленої маси конюшини з врахуванням втрат від вилучення з реалізації цієї продукції, становили 1843 грн./га, або в середньому щорічно 263 грн./га протягом 7 років. При цьому вартість побічної продукції, залишеної в полі, та затрати на її заробляння становили 1248 грн./га, або 178 грн./га щорічно.

Результати розрахунків економічної ефективності підтверджують високу рентабельність повторного вапнування та внесення сапоніту в поєднанні з дефекатом, мінеральними

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

й органічними добривами на сірих лісових ґрунтах. Але важливо зазначити, що окупність затрат має значні коливання залежно від системи удобрення і ступеня зміни властивостей кислотного-лужного режиму.

Обчислення економічної ефективності застосованого в досліді агрохімічного блоку системи землеробства (дефекату, сапоніту, мінеральних і органічних добрив та їх поєднання) у плодозмінній сівозміні на сірому лісовому ґрунті показало, що найвищий умовно чистий прибуток 3649–3164 грн./га отримано за внесення щорічно 130 кг/га NPK у поєднанні з органічними добривами (14 т/га побічної продукції + 6,0 т/га сидерату) на фоні комплексної хімічної меліорації дефекатом (0,75 і 0,5 за Нг) сумісно з внесенням 1,5 т/га сапоніту – рентабельність становила у середньому 65–57 %.

Значно нижчий прибуток – 2796–2679 грн./га отримано за застосування подвійної дози мінеральних добрив, рентабельність становила відповідно 40 і 39 %. Порівнюючи системи удобрення між собою, слід відзначити, що прибуток від застосування дефекату та системи удобрення був вищим на 117 грн./га, ніж на аналогічних ділянках у I і II ротаціях сівозміни. Такі результати отримані внаслідок зниження меліоративної дії дефекату на фоні подвійних доз фізіологічно кислих добрив, що підкислюють ґрунт, та високої вартості мінеральних добрив, яка впливає на собівартість продукції в цілому.

Застосування протягом 21-го року виключно мінеральної системи удобрення призвело, за більшістю показників, до зниження рівня потенційної родючості. Яскравим підтвердженням зниження ефективної родючості за такої системи удобрення є зменшення прибутку до рівня 1807 гривень з одного гектара площі у III ротації сівозміни за рентабельності 36 %. Це, відповідно, на 36 % нижче порівняно

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

з прибутковістю цієї ділянки у I ротації сівозміни, де прибуток становив 2804 грн./га, що свідчить про неефективність такої системи удобрення сірих лісових ґрунтів у Правобережному Лісостепу України.

Поєднання органічної і мінеральної системи удобрення забезпечило значно вищий прибуток, який у III ротації становив 2183 грн./га, але рентабельність залишалася досить низькою (42 %). Застосовувавши лише побічну продукцію та сидерат (приорювали конюшину 1 раз за ротацію), отримали прибуток на рівні 1866 грн./га та рентабельність 52 %. Прибуток від застосування такої системи удобрення, порівняно з контролем склав 382 грн./га, що перевищило прибуток, отриманий від внесення мінеральних добрив на 59 грн./га.

Разом з тим, повторне внесення повної дози за гідролітичною кислотністю CaCO_3 (через 14 років) забезпечило 596 грн./га чистого прибутку та 55 % рентабельності виробництва. Проте середня продуктивність 1,0 га сівозмінної площі в плодозмінній сівозміні за згаданої технології вапнування значно поступалася органічній, мінеральній та орґано-мінеральній системам удобрення.

Результати досліджень свідчать, що окупність витрат на вапнування значно коливалась залежно від дози, форми і способу внесення хімічних меліорантів та системи удобрення культур у сівозміні. Найвищу окупність витрат зафіксовано від сумісного застосування органічних і мінеральних добрив у поєднанні з доломітовим борошном. При цьому отримано найвищий умовно чистий прибуток від внесення меліоранту, який становив у середньому 882 грн./га щорічно протягом 14 років після внесення. За повторного вапнування кращим виявився варіант, де застосовували дефека́т (0,75 Нг) і сапоніт (1,5 т/га), що забезпечило щорічний прибуток на рівні максимальних за роки досліджень 1466 грн./га.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Порівняно невисока окупність виробничих витрат за внесення високих доз мінеральних добрив, пов'язана з високою їх вартістю. Крім того, внесення підвищених доз мінеральних добрив, зумовлюючи значне підкислення ґрунту, призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур та зменшення окупності використання добрив отриманою продукцією.

Отже, розрахунки економічної оцінки ефективності застосування хімічної меліорації на досліджуваних ґрунтах свідчать, що вапнування є дуже ефективним заходом підвищення їх родючості. Найрентабельнішим для сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту слід вважати застосування доломітового борошна у дозі 1,0 Нг та дефекату (0,75 Нг) у поєднанні з сапонітом (1,5 т/га) на фоні щорічного внесення помірних доз мінеральних добрив та внесенням гною (10 т/га сівозмінної площі) за максимального залучення до системи удобрення побічної продукції та сидератів.

6.2 Енергетична оцінка

Не вдаючись до поглибленого аналізу виробництва в землеробстві, часом помилково оцінюються як ефективні агрозаходи, які дають на перший погляд високий економічний ефект. За допомогою енергетичного аналізу вдається доповнити економічну оцінку, виявити недоліки в розрахунках на основі ринкової (грошової) вартості продукції, рівня інфляції, коливання курсу валют тощо. Адже кожен додатковий центнер сільськогосподарської продукції потребує все більшого внесення в ґрунт непоновлюваної енергії, причому це внесення має цілком об'єктивні межі. Їх перевищення призводить до зменшення врожаю та коефіцієнта енергетичної ефективності. Зрештою,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

настає такий період, коли оплата врожаєм укладених у виробництво затрат (енергії) зменшується.

У сільськогосподарському виробництві земля виступає основним засобом виробництва і практично нічим не замінна. Земельні ресурси залежно від природних умов та діяльності людини змінюються. Ґрунт – тіло біологічного походження і характеризується певною родючістю й енергоємністю, що визначає необхідність оптимального використання цих його властивостей. Під фактором родючості у згаданому контексті слід розуміти здатність навколишнього середовища (з усіма видами енергії) задовольняти потреби рослин у воді й поживі, створювати сприятливі умови реакції середовища, повітряного, світлового і теплового режимів за відсутності в ґрунті токсичних сполук, шкідливих організмів та інших обмежуючих чинників. На сучасному етапі розвитку сільського господарства проблема збереження енергоємності ґрунту набуває все більшої ваги, що пов'язано з переважно максимальним антропогенним навантаженням на агроєкосистему.

Енергетичний аналіз дозволяє оцінити ефективність інтенсивних, ресурсо- й енергозберігаючих технологій у землеробстві та рослинництві. Застосування енергетичного еквіваленту при аналізі різних галузей сільськогосподарського виробництва дозволяє об'єктивно їх оцінити та забезпечити певну економію ресурсів і енергії. Енергетичний аналіз технологій із застосуванням хімічної меліорації є одним із способів, що визначає доцільність застосування кальцієвмісних меліорантів у сучасних енергозберігаючих технологіях. Головне завдання енергетичного аналізу – це пошук і планування методів сільськогосподарського виробництва, які забезпечують раціональне застосування непоновлюваної (викопної) і поновлюваної (сонячної) енергії, охорону навколишнього середовища. Іншими словами, енергетичний аналіз проводиться для оцінки ефективності

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

використання не тільки добрив, меліорантів, пестицидів, поливної води, але й природних ресурсів – ґрунту, клімату, сонячної радіації, тобто основних чинників родючості [61, 75, 204].

На сьогодні особливо важливим завданням є налагодження досліджень і розроблення нових технологій виробництва продуктів сільського господарства, придатних для забезпечення підвищення продуктивності праці та врожайності сільськогосподарських культур. Разом з тим необхідно забезпечити максимальне збереження родючості ґрунту, раціональне витрачання паливно-мастильних матеріалів, електроенергії, ефективну експлуатацію машин, механізмів, одержувати конкурентоспроможну продукцію.

Хімічна меліорація з використанням різних форм, доз і композицій природних меліорантів за впровадження інтенсивних, ресурсо- та енергозберігаючих технологій потребує значних витрат. Найбільша частка при цьому припадає не стільки на вартість меліорантів, скільки на їх транспортування та внесення. Інтенсифікація галузі землеробства, як правило, супроводжується збільшенням витрат усіх видів енергії. Не виключено, що витрати енергії на хімічну меліорацію ґрунтів зростатимуть, особливо в господарствах, які знаходяться на значних відстанях від покладів вапнякових матеріалів та залізничних станцій. Проблема збереження енергоємності ґрунту набуває все більшої ваги в умовах, коли земля стає товаром. Тому утримання ґрунтів у стані високої родючості без зменшення їх енергоємності повинно бути чітко виписано у законодавстві.

Сільське господарство на сучасному етапі розвитку може бути конкурентоспроможним лише за умов раціонального використання непоновлюваної енергії. Зрозуміло, що створення приросту продукції досягається за рахунок зростаючих вкладень енергії, носієм якої є не тільки органічні

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

і мінеральні добрива, а й власне ґрунт з певними фізичними, фізико-хімічними, агрохімічними властивостями та іншими факторами родючості, які забезпечують ріст і розвиток рослин.

Ґрунти, залежно від природних умов, а значною мірою внаслідок діяльності людини змінюються часто не в кращий бік, але проблема збереження енергоемності сірих лісових ґрунтів є актуальною ще й тому, що зменшення енергоемності легких за гранулометричним складом кислих ґрунтів на сьогоднішній день є реальною прогресуючим процесом у всіх без винятку природних зонах України. Хімічна меліорація стосується цільового і направленного проведення в землеробстві робіт на створення в ґрунтовому середовищі таких умов, за яких енергоемність ґрунту не зменшуватиметься.

При проведенні енергетичного аналізу окремих систем удобрення культур сівозміни взяті такі енергетичні еквіваленти: 1,0 кг напівперепрілого гною (вологістю 75–80 %) – 100,3 Ккал; 1,0 кг соломи та сидерату (за 20 % вологості) 3400 Ккал; вапнякових добрив – 907,6 Ккал; мінеральні добрива в розрахунку на 1,0 кг д. р. оцінюються такою кількістю енергії: азотні – 20730,3, фосфорні – 3009,3, калійні – 1982,3; [77, 146, 152]. Висока енергоемність сидерату і соломи розглядалася у контексті енергетичної ефективності та доцільності використання цих органічних добрив як окремо, так і в поєднанні з мінеральними добривами (табл. 6.3 і 6.4).

Основним критерієм енергетичного аналізу різних за інтенсивністю систем агрохімічного впливу на ґрунт у нашому випадку є те, що енергія отриманого врожаю повинна бути максимальною, а вихідні параметри ґрунтової родючості – відновлені. Разом з тим, визначено енергетичну ефективність хімічної меліорації ґрунтів шляхом застосування різних форм і доз вапна на фоні різних систем удобрення протягом тривалого періоду післядії на ґрунтове середовище.

Таблиця 6.3 Енергетична ефективність системи удобрення та вапнування на сірому лісовому ґрунті

Удобрення	Зернопростапна сівозміна (I–II роляції)				
	середня урожайність, т/га з. од.	енергоємність витрачених добрив, Ккал x 10 ⁶	енергія урожаю, Ккал x 10 ⁶	енергія приросту урожаю, Ккал x 10 ⁶	Коефіцієнт витрачених добрив
Без добрив (контроль)	2,85	-	11,2	-	-
5 т/га СаСО ₃	3,22	0,4	12,6	1,4	3,5
160 кг/га NPK	3,94	1,4	15,4	4,2	3,0
160 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,15	1,8	16,3	5,1	2,8
10 т/га гною + 5 т/га СаСО ₃	3,83	0,9	15,0	3,8	4,2
10 т/га гною + 160 кг/га NPK – Фон	4,23	1,9	16,6	5,4	2,8
Фон + 5 т/га СаСО ₃	4,63	2,3	18,1	6,9	3,0
Фон + 5 т/га доломіту	4,79	2,3	18,8	7,6	3,3
Фон + 0,7 т/га щорічно у I роляції	4,54	2,3	14,5	3,3	1,4
Фон + 2,5 кг СаСО ₃ на 1 кг N	4,39	2,0	17,2	6,0	3,0
Фон + 5 т/га СаСО ₃ пошарово	4,69	2,3	18,4	7,2	3,1
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,74	3,0	18,6	7,4	2,5
10 т/га гною + 320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,94	3,7	19,4	8,2	2,2
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га СаСО ₃	4,83	3,2	18,9	7,7	2,4
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	4,94	6,0	19,4	8,2	1,3
побічна продукція	3,11	2,9	12,2	1,0	0,3
15 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,75	3,3	18,6	7,4	2,2
240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,67	2,5	18,3	7,1	2,8
320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,85	3,2	19,0	7,8	2,4

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Таблиця 6.4 Енергетична ефективність системи удобрення та повторного вапнування на сірому лісовому ґрунті

Удобрення	Плодозмінна сівозміна (III ротация)				
	середня продуктивність, т/га з. од.	енерго-ємність витрачених добрив, Ккал х 10 ⁶	енергія урожаю, Ккал х 10 ⁶	енергія приросту урожаю, Ккал х 10 ⁶	Коефіцієнт втратних добрив
Без добрив (контроль)	2,41	-	9,4	-	-
5 т/га СаСО ₃	2,88	0,8	11,3	1,9	2,4
160 кг/га NPK	3,22	1,2	12,6	3,2	2,7
160 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	3,75	2,0	14,7	5,3	2,7
Сидераг + 5 т/га СаСО ₃	3,06	1,0	12,0	2,6	2,6
Сидераг + 160 кг/га NPK + П.П. – Фон	3,63	4,3	14,2	4,8	1,1
Сидераг + 160 кг/га NPK + П.П. + 5 т/га СаСО ₃	4,17	5,1	16,3	6,9	1,4
Сидераг + 160 кг/га NPK + П.П. + 5 т/га доломіту	4,20	5,1	16,5	7,1	1,4
Сидераг + 160 кг/га NPK + П.П. + 3,0 т/га сапоніту	3,93	4,7	15,4	6,0	1,3
Сидераг + 160 кг/га NPK + П.П. + 0,7 т/га СаСО ₃ + 1,5 т/га сапоніту	4,55	5,1	17,8	8,4	1,6
Сидераг + 160 кг/га NPK + П.П. + 2,5 т/га СаСО ₃ + 1,5 т/га сапоніту	4,29	4,9	16,8	7,4	1,5
Сидераг + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	4,54	5,7	17,7	8,3	1,5
Сидераг + 320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	4,81	6,3	18,9	9,5	1,5
Сидераг + 240 кг/га NPK + 7,5 т/га СаСО ₃ + П.П.	4,76	6,1	18,7	9,3	1,5
Сидераг + 240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,37	2,8	17,1	7,7	2,8
Побічна продукція + сидераг	2,70	3,1	10,6	1,2	0,4
240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃ + П.П.	4,47	5,5	17,5	8,1	1,5
240 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,34	2,6	17,0	7,6	2,9
320 кг/га NPK + 5 т/га СаСО ₃	4,67	3,2	18,3	8,9	2,8

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Згідно з літературними джерелами, за середньозваженого коефіцієнта енергетичної ефективності $\leq 2,0$ виробництво вважається неефективним, 2–4 – ефективність низька, 4–6 – середня, 6–8 – висока та ≥ 8 – дуже висока [205]. Відповідно до цієї градації вплив вапнування та системи удобрення на енергетичну ефективність вирощування культур у сівозміні можна вважати незначним. Разом з тим, у нашому випадку на особливу увагу заслуговують ділянки (Фон + CaCO_3 (1,0 Нг)), (Фон + $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг)) та (Фон + CaCO_3 (1,0 Нг) пошарово), де було досягнуто значних приростів енергії в урожаї за високого К_е витрачених добрив (3,0–3,3).

Слід зазначити, що за внесення доломітового борошна, в I і II ротаціях сівозміни досягнуто значного збільшення коефіцієнта енергетичної ефективності витрачених добрив (К_е) – у середньому на 0,3 порівняно з застосуванням вапнякового борошна. Це можна пояснити тим, що доломітове борошно є кращою формою меліоранту як для дерново-підзолистих ґрунтів, так і для сірих лісових, що достовірно перевищує ефективність вапнякового в I ротації сівозміни і проявляє рівноцінну післядію до 14 років.

