

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ТКАЧЕНКО МИКОЛА АДАМОВИЧ

УДК 631.415:631.44:552.524

**ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ СІРИХ ЛІСОВИХ ҐРУНТІВ ЗА РІЗНИХ
СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ
У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ**

06.01.03 – агроґрунтознавство і агрофізика

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора сільськогосподарських наук

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національному науковому центрі «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України»

Науковий консультант доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН **Мазур Генріх Адольфович**, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», головний науковий співробітник відділу агрогрунтознавства

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН **Булигін Сергій Юрійович**, Національний університет біоресурсів і природокористування України, професор кафедри землеробства та гербології

доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НААН **Бондар Олександр Іванович**, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, ректор

доктор сільськогосподарських наук, професор **Тихоненко Дмитро Григорович**, Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва, професор кафедри ґрунтознавства

Захист відбудеться «10» липня 2015 року о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.04 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ–41, вул. Генерала Родінцева, 19, навчальний корпус № 1, кімната 97

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ–41, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41 а

Автореферат розісланий « » червня 2015 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

Н. П. Бордюжа

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Відомо, що розв'язання проблеми збільшення виходу продукції на одиницю загальних витрат в аграрному виробництві залежатиме, у першу чергу, від стану ґрунтового покриву як основного засобу виробництва. Отже, актуальність дослідження ґрунтів зони Лісостепу, що знаходяться в інтенсивному обробітку, зумовлена гострою необхідністю теоретичного осмислення та практичної оцінки особливостей і наслідків антропогенного впливу на орні ґрунти, а також наявністю в їх складі кислих малопродуктивних різновидів, зокрема, ясно-сірих і сірих лісових з низькою потенційною родючістю.

Сірі лісові ґрунти в Україні залягають у переважній більшості адміністративних областей Лісостепу і з урахуванням темно-сірих опідзолених і реградованих займають близько 10,1 % від загальної площі всіх ґрунтів (5,45 млн га). У більшості областей Правобережного Лісостепу ці ґрунти мають досить значне поширення. Їх загальна площа під сільськогосподарськими угіддями складає 4,33 млн га, з яких рілля 80,5 %. На сьогоднішній день хімічна меліорація не проводиться навіть на сильнокислих землях, що зумовило прискорену деградацію ґрунтів, зниження ефективної родючості та значне розширення площ, які потребують невідкладного вапнування.

Кислі ґрунти Лісостепу мають природний рівень кислотності в інтервалі pH_{KCl} 4,5–5,6 (N_g 4,0–2,0 мг-екв/100 г ґрунту), але не можна вважати, що нейтральні ґрунти з вираженою потенційною кислотністю та близькі до нейтральних з pH 5,6–6,0, за періодично промивного водного режиму не потребують вапнування. Легкий гранулометричний склад та значна кількість опадів призводять до вимивання рухомих поживних речовин, гумусу й солей кальцію та магнію. За умов ігнорування хімічної меліорації кислих ґрунтів, щорічно в Україні не доотримується орієнтовно 2 млн тонн зернових одиниць продукції рослинництва.

У сучасних умовах ситуація в землеробстві ускладнюється через нестачу гною, незбалансоване застосування мінеральних добрив, спрощення сівозмін з переважанням культур, що потребують інтенсифікації пестицидного навантаження в агроценозі. У зв'язку з цим набуває актуальності питання вдосконалення наукової основи проведення меліоративних заходів, а саме, глибше вивчення ґрунтового покриву, його адаптивності до цих заходів і позитивних змін за їх впливу, пошуку нових шляхів підвищення ефективності хімічної меліорації та систем удобрення, раціонального використання орних земель відповідно до конкретних ґрунтових умов.

Вапнуванню, як одному з головних заходів окультурення і підвищення родючості кислих ґрунтів, приділялося досить багато уваги. Значний внесок у встановлення впливу вапна на ґрунт і рослини зробили видатні вчені К. К. Гедройц, Д. М. Прянішніков, О. Н. Соколовський, С. С. Ярусов, А. Т. Кірсанов, М. С. Авдонін, О. К. Кедров-Зіхман, І. О. Шильніков, О. М. Небольсін, Г. А. Мазур та інші. Досліджувалися закономірності впливу меліоративної дії різних форм і доз хімічних меліорантів та їх поєднання

з органічними й мінеральними добривами, вплив цих факторів на властивості переважно дерново-підзолистих ґрунтів і їх продуктивність. Сірі лісові ґрунти у цьому контексті вивчені недостатньо.

З огляду на довготривалу історію вивчення і розвиток теорії та практики проведення вапнування кислих ґрунтів у сучасних умовах господарювання виникають все нові проблеми, вирішення яких має в подальшому здійснити позитивний вплив на підвищення родючості кислих ґрунтів. Необхідність вирішення окреслених проблем особливо у зоні Лісостепу і визначило тему нашого наукового пошуку.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є складовою частиною досліджень відділу агроґрунтознавства Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН» та виконана згідно з науково-технічною програмою Національної академії аграрних наук України «Землеробство» за завданнями: «Встановити закономірності трансформації функціональних властивостей і речовинного складу ґрунтів Полісся і Лісостепу України в умовах дефіциту засобів хімізації та кризових явищ в економіці» (номер державної реєстрації – 0196U0183990; 1996–2000 рр.); «Розробити наукові основи управління родючістю ґрунтів Полісся і Лісостепу за умов різного рівня ресурсного забезпечення і рекомендації по її збереженню та відтворенню» (номер державної реєстрації – 0101U003847; 2001–2005 рр.); «Науково обґрунтувати роль основних підсистем системи землеробства у відтворенні родючості ґрунтів Полісся та Лісостепу» (номер державної реєстрації 0106U010340; 2006–2010 рр.); «Установити позитивні напрями посилення ґрунтоутворювальних процесів у ґрунтах Лісостепу та Полісся з метою покращання їх властивостей, відтворення родючості й підвищення продуктивності агроценозів» (номер державної реєстрації 0111U008426; 2011–2013 рр.).

Результативними і важливими для вдосконалення теорії і практики управління родючістю ґрунтів були і суто прикладні науково-дослідні розробки у яких дисертант приймав безпосередню участь: «Встановити потенціал родючості земельних ресурсів України та розробити відповідно до нього спеціалізацію сільськогосподарського виробництва» (номер держреєстрації 0199U000568; 1999–2001 рр., замовник – Міністерство аграрної політики та продовольства України); «Встановити ефективність впливу комплексного меліоранту на основі крейдяно-сапонітових і торф'яно-сапонітових сумішок на показники родючості сірого лісового ґрунту та урожайність сільськогосподарських культур» (2004–2006 рр., замовник Північне державне регіональне підприємство «Північгеологія»).

Мета та задачі дослідження. Мета досліджень полягала у виявленні характеру просторово-часових змін і сутності механізмів ґрунтоутворення в сірих лісових ґрунтах та вплив основних чинників антропогенезу; встановленні закономірності розвитку ґрунтових процесів в агроценозах; визначенні особливості розвитку процесу антропогенного підкислення сірих лісових ґрунтів, установленні можливостей і шляхів відновлення їх родючості, що втрачені внаслідок тривалої інтенсивної експлуатації в землеробстві; розробленні

принципів оптимізації кислотно-лужного стану й ефективного використання потенційної родючості ґрунтів на основі ресурсних можливостей виробництва і необхідності оптимізації процесів ґрунтоутворення.

Для досягнення поставленої мети передбачалось вирішити такі задачі:

- оцінити стан і проаналізувати характер формування родючості кислих ґрунтів Лісостепу, визначити і розробити сучасні принципи і методи оптимізації її основних параметрів;
- розробити теоретичні і методичні основи оцінювання впливу антропогенних чинників на процес гумусоутворення за умов надлишкової кислотності ґрунту та в постнейтралізаційний період;
- визначити особливості варіювання запасів гумусу в профілі ґрунту та його якісні зміни в часі за різних рівнів агрохімічного забезпечення технологій вирощування сільськогосподарських культур;
- вивчити умови формування структури обмінних катіонів у ґрунтовому вбирному комплексі та особливості її покращання цілеспрямованим внесенням природних меліорантів;
- визначити особливості трансформації кислотно-основних властивостей кислих сірих лісових ґрунтів та встановити тривалість меліоративного впливу на кореневмісний шар ґрунту після хімічної меліорації;
- встановити кількісні зміни вмісту рухомих форм елементів живлення рослин у ґрунті за впливу комплексної хімічної меліорації, систем удобрення та їх поєднання;
- встановити закономірності функціонування і характеру протікання ґрунтоутворних процесів у вториннопідкислених сірих лісових ґрунтах, що знаходяться в системі інтенсивного землеробства, розробити методи їх поліпшення;
- розрахувати економічну й енергетичну ефективність застосування засобів меліоративного впливу для типових польових сівозмін на сірих лісових ґрунтах.