Коефіцієнт енергетичної ефективності за застосування подвійної дози мінеральних добрив менший на 0,8–0,9 од. порівняно із застосуванням одинарної дози NPK. Такий факт можна пояснити тим, що при застосуванні подвійної дози мінеральних добрив значно збільшуються енергетичні витрати та спостерігається поступове підкислення ґрунтового середовища. Враховуючи підкислюючу здатність фізіологічно кислих форм мінеральних добрив, слід відзначити, що одинарна доза вапна є недостатньою для оптимізації кислотності ґрунтового середовища на фоні підвищених доз мінеральних добрив.

Порівнюючи внесення подвійної і полуторної дози

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

мінеральних добрив на фоні внесення органічного добрива (гній) та вапнування за 1,0 Нг, слід зазначити, що в I і II ротаціях сівозміни коефіцієнт енергетичної ефективності за полуторної дози у середньому на 0,3 був вищий, ніж за внесення подвійної. Очевидно, це відбулося за рахунок зниження меліоративної дії вапна на фоні підвищених доз фізіологічно кислих азотних добрив.

У ділянці з внесенням полуторних доз мінеральних добрив і вапна коефіцієнт енергетичної ефективності за дві ротації сівозміни знаходився майже на одному рівні з внесенням одинарної дози вапна. Це пояснюється тим, що полуторна доза вапна на сірому лісовому ґрунті веде до втрат енергії та є неефективною порівняно з повною дозою CaCO_3 . У цілому розрахунки енергетичної ефективності витрачених добрив свідчать про високу ефективність хімічної меліорації ґрунту по всіх ділянках досліді.

Розрахунки енергетичної ефективності системи удобрення сільськогосподарських культур на сірому лісовому ґрунті дозволяють не погодитися з думкою, що за Кее менше 4,0 виробництво слід вважати низькоефективним. Враховуючи низьку природну родючість ґрунту без застосування добрив (контроль), де урожай у польових сівозмінах формується за рахунок ґрунтових запасів біогенних елементів і супроводжується агрохімічною деградацією ґрунтового покриву, застосування системи удобрення і вапнування з Кее витрачених добрив на рівні 2,0 і вище слід вважати достатньо ефективним. Загалом у II ротації зернопросапної сівозміни відбувається поступове зниження енергетичної ефективності витрачених мінеральних добрив і післядії гною, що пов'язане зі зниженням меліоративної дії вапна.

Ґрунт має високу енергоємність: у кожному кілограмі гумусу міститься 5000–5100 Ккал (20,9–21,4 МДж) енергії

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

[146]. Аналіз розрахунків зміни енергоємності показує, що лише у ґрунті без добрив (контроль) формування врожаю відбувалося за рахунок надмірного використання рослинами енергії гумусу, в результаті чого відбулося зниження енергоємності ґрунту на $22,9 \times 10^6$ Ккал енергії (табл. 6.5).

Таблиця 6.5 Зміни енергоємності орного шару сірого лісового ґрунту залежно від вапнування та системи удобрення, I–II ротації сівозміни

Удобрення	Запаси гумусу, т/га			Різниця між вихідним і кінцевим умістом, т/га \pm	Енергоємність ґрунту, Ккал $\times 10^6$	
	вихідні	кінець I ротації	кінець II ротації		втрати енергії	приріст енергії
Без добрив (контроль)	43,2	37,2	38,7	-4,5	22,9	-
Побічна продукція		44,4	54,3	+11,1	-	56,6
5 т/га CaCO_3		47,1	58,8	+15,6	-	79,6
160 кг/га NPK		47,7	54,3	+11,1	-	56,6
160 кг/га NPK + 5 т/га CaCO_3		48,6	58,8	+15,6	-	79,6
240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO_3		42,9	60,3	+17,1	-	87,2
320 кг/га NPK + т/га CaCO_3		42,3	58,8	+15,6	-	79,6
10 т/га гною + 5 т/га CaCO_3		46,5	55,8	+12,6	-	64,3
10 т/га гною + 160 кг/га NPK – Фон		45,9	48,0	+4,8	-	24,5
Фон + 5 т/га CaCO_3		48,6	57,3	+14,1	-	71,9
Фон + 5 т/га CaCO_3 пошарово		47,1	55,8	+12,6	-	64,3
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO_3		45,6	52,8	+9,6	-	49,0
10 т/га гною + 320 кг/га NPK + 5 т/га CaCO_3		44,4	57,3	+14,1	-	71,9
10 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO_3 + Пп		45,6	58,8	+15,6	-	79,6
15 т/га гною + 240 кг/га NPK + 5 т/га CaCO_3		47,4	63,0	+19,8	-	101,0

У той же час на всіх інших досліджених ділянках відбулося збільшення енергоємності ґрунту. Це свідчить про

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

те, що приріст продукції відбувався одночасно як за рахунок системи удобрення і вапнування, так і за рахунок підвищення енергоємності ґрунту. Крім того, слід відзначити факт значного накопичення енергії ґрунту у ділянках із застосуванням побічної продукції рослинництва.

За внесення побічної продукції протягом двох ротацій семипільних сівозмін енергоємність ґрунту збільшилася на $56,6 \times 10^6$ Ккал, що дорівнює накопиченню енергії ґрунту на ділянці, де застосовували повне мінеральне удобрення. За порівняння ділянок встановлено підвищення енергоємності ґрунту на 61 % лише від уведення в систему удобрення нетоварної частини врожаю культур зерно-просапної сівозміни. Тобто, використання енергії внесеної побічної продукції переноситься переважно на накопичення енергії ґрунту і меншою мірою на енергію приростів урожаю. Вапнування повною дозою за гідролітичною кислотністю забезпечило зростаюче накопичення енергії ґрунту як за безпосереднього впливу на нього, так і за поєднання з системою мінерального та органічно-мінерального удобрення.

Отже, враховуючи те, що протягом двох ротацій сівозміни отримано високі коефіцієнти енергетичної ефективності (велику віддачу енергії в урожаї) та збільшення енергоємності дослідженого сірого лісового ґрунту (на ділянках із внесенням CaCO_3 (1,0 Нг), приріст енергії становив $23,0\text{--}79,6 \times 10^6$ Ккал), можна припустити, що поєднання системи удобрення та хімічної меліорації в кращих ділянках досліджує оптимуму для сірих лісових крупнопилувато-легкосуглинкових ґрунтів Правобережного Лісостепу в цілому.

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

А

Агрегат водостійкий – агрегат, який цілком або частково зберігається в нерухомій або проточній воді.

Агрегат ґрунтовий – природна складна ґрунтова окремість, яка утворилась з елементарних ґрунтових часток (мікроагрегат), або мікроагрегатів (макроагрегат) внаслідок їх злипання та склеювання під впливом фізичних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних процесів.

Агрегація – процес утворення агрегатів під впливом як різних природних ґрунтових процесів (фізичних, хімічних і біологічних), так і механічного та хімічного обробітку ґрунту.

Агробіоценоз – штучно створювані угруповання організмів у вигляді посівів або насаджень культурних рослин.

Агроландшафт – частина земної поверхні з певним сполученням рельєфу, клімату і ґрунтів, де виробляється рослинницька продукція.

Агросфера – частина біосфери складовим якої є ґрунт, культивовані на ньому рослини і свійські тварини.

Агротехнічна меліорація – комплекс заходів, що передбачає поліпшення агрономічних властивостей ґрунту шляхом, поглиблення і окультурення орного шару ґрунту з неглибоким гумусовим горизонтом і низькою родючістю.

Адсорбент – тверда або рідка речовина, на поверхні частинок якої відбувається адсорбція.

Адсорбенти – це високодисперсні природні та штучні пористі тверді речовини з великою зовнішньою та (або) внутрішньою поверхнею, на якій і протікає адсорбція газів чи рідин.

Адсорбція – вибіркове поглинання речовини з газового чи рідкого середовища поверхневим шаром твердого тіла

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

(адсорбенту) чи рідини. Компонент, що поглинається, який вміщується в суцільному середовищі (газі, рідині), називають адсорбтивом, а той, що вміщується в адсорбенті, – адсорбатом.

Аерація ґрунту – природне або штучне насичення ґрунту атмосферним повітрям; газовий обмін між цими середовищами.

Аеробіоз – життя організмів в умовах достатнього забезпечення киснем, яке характеризується окисненням органічної речовини з утворенням вуглекислого газу і виділенням енергії.

Азот, що гідролізується – сполуки азоту, які переходять у розчин при обробці ґрунту 25 %-ою H_2SO_4 або 6 н HCl при нагріванні в автоклаві.

Азотфіксатори – бактерії і водорості (переважно синьо-зелені), що фіксують атмосферний азот.

Азотфіксація біологічна – процес засвоєння молекулярного азоту й побудови з нього азотистих сполук мікроорганізмами.

Актуальна кислотність ґрунту зумовлена наявністю іонів водню у ґрунтовому розчині. Залежить від наявності в ґрунтовому розчині вільних кислот, гідролітично кислих солей, ступеня їх дисоціації. Вимірюється при взаємодії ґрунту з дистильованою водою (водний рН, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$), при розведенні 1:2,5, або у пасті.

Акумуляція – процес накопичення мінеральних залишків у ґрунті.

Алюміній рухомий – алюміній, який переходить у розчині 1 н KCl при збовтуванні.

Амоніфікація – це перехід азоту органічних речовин в аміачні сполуки. Зумовлюють мікроорганізми, які здатні розщеплювати білкові сполуки і утворювати амонійні сполуки. Процес амоніфікації поширений у природі.

Аналіз агрегатний ґрунту – визначення вмісту в ґрунті

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

різних за величиною агрегатів, що виражається у % від маси сухого ґрунту. Цей аналіз може бути сухим (структурний аналіз) або мокрим. У першому випадку ґрунт на ситах просіюється в повітряно-сухому стані, в другому – у воді.

Антропогенні фактори – проявляються в результаті виробничої діяльності людини при осушенні заболочених лісів, зрошення лісових смуг у засушливих районах, штучного лісорозведення, тощо.

Б

Базоїди ґрунту – позитивно заряджені колоїди ґрунту, у якого рН розчину нижче 7,0 (наприклад, гідрати оксидів заліза, алюмінію). Вони здатні змінювати знак заряду при зміні реакції ґрунтового розчину в бік підлугування (рН вище 7,0).

Баланс водний – співвідношення між кількістю води, що надходить, і тією, що витрачається з ґрунту за певний відрізок часу. Виражається в мм водного шару або м куб/га.

Бентонітові глини – до складу яких входять головним чином монтморилоніт і палигорськіт. Вони мають добру каталітичну активність, зв'язуючі та склеюючі властивості.

Біогенні елементи (речовини) – 1) хімічні елементи, необхідні складові частини організмів, без яких неможливе їх існування (вуглець, кисень, азот, водень, кальцій, фосфор та ін.); 2) речовини, що утворюються при розкладі мертвих організмів.

Біогенність ґрунту – вміст у ґрунті мікроорганізмів (сумарний і окремих груп); один з показників біологічної активності ґрунту.

Біогеоценоз – взаємозумовлений комплекс рослинних угруповань (фітоценоз), тваринного світу (зооценоз) і неживих компонентів на відповідній території земної поверхні, пов'язаних, між собою обміном речовин і енергії.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Біомаса – кількість нагромадженої рослиною органічної речовини на певний період її розвитку. Виражається в одиницях сирової, або сухої маси в розрахунку на одиницю площі.

Біота – історично складена сукупність організмів рослинного і тваринного походження, об'єднаних між собою районом поширення.

Будова ґрунту – співвідношення між об'ємами твердої фази ґрунту і пористістю. Залежить від гранулометричного складу, вмісту гумусу, структури і взаємного розташування ґрунтових частинок, а характеризується об'ємною масою і пористістю. Від будови ґрунту залежать його відно-фізичні властивості та умови життя рослин.

Буферність ґрунтових розчинів – складає частину буферності ґрунту і залежить від наявності в розчинах іонів Na, K, Ca, Mg, CO_3 та HCO_3 , розчиненої CO_2 .

Буферність ґрунту – здатність ґрунту протистояти підкислюванню або підлугуванню ґрунтового розчину від внесення добрив чи впливу інших факторів.

В

Вапнування – спосіб хімічної меліорації кислих ґрунтів для заміни в поглинальному комплексі обмінних іонів водню та алюмінію на іони кальцію.

Вапняковий туф – пориста ніздрювата гірська порода, яка утворилася внаслідок осідання карбонату кальцію як з гарячих, так і з холодних джерел. Часто з відбитками рослин та тваринними залишками.

Вбирна здатність ґрунту – здатність ґрунту затримувати ті чи інші речовини із навколишнього середовища. Ґрунт поглинає воду, гази, пари, розчинені речовини, суспензії, масла, фарби, мікроорганізми, молекули і окремі іони, міцели. За схемою К.К. Гедройца розрізняють такі види вбирання: механічне, фізичне, фізико-хімічне, хімічне та біологічне.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Веснаження ґрунту – зниження окремих показників родючості ґрунту за тривалого вирощування на ньому культур без належного внесення органічних та мінеральних добрив.

Виділення кореневі – органічні та мінеральні речовини, які виділяються корінням рослин у зовнішнє середовище (ризосферу). Виділяють актуальну (активну) і потенційну кислотність ґрунту залежно від того, при якій взаємодії вона проявляється і вимірюється.

Відтворення родючості – сукупність природних ґрунтових процесів або системи цілеспрямованих меліоративних та агротехнічних заходів для підтримання ефективної ґрунтової родючості на рівні, що наближається до потенціальної родючості.

Власне гумусові речовини – темнозбарвлений продукт процесу перетворення органічних решток, який формується тільки в товщі ґрунту або ґрунтотвірної породи.

Водневий показник – рН, від'ємний десятковий логарифм концентрації іонів водню (г-іон/л) у даному розчині: $pH = -\lg CH^+$.

Водний баланс ґрунту – кількісна характеристика типу водного живлення, яка визначається співвідношенням надходження води в ґрунт та її витратами.

Водний режим ґрунту – це зміна запасів вологи в ґрунті залежно від процесів, пов'язаних з надходженням, витратами, рухом води та зміною її стану.

Водопроникність ґрунту – здатність ґрунту пропускати через себе воду. Залежить від гранулометричного складу, збагачення ґрунту колоїдами, складу обмінних катіонів та ін.

Водотривкість агрегатів – здатність агрегатів ґрунту протистояти руйнуючій дії води. Найбільшу водотривкість агрегатів мають ґрунти з великим вмістом гумусу і в якому переважають гумати кальцію.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Вологоємність – здатність ґрунту утримувати в собі вологу.

Г, Г

Генетичні горизонти – розчленовані ґрунтові шари, утворені процесами перетворення і переміщення речовин та енергії в ґрунті.

Географія ґрунтів – розділ ґрунтознавства, який вивчає закономірності розповсюдження ґрунту та їх зв'язок з географічним середовищем.

Гідратація – утворення оболонки з орієнтованих молекул води навколо іонів, молекул і колоїдних часточок, які знаходяться в розчині, а також навколо твердих часточок ґрунту при доторканні їх до води.

Гідроліз – хімічна взаємодія речовини з водою, що супроводжується розкладом складного хімічного тіла на його складові частини і приєднанням до них іонів води (H^+ та OH^-).

Гідролітична кислотність виявляється при взаємодії ґрунту з розчинами гідролітично лужних солей (сильного лугу і слабкої кислоти). Зазвичай використовують 1 н розчин CH_3COONa , рН якого 8,2.

Глина – багатомінеральна гірська порода, яка містить від 40–60 до 100 % глини фізичної, переважно осадового походження, яка з водою утворює пластичну масу.

Глина фізична – сукупність часточок твердої фази ґрунту з діаметром менше 0,01 мм.

Горизонт глейовий – горизонт ґрунту голубувато-сизого або зеленуватого забарвлення, викликаного присутністю сполук двовалентного заліза. Формується при сильно розвинутому глейовому процесі в умовах застійного перезволоження.

Горизонт гумусовий – генетичний горизонт максимального накопичення гумусових речовин у верхній частині мінерального профілю ґрунту.

Горизонт елювіальний – генетичний горизонт ґрунту, де відбувається вимивання, освітлений, збіднілий на мул, півтораоксиди та основи (підзолистий, осолоділий, іллімеризований горизонти).

Горизонт ілювіальний – генетичний горизонт ґрунту, в якому відбувається накопичення речовин, які виносяться з вищерозташованих (елювіальних) горизонтів.

Горизонт карбонатний – горизонт, в якому мають місце виділення карбонатів у тій чи іншій формі.

Горизонти ґрунту генетичні – відносно однорідні шари ґрунту, які відокремились у процесі ґрунтоутворення, розташовані більш або менш паралельно до поверхні ґрунту. Відрізняються один від одного та від материнської породи забарвленням, структурою, складенням, складом, характером новоутворень та іншими ознаками. Сукупність горизонтів утворює профіль ґрунту.

Гравій – частка ґрунтова елементарна, обкатаний уламок породи, діаметром більше 2,0 мм (за В.В. Охотіним), або розміром 1,0–3,0 мм (за Н.А. Качинським).

Гранула колоїдної міцели – колоїдна частка разом з нерухомим шаром компенсуючих іонів.

Гранулометричний аналіз ґрунту – визначення вмісту в ґрунті різних за розміром механічних елементів (часточок), %.

Гуміфікація (рос. *Гумификация*, англ. *humification*, нім. *Humifizierung f, Humifikation f*) – процес мікробіологічного перетворення тканин вищих рослин у гумусові речовини (див. гумус). Гуміфікація відбувається в ґрунті у вологому середовищі і при утрудненому доступі кисню.

Гумус – перегній (лат. *Humus* – «земля», «ґрунт») –

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

органічна частина ґрунту, яка утворюється в результаті розкладу рослинних і тваринних решток і продуктів.

Ґрунт – поверхневий шар суходолу земної кори, якому властива родючість, тобто здатність забезпечувати рослини поживними речовинами.

Ґрунтовий вбирний комплекс (ГВК)– це сукупність мінеральних, органічних і органо-мінеральних компонентів твердої частини ґрунту, які володіють іонообмінною здатністю. У ГВК, згідно із означенням, входять і здатні до обмінних реакцій катіони, які в еквівалентній кількості можуть обмінюватися на катіони ґрунтового розчину.

Ґрунтовий колоїдний поглинальний комплекс – комплекс необоротно зв'язаних між собою мінеральних (глина) та органічних (гумус) колоїдів, де мінеральні колоїди втрачають всі свої позитивні та негативні валентності на необоротне поглинання гумусу. Органічні колоїди в складі комплексу відіграють подвійну роль: покриваючи глинисті часточки, вони перетворюють породу в ґрунт і обумовлюють обмінне поглинання катіонів, сумарною кількістю яких визначається ємність поглинання ґрунтом.

Д

Дегідратація мінералів – процес втрати мінералами зв'язаної води.

Деградація ґрунтів – поступове погіршення властивостей ґрунту, яке викликане змінами умов ґрунтоутворення в результаті природних причин або нераціональної господарської діяльності людини, що супроводжується зменшенням вмісту гумусу, руйнуванням структури та зниженням родючості ґрунту.

Денітрифікація – мікробіологічний та хімічний процес відновлення нітратів до молекулярного азоту або простих

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

його окислів при нестачі в ґрунтовому середовищі кисню. Протікає він у ґрунті постійно, але на важких, малоструктурних і перезволожених ґрунтах цей процес інтенсивніший, ніж на легких, структурних і оптимально зволожених ґрунтах. Інтенсифікація денітрифікації – явище негативне. Для його усунення використовуються заходи, націлені на оптимізацію повітряного режиму: руйнування ґрунтової кірки, глибоке розпушування ґрунту тощо.

Дерновий ґрунотворний процес – ґрунотворний процес, який розвивається під трав'янистою рослинністю на багатих карбонатами породах в автоморфних умовах зволоження. Його особливість – накопичення гумусу, поживних речовин, створення грудкувато-зернистої структури у верхній частині профілю ґрунту.

Дерново-глейові ґрунти – напівгідроморфні ґрунти, що формуються на карбонатних породах або в умовах підтоку жорстких ґрунтових вод на слабодренованих поверхнях або в пониженнях рельєфу.

Дерново-карбонатні ґрунти – найбільш характерними властивостями цих ґрунтів є слабокисла або нейтральна реакція верхніх горизонтів і лужна – нижніх, високий вміст гумусу, висока насиченість основами.

Детрит – компонент органічної частини ґрунту, представлений напіврозкладеними, що втратили форму і частково анатомічну будову, органічними рештками. Детрит неможливо відокремити від загальної маси гумусу при визначенні його вмісту в ґрунті.

Дефляція – вітрова ерозія, процес розвіювання вітром ґрунт, гірських порід.

Добрива – органічні та мінеральні речовини, які вносяться в ґрунт для поліпшення живлення і підвищення врожаю сільськогосподарських культур.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Добрива мінеральні – добрива, які містять макро- та мікроелементи в неорганічній формі.

Добрива органічні – добрива, які містять поживні речовини у вигляді органічних сполук (гній, торф, компости, гноївка, пташиний послід, зелене добриво, відходи цукрового, шкіряного, рибного виробництва, міське сміття).

Е

Екосистема – сукупність сумісно існуючих організмів і умов їх існування, що знаходяться в закономірному взаємозв'язку між собою та утворюють систему взаємообумовлених біотичних і абіотичних явищ і процесів.

Елементний склад ґрунту – це основна хімічна характеристика ґрунту, яка необхідна для розуміння його властивостей, генезису і родючості.

Еродованість ґрунту – інтенсивність руйнування ґрунту під впливом ерозійних процесів. За ступенем прояву вона буває слабкою, середньою, сильною і дуже сильною.

Ерозія хімічна – погіршення агрохімічних властивостей ґрунту, які спричиняють його фізичну деградацію і призводять до погіршення родючості ґрунту. Наприклад, при неправильному режимі зрошення відбувається засолення орного шару, а при внесенні великої кількості кислих добрив – підкислення ґрунтового середовища.

Є

Ємність катіонного обміну (ЄКО) – загальна кількість катіонів одного роду, яку ґрунт спроможний утримувати в обмінному стані у визначених стандартних умовах. За своїм змістом величина ЄКО відображає кількість від'ємних зарядів ГВК або кількість позитивних зарядів обмінних катіонів, які компенсують ці заряди ГВК. Величина ЄКО оцінюється

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

кількістю речовини від'ємних зарядів ГВК в одиниці маси ґрунту [ммоль (e^-)/кг ґрунту] або кількістю речовини позитивних зарядів обмінних катіонів, які компенсують від'ємні заряди ГВК [ммоль (p^+)/кг], або кількістю речовини еквівалентів обмінних катіонів [ммоль (+)/кг, ммоль (+)/кг або ммоль (+)/100 г ґрунту]. Наведені вище величини чисельно повинні дорівнювати одна одній, оскільки 1 протон (p^+), або його електрохімічний еквівалент у вигляді катіона компенсують одну від'ємно заряджену позицію ГВК.

Ємність обміну катіонів – загальна кількість катіонів, які утримуються в ґрунті і здатні до заміщення на інші катіони, вираховується в мг-екв/100 г ґрунту.

Ємність поглинання – кількість молекул або іонів, які може утримати ґрунт.

3

Закипання ґрунту – утворення пухирців вуглекислого газу при взаємодії ґрунту, що містить карбонати кальцію та магнію, з розбавленою мінеральною кислотою (найчастіше застосовується 5–10 % розчин HCl).

Замерзання ґрунту – зміни в фізичному стані ґрунту, зумовлені перетворенням наявної в ньому води з рідкого в твердий (лід). Замерзання ґрунту проходить при мінусових температурах. Ґрунтова волога має в своєму складі різні солі, тому ґрунт замерзає не при 0°C , а при мінус $0,5$ – $1,5^\circ\text{C}$. Промерзання починається з верхніх шарів і впродовж зими розповсюджується у глибші шари.

Заходи поліпшення поживного режиму агротехнічними заходами: вирощування бобових культур для поліпшення азотного живлення наступних рослин; вирощування культур, здатних до споживання важкодоступних сполук фосфору; включення у структуру посівів проміжних культур на зелене

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

добриво; чергування у сівозміні культур, які споживають з ґрунту основні елементи живлення в неоднаковому співвідношенні; використання для удобрення побічної рослинницької продукції.

Зв'язність ґрунту – властивість ґрунту зберігати свою форму без порушення суцільності під впливом зовнішніх сил, які націлені на її роз'єднання. Залежить вона від гранулометричного складу (вища – на глинистих ґрунтах, нижча – на супіщаних і піщаних), структурності (структурні ґрунти менш зв'язані, ніж безструктурні), складу увібраних основ (заміна кальцію на натрій збільшує зв'язність і навпаки) і вмісту води (з підвищенням вологості зв'язність знижується).

Здатність ґрунту поглинальна біологічна – здатність ґрунту поглинати переважно елементи мінерального живлення рослин, сполуки азоту та фізіологічно активні речовини, яка обумовлена організмами, що населяють ґрунт (за К.К. Гедройцем).

Здатність поглинальна обмінна – здатність г. поглинати й утримувати різні катіони чи аніони з розчинів, виділяючи при цьому в розчин еквівалентні кількості катіонів чи аніонів іншого роду. Виражається в мг-екв/100 г.

Змив ґрунту – форма прояву водної ерозії, коли ґрунт змивається поверхневими потоками води.

Зсув ґрунту – переміщення по схилу великої товщі ґрунту внаслідок перенасичення водою його внутрішнього шару, розміщеного вище водонепроникного горизонту.

I

Імобілізація поживних речовин – перехід поживних речовин ґрунту з доступної для рослин форми в недоступну.

Інфільтрація – процес надходження води з поверхні

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

в товщину ґрунту чи підґрунтя. Він складається з двох етапів: всмоктування і фільтрації.

К

Капіляри ґрунтові – пори в ґрунті, діаметр яких менше 0,01 мм. Тільки вони забезпечують висхідний рух води.

Капілярність ґрунту – властивість ґрунту забезпечувати рух води по капілярних проміжках з глибших шарів у верхні. Найнижчою капілярністю характеризуються піщані ґрунти, а найвищою – глинисті. При ущільненні ґрунту капілярність зростає, а при розпушуванні – знижується.

Катіони необмінні – катіони, які міцно закріплюються в ґрунті і не можуть обмінюватись на інші катіони ґрунтового розчину. Вони недоступні для живлення рослин.

Катіони обмінні – катіони, що утримуються в колоїдному комплексі ґрунту і здатні обмінюватися на інші катіони, які трапляються в ґрунтовому розчині.

Кварц – мінерал з групи каркасних силікатів без додаткових аніонів.

Клас – за загальним характером структурних зв'язків; поділ ґрунтів на так звані «зональні» і «азональні»; **Група** – за характером структурних зв'язків (з урахуванням їх міцності); **Підгрупа** – за походженням та умовами утворення; **Тип** – за речовинним складом, основна таксономічна одиниця. В один тип об'єднуються ґрунти з одноманітними гідротермічними умовами під однотипною рослинністю, на материнських породах подібного мінералогічного складу, з однотипною будовою профілю, близьким рівнем родючості і єдністю заходів щодо поліпшення; **Підтип** – розкриває зміст типу і включає ґрунти, у яких поряд з типовими є властивості, що характерні для інших типів; **Рід** – таксономічна одиниця, що відображає карбонатність, кислотність, оглеєння, прояв

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

солонцюватості і засолення ґрунтів тощо; **Літологічна серія** – таксономічна одиниця, що відображає генетичну природу ґрунтоутворювальних порід; **Вид** – за найменуванням ґрунтів (з урахуванням розмірів часток та показників властивостей); таксономічна одиниця, що відображає ступінь прояву ознак типу, підтипу, роду і літологічних ознак; **Варіант** – таксономічна одиниця, що відображає трансформацію ґрунту в результаті його використання; **Різновиди** – за кількісними показниками речовинного складу, властивостей та структури ґрунтів; відображає гранулометричний склад ґрунту.

Класифікація ґрунтів є відображенням рівня ґрунтознавчої науки у будь-якій країні і, одночасно, її фундаментом. В Україні проблема класифікації ґрунтів залишається не вирішеною при достатньо великому спектрі запропонованих схем. Детальна типологія ґрунтів України представлена у вигляді номенклатурних списків для крупномасштабних ґрунтових обстежень. Класифікація ґрунтів України, що сьогодні використовується за вимогами ДСТУ, створена на генетичних принципах, а її параметри анонсовані у 1988 році. У ній використані традиційні в українському ґрунтознавстві підходи, рівень знань і базу даних щодо генезису і властивостей ґрунтів України.

Коефіцієнт поглинання вологи ґрунтом – показник, яким вимірюється процес поглинання (вбирання, входження, просочування) води сухим або слабозволоженим ґрунтом за певний відрізок часу одиницею поверхні. Залежить від пористості ґрунту та вмісту в ньому органічної речовини. Це показник максимальної кількості води, яка може ввібратися і поміститися в певному об'ємі ґрунту (вологоемність ґрунту).

Колоїди ґрунтові – особливий стан речовини, коли вона, утворюючись за рахунок фізичної диспергації твердих тіл або асоціювання молекул рідини в агрегати колоїдальних

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

розмірів (1–100 нм), набуває найбільш стійку форму в умовах зовнішнього середовища. В ґрунті розрізняють мінеральні (глина), органічні (гумус) та органо-мінеральні колоїди.

Колоїдна часточка – ядро колоїдної міцели разом з потенціалвизначальним шаром іонів.

Колоїдний розчин – гетерогенна система міцелярної структури.

Кольматаж – спосіб штучного замулювання ґрунтів задалегідь виготовленими ґрунтовими або глинистими суспензіями з метою зниження фільтрації води зі зрошувальних каналів, водоймищ. В основу цього способу покладено механічну поглинальну здатність ґрунту.

Крейда – осадова напівзв'язна мазка малозцементована гірська карбонатна порода, що на 90–99 % представлена кальцитом, який складається з кальцитових залишків морських планктонних водоростей та дрібних частинок черепашок найпростіших організмів. Утворюється на дні морів внаслідок нагромадження органічних решток (переважно черепашок) і осадження CaCO_3 з морської води.

Культура беззмінна – с.-г. культура, яка тривалий час вирощується на одній і тій же площі поза сівозміною. Прикладом беззмінної культури може бути кукурудза на заплавах землях. Переважно це вимушений посів цієї культури, тому що на час звільнення заплави від паводкової води оптимальні строки сівби для інших провідних польових культур уже минули і залишились для таких пізніх культур, як кукурудза. За однакової агротехніки продуктивність беззмінних посівів кукурудзи, як й інших культур, набагато нижча, ніж у сівозміні через погіршення їх фітосанітарного стану.

Л

Лес – пухка, пилювата суглиниста карбонатна порода палевого або сіро-жовтого кольору. В гранулометричному складі переважає фракція крупного пилу (0,05–0,01 мм). Характеризується високими пористістю, водопроникністю та стійкістю мікроструктури.

Лесиваж – елементарний ґрунтовий процес, який полягає в пептизації, механічному переміщенні мулистої фракції з елювіального горизонту вниз по профілю і її акумуляції на деякій глибині у вигляді лаків, натікань.

Лесовидні (лесоподібні) суглинки – породи, близькі до лесів, але відрізняються від них меншим вмістом крупнопилюватої фракції, меншою пористістю і просадочністю; забарвлення від жовтувато-бурого до червонувато-бурого. Зазвичай містять карбонати. Безкарбонатні лесоподібні суглинки часто називають покривними суглинками.

Липкість ґрунту – технологічна властивість, яка характеризується здатністю вологого ґрунту прилипати до різних предметів (робочих органів і коліс с.-г. машин і знарядь). Виражається зусиллям у грамах на 1 см², необхідним для відриву металевої пластинки від вологого ґрунту. Залежить від гранулометричного складу, структури і вологості ґрунту. Більша вона на глинистих і безструктурних ґрунтах, менша – на легких і структурних. Найбільша липкість при вологості, близькій до найменшої вологоємності.