Об'єкт дослідження – процес відтворення потенційної родючості і перманентна деградація кислих ґрунтів Правобережного Лісостепу за різних систем їх використання та об'єктивної ресурсної обмеженості для ведення інтенсивного землеробства в сучасний період його розвитку.

Предмет дослідження – сірий лісовий ґрунт, характер і закономірності трансформації основних параметрів і загального рівня його родючості за якісно відмінних умов та інтенсивності використання й агрохімічного забезпечення в часі.

Методи дослідження. Методологічною основою напряму наукових досліджень, розроблення програми дослідної роботи був системний підхід до процесу відтворення родючості сірих лісових ґрунтів. Для вирішення питань, що поставлені на вивчення, застосовували такі методи: порівняльно-географічний; польової діагностики ґрунтів (профільний метод); польового експерименту, що дає змогу отримати максимально точну картину змін властивостей ґрунтів; лабораторні – для визначення фізико-хімічних

і агрохімічних показників ґрунту; порівняльно-аналітичні – гравіметричні, фізико-хімічні, хімічні, титрометричні, потенціометричні; агрометеорологічні; комп'ютерного моделювання; інформаційно-логічного аналізу; варіаційної статистики; регресійний.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у встановленні закономірностей впливу різних систем удобрення на фоні тривалої дії хімічних меліорантів на основні показники родючості сірих лісових легкосуглинкових ґрунтів Правобережного Лісостепу України.

Вперше:

- розроблено теоретичні основи наслідків комплексного антропогенного впливу на основні властивості та родючість кислих сірих лісових ґрунтів, визначено особливості протікання елементарних ґрунтових процесів і трансформації основних властивостей в часі за впливу хімічних меліорацій та різної системи удобрення в сівозміні;

- встановлено, що тривале застосування помірних доз фізіологічно-кислих мінеральних добрив у сівозміні не призводить до погіршення фізико-хімічних властивостей сірого лісового ґрунту та його гумусного стану;

- доведено, що застосування нетоварної частини врожаю в типових сівозмінах Лісостепу як органічного добрива не забезпечує розширеного відтворення родючості сірого лісового ґрунту;

- визначено економічну і енергетичну ефективність застосування комплексних меліорантів на основі поєднання їх форм, що забезпечує підвищення врожаю й окупність мінеральних добрив.

Уточнено:

- основні закономірності кількісних і якісних змін гумусового стану сірого лісового ґрунту, розкрито роль продуктів взаємодії, агрометеорологічних, органічних і мінеральних компонентів у його формуванні;

- умови виникнення критичних рівнів вмісту і рухомості (активності) іонів водню і алюмінію та досягнення оптимальних значень обмінної кислотності сірих лісових ґрунтів;

- основні закономірності регулювання структури обмінних катіонів у ґрунтовому вбирному комплексі сірого лісового ґрунту за умови інтенсивного агрохімічного навантаження шляхом застосування природних мінералів, які містять у своєму складі магній.

Набули подальшого розвитку:

- уявлення про кількісні параметри змін вмісту рухомих сполук фосфору й обмінного калію в сірих лісових ґрунтах у багаторічному циклі інтенсивного використання за умов систематичного удобрення;

- теоретичні основи систематичного вапнування кислих сірих лісових ґрунтів повною дозою за (Нг), уточнено оптимальні терміни проведення повторного вапнування сірих лісових ґрунтів.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами досліджень встановлено питому вагу мінеральних і органічних добрив та хімічної меліорації у структурі продуктивності агроценозу, що стало основою для розроблення

рекомендацій виробництву з питань відтворення та регулювання родючості кислих ґрунтів Лісостепу. Отримані результати можуть використовуватись для встановлення необхідності та технологічних способів застосування хімічних меліорантів на сірих лісових ґрунтах, а також термінів повторного їх вапнування в проектах проведення робіт з розкислення земель.

Розроблений спосіб різноглибинного внесення вапна (Патент № 47872 «Спосіб внесення вапна у ґрунт») може бути використаний для проведення хімічної меліорації кислих ґрунтів. Матеріали досліджень за темою дисертаційної роботи використано при розробленні шести ДСТУ, загальних технічних вимог та умов.

Основні результати досліджень пройшли виробничу перевірку у ДПДГ «Чабани» Києво-Святошинського району, ДПДГ «Черкаське» Смілянського району Черкаської області на площі 235 га і впроваджені у господарствах Київської та Вінницької областей на загальній площі 10490 га (2006–2013 рр.).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаною, закінченою науково-дослідною роботою. Автором проаналізовано вітчизняні та зарубіжні фахові літературні джерела, визначено напрям досліджень, проведено польові та лабораторні дослідження, систематизовано та проаналізовано отриманий експериментальний матеріал, сформульовано основні положення, висновки та рекомендації виробництву, підготовлено та опубліковано наукові праці за темою дисертації.

Здобувач був протягом тривалого часу розробником і відповідальним виконавцем тематики наукових досліджень з удосконалення способів відтворення родючості кислих ґрунтів у Лісостепу України. Всі положення дисертації запропоновано, обґрунтовано й реалізовано особисто автором. Йому належить ідея і постановка проблеми, розроблення, планування і проведення досліджень, розроблення й апробація технології внесення вапна, закладання і проведення польових стаціонарних дослідів. Частка участі в сумісних наукових працях, патенті, розробленні національних стандартів, окрім цілковитого пріоритету в розробленні ідеї, складає 60–70 %. Проведено аналіз і узагальнення отриманих результатів досліджень, формулювання висновків та розроблення рекомендацій виробництву.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень оприлюднені та обговорені на: VIII з'їзді Українського товариства ґрунтознавців і агрохіміків (Житомир, 2010 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «До 90-річчя кафедри ґрунтознавства і охорони ґрунтів імені професора Шикuli М. К.» (Київ, 2012 р.); Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах» (Рівне, 2012 р.); Всеукраїнській науковій конференції «Адаптивні системи землеробства і агротехнології – основа раціонального землекористування збереження і відтворення родючості ґрунтів» (Чабани, 2012 р.); засіданнях координаційно-методичної ради НМЦ «Землеробство» (Чабани, 2006–2014 рр.); обласних і районних конференціях та практичних семінарах спеціалістів (2006–2014 рр.). Дисертаційну роботу розглянуто методичною комісією по землеробству і рослинництву ННЦ «Інститут

землеробства НААН» (протокол № 18 від 20 листопада 2014 р.) і рекомендовано до захисту.

Публікації. Результати досліджень висвітлено у 42 опублікованих наукових працях, у тому числі 23 – у фахових виданнях, 5 – у періодичних наукових виданнях інших держав, 10 матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, восьми розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаної літератури (385 джерел, з них 33 – іноземною мовою) та додатків. Робота викладена на 403 сторінках друкованого тексту, з них 272 сторінки основного тексту, містить 59 таблиць, 17 рисунків, 11 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВІДТВОРЕННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ РОДЮЧОСТІ СІРИХ ЛІСОВИХ ҐРУНТІВ ЛІСОСТЕПУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

У розділі висвітлено методологію та результати досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених (Т. Н. Кулаковської, О. А. Бровкіної, З. М. Томашівського, Р. С. Трускавецького та ін.) щодо наслідків антропогенного впливу, а саме хімічної меліорації та системи удобрення на основні властивості ґрунтів, що знаходяться в обробітку та відповідні перманентні зміни їх родючості.

Проаналізовано літературні джерела з питань та напрямів інтенсифікації вирощування сільськогосподарських культур в Україні, агроґрунтових умов їх вирощування, вимог до кислотно-лужного режиму та рівня забезпечення поживними речовинами, особливостей рівня мінерального удобрення та нейтралізуючої дії меліорантів, реакції ґрунту на зміну строків та способів хімічної меліорації. Наведено теоретичне обґрунтування обраного напрямку досліджень, визначено актуальні завдання та шляхи вирішення проблеми.