М

Макроагрегати – ґрунтові агрегати діаметром більше 0,25 мм.

Макроелементи – хімічні елементи, які засвоюються рослинами у великих кількостях. Головні макроелементи – N, P, K, Ca, Mg, S, Fe.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Макроструктура – сукупність макроагрегатів, на які природно розпадається ґрунт. Агрегати розміром від 0,25 до 10,0 мм.

Меліорація ґрунтів – заходи, спрямовані на поліпшення властивостей ґрунту та умов ґрунтоутворення з метою підвищення родючості.

Механічне поглинання – здатність ґрунту як пористого тіла затримувати тверді часточки, які можуть потрапляти в ґрунт разом з водою, що фільтрується крізь нього. На базі цього виду поглинання розроблено штучний спосіб боротьби з фільтрацією ґрунту (кольматаж).

Механічний обробіток ґрунту – дія на ґрунт робочими органами знарядь і машин з метою створення оптимальних умов для росту і розвитку сільськогосподарських рослин та захисту ґрунту від ерозії.

Механічні елементи – окремі часточки твердої фази ґрунту.

Мікроагрегати – ґрунтові агрегати діаметром менше 0,25 мм.

Мікроелемент – хімічний елемент, необхідний організмам в незначних кількостях для нормального розвитку (В, Мп, F, Cu, Мо і ін.).

Мікроструктура ґрунту – сукупність агрегатів ґрунту, середній діаметр яких менше 0,25 мм.

Мінералізація – це перетворення органічних сполук фосфору в мінеральні в результаті діяльності мікроорганізмів. При дії різних ферментів, наприклад, фітаз, від органічних фосфоровмісних сполук відщеплюються залишки фосфорної кислоти. Їх поведінка залежить від реакції ґрунтового розчину і вмісту кальцію.

Мінералізація органічних речовин – процес розкладу органічних сполук до вуглекислоти, води та простих солей.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Мобілізація – це перетворення важкорозчинних солей в розчинні і перехід у ґрунтовий розчин. Наприклад, перетворення трикальційфосфату води і монокальційфосфат: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{CaHPO}_4 = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

Мобілізація поживних речовин ґрунту – перехід елементів живлення з недоступного рослинам стану в доступний під впливом життєдіяльності мікроорганізмів і виділень коріння, агрохімічних заходів, хімічної меліорації.

Моніторинг ґрунтів – система тривалих спостережень за станом ґрунтів з метою своєчасного виявлення та прогнозу будь-яких змін і розробки управлінських рішень.

Моноліт ґрунтовий – вертикальний зразок ґрунту, взятий зі стінки ґрунтового розрізу без порушення природного складення.

Моноліт ґрунтовий плівчастий – шліф, дуже тонкий моноліт ґрунту, узятий без порушення природного його складення і зафіксований клеєм.

Монтморилоніт – вторинний глинистий мінерал, діоктаедричний смектит, характерні високі ізоморфні заміщення Al на Mg в октаедричних поверхах, якими обумовлений надлишковий від'ємний заряд мінералу. Ємність поглинання катіонів 100–120 мг-екв/100 г.

Мул – сукупність елементарних ґрунтових часточок з діаметром 0,001 мм.

Н

Набухання ґрунту – збільшення об'єму ґрунту при зволоженні. Викликається поглинанням води мінеральними та органічними колоїдами. Кількісно залежить від гранулометричного складу, вмісту і складу обмінних катіонів.

Нітрифікація – це процес утворення азотної кислоти та її солей з аміачних сполук.

О

Обмін іонний – обмін іонами між твердою фазою ґрунту і ґрунтовим розчином.

Обмінна кислотність виявляється при взаємодії з ґрунтом розчинів нейтральних солей. Використовують звичайно 1н розчин КСІ (рН=5,6). При взаємодії кислого ґрунту з розчином хлориду калію в результаті обміну калію на водень у розчині з'являється соляна кислота, а при обміні на алюміній – хлорид алюмінію, який при гідролізі утворює сильну кислоту.

Окультурення ґрунту – спрямований вплив на ґрунт з метою підвищення ефективної родючості, поліпшення його властивостей та режимів, які відповідають вимогам культурних рослин і забезпечують високі та сталі врожаї з високою якістю продукції.

Органічна частина ґрунту – за М.І. Лактіоновим, не є хімічно індивідуальною речовиною. Вона поєднує принаймні чотири складних за хімічним складом компоненти: 1) не розкладені (свіжі) органічні рештки; 2) низькомолекулярні та високомолекулярні органічні речовини – продукти розкладу органічних решток; 3) напіврозкладені, без форми і аналітичної будови органічні рештки – детрит; 4) специфічно ґрунтові продукти синтезу нових органічних сполук – гумусові речовини (гумус).

Органічні рештки – відмерлі в ґрунті або заорані в нього залишки рослинних і тваринних організмів.

Оструктурування ґрунту – процес утворення макроструктури, велика роль у якому належить наявним в ґрунті перегнійним речовинам та обмінним іонам кальцію

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

чи магнію, кореневій системі рослин і дощовим черв'якам, продуктам життєдіяльності мікроорганізмів, змінному висушуванню та зволоженню, замерзанню і таненню ґрунту тощо.

П

Переліг – угіддя, що свідомо не обробляється кілька років для відновлення родючості ґрунту.

Пил – ґрунтові часточки розміром від 0,001 до 0,05 мм. Розрізняють мілкий (0,001–0,005 мм), середній (0,005–0,01 мм) і крупний (0,01–0,05 мм) пил.

Пластичність ґрунту – технологічна властивість, яка характеризується здатністю ґрунту набувати наданої йому в зволоженому стані форми без утворення тріщин і зберігати її після припинення дії на ґрунт зовнішніх сил. Виражається числом пластичності ґрунту в %, яке встановлюється за різницею вмісту води при верхній і нижній межі пластичності. Вищий цей показник на глинистих і суглинкових ґрунтах, нижчий – на супісках, відсутній – на піщаних ґрунтах.

Повітря ґрунтового – це суміш газів і летких сполук, які вільно переміщуються системою ґрунтових пор і з'єднуються з атмосферою. Це найбільш мобільна складова частина ґрунтів, мінливість якої відображає біологічні та біохімічні процеси ґрунтоутворення. Кількість і склад ґрунтового повітря істотно впливають на розвиток і функціонування рослин і мікроорганізмів, розчинність і міграцію хімічних сполук, інтенсивність і спрямованість ґрунтових процесів.

Пористість ґрунту – сумарний об'єм пор між твердими часточками ґрунту та всередині них, виражений у відсотках від загального об'єму ґрунту в непорушеному стані.

Пористість ґрунту капілярна – сумарний об'єм пор, які заповнюються водою при капілярному зволоженні ґрунту.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Пористість ґрунту міжагрегатна – сумарний об'єм пор між агрегатами, виражений у % від об'єму всього ґрунту.

Пористість ґрунту некапілярна – сума крупних пор та проміжків між структурними окремостями та часточками ґрунту.

Поріг коагуляції – найменша концентрація електроліту, яка викликає початок коагуляції золів ґрунтових колоїдів.

Породи ґрунтоутворні – гірські породи, з яких утворюється ґрунт.

Породи органігенні – породи, які складаються переважно із залишків рослинних і тваринних організмів (торф, трепел, сапропель та ін.).

Породи осадові – породи, які вкривають порівняно тонкою оболонкою (в середньому до 4,8 км) майже всю поверхню земної кори. Основним матеріалом, з якого утворилися осадові породи, є вивітрені магматичні породи.

Породи підстилаючі – шар породи, який залягає під ґрунтоутворною породою і відрізняється від неї за складом і властивостями та не охоплений процесом ґрунтоутворення.

Потенціал окисно-відновний ґрунту – міра напруженості та напрямку окисно-відновних процесів. (ОВП). Вимірюється в мВ як оборотний потенціал гладкого платинового (рідше платинованого) або іншого індиферентного електроду, зануреного у вологий г. За нульове значення приймають потенціал нормального водневого електрода. В автоморфних аерованих ґрунтах ОВП лежить у межах 300–600 мВ; заболочування та оглеєння знижують ОВП до 200 мВ і нижче.

Потенціальна кислотність ґрунту – кислотність ґрунту, яка зумовлена вмістом обмінно-увібраних іонів водню та алюмінію в колоїдному комплексі ґрунту.

Потенційна кислотність – здатність ґрунту при взаємодії з розчинами солей вести себе як слабка кислота. Визначається вона властивостями твердої фази ґрунту, яка

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

зумовлює появу додаткових водневих іонів у розчині при взаємодії з добривами або хімікатами. Характеризує сумарну концентрацію кислот і кислотних агентів, що існують у ґрунті як у дисоційованому, так і недисоційованому стані. Природа потенційної кислотності складна, носієм її є обмінні катіони водню й алюмінію в ГВК.

Потужність ґрунту – загальна глибина профілю ґрунту (см) від денної поверхні до мало зміненої породи. Потужність ґрунту може коливатися в значних межах залежно від умов ґрунтоутворення і типу ґрунту – від декількох см до 2–3 м і більше.

Присипка кремнеземиста – тонкий сірий або білуватий наліт на поверхнях структурних окремоостей в опідзолених чорноземах, підзолистих, сірих лісових, осолоділих ґрунтів, солодях та ін.

Проба ґрунту – ґрунтовий зразок, відібраний з певних шарів чи генетичних горизонтів для визначення окремих показників родючості ґрунту.

Провінція ґрунтова – частина ґрунтової підзони або зони, яка відрізняється специфічними особливостями г. та умов ґрунтоутворення, обумовленими різницею у зволоженні, континентальності клімату, температурі.

Профіль ґрунту – сукупність генетично зв'язаних горизонтів, що закономірно змінюють один одного в ґрунті, на які розділяється материнська гірська порода в процесі ґрунтоутворення.

Процес ґрунтотворний – процес утворення ґрунту з материнської породи під впливом факторів ґрунтоутворення (рослинність та тваринний світ, клімат, рельєф, вік місцевості).

Процес ґрунтоутворювальний – сукупність явищ, взаємно пов'язаних з перетворюванням і переміщенням речовин та енергії в ґрунті, з обміном між ґрунтом та іншими природними тілами, що відбувається на земній поверхні;

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

процес зародження, еволюційного розвитку ґрунту і його родючості під впливом природних факторів (клімату, материнської породи, рослинного і тваринного світу) й господарської діяльності людини (експлуатації лісів, осушення земель, зрошення тощо).

Процеси аеробні – протікають у ґрунті при достатньому надходженні кисню.

Процеси анаеробні – процеси перетворення органічних і мінеральних речовин у ґрунті, які відбуваються при недостатньому надходженні в ґрунт кисню або при його повній відсутності, що веде до появи відновлених або недоокиснених сполук.

Процеси ґрунтові – сукупність всіх фізичних, хімічних, біологічних та ін. процесів, які відбуваються в г. за час його розвитку, а також сьогодні.

Р

Реакція ґрунту проявляється при взаємодії його з водою або розчинами солей. Вона визначається співвідношенням водневих і гідроксильних іонів у ґрунтовому розчині і характеризується показником рН. $pH = -\lg [H^+]$. Якщо $pH = 7$, то реакція нейтральна, при pH більше 7 – лужна, менше – кисла.

Режим водний ґрунту – сукупність усіх процесів надходження води в ґрунт, її пересування, зміни фізичного стану та витрати з ґрунту.

Режим вологості ґрунту – сукупність усіх кількісних і якісних змін вологості ґрунту в часі.

Режим гідротермічний ґрунту – сукупність всіх явищ надходження, витрат і переносу тепла та вологи в ґрунті.

Режим окисно-відновний ґрунту – сукупність окисно-відновних процесів, які викликають зміни в часі окисно-відновного потенціалу в профілі ґрунту.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Режим повітряний ґрунту – сукупність всіх явищ надходження повітря в ґрунті, його пересування, витрат, обміну газами між агрегатами, атмосферним повітрям, твердою та рідкою фазами ґрунту, споживання та виділення окремих газів живим населенням ґрунту.

Режим поживний ґрунту – зміна вмісту в ґрунті доступних для рослин поживних речовин протягом вегетаційного періоду; залежить від валових запасів поживних речовин, умов їх мобілізації в ґрунті та від внесених добрив.

Режим тепловий ґрунту – сукупність явищ теплообміну в системі приземний шар повітря – рослина – ґрунт – гірська порода, а також процесів теплопереносу та теплоаккумуляції в самому ґрунті.

Рекультивация ґрунтів – комплекс заходів, спрямованих на відновлення продуктивності порушених ґрунтів, а також на покращення навколишнього середовища.

Речовини поживні – речовини, необхідні для живлення рослин.

Речовини поживні рухомі – легкорозчинні в різних витяжках форми сполук поживних речовин у ґрунті, які вважаються легкодоступними для рослин.

Родючість ґрунту – найважливіша ознака ґрунту, яка відрізняє його від тієї гірської породи, на якій він утворився. Здатність ґрунту задовольнити потреби рослин у поживних речовинах, воді, біотичному та фізико-хімічному середовищі. Розрізняють *родючість ґрунту потенційну, або природну*, що виникла в процесі ґрунтоутворення і залежить від запасів поживних речовин і природних режимів. *Ефективна родючість ґрунту* – яка створюється завдяки агрозаходам при використанні ґрунту як засобу виробництва.

Розчин ґрунтовий – волога ґрунтова з розчиненими в ній газами, мінеральними та органічними речовинами; рідка фаза

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

ґрунту. Ґрунтовий розчин знаходиться в плівковій капілярній або гравітаційній формах (найчастіше всі три форми). Бере участь у ґрунтоутворному процесі, у фізико-хімічних і біологічних реакціях, у живленні рослин.

С

Сапоніт – глинистий мінерал групи смектитів, водний алюмосилікат магнію шаруватої будови. Триократаедричний високомагнієвий смектит, мінерал із групи шуруватих силікатів, який має тришарову 2:1 лабільну структуру.

Симбіоз – форма тривалого співжиття організмів різних видів, при якій обидва організми (симбіоти) мають якусь користь від співжиття. Відомий симбіоз, наприклад, бульбочкових бактерій з бобовими рослинами.

Сівозміна – це науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур або інших певних груп у загальній площі ріллі господарства.

Сільськогосподарські культури – культурні рослини, що вирощуються з метою забезпечення людства продуктами харчування, виробництва сировини для окремих галузей промисловості і кормів для сільськогосподарських тварин.

Сірі лісові ґрунти – утворюються під суббореальними широколистяними лісами в умовах помірно континентального, а також під модринними та березовими лісами в умовах континентального клімату. В межах типу сірі лісові ґрунти виділяють три підтипи: ясно-сірі, сірі й темно-сірі.

Склад ґрунту валовий хімічний – вміст у ґрунті Si, Al, Fe, Mn, Ca, Mg, K, Na, P, S та мікроелементів (або їх оксидів), виражений в % від маси сухого ґрунту.

Склад ґрунту гранулометричний – вміст у ґрунті часточок ґрунтових елементарних різного розміру, які об'єднуються у фракції гранулометричних елементів.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Виражається в % від маси сухого ґрунту.

Складення ґрунту – за С.І. Долговим, під складенням ґрунту розуміють характер взаємного розташування в просторі елементарних ґрунтових часточок і ґрунтових агрегатів і притаманні цьому розташуванню об'єм і конфігурацію порового простору ґрунту.

Смектити – мінерали з групи шаруватих силікатів, мають триповерхову 2:1 лабільну структуру.

Структура ґрунту – окремоті (агрегати, грудки) різної величини, форми; якісного складу, на які розпадається ґрунт у стані фізичної спілості. Кожний агрегат (грудка) – комплекс механічних елементів, зв'язаних у макро- (діаметр більше 0,25 мм) та мікроагрегати (менше 0,25 мм) органо-мінеральними колоїдами, коренями рослин, детритом.

Структура ґрунту агрономічна цінна – водостійкі агрегати з пористістю не нижче 40 %, розміром від 0,25 до 10 мм, вміст яких зумовлює фізичний стан і біологічну активність ґрунту.