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведено в ДПДГ «Чабани» Києво-Святошинського району Київської області. Майже вся територія адміністративного району розміщена в північній частині Правобережного Лісостепу України, правобережній центральній високій його провінції і відноситься до Київського агроґрунтового району. Географічні координати – північна широта 50°20', східна довгота 30°26', висота над рівнем моря 189 м, ґрунтові води знаходяться на глибині 8 м.

Агрометеорологічні умови місця проведення досліджень. Аналіз погодних умов за роками проведення експериментальних досліджень здійснено за даними гідрометеорологічного пункту «Чабани», що розташований у зоні діяльності ННЦ «Інститут землеробства НААН». Основні метеорологічні параметри, що характеризують погодні умови за роки проведення досліджень, свідчать про те, що для більшості років характерним було підвищення середньомісячної температури повітря і різке коливання кількості та інтенсивності опадів. Досить часто тривалі посухи змінювалися періодами із затяжними дощами, що негативно впливало на процеси росту й розвитку

та проходження етапів органогенезу культур сівозміни і формування відповідного рівня продуктивності.

Погодні умови вегетаційних періодів за роками досліджень були досить контрастними й істотно відрізнялися від середньобагаторічних за надходженням тепла та рівнем зволоження. Контрастним температурним режимом літньої вегетації культур у досліді відрізнялися 2003, 2007, 2009 та 2010 рр. Найсприятливіші за рівнем зволоження, які забезпечували стабільне отримання врожаю були 2006 і 2009 рр. Решта років були наближені як за температурним режимом, так і за рівнем зволоження до середньобагаторічних значень.

Незважаючи на коливання температурного режиму та зволоження, погодні умови Правобережного Лісостепу, для більшості сільськогосподарських культур, які вирощувалися в досліді, були сприятливими для їх росту і розвитку, що зумовило формування відносно високопродуктивних посівів у дослідній семипільній сівозміні.

Характеристика ґрунту. Ґрунт дослідної ділянки сірий лісовий крупнопилувато-легкосуглинковий на карбонатному лесовидному суглинку. Морфологічна будова його профілю характеризувалася помітним перерозподілом колоїдів, що змінює порівняно з породою гранулометричний склад його верхніх горизонтів та форму і якісний склад структурних агрегатів. Різниця в кількості мулистій фракції у горизонті HE і в горизонті I_h (I) складає 5,5 % (7,9 %). Унаслідок цього, ілювіальний горизонт збагачений колоїдами, ущільнений, важкопроникний для води.

Згідно класифікації ґрунтів за гранулометричним складом, ґрунт у межах дослідної ділянки (табл. 1) відноситься до крупнопилувато-легкосуглинкової відміни: уміст фізичної глини у гумусно-ілювіальному горизонті становив 20,5 %, мулу – 12,9 %. На фракцію середнього і дрібного піску припадало 6,51 %, на фракцію пилу – 79,5 %, у тому числі крупного пилу – 52,4 %.

Таблиця 1

Гранулометричний склад ґрунту дослідної ділянки

Шар ґрунту, см	Розмір і відсотковий вміст фракцій						Сума фракцій, %	
	пісок		пил			мул	фізичний пісок	фізична глина
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	>0,01	<0,01
0–20	6,51	20,6	52,4	4,70	2,96	12,9	79,5	20,5
20–40	7,34	26,6	46,3	3,30	2,20	14,3	80,2	19,8
40–60	3,82	20,6	50,1	6,22	1,63	17,6	74,6	25,4
60–80	9,96	20,3	46,3	2,58	3,37	17,5	76,6	23,4
80–100	13,92	19,6	45,4	1,09	4,83	15,2	78,9	21,1

Такий гранулометричний склад зумовлює низьку вбирну здатність і не сприяє значному закріпленню органічних сполук. Орний шар ґрунту (20–25 см) – безструктурний, а переважання у гранулометричному складі крупного пилу є причиною запливання, утворення міцної (зцементованої) кірки після дощів і крупногрудчкуватої поверхні після обробітку. Основні параметри фізико-

хімічних і агрохімічних властивостей орного і підорного шару представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Показники вихідного стану фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунту дослідної ділянки, 1992 р.

Показник	Глибина відбору зразка, см	
	0–20	20–40
Гумус, %	1,44	1,02
pH _{KCl}	4,60	4,50
Hг, мг-екв/100 г ґрунту	3,60	3,40
Обмінна кислотність, мг-екв/100 г ґрунту	0,12	0,15
Рухомий Al ³⁺ , мг/кг ґрунту	8,80	11,7
Обмінний Ca ²⁺ , мг-екв/100 г ґрунту	3,90	3,60
Обмінний Mg ²⁺ , мг-екв/100 г ґрунту	0,58	0,36
Ступінь насичення основами, %	56,0	54,0
N, лужногідролізований, мг/кг ґрунту	71,0	70,0
P ₂ O ₅ , мг/кг ґрунту	223	147
K ₂ O, мг/кг ґрунту	120	85,0

Таким чином, ґрунт дослідної ділянки характеризується кислою реакцією ґрунтового середовища, підвищеною забезпеченістю рухомими фосфатами і середньою – обмінним калієм, малозабезпечений обмінними основами, містить мало мулистій фракції й органічної речовини. Незначний уміст гумусу в орному шарі та слабка гумусованість профілю в цілому зумовлюють незначні запаси гумусу в кореневмісному шарі ґрунту.

Програма і схеми дослідів та методика проведення досліджень. Багатофакторний польовий дослід закладено у 1992 р. відповідно до програми наукових досліджень лабораторії агроґрунтознавства ННЦ «Інститут землеробства НААН». За повного освоєння території від 1994 р. він проводиться в трьох полях семипільної сівозміни протягом трьох ротаций.

Предметом дослідження є сірий лісовий ґрунт, дози і форми вапнякових матеріалів, органічних, мінеральних добрив та їх поєднання, визначення характеру і міри впливу факторів досліді на властивості ґрунту і показники продуктивності культур сівозміни. Дослід налічує 19 варіантів, повторність досліді 4-ри разова, площа посівної ділянки – 60 м² (10×6), облікової – 24 м² (6×4). Дослідження проведено в семипільній зерно-трав'яно-просапній сівозміні з таким набором і чергуванням сільськогосподарських культур у часі: вико-вівсяна сумішка, пшениця озима, буряк цукровий, ячмінь з підсівом конюшини, конюшина, пшениця озима, кукурудза на силос.

Система удобрення культур включала два рівні органічного і три рівні мінерального удобрення. Органічні добрива вносили під буряк цукровий і кукурудзу на силос (*лише в першій ротатії сівозміни*) у дозі 35 і 52 т/га гною, що на 1 га сівозмінної площі становило 10 і 15 т/га. Мінеральні добрива за одинарної дози вносилися з розрахунку: під вико-вівсяну сумішку – N₃₀P₄₅K₄₅;

під пшеницю озиму – $N_{60}P_{60}K_{60}$; під буряк цукровий – $N_{75}P_{75}K_{95}$; під ячмінь ярий – $N_{45}P_{45}K_{45}$; під кукурудзу на силос – $N_{90}P_{90}K_{90}$; конюшину червону вирощували без добрив (відповідно на 1 га сівозмінної площі д. р.: 1) $N_{54}P_{54}K_{56}$; 2) $N_{80}P_{80}K_{85}$; 3) $N_{108}P_{108}K_{112}$).

Вапно у вигляді вапнякового та доломітового борошна вносили у рік вирощування вико-вівсяної сумішки (весною 1992 р.) у формах і дозах відповідно до схеми досліду та вихідної гідролітичної кислотності ґрунту в кожному варіанті, що досліджували – 1,0 і 1,5 дози за гідролітичною кислотністю. У першій ротації 1/7 дози вапна вносили щорічно під кожен культуру сівозміни, а також 2,5 кг $CaCO_3$ на 1 кг д. р. азотних добрив для нейтралізації додаткової кислотності фізіологічно кислих мінеральних добрив.

Починаючи з 2006 р. (початок III ротації сівозміни) проведено реконструкцію досліду з метою його адаптації до сучасних умов і моделювання ситуації, що складалася на той час у агропромисловому комплексі України. Органічні добрива заробляли в ґрунт у вигляді зеленої маси конюшини (починаючи з 2010 р.) та побічної продукції (нетоварна частина врожаю пшениці ярої та озимої, сої та проса), що вноситься у рік вирощування вказаних культур.

З огляду на зафосфаченість (>250 мг/кг) ґрунту після проходження двох ротацій сівозміни одинарна доза добрив у діючій речовині складала: під пшеницю озиму та яру – $N_{60}P_{30}K_{60}$, сою – $N_{30}P_{30}K_{45}$, ячмінь ярий – $N_{60}P_{30}K_{45}$, кукурудзу на силос – $N_{90}P_{45}K_{90}$, просо – $N_{60}P_{30}K_{60}$, конюшину червону вирощували без добрив. Фосфорні та калійні добрива вносили під зяблеву оранку, азотні – навесні під передпосівний обробіток ґрунту і підживлення рослин.

Вапно у вигляді дефекату з умістом $CaCO_3$ близько 50 % у більшості варіантів вносили за величиною гідролітичної кислотності повною дозою 1,0 Нг – 4,5–6,0 т/га $CaCO_3$, у варіанті № 14 – 1,5 дози, у варіантах № 9–11 відповідно сапоніт з розрахунку 3 (вар. № 9) і 1,5 т/га у поєднанні з вапном у дозах 0,75 і 0,5 Нг (вар. № 10, 11). Крім того, проведено реконструкцію і запроваджено плодозмінну сівозміну: соя, пшениця яра, кукурудза на силос, ячмінь + конюшина, конюшина на зелений корм (2-й укіс на сидерат), пшениця озима, просо.

Змішані зразки ґрунту відбирали щорічно за загальноприйнятими в ґрунтознавстві методиками, після збирання врожаю з шарів 0–20 і 20–40 см. У кінці кожної ротації сівозміни відбирали зразки ґрунту на глибину до 1 м через кожні 20 см, та готувались змішані зразки з кожного шару. Підготовка їх до аналізу проводилася за ДСТУ ISO 11464–2001. Результати обліку врожаю сільськогосподарських культур обробляли методом дисперсійного аналізу.

Аналітичні роботи виконували в атестованих Українським державним центром стандартизації та сертифікації «Укрстандартсертифікація» аналітичних лабораторіях відділів агроґрунтознавства та агроєкології і аналітичних досліджень ННЦ «Інститут землеробства НААН» за такими методами: гранулометричний склад ґрунту – методом піпетки в модифікації Н. А. Качинського (ДСТУ 4730:2007); гумус – за методом І. В. Тюріна в модифікації В. М. Сімакова, спалювання за Б. А. Нікітіним (ДСТУ 4289:2004); груповий склад гумусу – в пірофосфатній витяжці за прописом Конової-

Бельчикової; рН сольової витяжки – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390–2001); обмінна кислотність і рухомий алюміній – за Соколовим (ГОСТ 26484–85; ГОСТ 26485–85); гідролітична кислотність – за методом Каппена (ГОСТ 26212–91); обмінні кальцій і магній – атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі ААС-3 (ДСТУ 3866–99; ГОСТ 26428–85); лужногідролізований азот – за методом Корнфілда; рухомі сполуки фосфору та обмінного калію – у витяжці Кірсанова (ДСТУ 4405–2005).

Урожайність основної та побічної продукції визначали щорічно з кожної облікової ділянки, масу зерна перераховували на 1 га з урахуванням засміченості. Збір урожаю зернових і зернобобових культур здійснювали прямим комбайнуванням, коренеплоди збирали вручну, кукурудзу на силос та конюшину на зелений корм обліковували вручну з наступною зачисткою поля кормозбиральною технікою, економічну ефективність розраховували за цінами 2013 р. При встановленні енергетичної ефективності технологій користувались методиками В. Г. Мінеєва (2004) та О. К. Медведовського, П. І. Іваненка (1988); статистичний аналіз результатів проведено за допомогою дисперсійного та кореляційно-регресійного методів за Б. О. Доспеховим (1985) з використанням програмного забезпечення MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

Динаміка актуальної, обмінної та потенційної кислотності залежно від доз карбонату кальцію. Результати досліджень свідчать (табл. 3) про загальну закономірність у динаміці кислотності сірого лісового ґрунту, що інтенсивно використовується у землеробстві в якості ріллі, а саме його властивість підкислюватися як за використання без добрив (вар. № 1), так і з ними (вар. № 3, 6). Поряд з цим, слід відмітити, що сірі лісові ґрунти за рахунок своєї значної буферності, а також періодично промивного типу водного режиму протягом тривалого часу мають досить стабільний кислотно-лужний режим, що не змінюється навіть за використання помірних доз мінеральних добрив (вар. № 3). Цей факт ми відзначаємо як позитивний для інтенсивного землеробства у Лісостепу, оскільки деградація ґрунту не відбувається такими прискореними темпами, як на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся.

Процес опідзолення ґрунту не так швидко прогресує але показники потенційної кислотності в зазначених варіантах є далекими від оптимальних (Нг 3,8–4,0). Отже, інтенсивне ведення землеробства на сильно- і середньо кислих сірих лісових ґрунтах без систематичного, науково-обґрунтованого застосування хімічної меліорації може зумовлювати деградацію ґрунту не тільки за надмірного зволоження, але й у районах з періодично промивним водним режимом. Це, у свою чергу, знижуватиме ефективність галузі рослинництва.

Таблиця 3

Динаміка кислотності сірого лісового ґрунту залежно від вапнування та удобрення (шар 0–20 см), 1992–2005 рр.

Варіант	Показник рН _{KCl}				Показник Нг, мг-екв/100 г ґрунту			
	вихідні	на 5-й рік дії вапна	на 10-й рік післядії вапна	на 14-й рік післядії вапна	вихідні	на 5-й рік дії вапна	на 10-й рік післядії вапна	на 14-й рік післядії вапна
1. Без добрив (контроль)	4,6	4,8	4,7	4,8	3,6	3,5	3,0	4,0
2. CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,2	6,0	5,8	5,6	4,2	2,5	2,4	2,7
3. NPK	4,5	4,8	4,7	4,8	3,3	2,5	3,4	4,0
4. NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,8	6,3	5,2	5,1	3,9	1,9	2,8	3,4
5. Гній + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,6	6,1	5,7	5,3	3,6	2,8	2,0	2,4
6. Гній + NPK – Фон	5,1	5,3	5,2	5,1	3,8	2,5	2,5	3,8
7. Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,3	5,9	5,8	5,6	4,1	1,7	2,6	3,1
9. Фон + CaCO ₃ (1/7 Нг) щорічно у I рот.	4,5	6,3	5,5	5,2	3,6	2,5	2,7	3,2
10. Фон + CaCO ₃ (2,5 кг на 1 кг N)	4,7	5,4	4,8	5,0	3,7	3,1	3,6	4,3
12. Гній + 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,4	6,1	6,1	5,5	4,2	2,3	2,1	3,3
13. Гній + 2 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,5	5,9	5,6	5,2	3,7	2,4	2,6	3,6
14. Гній + 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,5 Нг)	4,3	6,8	6,2	5,6	4,1	2,4	1,9	3,2
15. Гній + 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг) + Побічна продукція	4,5	6,7	5,1	5,0	3,9	1,4	3,2	3,1
17. 1,5 Гній + 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,0	6,4	5,6	5,3	4,3	1,4	2,3	3,1
18. 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,8	6,5	5,9	5,3	3,2	2,3	2,1	3,1
19. 2 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,5	6,0	5,5	5,2	3,6	2,4	2,1	3,4
\bar{X}	4,5	6,0	5,5	5,2	3,8	2,4	2,6	3,4
$S\bar{x}$	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
V, %	5,8	10,1	8,6	5,0	8,5	23,6	19,9	14,7
S	0,3	0,6	0,5	0,3	0,3	0,6	0,5	0,5
НІР ₀₅	0,2	0,5	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4

Примітка. 1. У II ротатії сівозміни гній не вносили.

2. Вапно вносили у 1992 р.

Аналіз показників фізико-хімічних властивостей ґрунту протягом двох ротацій сівозміни (14 років) у досліді показав, що внесення вапна зумовлює зниження усіх видів ґрунтової кислотності і зменшення до мінімуму вмісту рухомого алюмінію в орному шарі (рис. 1).