Ступінь насиченості ґрунту основами – відношення суми обмінних катіонів до суми тих же катіонів і величини гідролітичної кислотності ґрунту.

Сума обмінних катіонів – загальна кількість катіонів, які можуть бути витіснені з незасоленого та безкарбонатного ґрунту нейтральним сольовим розчином. Виражається в мг-екв на 100 г ґрунту.

Т

Теплоємність ґрунту – властивість ґрунту поглинати тепло. Виражається кількістю тепла в калоріях, необхідного для нагрівання або охолодження 1 г (вагова теплоємність) або 1 см³ (об'ємна теплоємність) ґрунту на 1°C. Залежить вона від співвідношення в ґрунті твердої фази, повітря і, особливо, води.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Вологий ґрунт прогрівається гірше, ніж сухий. При підвищеній вологості найбільшою вологоємністю виділяються торфові ґрунти, дещо меншою – глинисті та найменшою – піщані ґрунти.

Теплообмін в ґрунті – процес переміщення тепла по ґрунтовому профілю під впливом градієнта температури. Має добовий і річний цикли.

Тип ґрунту – основна таксономічна одиниця класифікації г., яка застосовується в Україні. Це велика група ґрунтів, що розвиваються в однотипових біологічних, кліматичних, гідрологічних умовах і характеризуються яскравим проявом основного процесу ґрунтоутворення при можливому сполученні з іншими процесами.

Тиск осмотичний ґрунтового розчину – тиск, зумовлений сукупністю всіх розчинених речовин, які містяться в ґрунтовому розчині.

Торф – порода рослинного походження, утворена протягом тисяч років з недорозкладених рослинних залишків (трав, мохів та деревини), які внаслідок високої вологості та поганого доступу повітря мінералізувалися лише частково.

У

Удобрення основне – внесення добрив до посіву або посадки с.-г. культур. Є основним джерелом поживних речовин для рослин протягом вегетації.

Удобрення рядкове – місцеве припосівне внесення добрив в один рядок з насінням з невеликим прошарком ґрунту.

Урожайність – середній урожай з одиниці площі посіву (насадження). Визначається діленням величини урожаю на площу, з якої він зібраний, виражається в ц/га або т/га.

Усадка ґрунту – зменшення об'єму ґрунту внаслідок підсихання та ущільнення під власною вагою. Залежить від гранулометричного складу, вмісту колоїдів та складу обмінів

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

катионів. Обчислюється у % від початкового об'єму ґрунту.

Ущільнення ґрунту – технологічний захід, який забезпечує зменшення об'єму розпушеного шару ґрунту для поліпшення співвідношення капілярної і некапілярної пористості, підняття вологи з нижніх шарів ґрунту до висіяного насіння, збільшення теплопровідності для швидкого прогрівання ґрунтового середовища, посилення контакту насіння з ґрунтом і зниження інтенсивності дифузного випаровування вологи з верхнього шару ґрунту. Ущільнюють ґрунт котками різних конструкцій.

Ф

Фактори ґрунтоутворення (ф.г.) – елементи природного середовища, під впливом яких утворюються г. Уявлення про ф.г. створене В.В. Докучаєвим і є частиною його вчення про г. Ним виділено п'ять ф.г. – ґрунтоутворні породи, живі та відмерлі організми, клімат, рельєф і вік країни. В сучасному ґрунтознавстві до зазначених ф.г. додається ще господарська діяльність людини, яка в значній мірі сприяє ґрунтоперетворенню.

Фактори родючості ґрунту (ф.р.г.) – до природних ф.р.г. відносяться вміст поживних речовин, водний, повітряний і температурний режими, фізичні умови, відсутність шкідливих для рослин речовин. До соціально-економічних – фактори, що зумовлені господарською діяльністю людини.

Фауна ґрунтова – сукупність тварин, що населяють г., які перебувають у ньому все своє життя або тимчасово, в будь-якій стадії індивідуального розвитку.

Фізико-механічні властивості ґрунту – сукупність властивостей ґрунту, які визначають його відношення до зовнішніх і внутрішніх механічних впливів: твердість, пластичність, в'язкість, липкість, плинність, усадка, опір

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

розриву, стискуванню, тертю г. з металом та іншими матеріалами, питомий опір г. та ін.

Фізико-хімічне поглинання в ґрунті – здатність ґрунту поглинати з розчину окремі іони.

Фільтрація – низхідне пересування вологи в ґрунті або в підґрунті, завдяки якому нижчі шари забезпечуються вологою за рахунок талих вод чи атмосферних опадів. Кращою фільтрацією характеризуються ґрунти з меншим вмістом глини.

Фракція гранулометричних елементів – сукупність елементарних частинок ґрунту певного розміру.

Фульвокислоти – препарати жовтозабарвлених органічних речовин, витягнених зі складу гумусу і штучно переведених у кислотну форму. Інша точка зору – складова частина гумусу.

Х

Хімізація сільського господарства – комплекс заходів, який полягає в широкому та планомірному використанні хімічних засобів і методів для підвищення урожаю с.-г. культур, поліпшення властивостей ґрунту та якості с.-г. продукції, підвищення продуктивності тваринництва, захисту корисних рослин і тварин від шкідників, хвороб і несприятливих умов існування.

Хімічна меліорація – комплекс заходів, спрямованих на докорінне поліпшення його властивостей з метою підвищення продуктивності сільськогосподарських культур.

Ц, Ш

Цеоліти – мінерали групи водних алюмосилікатів лугів та лужних земель із безкінечним тримірним аніонним кремнекисневим каркасом.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Шар ґрунту – частина генетичного горизонту. Це може бути орний шар чи його частина, підорний чи кореневмісний шар тощо.

Шар ґрунту родючий – верхня гумусована частина ґрунтового профілю, яка має сприятливі для росту рослин властивості. За сучасними уявленнями родючий шар ґрунту повинен містити достатню кількість поживних речовин і води, з максимальною ефективністю вбирати, акумулювати і віддавати рослинам воду і поживні речовини, а також забезпечувати оптимальний повітряний і тепловий режими, бути придатним для використання сучасних машин та знарядь, застосування найновіших технологій вирощування с.-г. культур, бути стійким до різних факторів руйнування, характеризуватися добрим фітосанітарним станом.

Список літератури

1. Авдонин Н.С., Стрельников В.Н. Влияние тонины помола извести на урожай растений, агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и качество растительной продукции // Агрохимия. 1974. № 7. С. 102–112.

2. Аверчук А.Ш. Известкование почв в США // Земледелие. 1985. № 5. 15 с.

3. Александрова Г.М., Крупський М.К., Дараган Ю.В. Дослідження природи потенціальної ґрунтової кислотності // Вісник с.-г. науки. 1977. № 11. С. 30–34.

4. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Ленинград: Наука, 1980. 228 с.

5. Алтунин Д.А., Соловьев П.П. Повышение плодородия почв легкого механического состава. Москва: Колос, 1975. С. 121–135.

6. Амелянчик О.А., Воробьева Л.А. Показатели и методы оценки почвенной кислотности и потребности почв в извести // Агрохимия. 1991. № 2. С. 123–135.

7. Андреев С.С. Пути повышения экономической эффективности минеральных удобрений // Бюл. ВИУА. 2002. № 116. С. 124–126.

8. Андрущенко Г.О. Ґрунти західних областей УРСР. Львів: Дубляни, 1970. 81 с.

9. Антропогенні забруднення ґрунтів: Охорона ґрунтів. За ред. М.К. Шикучи. 2-е вид. Київ: Знання. 2004. 398 с.

10. Аристархов А.Н. Питание растений кальцием в Нечерноземье // Плодородие. 2002. № 1. С. 22–24.

11. Артюшин А.М., Яковлева М.Е. Известкование кислых почв в условиях интенсивного земледелия // Вопросы известкования кислых почв. 1976. Вып. 3. С. 110–177.

12. Аскинази Д.А., Ярусов С.С. Известкование как фактор мобилизации фосфорной кислоты в подзолистой почве. Труды НИУ. 1928. Вып. 57. С. 17–21.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

13. Афендулов К.П., Подуражний П.К. Вапнування кислих ґрунтів і продуктивність кукурудзи на Поліссі // Землеробство. Київ: Урожай, 1969. Вип. 16. С. 62–70.

14. Ахтирцев Б.П. Серые лесные почвы Центральной России. Воронеж: изд-во Воронежский ун-т, 1979. 232 с.

15. Ахтырцев Б.М. Формы кальция и его миграция в серых лесных почвах. Охрана природы и рациональное использование природных ресурсов центрально-черноземной полосы. Воронеж, 1972. С. 37–45.

16. Байбеков Р.Ф. Агроэкологическое состояние почв при длительном применении удобрений. Москва: Изд-во ЦИНАО, 2003. 185 с.

17. Балаев А.Д., Наумовська О.І., Целютін В.П. Солома як органічне добриво на чорноземних ґрунтах // Зб. наук. пр. ІЗ УААН. Київ, 2003. Спецвипуск. С. 38–42.

18. Балаев А.Д., Нестеров Г.І., Тонха О.Л. Географія ґрунтів України. Київ: Друк «Центр ІТ», 2012. 213 с.

19. Барвінський А.В. Роль вапнування в захисті кислих ґрунтів Правобережного Полісся та Лісостепу від фізичної деградації // Спецвипуск УААН. Харків, 2002. 147 с.

20. Бацула О.О. Органічні добрива. Проблеми та перспективи виробництва і застосування // Охорона родючості ґрунтів. Київ, Аграрна наука, 2004. С. 73–80.

21. Бенцаровський Д.М., Дацько Л.В. Гумус – запорука родючості ґрунтів // Науков. вісник НАУ: Зб. наук. праць. Київ, 2005. Вип. 81. С. 147–150.

22. Богданов Г.О. Цеоліт-сметитові туфи Рівненщини: біологічні аспекти використання. Рівне: Волинські обереги, 2005. 184 с.

23. Богомазов Н.П., Шильников И.А., Нетребенко Н.Н. Влияние кислотного дождя на вымывание элементов из почвы с разным уровнем реакции почвенного раствора и удобренностью // Агрохимия. Москва, 1996. № 3. С. 20–28.

24. Бойко С.И. Современные подходы к известкованию

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

кислых почв (опыт европейских стран) // Сб. Агрпромышленное производство: опыт, проблемы и тенденции развития. Москва, 1991. № 4. С. 1–8.

25. Бровкина Е.А. Известкование кислых и слабокислых почв в Лесостепи УССР. Київ: Урожай, 1969. С. 243–248.

26. Бровкина Е.А. Известкование почв в районах свеклосеяния. Київ: Урожай, 1976. 88 с.

27. Бугаев В.П., Осипова З.М. Влияние минеральных удобрений и навоза на агрохимические свойства почв и вынос питательных элементов урожаями в многолетнем опыте // Агрохимия. 1986. № 4. С. 59–70.

28. Буджерак А.И. Реакция с.-х. культур на последствие различных систем удобрений // Агрохимия. 2000. № 4. С. 43–48.

29. Валовненко Д.К. Вапнування як прийом підвищення врожайності сільськогосподарських культур на Поліссі // Землеробство. 1968. № 16. С. 56–61.

30. Величко В. Вопросы химической мелиорации. Если почва кислая. 1990. № 1. С. 25–26.

31. Вернадский В.И. Биосфера I–II // Избранные сочинения: В 4 т. Мсква: Изд-во АН СССР, 1990. Т. 4. С. 7–105.

32. Вернандер Н. Б. Почвы лесостепной зоны // Природа Украинской ССР. Почвы. Київ: Наукова думка, 1986. С. 94–95.

33. Вернандер Н.Б., Годлин М.М. Почвы УССР, Київ: Госсельхозиздат УССР, 1951. 319 с.

34. Вильямс В.Р. Избранные сочинения. Т. 1. Москва, 1949.

35. Вишневський Ф.О. Динаміка вмісту гумусу в орних ґрунтах Лісостепу Житомирщини // Спецвип. ІЗ УААН. 2005. С. 118–124.

36. Воробей А.А. Эффективность калийных удобрений в зависимости от уровня обеспеченности почвы подвижным калием // Бюл. ВИУА. 1999. № 112. С. 47–48.

37. Габриель А.Й., Петрунів І.І. Агроекологічна оцінка ясно-сірого лісового ґрунту за різних систем його удобрення. Львів, Оброшино, 2004. Вип. 46, Ч. 1. С. 19–25.

38. Гаврилюк В.Б., Яворов В.М., Вахняк В.С. Вапнування ґрунтів

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

в умовах Хмельниччини // Кам'янець-Подільський. 2003. 11 с.

39. Ганжара Н.Ф. Концептуальная модель гумусообразования // Почвоведение. 1997. № 9. С. 1075–1080.

40. Гедройц К.К. Избранные сочинения. Москва: Сельхозгиз, 1955. Т. 1. 560 с.

41. Гедройц К.К. Учение о поглотительной способности почв. Москва.: Сельхозгиз, 1932. 203 с.

42. Георг Рем., Дональд Д. Питательные вещества // Агроном. 2008. № 1. С. 37–41.

43. Герасимов И.П. Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения. Москва: Наука, 1976. 232 с.

44. Гнатенко О.Ф., Петренко Л.Р. Практикум з ґрунтознавства // Навчальний посібник, НАУ, 2002. 230 с.

45. Горбунов Н.И. Почвенные коллоиды и их значение для плодородия. Москва: Наука, 1967. 160 с.

46. Господаренко Г.М. Агрохімія мінеральних добрив. Київ: Наук. світ, 2003. 136 с.

47. Господаренко Г.М. Основні принципи побудови системи удобрення в польовій сівозміні // Агрохімія і ґрунтознавство. Харків, 2002. Кн. 3. С. 200–203.

48. Господаренко Г.М., Черко О.Д. Винос калію культурами польової сівозміни та його баланс за тривалого застосування добрив // Вісник аграрної науки. 1999. Спецвипуск. С. 21–24.

49. Григора Т.І., Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Кондратюк І.М. Спосіб внесення вапна в ґрунт. Патент № 47872. Опубліковано 25.02.2010.

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

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

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

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

53. Гринченко Т.О., Дараган Ю.В. Кислые почвы // Почвы Украины и повышение их плодородия. Київ: Урожай, 1988. Т. 2. С. 108–112.

54. Грінченко Т.О. Використання кальцієвмісних сполук – важливий резерв підвищення ефективності родючості ґрунту та якості урожаїв с.-г. культур // Землеробство. Київ: Урожай. Вип. 16. С. 24–29.

55. Ґрунтознавство з основами геології Чернівці / Назаренко І.І., С.М. Польчина, Ю. М. Дмитрук, І.С. Смага, В.А. Нікорич. Вид. «Книги – XXI», 2006. 504 с.

56. Гуменюк А.І. Вапнування ґрунтів – важлива умова ефективного використання добрив // Землеробство. 1968. № 16. С. 52–56.

57. Гуменюк А.І. Вапнування ґрунтів. Київ: Урожай, 1968. 99 с.

58. Дараган Ю.В. Про головні напрями досліджень у галузі поліпшення ґрунтів з кислою реакцією // Агрохімія і ґрунтознавство. 1975. Вип. 29. С. 70–77.

59. Дегодюк Е.Г. Система удобрення зернових культур на сірому лісовому ґрунті // Землеробство. Київ, 2004. Вип. 76. С. 10–15.

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

61. Державин Л.М. Энергетический анализ применения минеральных удобрений // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Москва, 2003. Ч. 1. С. 377–382.

62. Дерюгин И.П. Калийный статус почвы и дозы калийных удобрений // Плодородие. 2002. № 1. С. 24–25.

63. Дмитрев Е.А. Содержание гумуса и проблема вторых гумусовых горизонтов в серых лесных почвах Владимирского ополья // Почвоведение. 2000. № 1. С. 6–15.

64. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. Москва: Наука, 1990. 260 с.

65. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. Изд. Московского университета «Колос С», 2004. 295 с.

66. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

України. За ред. Б.С. Носка, Б.С. Прістера, М.В. Лободи. Київ: Урожай, 1994. 328 с.

67. Довідник по удобренню сільськогосподарських культур. – Видання третє, перероблене і доповнене. За ред. П.О. Дмитренка, М.К. Крупського, І.Г. Демиденка. Київ: Урожай, 1975. 344 с.

68. Довідник працівника агрохімслужби. За ред. Б.С. Носка. 2-е вид., перероб. Київ: Урожай, 1991. 264 с.

69. Докучаев В.В. Место и роль современного почвоведения в науке и жизни // Картография, генезис и классификация почв. Изб. сочинения. Т. 3. Москва: Сельхозгиз, 1949. 446 с.

70. Дьяконова К.В. Роль органического вещества // Земледелие. 1988. № 1. С. 25–26.

71. Егоров В.Е. Органическое вещество почвы и ее плодородие // Вестник с.-х. науки. 1978. № 5. 12 с.

72. Ермолина В.И. Влияние известкования на агрохимические свойства подзолистой почвы // Экол. аспекты интенсификации с.-х. пр-ва. Пенза, 2002. Т. 1. С. 127–129.

73. Жуков А.И. Гумус почвы и потребность в органических удобрениях. Москва: Агропромиздат, 1988. С. 9–23.

74. Жукова Л.М. Влияние систематического применения удобрений на физико-химические свойства различных почв // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. Москва, 1980. С. 41–60.

75. Журбицкий З.И., Лавриченко В.М. Определение потребности растений в питании методом растительной диагностики // Агрохимия, 1977. № 9. С. 127–133.

76. Жукова Л.М. Эффективность калийных удобрений в различных почвенно-климатических условиях // Агрохимия. 1968. № 8. С. 175–181.

77. Жученко А.А., Казанцев Э.Ф., Афанасьев В.Н. Энергетический анализ в сельском хозяйстве. Кишинев: Штиинца, 1983. 77 с.

78. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті. За ред. О.О. Бацули. Київ: Урожай, 1987. 127 с.

79. Завалишин А.А. Исследования генезиса серых лесных и подзолистых почв. Избр. труды. Ленинград: Наука, 1973. 96 с.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

80. Зазульська Т.М., Захарченко І.Г. Ґрунти Київської області. Київ: Урожай, 1969. 46 с.

81. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. Моосква: Изд-во МГУ, 1987. 256 с.

82. Звягинцев Д.Г., Мирчинк Т.Г. О природе гуминовых кислот // Почвоведение. 1986. № 5. С. 68–75.

83. Иванов В.Д., Кахута Н.Н. Изменение содержания фосфатов в почве и растениях в связи с динамикой активности почвенного кальция и водорода // Агрохимия. 1972. № 10. С. 55–59.

84. Иванова Е.И., Шорин В.М. Влияние извести и минеральных удобрений на физико-химические свойства дерново-подзолистой суглинистой почвы и обеспеченность ее питательными веществами // Агрохимия. 1984. № 4. С. 67–79.

85. Иванова С.Е., Соколова Т.А, Лукьянова О.Н. Развитие работ А.А. Годе. По изучению лесных подзолистых почв методом потенциометрического титрования в связи с проблемой изменения под влиянием кислых осадков // Почвоведение. 1996. № 5. С. 620–623.

86. Игнатьев В.М., Пелевина А.Б. Оценка эффективности внесения почвенных мелиорантов // Экономика природопользования. 2002. № 2. С. 44–46.

87. Каппен Г. Почвенная кислотность. Москва, 1934. 390 с.

88. Каурычев И.С., Орлов Д.С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. Москва: Колос, 1982 с.

89. Качинский Н.А. Структура почвы. Изд. МГУ, 1963.

90. Кедров-Зихман О.К. Влияние известкования на величину и качество урожая сельскохозяйственных культур в зависимости от содержания магния в известковом удобрении и применении бора. Изд. АН БССР, 1948. № 1. С. 23–30.

91. Кершенс М. Значение содержания гумуса для плодородия почв и круговорота азота // Почвоведение. 1992. № 10. С. 122–131.

92. Кисель В.И. Влияние удобрения на структуру азотного фонда почвы // Вісник аграрної науки. 1999. № 7. С. 11–15.

93. Класифікація ґрунтів України / [Полупан М.І., Соловей В.Б.,

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Величко В.А.]: за редакцією М.І. Полупана. Київ: Аграрна наука, 2005. 300 с.

94. Клебанович Н.В., Василюк Г.В. Известкование почв Беларуси Минск.: БГУ, 2003. 322с.

95. Клебанович Н.В., Василюк Г.В., Черник Г.В. Влияние атмосферных осадков на кислотность почв // Почвоведение и агрохимия. Минск, 1991. Вып. 279. С. 42–51.

96. Клебанович Н.В., Василюк Н.В. Влияние доломита различного гранулометрического состава на урожай культур и свойств почв // Почвоведение и агрохимия. 1998. Вып. 30. С. 56–70.

97. Ковалев Н.Г., Барановський І.Н. Влияние органических удобрений на содержание и состав гумуса дерново-подзолистой почвы, урожайность возделываемых культур и качество продукции // Агрохимия. 2000. № 2. С. 31–35.

98. Ковалишин Д.І., Платонова Г.Ю. Зміна родючості і властивостей дерново-підзолистих ґрунтів Українського Полісся під впливом тривалого застосування добрив // Агрохімія і ґрунтознавство. Київ, 1982. Вип. 43. С. 12–18.

99. Когут В.М. Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. 1998. № 7. С. 794–802.

100. Козловский Е.В., Алексеев Ю.В., Небольсин А.Н. Известкование почв. Львів: Колос, 1983. 286 с.

101. Кравець Валентина. Вапнування ґрунтів навесні. За матеріалами Farmer.pl та Національної академії аграрних наук України (НААН). 2018. Січень. <https://www.growhow.in.ua/vapnuvannya-gruntiv-navesni>.

102. Кондрыко В.Д. Рациональное использование удобрений и урожай. Минск: Ураджай, 1984. 55 с.

103. Кононова М.М. Процессы превращения органического вещества и их связь с плодородием почвы // Почвоведение. 1968. № 8. С. 17–26.

104. Корнилов М.Ф., Благовидов Н.Л. Известкование почв северо-западной зоны нечерноземной полосы. Сельхозгиз, 1955. 219 с.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

105. Корнилов М.Ф., Небольсин А.Н., Семенов В.А., Козловский Е.В. Известкование кислых почв. Ленинград: Колос, 1971. 254 с.

106. Корягина Л.А., Костюкевич Л.И. Влияние известкования на биологическую активность и баланс гумуса в дерново-подзолистой суглинистой почве // Почвоведение. 1991. № 10. С 84–91.

107. Корягина Н.В. Действие различных видов сидерации на гумусное состояние светло-серых лесных почв в почвенно-климатических условиях Среднего Поволжья // Агроэкология и охрана окружающей среды. Москва, 2001. С. 81–83.

108. Коссовская А.Г., Дриц В.А. Геокристаллохимия сапонитов и связанных с ними слоистых силикатов в преобразованных океанических базальтах // Литология и полез. ископаемые. 1988. № 5. С. 3–17.

109. Кривов В.М. Екологічно безпечно землекористування Лісостепу України. Проблема охорони ґрунтів. Київ: Урожай, 2008. С. 823–90.

110. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. Москва: Агропромиздат, 1990. 219 с.

111. Кривоносова В.М., Янова Г.Н., Вервейко Е.И. Состав атмосферных осадков и поступление с ними химических соединений в почвы Западной Лесостепи УССР // Агрохимия. 1990. № 5. С. 130–134.

112. Крикунов В.Г., Полупан Н.И. Почвы УССР и их плодородие. Киев: Вища школа, 1987. 320 с.

113. Крупеников И.А. Почвы Молдавии. Т. 1. Кишинев: «Штиинца», 1984. 352 с.

114. Кудеяров В.И. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. Москва: Наука, 1989. 216 с.

115. Кудеярова А.Ю. Влияние фосфатов на трансформацию гумусовых производных железа, алюминия, фосфора в серой лесной почве // Агрохимия. 2000. № 2. С. 11–21.

116. Кузнецов А.В., Павлихина А.В. Кислотность пахотных почв Российской Федерации // Вопросы известкования почв. Москва, 2002. Агроконсалт. С. 109–112.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

117. Кузьмич М.А. Агроэкологическое обоснование применения нетрадиционных химических мелиорантов в земледелии России. Диссертация на соискание степени доктора сельскохозяйственных наук. Москва, 2004. НИИСХ ЦРНЗ. 324 с.

118. Кулаковская Т.Н. Влияние известкования и минеральных удобрений на вымывание элементов питания из почвы // Химия в сельском хозяйстве. 1978. № 9. С. 36–42.

119. Кулаковская Т.Н., Детковская Л.П. Баланс кальция и магния в пахотных землях Белоруссии // Химия в сельском хозяйстве. 1972. № 12. С. 16–20.

120. Кулаковская Т.Н., Костюкович Л.И. Влияние систем удобрений на содержание и состав гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы // Агрохимия. 1984. № 8. С. 57–63.

121. Лазаренко Є.К., Маяковський О.І. Мінералогія вивержених комплексів західної Волині. Львів. 1960. С. 318–321.

122. Лебедева Л.А. Эффективность повторного известкования почвы при длительном применении минеральных удобрений // Вопросы известкования кислых почв. 1976. 15 с.

123. Литвинов А.В. История известкования почв // Агрофизика, 2014. № 2 (14). С. 45–51.

124. Лыков А.М. Органическое вещество и плодородие почвы в интенсивном земледелии: обзорная информация. Москва, 1984. 59 с.

125. Магницкий К.П. Могуче средство повышения урожая. О влиянии известкования на почву и растения. Москва, 1969. 31 с.

126. Магницкий К.П., Малков В.К. Влияние реакции почвы на вымывание магния // Почвоведение. 1949. № 10. С. 597–602.

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

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

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

129. Мазур Г.А. Вапнування кислих ґрунтів, як основа підвищення ефективності дії добрив. Київ, 1998. Вип. 1. С. 3–9.

130. Мазур Г.А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів // Монографія. Київ: Аграрна наука. 2008. 308 с.

131. Мазур Г.А. Гумус і родючість ґрунту // Агрохімія і ґрунтознавство. Харків. Кн. 1. 2002. С. 27–34.

132. Мазур Г.А., Григора Т.І., Ткаченко М.А., Кондратюк І.М. Гумусний стан сірого лісового ґрунту залежно від хімічної меліорації та системи удобрення // Збірн. наук. праць ННЦ «ІЗ УААН», 2009. Вип. 1–2. С. 3–8.

133. Мазур Г.А., Єрмолаєв М.М., Ткаченко М.А. Оптимізація розміщення сільськогосподарських культур залежно від рівня потенційної та ефективної родючості ґрунтів // Зб. наук. праць ІЗ УААН. Київ, 2003. Вип. 3. С. 3–12.

134. Мазур Г.А., Медвідь Г.К., Сімачинський В.М. Підвищення родючості кислих ґрунтів. Київ: Урожай, 1984. 176 с.

135. Мазур Г.А., Сімачинський В.М. Баланс карбонатів і строки повторного вапнування ґрунтів Полісся // Землеробство. Київ: Урожай, 1979. Вип. 50. С. 35–43.

136. Мазур Г.А., Сімачинський В.М. Стан і перспективи підвищення ефективності вапнування кислих ґрунтів України // Вісник аграрної науки. 1996. № 3. С. 30–43.

137. Мазур Г.А., Сімачинський В.М. Теоретичні передумови повторного вапнування ґрунтів // Вісник с.-г. науки. 1975. Вип. 7. С. 42.

138. Мазур Г.А., Ткаченко М.А. Ефективність використання побічної продукції на сірих лісових ґрунтах // Зб. наук. праць ІЗ УААН. Київ: Спецвип. 2003. С. 23–28.

139. Мазур Г.А., Ткаченко М.А. Якість ґрунту. Оцінювання якості проведення робіт з вапнування кислих ґрунтів. Загальні технічні вимоги. ДСТУ 7930:2015.

140. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Бойко Я.І., Яремчук І.Д. Ефективність застосування сапонітових глин для меліорації кислих ґрунтів // Вісник аграрної науки. 2006. № 10. С. 10–11.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

141. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Кондратюк І.М. Вапнування як основа підвищення родючості сірих лісових ґрунтів // Збірн. наук. праць ННЦ «ІЗ УААН», 2005. Спецвипуск. С. 144–150.

142. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Кондратюк І.М. Енергетична і економічна оцінка застосування хімічної меліорації на сірому лісовому і дерново-підзолистому ґрунтах // Вісник ЛДАУ: Агрономія. 2008. № 12. С. 51–59.

143. Мальцев И.Г. Роль гумуса в повышении плодородия почвы и урожайности с.-х. культур // Бюл. ВИУА. 2002. № 116. С. 60–61.

144. Медведев В.В. Ґрунти і українське суспільство в ХХІ столітті // Агрохімія і ґрунтознавство. Харків, 2002. Кн. 1. С. 7–14.

145. Медведев В.В., Лактионова Т.Н., Кобзарь Н.О. О влиянии навоза на структурное и гумусовое состояние чернозема типичного // Агрохімія і ґрунтознавство. Харків, 2001. № 62. С. 21–26.

146. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій у сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1988. 204 с.

147. Методические рекомендации по известкованию кислых почв Украинской ССР. Київ: 1984. 30 с.

148. Методические указания по определению баланса кальция в почвах хозяйства и оценке его влияния на изменение их кислотности. Москва: ЦИНАО, 1988. 94 с.

149. Методические указания по определению расхода кальция и магния из пахотного слоя почв на вымывание атмосферными осадками / ЦИНАО. Москва, 1987. 89 с. (Методичні вказівки з визначення витрат кальцію та магнію з орного шару ґрунту на вимивання атмосферними опадами).

150. Минеев В.Г. Проблема калия в современном земледелии // Плодородие. 2002. № 1. С. 15–18.

151. Минеев В.Г., Панкова И.К. Эффективность калийных удобрений в длительных полевых опытах на дерново-подзолистых почвах // Доклады ВАСХНИЛ, 1986. № 6. С. 7–10.

152. Минеев В.Г., Шевцова Л.К. Влияние длительного применения удобрений на гумус почвы и урожай культур // Агрохимия. 1978. № 7. С. 134–142.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

153. Митрофанова Е.М. Роль известкования в улучшении плодородия дерново-подзолистых почв Предуралья и повышении продуктивности пашни // Теоретические и технологические основы воспроизводства плодородия почв и урожайность сельскохозяйственных культур: материалы междунар. науч.-практ. конф. Минск, 2012. С. 61–70.

154. Михеев С.С. Оптимизация внесения удобрений и известкование почв в Великобритании // Сельское хозяйство за рубежом. 1982. № 5. 19 с.

155. Міневич С.М. Вапнування ґрунтів. Київ: Урожай, 1964. 52 с.

156. Міневич С.М., Демиденко С.М. Хімічна меліорація ґрунтів. К.: 1963. 40 с.

157. Можар К.Т., Борсуков С.С. Известкование кислых почв при интенсивном земледелии. Минск: Урожай, 1990. 30 с.

158. Надежкина Е.В., Караякова В.И. Изменения физико-химических свойств серой лесной почвы под влиянием техногенного загрязнения // Эколог. аспекты интенсификации с.-х. пр-ва. Пенза, 2002. Т. 1. С. 54–55.

159. Небольсин А.Н., Евдокимов В.М. Эффективность удобрений, мелиорантов и средств защиты растений на Северо-Западе России // Плодородие. 2005. № 3. С. 9–11.

160. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Роль органического вещества в формировании кислотности и изменение гумусового состояния дерново-подзолистых почв при известковании // Агрохимия. 1998. № 8. С. 14–20.

161. Никитишен В.И. Изменение плодородия серых лесных почв ополей под влиянием длительного внесения удобрений // Почвоведение. 2002. № 2. С. 205–215.

162. Носко Б.С. Регулирование фосфатного режима основных типов почв УССР // Агрохимия. 1983. № 10. С. 32–40.

163. Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунту і ефективність добрив. Київ: Урожай, 1990. 224 с.

164. Носко Б.С. Эколого-агрохимическая оценка применения удобрений и мелиорантов в земледелии Украины // Проблемы использования земли в условиях реформирования с.-х. пр-ва

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

и проведения зем. реформы. Київ, 1995. С. 14–16.