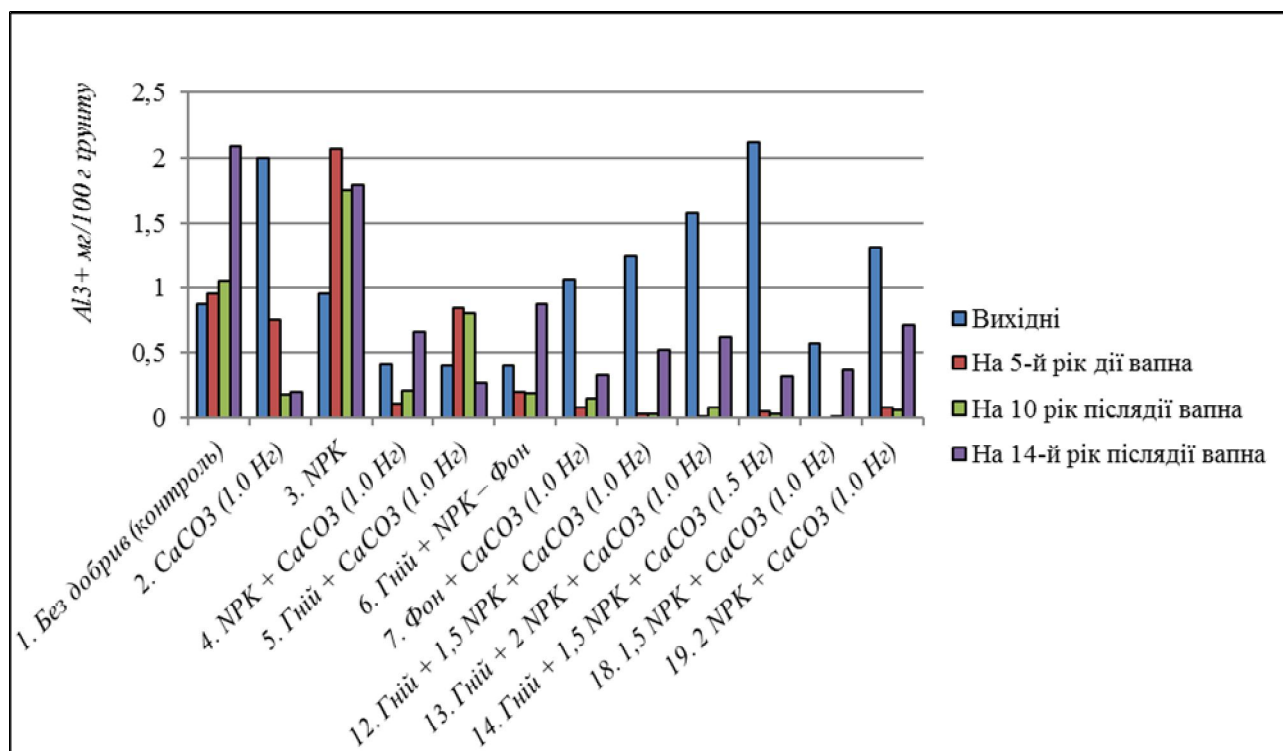


Рис. 1. Динаміка вмісту рухомого алюмінію залежно від інтенсивності агрохімічного чинника

Результати досліджень свідчать, що загальною закономірністю у динаміці кислотності ґрунту протягом двох ротацій сівозміни, тобто на 14-й рік після проведення хімічної меліорації є те, що разом із згасанням нейтралізуючої дії вапна в усіх варіантах її величина помітно зростає.

Встановлено, що внесення повної за гідролітичною кислотністю дози CaCO₃, забезпечує нейтралізацію ґрунтової кислотності в усіх варіантах досліді незалежно від рівня агрохімічного навантаження на ґрунт та внесення органічних добрив. Слід відмітити, що зміна показників кислотності у бік її зниження відбувається поступово, але вже на п'ятий рік після вапнування, показники рН на всіх варіантах знаходилися в інтервалі 5,9–6,7, а гідролітична кислотність знизилася до рівня 2,5–1,4 мг-екв/100 г ґрунту. Тобто, завдяки внесенню під зяблеву оранку повної дози CaCO₃ (від 5 до 6,5 т/га CaCO₃) у орному шарі сірого лісового ґрунту було відмічено нейтралізацію надмірної кислотності практично протягом першої ротації сівозміни.

Окремо слід зупинитися на показниках кислотності у ґрунті варіанту № 9, де вивчали внесення 1/7 дози за Нг щорічно під кожну культуру сівозміни. На 5-й рік щорічного внесення по 770 кг/га CaCO₃, враховуючи, що відбувалося рівномірне розміщення вапна в орному шарі ґрунту, були досягнуті такі

показники: рН – 6,3; Нг – 2,5 мг-екв/100 г ґрунту; $H^+_{\text{обм.}}$ – 0,071 мг-екв/100 г ґрунту, Al^{3+} – 0,50 мг/100 г ґрунту. Отже, внесення такої дози щорічно, поступово нейтралізує всі види ґрунтової кислотності, не поступаючись при цьому застосуванню повних доз.

Нейтралізація фізіологічної кислотності мінеральних добрив, з розрахунку 2,5 кг $CaCO_3$ на кожен кілограм діючої речовини азотних добрив, виявилася неефективною. Зміщення показників рН у бік нейтрального інтервалу проходило дуже повільно, гідролітична кислотність майже не змінювалася, а вміст рухомого алюмінію навіть зростає.

Недостатньою для тривалої оптимізації реакції ґрунтового середовища сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту є повна доза вапна (за 1,0 Нг) за внесення одних мінеральних добрив та підвищених їх доз без гною (вар. № 3 і 19). У другій ротації, на 10-й 14-й роки, фізико-хімічні властивості значно погіршувалися (рН 5,5–5,2; Нг 2,1–3,4 мг-екв/100 г ґрунту, Al^{3+} 0,70–1,79 мг/100 г ґрунту), знижуючи ефективність застосування добрив на 10–15 %. Система удобрення, що передбачала внесення 10 т/га сівозмінної площі гною сумісно з вапнуванням повною дозою (вар. № 5), дозволяє підтримувати фізико-хімічні властивості орного шару сірого лісового ґрунту протягом 10 років наближеними до оптимальних.

Разом з тим, підвищена насиченість гноєм (15 т/га сівозмінної площі) і півтори дози вапна (7,5–8 т/га $CaCO_3$) сприяють оптимізації реакції ґрунтового середовища протягом першої ротації і на середину другої ротації сівозміни забезпечують близьку до нейтральної реакцію ґрунту та високий ступінь насичення ґрунтового вбирного комплексу (ГВК) основами. Післядія високих доз вапна на 14 рік є незначною, що свідчить про необхідність повторного вапнування у випадку застосування інтенсивних технологій вирощування культур з високими фонами добрив (пшениця озима, ячмінь, соя, кукурудза, цукровий та кормовий буряк).

Меліоративна ефективність хімічної меліорації залежно від форм сполук кальцію та способу 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 першій ротації сівозміни та у другій до 10 років і проявляє рівноцінну післядію до 14 років. Слід відмітити, що доломітизований вапняк з умістом $MgCO_3$ – 55 %, проявляв меліоративну дію дещо повільніше у перші два роки після внесення (табл. 4).

Унесенням 1/7 дози за гідролітичною кислотністю (по 770 кг/га $CaCO_3$) щорічно під передпосівну культивуацію, під кожен культуру сівозміни було досягнуто гомогенізованого орного шару ґрунту з близькими до оптимальних значень фізико-хімічними властивостями. Проте ідея ефективної маловитратної підтримуючої хімічної меліорації та досягнення оптимальних параметрів кислотності у насіннєвмісному шарі ґрунту (0–7 см) на момент проростання насіння та розвитку кореневої системи на перших етапах органогенезу не виправдала себе. Внесення невеликих (підтримуючих) доз $CaCO_3$ щорічно хоча й

нейтралізує всі види ґрунтової кислотності, не поступаючись при цьому внесенню повних доз, але величина витрат понесених на щорічне внесення значно перевищує прибуток від отриманого приросту продукції.

Таблиця 4

Зміна показників рН сірого лісового ґрунту залежно від способів внесення та форм вапнякових меліорантів (шар 0–20 см), 1992–2005 рр.

Варіант	Показник рН _{KCl}				
	вихідні	на 2-й рік дії вапна	на 5-й рік дії вапна	на 10-й рік післядії вапна	на 14-й рік післядії вапна
1. Без добрив (контроль)	4,6	4,6	4,8	4,7	4,8
2. CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,2	6,2	6,0	5,8	5,6
3. NPK	4,5	4,6	4,8	4,7	4,8
4. NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,8	5,9	6,3	5,2	5,1
5. Гній + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,6	6,1	6,1	5,7	5,3
6. Гній + NPK – Фон	5,1	5,6	5,3	5,2	5,1
7. Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,3	6,0	5,9	5,8	5,6
8. Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	4,2	5,9	6,1	5,9	5,5
9. Фон + CaCO ₃ (1/7 Нг) щорічно у I рот.	4,5	5,5	6,3	5,5	5,2
10. Фон + CaCO ₃ (2,5 кг на 1 кг N)	4,7	5,1	5,4	4,8	5,0
11. Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг) пошарово	4,6	6,8	6,4	5,6	5,1
14. Гній + 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,5 Нг)	4,3	7,0	6,8	6,2	5,6
17. 1,5 Гній + 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,0	6,6	6,4	5,6	5,3
19. 2 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,5	6,0	6,0	5,5	5,2
НІР₀₅	0,2	0,6	0,5	0,4	0,2

Примітка. 1. У II ротатії сівозміни гній не вносили.

2. Вапно вносили у 1992 р.

Спосіб нейтралізації кислотності ґрунту, що виникає в результаті застосування фізіологічно кислих добрив, передбачав додаткове внесення в ґрунт 150–225 кг CaCO₃ (вар. № 10) під передпосівну культивуацію кожної з культур сівозміни. Меліоративна ефективність такого способу внесення невеликих доз карбонату кальцію, що компенсують надлишкову кислотність азотних добрив, виявилася мінімальною. Отже, спосіб нейтралізації кислотності сірого лісового ґрунту, зумовленої фізіологічно кислими мінеральними добривами, зазначеними дозами у польових сівозмінах є неефективним.

Різноглибинне внесення вапна у варіанті № 11 (1/2 дози під оранку, 1/2 під культивуацію) було позитивним з огляду на проблему прискорення нейтралізації надмірної кислотності орного шару в перші два роки після внесення меліоранту. Уже на другий рік практично усувається надмірна кислотність і шкідливий вплив рухомого алюмінію, що забезпечує підвищення врожайності сільськогосподарських культур порівняно із традиційним способом внесення повної дози вапна. Тривалість післядії меліорантів при застосуванні такого технологічного заходу в II ротатії сівозміни не знижується і залишається на рівні з традиційним унесенням вапна.

Системний аналіз параметрів основних показників кислотності ґрунту за різних систем удобрення і вапнування протягом 14 років дозволяє стверджувати, що застосування повної дози вапна (доломіту), що розрахована за величиною гідролітичної кислотності (у межах 5,5–6 т/га) у поєднанні з органічними і мінеральними добривами (10 т/га і 160 кг/га відповідно) забезпечує протягом десяти років близькі до оптимальних показники реакції ґрунтового середовища ($\text{pH}_{\text{сол.}}$ 5,8–6,4; Нг 1,1–2,0 мг-екв/100г ґрунту; H^+ обм. 0,05–0,10 мг-екв/100г ґрунту; Al^{3+} 0,07–0,50 мг/100 г ґрунту).

Установлено, 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 другої ротації семипільної сівозміни (14 років) вони є значно гіршими від оптимальних: pH 5,4–5,6; Нг 3,0–3,2 мг-екв/100 г ґрунту. Отже, оптимальна періодичність вапнування сірих лісових ґрунтів, що використовуються в системі інтенсивного землеробства, повною дозою за гідролітичною кислотністю становить 10 років, а при застосуванні високих доз меліорантів (1,5 Нг) циклічність вапнування може становити понад 12 років.

Вплив побічної продукції на показники кислотності сірого лісового ґрунту. Встановлено, що тривале внесення лише побічної продукції уповільнює процес підкислення ґрунту і на кінець другої ротації семипільної сівозміни показники обмінної та гідролітичної кислотності виявились оптимальнішими, ніж у контрольному і фоновому варіанті (5,0 і 3,6 проти 4,8 та 4,0; та 5,1 і 3,8). Залишання побічної продукції на фоні внесення вапна (6 т/га) та гною (10 т/га сівозмінної площі) і 242 кг/га NPK не забезпечувало достовірних істотних змін у ГВК (табл. 5).

Таблиця 5

**Вплив побічної продукції сільськогосподарських культур
на кислотність сірого лісового ґрунту**

Варіант	Показник кислотності							
	$\text{pH}_{\text{КСІ}}$				Нг, мг-екв/100 г ґрунту			
	1992 р.	1998 р.	2005 р.	2010 р.	1992 р.	1998 р.	2005 р.	2010 р.
1. Без добрив (контроль)	4,6	4,7	4,8	4,8	3,62	3,82	4,0	4,0
6. Гній + NPK	5,1	4,9	5,1	5,2	3,18	3,64	3,8	3,5
12. Гній + 1,5 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	4,4	5,8	5,5	6,9	4,18	1,77	3,3	1,2
15. Гній + 1,5 NPK + Пп + CaCO_3 (1,0Нг)	4,5	6,1	5,0	7,2	3,90	2,70	3,1	1,1
16. Побічна продукція (Пп)	4,2	4,8	5,0	5,2	3,69	3,23	3,6	3,5
НІР_{05}	0,6	1,1	0,5	1,9	0,6	1,5	0,6	2,5

Примітка. 1. Вихідні дані – 1992 р.

2. Кінець I ротації сівозміни – 1998 р.

3. Кінець II ротації сівозміни – 2005 р.

4. III ротація сівозміни – 2010 р. (гній замінено сидератом та побічною продукцією)

Нами було прораховано повернення в ґрунт Ca^{2+} і Mg^{2+} з нетоварною частиною врожаю за 5 років третьої ротації сівозміни. Установлено, що заорювання в ґрунт стебел сої і соломи пшениці ярої заощаджує витратну частину балансу кальцію на 154–194 кг/га CaCO_3 у варіантах із застосуванням мінеральних добрив і лише побічної продукції (вар. № 6, 16). Враховуючи те, що винос кальцію і магнію у вапнованих варіантах збільшується на 10–20 %, то разом із соломою і стеблами у ґрунт повертається від 261 до 315 кг/га CaCO_3 , що є цілком достатнім для нейтралізації негативного впливу фізіологічно кислих мінеральних добрив та нейтралізації токсичних фенольних сполук, які можуть виділятися при розкладанні соломи в ґрунті.

Ефективність повторної хімічної меліорації. Аналізуючи динаміку обмінної кислотності за величиною рН сольового після реконструкції досліду і повторного вапнування восени 2005 р. (табл. 6), можна зробити висновок, що за умов періодично промивного водного режиму і використання ґрунтів без удобрення (вар. № 1) та з використанням лише мінерального удобрення (вар. № 3) відбувається стабілізація процесу опідзолення. При цьому, кислотність стабілізується на рівні показників рН 4,6–4,8, Нг 4,0 мг-екв/100 г ґрунту, що згідно групування ґрунтів за кислотністю відповідає середньокислому ґрунту, який вимагає першочергового вапнування.

Таблиця 6

**Зміна кислотності сірого лісового ґрунту (шар 0–20 см)
залежно від системи удобрення та повторного вапнування**

Варіант	Показник кислотності					
	рН _{КСІ}			Нг, мг-екв/100 г ґрунту		
	вихідні (1992 р.)	кінець II ротації (2005 р.)	повторне вапнування, 4-й рік дії (2009 р.)	вихідні (1992 р.)	кінець II ротації (2005 р.)	повторне вапнування, 4-й рік дії (2009 р.)
1. Без добрив (контроль)	4,6	4,8	4,8	3,6	4,0	4,1
3. NPK	4,5	4,8	4,8	3,3	4,0	4,1
4. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	4,8	5,1	6,9	3,9	3,4	1,5
6. NPK + Пп – Фон	5,1	5,1	5,2	3,8	3,8	3,6
7. Фон + CaCO_3 (1,0 Нг)	4,3	5,6	7,3	4,1	3,1	1,2
10. Фон + CaCO_3 (0,75 Нг) + сапоніт (1,5 т/га)	4,7	5,0	6,2	3,7	4,3	2,4
11. Фон + CaCO_3 (0,5 Нг) + сапоніт (1,5 т/га)	4,6	5,1	5,9	3,8	3,2	2,3
12. 1,5 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + Пп	4,4	5,5	7,2	4,2	3,3	1,4
14. 1,5 NPK + CaCO_3 (1,5 Нг) + Пп	4,3	5,6	7,3	4,1	3,2	1,3
16. Побічна продукція (Пп)	4,2	5,0	5,4	3,7	3,9	3,3
18. 1,5 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	4,8	5,3	7,3	3,2	3,1	1,2
19. 2 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	4,5	5,2	6,7	3,6	3,4	1,8
НІР₀₅	0,2	0,2	0,9	0,3	0,4	0,9

У нашому випадку показовим для оцінки ефективності повторного вапнування є 2009 рік, на який припав максимум ефективної нейтралізуючої дії

меліорантів, що повторно внесені в досліді. Унесення повної дози CaCO_3 (1,0 Нг) у формі дефекату зумовило різке зниження рівня кислотності в усіх провапнованих варіантах аж до нейтральних значень. Показники рН у ґрунті провапнованих варіантів, де застосовували лише мінеральні добрива, були дещо нижчими, ніж у ґрунті, де вносились побічна продукція. Ця закономірність пояснюється, поверненням у ґрунт незначних кількостей кальцію і магнію з післяжнивними рештками сої та пшениці ярої.