165. Носко Б.С., Бацула А.А., Чесняк Г.Я. Гумусовое состояние почв Украины и пути его регулирования // Почвоведение. Москва, 1992. № 10. С. 33–39.

166. Носко Б.С., Бука А.Я. Оптимізація азотного живлення рослин при інтенсивних технологіях. Київ: Урожай, 1992. 136 с.

167. Олифер В.А., Ефимкин В.В., Жежер Л.В., Маланенко В.Я. Применение соломы зерновых культур на удобрение // Рекомендации ВАСХНИЛ Сиб. Отд. АНИИЗиС. Новосибирск, 1990. 20 с.

168. Орлов Д.С. Реальные и кажущиеся потери органического вещества почвами Российской Федерации // почвоведение. 1996. № 2. С. 197–207.

169. Орловський Д.Д. Ефективність фосфорних добрив в залежності від забезпеченості ґрунту рухомими фосфором // Бюл. ВИУА. 1999. № 112. С. 41–42.

170. Павлов К.В., Егоров В.С. Действие и последствие калийных удобрений // Плодородие. 2002. № 3. С. 27–29.

171. Палавеев Тодор, Тонко Тотев. Кислотность почв и методы её устранения. [Перевод с болгар]. Москва: Колос, 1983. 165 с.

172. Петербургский А.В. Обменное поглощение в почве и усвоение растениями питательных веществ. Москва: Высшая школа, 1959.

173. Петренко Л.Р., Гнатенко О.Ф. Практикум з ґрунтознавства. Навчальний посібник НАУ, 2002. 230 с.

174. Плотникова Т.А., Орлова Н.Е. Изменение гумусового состояния дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почв // Сб. научн. тр. Почвенного института им. В.В. Докучаева. Москва, 1987. С. 76–85.

175. Поддубный О.А. Емкость поглощения фосфатов в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной степени гумусированности // Резервы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений. Горки, 1999. С. 32–35.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

176. Поливцев Н.Р., Аканова Н.И. Экономическая эффективность повторного известкования дерново-подзолистых почв // Бюл. ВИУА. 1999. № 112. С. 37–38.

177. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація ґрунтів України // Агрохімія і ґрунтознавство. Спецвипуск до VI з'їзду УТГА. 2002. Кн.1. С. 129–138.

178. Полупан Н.И. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т1. Київ, 1988. 296 с.

179. Пономарёва В.В., Сотникова Н.С. Закономерности процессов миграции и аккумуляции элементов в подзолистых почвах (лизиметрические наблюдения) // Биогеохимические процессы в подзолистых почвах. Ленинград: Наука, 1972. 78 с.

180. Прянишников Д.Н. Агрохимия. Избранные сочинения. Москва, 1952. Т. 1. 692 с.

181. Ревут И.Б. Почва – о себе (современные взгляды на механический состав и структуру почвы). М.: Знание, 1965. 48 с.

182. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при с.-х. использовании и интенсивном окультуривании почв. Москва, 1984. 96 с.

183. Рекомендации по известкованию кислых почв. М.: Колос, 1982. 39 с.

184. Ремезов Н.П. Почвенные коллоиды и поглощательная способность почв. Москва: Сельхозиздат., 1957. 347 с.

185. Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: изд-во МГУ, 1983. 265 с.

186. Ройченко Г.И., Глушук Н.М. Гумусовый фонд и динамика органического вещества пахотных почв правобережной Лесостепи СССР // Почвоведение. 1981. № 3. С. 21–34.

187. Саенко Н.П., Кравчук Ю.И. Повышение плодородия почв и рациональное применение удобрений // Тр. Крым. ин-та АПП. Симферополь, 2004. С. 35–38.

188. Сайко В.Ф., Малієнко А.М., Мазур Г.А. Сталість землеробства: проблеми і шляхи вирішення.– 2-е вид., перероб і доповн. К.: Урожай. 1993. 320 с.

189. Сайко В.Ф. Наукові підходи щодо раціонального

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

землекористування в умовах здійснення аграрної реформи // Вісник аграрної науки. 2000. № 5. С. 5–10.

190. Сайко В.Ф. Устойчивость земледелия – проблемы и пути решения. Київ: Урожай, 1986. 203 с.

191. Самбур Г. Вапнування кислих ґрунтів. Київ: Держсільгоспвидав. УРСР, 1952. 40 с.

192. Сапожников Н.А., Корнилов М.Ф. Известкование кислых почв Нечерноземной полосы СРСР. Ленинград: Колос, 1971. 64 с.

193. Седукова Г.В., Воробьев В.Б. О зависимости гумусного состояния и гидролитической кислотности почвы // Современ. пробл. использ. почв и повышение эффективности удобрений. Горки, 2001. Ч. 1. С. 142–145.

194. Сибирцев Н.М. Об основании генетической классификации почв // Избр. Соч. Т. II. 1953. 583 с.

195. Симачинський В.Н., Медведь Г.К. Определение доз извести по нормативным показателям расхода CaCO_3 на нейтрализацию кислотности в почвах Полесья и Лесостепи УССР. Харків, 1990. С. 148–150.

196. Симачинский В.М. Міграція елементів живлення в ґрунтах Полісся УРСР // Землеробство. К.: Урожай, 1979. № 50. С. 45–47.

197. Собко О.О. Родючість ґрунтів – в основу землеробства. Київ: Знання, 1984. 45 с.

198. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения // Сиб. отд-ние. Новосибирск: Наука, 1993. 232 с.

199. Соколовский А.Н. Избранные труды. Под ред. Н.К. Крупского, А.М. Гринченко, Г.С. Гриня // Почвоведение и агрохимия. Київ: Урожай, 1971. 368 с.

200. Соколовский А.Н. Почвоведение и агрохимия // Избр. труды. Изд-во Урожай, 1989. 135 с.

201. Сони́на К.И. Потери кальция, магния и других элементов из корнеобитаемого слоя почвы // Бюллетень ВИУА, 1983. № 63. 12 с.

202. Сорочинський В.В., Бульо В.С. Зміна кислотно-основних параметрів сірого лісового ґрунту та його поживного режиму під впливом тривалого застосування різних систем удобрення. Львів, Оброшино, 2004. Вип. 46. Ч. 1. С. 93–97.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

203. Стокозов И.П., Иоселев Л.Г. Закономерности изменения почвенной кислотности // Химия в сельском хозяйстве. 1987. Т. 25. С. 23–25.

204. Тараріко Ю.О. Енергозберігаючі агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України. Київ: Вид. ТОВ ДІА, 2011. 575 с.

205. Титко Ришард, Калініченко В. Відновлювані джерела енергії. // Вид. OWG Варшава, 2010. 533 с.

206. Ткаченко М.А., Шкляр В.М., Пелюховський С.Г. Вплив технології вирощування на продуктивність сівозміни в Правобережному Лісостепу // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство». 2014. Вип. 1–2. С. 10–14.

207. Ткаченко М.А. Ефективність агрохімічних факторів відтворення родючості дерново-підзолистих ґрунтів центрального Полісся України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец 06.01.03 «Агроґрунтознавство і агрофізика». Київ, 2001. 20 с.

208. Ткаченко М.А., Шкляр В.М. та ін. Агрохімічні властивості сірого лісового ґрунту залежно від вапнування та різних систем удобрення // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2016. Вип. 3–4. С. 3–11.

209. Ткаченко Н.А., Шкляр В.Н. Влияние известкования при разных системах удобрения на качественный состав гумуса серой лесной почвы // Почвоведение и агрохимия. Жодино, 2016. № 56 (1). С. 145–152.

210. Томашівський З.М. Ефективність вапнування ґрунтів у західних областях Української РСР // Землеробство. Київ: Урожай, 1979. Вип. 50. С. 9–16.

211. Трофимов И.Т., Ступина Л.А. Отношения с.-х. культур к почвенной кислотности и повышение их продуктивности // Вестник Алт. гос. аграрн. ун-та. Барнаул, 2006. № 2. С. 20–24.

212. Трофимов С.Я. О динамике органического вещества в почвах // Почвоведение. 1997. № 9. С. 1081–1085.

213. Трускавецький Р.С. Осушені, кислі і солонцеві землі

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

// Земельні ресурси України. – К.: Аграрна наука, 1998. С. 112–113.

214. Тулин С.А., Ставрова И.Г. Эффективность калия в севообороте на песчаных дерново-подзолистых почвах в зависимости от применения навоза и известкования // Бюл. ВИУА. Москва, 1984. № 70. С. 51–55.

215. Тюлин А.Ф. Орг.-минер. коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания высших растений. Москва, 1958. 48 с.

216. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. Москва: Наука, 1965. 320 с.

217. Уейн Смит. Азот и кислотность // Зерно, 2006. № 2. С. 70–73.

218. Ушачева Т.И. Агрохимическая характеристика почв агроценозов биосферного заповедника «Аскания-Нова» // Актуальные вопросы сбережения и восстановления степных экосистем. Аскания-Нова, 1998. С. 48–58.

219. Филиппова Т.Е. Эффективность возрастающих доз извести и минеральных удобрений при комплексной мелиорации болотно-подзолистых почв в зависимости от рельефа // Агрохимия. 2003. № 5. С. 19–29.

220. Филон И.И., Шеларь И.А. Влияние длительного применения удобрений на физико-химические свойства темно-серой лесной почвы и подвижность в ней ионов алюминия // Агрохимия. 2001. № 4. С. 5–9.

221. Фляг В. Взаимодействие бентонита с гуматом натрия при высушивании // Науч.тр. Омского с. – х. института. 1977.

222. Хлыстовский А.Д. Плодородие почвы при длительном применении удобрений и извести. Москва: Наука, 1992. 190 с.

223. Хлыстовский А.Д., Корнеенко Е.Ф. // Содержание и состав гумуса дерново-подзолистой почвы при длительном внесении удобрений Почвоведение. 1981. № 7. С. 49–55.

224. Христенко А.О. Діагностика вмісту рухомого фосфору в ґрунтах // Вісник аграрної науки. 1998. № 4. С. 21–25.

225. Черемха Б. Хімічна меліорація проти деградації ґрунтів // Пропозиція. 2005. № 2. С. 60–61.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

226. Чернов В.А. О природе почвенной кислотности. Москва, 1947. 186 с.

227. Чесняк Г.Я., Гаврилюк Ф.Я., Крупенников И.А. Гумусное состояние черноземов, и др. // Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. Москва: Наука, 1983. С. 186–198.

228. Чириков Ф.В., Александровская В.А. К вопросу о природе почвенной кислотности. Минск: АН БССР, 1960. 172 с.

229. Шевцова Л.К., Володарская И.В. Влияние длительного применения удобрений на баланс и качество гумуса // Химизация сельского хозяйства. 1991. № 11. С. 97–101.

230. Шильников И.А. Известкование почв в Польской Народной Республике // Сельское хозяйство за рубежом. 1973. № 3. С. 1–8.

231. Шильников И.А. Потери Са и Mg из пахотных почв // Химия в сельском хозяйстве. 1977. № 6. С. 23–29.

232. Шильников И.А., Колосова А.Ф., Щелкунова А.А. Зависимость изменения величины рН от доз извести и динамика реакции произвесткованных почв // Агрохимия. 1981. № 8. С. 75–82.

233. Шильников И.А., Лебедева Л.А. Известкование почв. Москва: Агропромиздат, 1987. 169 с.

234. Шкляр В.М. Гумусний стан сірого лісового ґрунту залежно від системи удобрення та хімічної меліорації // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Передгірне та гірське землеробство і тваринництво», 2015. Вип. 58. Ч. 1. С. 10–14.

235. Шорин В.М. Эффективность калийного удобрения на дерново-подзолистой почве // Бюлл. ВИУА, № 70 «Калийные удобрения в условиях интенсивного земледелия». Москва, 1984. С. 55–58.

236. Эффективность известкования пахотных земель Республики Беларусь за 1965–2005 гг. // Почвоведение и агрохимия. 2008. № 2 (41). С. 110.

237. Юшкевич И.А., Шлома М.Г., Богомаз И.З. Влияние известкования и способов внесения удобрений на миграцию

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

и баланс кальция и магния в почве // Земледелие. Київ: Урожай, 1985. Вып. 60. С. 56–61.

238. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення. Під ред. Д. Мельничука, Дж. Гофмана, М. Городнього. Київ: Арістей, 2004. 488 с.

239. Яковлева Л.В. Миграция оснований в дерново-подзолистых почвах Северо-Запада России. СПб. 2013. 105 с.

240. Яковлева М.Е. Определение баланса кальция в почвах зоны избыточного увлажнения // Химия в сельском хозяйстве. 1983. № 11. С. 15–18.

241. Якушев В.П., Осипов А.И., Миннулин Р.М., Воскресенский С.В. К вопросу об известковании кислых почв в России. Агрофизика. 2 (10): 2013. С. 18–22.

242. Archer J., 1988. Crop nutrition and Fertiliser use // Farming Press Ltd. P. 25–43.

243. Babcan J., Sevc J. Vapenes a dolomit v systemoch a organickymi latkami // Pol'nohospodarstvo. 1999. R. 45. С. 5–6.

244. Babcan J., Sevc J., 1999. Vapenes a dolomit v systemoch a organickymi latkami // Pol'nohospodarstvo. R. 45, С. 5/6. S. 331–354.

245. Baier J., Baierova V., 1985. Ziviny rostlin, hnojiv a pud // Agrohimia. V. 25. № 6, priloha.

246. Bedrna Z., 1989. Nové poznatky z vápnění Kyslých pód // Uroda. V. 37. № 8. P 340–343.

247. Chaiwanakupt P., Robertson W.K., 1976. Leaching of phosphate and selected cations from sandy soils as affected by lime // Agronomy Journal. № 3. P. 507–511.

248. Die Kalkbilanz in den Bundeslandern 1987/88 // Der deutsche Tabakbau. 1989. № 18. S. 9.

249. Effektive Kalkdüngung in der Pflanzenproduktion // Landwirtschaftsausstellung der DDR. 1987. 33 S.

250. Efron D., Jimenez M., La Hora A., 2000. Capacidad de intercambio cationic al pH del suelo, para suelos acidos: metodo de determinacion. Vol. 44. № ½. P. 61–68.

251. Ehrenberg P. Das Kalk-Kali cesefs. Land jahnbuhsr LZV, H. 1., 1919.

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

252. Flis-Bujak M., 2003. Wpływ nawożenia mineralnego i wapnowania na substancje organiczne gleby plowej wytworzonej z lessu // Przyczyny i skutki degradacji środowiska glebowego. Warszawa. Cz. 3. S. 591–598.

253. Gerhold K.H., 1990. Kalkdüngung ist in vielen Gebieten dringend // Der Alm und Bergbauer. Bd. 49. № 4. S. 164, 166, 168.

254. Hosch J., Dersch G., 1997. Nährstoffbilanz im Verlauf einer Fruchtfolge mit organischer und mineralischer Düngung // VDLVFA. Schr. R. Unters. Forsch. Anst. Darmstadt. № 46. S. 367–370.

255. Kerschberger M., Richer D., 1987. Programm zur Berechnung von Ca und Mg. Düngungsempfehlungen // Feldwirtschaft. Bd. 28. № 10. S. 442–443, 454–455.

256. Kiepuł J., 2003. Wpływ różnych zabiegów odkwaszających na plonowanie roślin i właściwości gleby. Przyczyny i skutki degradacji środowiska glebowego. Warszawa. Cz. 3. S. 629–635.

257. Kivisto J., 1988. Fakta om Kalk och Kalking // LOA. V. 69. № 2. P. 60–61.

258. Laskowski S., 1978. Tagungsber. Akad. Landwirtschaftswissenschaften. Der DDR. 1978. V. 166. № 11. P. 547–552.

259. Mora M.L., Baeza G., Pizarro C., Demanet R., 1999. Effect of calcitic and dolomitic lime on physicochemical properties of a Chilean andisol // Communic. in Soil. Sc. Plant Analysis. Vol. 30. № 3/4. P. 427–439.