Негативний вплив підвищених доз фізіологічно кислих мінеральних добрив (вар. № 12, 14, 18) на 4-й рік дії меліорантів повністю нівелюється внесенням CaCO_3 . Показники гідролітичної кислотності знаходилися на рівні 1,2–1,4 мг-екв/100 г ґрунту. У ґрунті варіанту, де вносили високі дози мінеральних добрив (вар. № 19), відбулося незначне підкислення ґрунтового середовища, що проявилось в деякому зростанні гідролітичної кислотності (до 1,8 мг-екв/100 г ґрунту) порівняно з іншими варіантами. Внесення дефекату (уміст діючої речовини CaCO_3 до 50 %, дисперсність – 2–2,5 мм) повною дозою за гідролітичною кислотністю на четвертий рік після внесення забезпечило достатню нейтралізацію кислотності раніше вапнованого сірого лісового ґрунту незалежно від системи удобрення.

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 призводить до істотних змін умісту рухомого алюмінію.

Крім того, уміст Al^{3+} на рівні 2,09–2,32 мг/100 г ґрунту, зафіксований у ґрунті контрольного варіанту (15–19 років використання без добрив) у третій ротатії сівозміни, впритул наближається до критичних величин, які на сірих лісових ґрунтах недосліджені, і в нашому випадку, можуть істотно відрізнятись від загальновідомих.

Меліоративна ефективність застосування комплексних меліорантів. Доза сапоніту 3 т/га на фоні мінеральних добрив не дозволила змістити реакцію ґрунтового розчину у бік нейтральної хоча б на найменш достовірні значення (рис. 2). Проте, внесення в ґрунт сапоніту у поєднанні з мінеральними добривами, побічною продукцією та вапном, сприяє зниженню кислотності ґрунту вже в перший рік, що пов'язано з підвищенням активності і швидкості обмінних реакцій у ґрунтовому вбирному комплексі.

Значний нейтралізуючий ефект спостерігався у варіанті, де поєднували 0,75 дози карбонату кальцію у формі дефекату із сапонітовим борошном (1,5 т/га) на фоні мінеральних добрив (вар. № 10). У ґрунті цього варіанту показники рН позитивно змінювалися і на п'ятий рік зростали на 1,6 одиниці, гідролітична кислотність зменшилася на 2,4 мг-екв/100 г ґрунту. Відмічали зниження обмінної кислотності до 0,02 мг-екв/100 г ґрунту і, відповідно, вмісту рухомого алюмінію до 0,02 мг/100 г ґрунту, який майже повністю перейшов у нерозчинні сполуки. Це свідчить про те, що сапоніт, доповнюючи дію дефекату, сприяє зниженню показників актуальної і потенційної кислотності в орному шарі сірого лісового ґрунту.

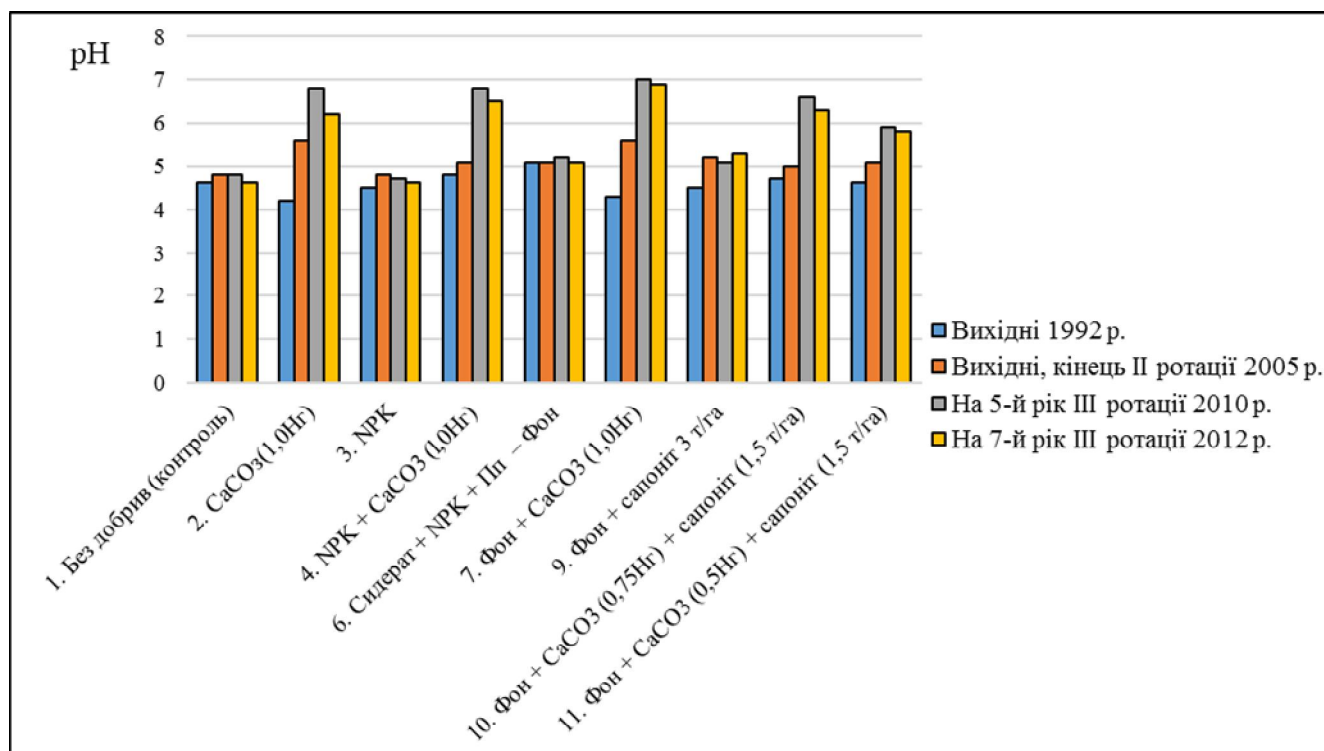


Рис. 2. Залежність зміни обмінної кислотності (рН) від повторної комплексної хімічної меліорації

Установлено, що показники кислотності ґрунтового середовища в усіх варіантах дослідження, де було проведено хімічну меліорацію, на кінець третьої ротації сівозміни (7-й рік дії CaCO₃), знаходилися в оптимальному для сірих лісових ґрунтів інтервалі. Разом з тим, очевидним є факт повільнішого зниження дії меліорантів 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 вапнякових матеріалів, на раніше вапнованих сірих лісових ґрунтах буде тривалішою ніж 10 років.

Зміна структури вбирного комплексу ґрунту залежно від системи удобрення, вапнування та комплексної хімічної меліорації. Результати наших досліджень протягом двох ротацій семипільної сівозміни (1992–2005 рр.) показали, що на 14-й рік після вапнування у вбирному комплексі ґрунту без застосування добрив відмічається значне зменшення вмісту обмінного кальцію – 42 % проти 49 % у вихідному ґрунті (рис. 3). При цьому частка водню у ГВК перевищувала 50 %. У варіанті, де вносили лише вапно одинарною дозою за гідролітичною кислотністю, спостерігали різкий перерозподіл обмінних катіонів у структурі вбирного комплексу. Так, уже на 3-й рік після хімічної меліорації ґрунт за фізико-хімічними показниками (частка Ca²⁺ і Mg²⁺ становила 82 %), наблизився до оптимального стану і до середини другої ротації сівозміни (10-й рік післядії) у ГВК зберігався позитивний баланс катіонів лужноземельних металів. Проте на

14-й рік після вапнування ґрунт вапнованого контролю повернувся до вихідного стану.