260. Pedersen A., 1990. Kalkning // Erhvervs jordbruget. № 9. P. 10–12.

261. Persson A., 1989. Vilket Kalkningsmedel skall väljas? // Bet-Odlaren. V. 52. № 3. P. 218–219.

262. Rex M., 1988. Optimale Reaktion // Agrar Praxis. № 8. S. 59–60.

263. Scifert V., 1988. Pfluglose Bodenbearbeitung und Kalkung // DLG Mitteilungen. Bd. 103. № 21. S. 1094.

264. Vetter D., 1985. Wie beurteilt man die Kalkversorgung schwerer Böden? // Landwirtschaftsblatt Weser – Ems. № 6. S. 8.

265. Waldliech C.H. Shive J.W. Base content of corn plants as influenced by pH substrate and form of nitrogen supply. Soil Sci., v. 4, № 47, 1939.

ДОДАТКИ

Групування ґрунтів за ступенем кислотності

Ступінь кислотності	Показник кислотності		Ґрунт
	pH _{ксі}	Нг, мг-екв/100 г ґрунту	
дуже сильнокислі	≤4,0	≥6,0	підзол, торфовище верхове, болотно-підзолистий, бурозем кислий, підзолисто-буроземний
сильнокислі	4,1–4,5	5,9–5,1	дерново-підзолисті оглеєні, торфянисті і торфовоглейові, дерново-буроземні кислі
середньокислі	4,6–5,0	5,0–4,1	дерново-підзолисті, підзолисто-дернові, ясно-сірі лісові оглеєні
слабокислі	5,1–5,5	4,0–3,1	ясно-сірі і сірі лісові, темно-сірі лісові оглеєні, дерново-борові
близькі до нейтральних	5,6–6,0	3,0–2,1	темно-сірі лісові, чорноземи опідзолені, вилужені та реградовані, дернові
нейтральні	≥6,0	≤2,0	чорноземи типові та звичайні, лучно-чорноземні, коричневі

Додаток 2

Потреба ґрунтів України у вапнуванні залежно від pH_{ксі}

Кислотність	pH _{ксі}	Потреба у вапнуванні
дуже сильна	≤4,0	потребує першочергового вапнування в усіх типах сівозмін
сильна	4,1–4,5	потребує першочергового вапнування в усіх типах сівозмін
середня	4,6–5,0	першочергова потреба вапнування в овочевих сівозмінах та кормових на супіщаних та суглинкових ґрунтах; середня потреба у польових сівозмінах на піщаних ґрунтах
слабка	5,1–5,5	велика потреба у вапнуванні супіщаних і суглинкових різновидностей, особливо в кормових, овочевих та з травами сівозмінах, в останню чергу вапнують піщані та глинисто-піщані ґрунти
близька до нейтральної	5,6–6,0	вапнують вибірково супіщані та суглинкові ґрунти і в першу чергу в сівозмінах з вимогливими до вапна культурами. Не потребують вапнування ґрунти з pH _{ксі} понад 6,5

Додаток 3

Потреба ґрунтів України у вапнуванні залежно від гідролітичної кислотності

Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту	Потреба у вапнуванні ґрунтів
≥4	ґрунти потребують першочергового вапнування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах
4–3	ґрунти потребують першочергового вапнування в зонах Полісся та Лісостепу
3–2	середня потреба ґрунтів у вапнуванні в зонах Полісся та Лісостепу
2–1,8	доцільне вапнування опідзолених ґрунтів Лісостепу, необхідне на Поліссі на супіщаних, піщаних та глинисто-піщаних ґрунтах
1,8–1,5	слабка потреба у вапнуванні піщаних та глинисто-піщаних ґрунтів
≤1,5	не потребують вапнування

Додаток 4

Оптимальні дози CaCO_3 для вапнування кислих ґрунтів Полісся та Лісостепу України

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

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

Додаток 5

Періодичність вапнування кислих ґрунтів в Україні

Зона і область	Термін повторного вапнування, років
Полісся	
Волинська	6
Рівненська	6
Житомирська	6–7
Чернігівська	6–7
Лісостеп	
Київська	6
Тернопільська	6–7
Вінницька	7
Сумська	7
Хмельницька	7
Черкаська	7–8
Полтавська	8–9
Передкарпаття, Карпати, Закарпаття	
Закарпатська	4–5
Івано-Франківська	5–6
Чернівецька	5–6
Львівська	6

Додаток 6

Характеристика мінеральних добрив

Добриво	Хімічний склад	Вміст поживної речовини, %	Находження СаО, кг	Дія добрив на ґрунт
суперфосфат простий порошкоподібний	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \times \text{x} \text{2CaSO}_4$ з домішками вільної H_3PO_4	20 ± 1	28–30	викликає слабе підкислення або не підкислює зовсім
суперфосфат гранульований	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \times \text{x} \text{2CaSO}_4$ з домішками вільної H_3PO_4	20 ± 1	28–30	
суперфосфат подвійний	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	48 ± 1	7–9	викликає слабе підкислення, або не підкислює зовсім
преципітат	$\text{CaHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	22–37	30–33	дещо послаблює кислотність
фосфоритне борошно	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$ з домішками $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$	14–30	30–38	послаблює кислотність
кальцієва селітра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	17,5	18	підлужное

Характеристика вапнякових матеріалів

Вапняковий матеріал	Діюча речовина	Вміст карбонату, %	Домішки	Дія меліорантів на ґрунт
вапнякове борошно	CaCO_3	86–92	глина, пісок	повільна
крейда	CaCO_3	90–100	SiO_2	діє швидше вапнякового борошна
мергель	CaCO_3 MgCO_3	25–75 1,5–2,0	глина, пісок	повільна дія
вапняк магнезальний	CaCO_3 MgCO_3	70–75 10–25	-//-	-//
вапняк доломітизований	CaCO_3 MgCO_3	60–75 25–35		
доломітове борошно	CaCO_3 MgCO_3	50–55 35–45		
дефекат	CaCO_3 з домішками Ca(OH)_2	до 40–75	N , P_2O_5 , K_2O , органічні добрива	добре вапнякове борошно, позитивно діє на слабо кислих ґрунтах
мартенівський шлак	Силікати кальцію, магнію, CaO , MgO	до 90	N_2O , K_2O , P_2O_5	рекомендується для чорноземів і вторинно підкислених ґрунтів, дія повільна, часто потребує розмелювання
вапняково-сірчані відходи (флотаційні хвости)	CaCO_3	до 80	сірка, кремнезем, окисли Al , Mn , MgO , P_2O_5	дія повільна

**Фізико-хімічні та фізичні показники
борошна сапонітового**

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

Додаток 9

Фізико-хімічні та фізичні показники борошна цеолітового

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

Додаток 10**Вимивання кальцію і магнію з ґрунту
фільтруючими водами [44]**

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

Додаток 11**Коефіцієнти перерахунку нейтралізуючих
хімічних сполук у вапнякових матеріалах [67]**

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

Додаток 12**Вміст кальцію в насінні основних сільськогосподарських культур
(на повітряно суху речовину) відповідно до норми висіву [44]**

Культура	Норма висіву, кг/га	Вміст CaO, %
Жито озиме	160–200	0,09
Пшениця озима	160–200	0,07
Ячмінь ярий	160–180	0,10
Овес	140–160	0,16
Гречка	75–100	0,05
Горох	170–180	0,09
Льон-довгунець	40–50	0,26
Картопля	3000	0,03
Буряки кормові	20–25	0,04
Люпин кормовий	200–250	0,28
Конюшина	10–15	1,45
Однорічні трави	20–30	0,15
Кукурудза на силос	30–45	0,03

Додаток 13

Втрати CaCO_3 на нейтралізацію фізіологічно кислих мінеральних добрив, кг /100 кг добрив [147]

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

Додаток 14

Величина виносу кальцію врожаєм сільськогосподарських культур на 1 ц основної і побічної продукції в перерахунку на CaO та CaCO_3 , [68, 183]

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

Примітка: * Зерно і солома

**Норма висіву насіння та вміст поживних
речовин в 1 ц посівного матеріалу**

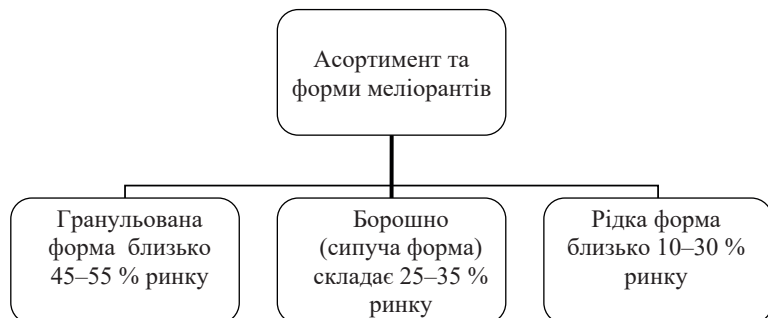
Культура	Норма висіву, кг/га	Вміст в 1 ц посівного матеріалу, кг		
		N	P	K
Пшениця озима	200–220	1,86	0,70	0,44
Жито озиме	200–220	1,65	0,66	0,52
Ячмінь озимий	200–220	1,50	0,75	0,44
Ячмінь ярий	200–220	1,68	0,74	0,49
Пшениця яра	200–220	1,68	0,74	0,49
Овес	170–180	1,74	0,67	0,51
Кукурудза зерно	25–30	1,37	0,53	0,38
Просо	18–20	1,66	0,59	0,35
Гречка	75–80	1,81	0,88	0,60
Рис	170–180	1,08	0,69	0,34
Горох	260–280	3,18	0,80	1,27
Соя	55–65	5,37	1,18	2,07
Квасоля	130–140	3,68	0,80	1,72
Буряки цукрові	35,0	2,34	0,65	0,90
Льон-довгунець	120	5,40	2,10	1,00
Соняшник	15,0	2,26	0,97	0,82
Картопля	3000	0,36	0,10	0,53
Овочеві культури	10,0	1,00	0,42	1,80
Кормові баштані	3,0	1,00	0,42	1,80
Кормові коренеплоди	18,0	2,34	0,65	0,89
Кукурудза на силос і з.к.	120–130	1,53	0,59	0,42
Трави однорічні	100	2,13	0,65	0,89
Трави багаторічні	10,0	2,15	0,60	0,90
Ріпак озимий	6,0	3,50	1,80	1,00
Ріпак ярий	6,5	3,50	1,80	1,00

Додаток 16**Вміст поживних речовин в 1 ц основної та побічної продукції, кг**

Культура	Вміст в 1 ц основної продукції, кг			Вміст в 1 ц побічної продукції, кг		
	N	P	K	N	P	K
Пшениця озима	2,07	0,74	0,49	0,51	0,16	0,99
Жито озиме	1,74	0,75	0,54	0,56	0,22	1,10
Ячмінь озимий	1,70	0,83	0,49	0,60	0,20	1,36
Ячмінь ярий	1,84	0,76	0,53	0,66	0,23	1,39
Пшениця яра	1,84	0,76	0,53	0,66	0,23	1,39
Овес	1,89	0,83	0,51	0,52	0,28	1,79
Кукурудза зерно	1,53	0,59	0,42	0,69	0,21	1,42
Просо	1,94	0,49	0,41	0,91	0,20	2,59
Гречка	1,77	0,59	0,71	0,97	0,41	1,64
Рис	1,08	0,69	0,34	0,54	0,36	1,88
Горох	3,34	0,84	1,30	1,00	0,23	1,36
Соя	2,37	1,04	0,84	0,87	0,31	4,36
Квасоля	3,34	0,84	1,30	1,00	0,23	1,36
Буряки цукрові	0,21	0,08	0,22	0,35	0,09	0,44
Льон-довгунець	0,54	0,21	1,01	–		
Соняшник	2,37	1,04	0,84	0,87	0,31	4,36
Картопля	0,37	0,11	0,55	0,37	0,09	0,46
Овочеві культури	0,20	0,08	0,25	0,35	0,09	0,24
Кормові баштані	0,15	0,05	0,25	0,35	0,09	0,24
Кормові коренеплоди	0,21	0,06	0,32	0,46	0,09	0,41
Кукурудза на силос і з.к.	0,32	0,11	0,42	–		
Трави однорічні	2,00	0,60	2,07	–		
Трави багаторічні	2,32	0,53	2,01	–		
Ріпак озимий	3,50	1,80	1,00	0,70	0,25	1,00
Ріпак ярий	3,50	1,80	1,00	0,70	0,25	1,00

Асортимент вапнякових матеріалів на ринку України

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



Проведено робіт з вапнування кислих ґрунтів в Україні

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

Земельний фонд України станом на 01.01.2016

Основні види земельних угідь та економічної діяльності	Площа земель	
	всього, тис. га	% до загальної площі території України
Сільськогосподарські землі	42726,4	70,8
у тому числі:		
сільськогосподарські угіддя	41507,6	68,8
з них:		
рілля	32541,3	53,8
перелоги	233,7	0,4
багаторічні насадження	892,4	1,5
сіножаті	2406,4	4,0
пасовища	5434,1	9,0
інші сільськогосподарські землі	1218,5	2,0
Ліси та інші лісо вкриті площі	10633,1	17,6
у тому числі:		
вкриті лісовою рослинністю	9698,9	16,1
не вкриті лісовою рослинністю	216,9	0,4
інші лісові землі	313,2	0,5
чагарники	404,1	0,7
Забудовані землі	2552,9	4,2
у тому числі:		
під житловою забудовою	473,5	0,8
землі промисловості	224,7	0,4
землі під відкритими розробками, картерами, шахтами та відповідними спорудами	157,1	0,3
землі комерційного та іншого використання	54,5	0,1
землі громадського призначення	281,3	0,5
землі змішаного використання	29,0	0,0
землі, які використовуються для транспорту та зв'язку	496,8	0,8
землі, які використовуються для технічної інфраструктури	74,2	0,1
землі, які використовуються для відпочинку та інші відкриті землі	745,4	1,2
Відкриті заболочені землі	982,3	1,6
Сухі відкриті землі з особливим рослинним покривом	13,2	0,0
Відкриті землі без рослинного покриву, або з незначним рослинним покривом (кам'янисті місця, піски, яри інші)	1020,6	1,7
Води (території, що покриті поверхневими водами)	2426,4	4,0
Разом (територія України)	60354,9	100,0

Хімічна меліорація кислих ґрунтів

Додаток 21
Фізичні властивості найбільш поширених орних ґрунтів провінцій, (шар 0–20 см)

Ґрунтова кліматична зона	Ґрунтова провінція	Ґрунти та їх гранулометричний склад	Частка у структурі ґрунтового покриву провінції, %	Рівноважна щільність будови, г/см ³	ВВ, %	НВ, %	ДЛВ, %	Макроагрегати 10–0,25 мм, %	Водостійкі агрегати >0,25 мм, %
Поліся	Західна	дерново-підзолисті слабосупіщані ґрунти	48,9	1,50		15	13	-	-
	Правобережна		82,5	1,50	2,0	16	15	-	-
	Лівобережна		52,7	1,50	1,9	16	14	-	-
Лісостеп	Західна	чорноземи типові,	29,6	1,30	9,0	24	17	64	53
	Правобережна	сірі середньо- та важко-	49,7	1,30	10	27	17	73	34
	Лівобережна	суглинкові ґрунти	41,5	1,20	11	28	18	69	52
Степ	Придніпунська	чорноземи звичайні важко-суглинкові та глинисті	94,6	1,20	13	29	16	72	54
	Правобережна		85,2	1,10	14	32	19	78	55
	Лівобережна		71,8	1,10	14	31	17	67	46





Хімічна меліорація кислих ґрунтів

ТКАЧЕНКО Микола Адамович
КОНДРАТЮК Ірина Михайлівна
БОРИС Наталія Євгеніївна

ХІМІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ КИСЛИХ ҐРУНТІВ

Монографія

Підписано до друку 09.09.19.
Формат 84x60/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Minion .
Умов. друк. арк. 19,50.
Наклад 300 прим. Зам. № 6123.

Віддруковано з оригіналів замовника.
ФОП Корзун Д.Ю.

Видавець ТОВ «ТВОРИ».
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.
21027, м. Вінниця, вул. Келецька, 51А, прим. 143.
Тел.: (0432) 69-67-69, 603-000
e-mail: info@tvoru.com.ua, <http://www.tvoru.com.ua>