Позитивні зміни у структурі обмінних катіонів виразно проявляються за меліоративного впливу вапнування. У варіантах, де застосовували хімічну меліорацію на фоні гною за помірних доз мінеральних добрив, а також у тих, де вносили полуторну за гідролітичною кислотністю дозу CaCO_3 у поєднанні з підвищеною дозою мінеральних добрив, навіть на 10-й рік після вапнування кількість кальцію і магнію у ГВК становили $\geq 60\%$, а кількість водню на 20–30% нижча, ніж у вихідному ґрунті.

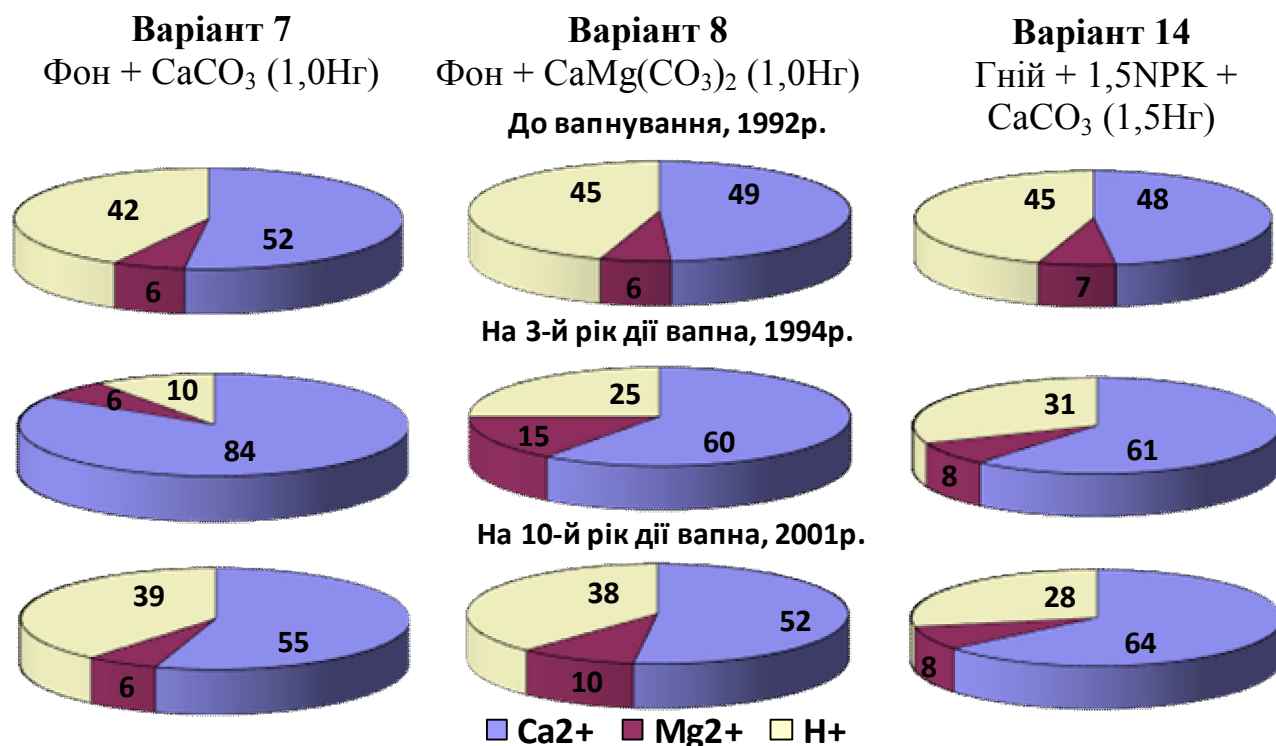


Рис. 3. Зміна структури обмінних катіонів залежно від форм і доз хімічних меліорантів у часі, %

Слід відмітити універсальність доломітового борошна як вапнякового меліоранту, так і магнієвмісного добрива. У наших дослідженнях застосування доломітового борошна (вар. № 8) сприяло стабілізації структури обмінних катіонів у ГВК протягом десяти років ($S \geq 60\%$) та забезпечило оптимальне співвідношення $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ на відміну від вапнякового.

Порівняння показників структури вбирного комплексу ґрунту на початок третьої ротації реконструйованої сівозміни (вихідні дані, 2005 р.) і після проведення комплексної хімічної меліорації свідчить про те, що в ґрунті відбулася зміна властивостей під впливом добрив і композицій меліорантів навіть за короткий проміжок часу (табл. 7).

У ґрунті контрольованого варіанту (без добрив) спостерігали тенденцію до стабілізації вмісту і питомої маси кальцію і магнію та зменшення вмісту водню у вбирному комплексі ґрунту від 50 до 47%. Можна припустити, що це пов'язано зі значними періодами пересушування орного шару та капілярним підтягуванням карбонатів з нижніх горизонтів.

Таблиця 7

Структура обмінних катіонів у ГВК сірого лісового ґрунту (шар 0–20 см) залежно від комплексної хімічної меліорації та різної системи удобрення, мг-екв/100 г ґрунту

Варіант	Вихідний стан				2-й рік дії (2007 р.)				5-й рік дії (2010 р.)				7-й рік дії (2012 р.)			
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	$\frac{Ca^{2+}}{Mg^{2+}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	$\frac{Ca^{2+}}{Mg^{2+}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	$\frac{Ca^{2+}}{Mg^{2+}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	$\frac{Ca^{2+}}{Mg^{2+}}$
1. Без добрив (контроль)	3,45	0,65	4,0	5,3	3,76	0,80	4,0	4,7	3,85	0,63	4,0	6,1	3,80	0,70	4,0	5,4
2. CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,00	0,68	2,7	5,8	5,52	0,78	2,3	7,0	9,03	1,00	1,3	9,0	6,44	0,90	1,9	7,1
3. NPK	3,32	0,82	4,0	4,0	3,26	0,92	4,0	3,5	3,35	0,90	4,0	3,7	3,56	0,90	3,9	7,2
4. NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,32	0,84	3,4	5,1	4,68	0,88	2,1	5,3	9,14	1,08	1,5	8,4	9,15	1,03	1,5	8,8
5. Сидерат + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,56	0,84	2,4	5,4	6,0	0,86	1,7	6,9	9,51	1,10	1,3	8,6	8,00	1,07	1,9	7,4
6. Сидерат + NPK + Пп – Фон	3,60	0,70	3,8	5,1	3,54	0,94	3,5	3,7	5,16	1,07	3,5	4,8	5,20	1,05	3,6	4,9
7. Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	4,06	0,76	3,1	5,3	5,7	0,94	1,6	6,0	9,81	1,03	1,3	9,5	8,57	0,98	1,3	8,7
8. Фон + доломіт (1,0 Нг)	3,78	0,88	3,0	4,3	4,8	1,04	1,9	4,6	9,62	1,25	1,1	7,6	8,42	1,20	1,1	7,0
9. Фон + сапоніт 3 т/га	4,16	0,90	3,2	4,6	3,2	0,96	3,7	3,3	4,09	1,17	3,8	3,5	4,90	1,05	3,2	4,6
10. Фон + CaCO ₃ (0,75 Нг) + сапоніт (1,5 т/га)	3,22	0,62	4,3	5,2	5,54	0,90	1,8	6,1	9,02	1,38	1,9	6,5	7,90	1,05	1,9	7,5
11. Фон + CaCO ₃ (0,5 Нг) + сапоніт (1,5 т/га)	5,54	0,76	3,2	7,3	5,36	1,04	2,9	5,1	8,43	1,27	2,5	6,6	7,70	1,03	2,1	7,4
16. Побічна продукція + сидерат	4,98	0,82	3,9	6,0	4,62	1,0	3,3	4,6	4,57	1,17	3,5	3,9	5,20	1,02	3,3	5,1
17. 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг) + Пп	5,38	0,64	3,1	8,4	6,46	1,98	1,8	3,2	9,42	1,19	1,9	7,9	7,30	0,87	2,4	8,4
18. 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	3,61	0,51	3,1	7,1	6,94	0,90	1,8	7,7	9,20	1,07	1,8	8,6	8,90	0,85	1,7	10,4
19. 2NPK +CaCO ₃ (1,0 Нг)	3,7	0,45	3,4	8,1	6,56	1,02	2,2	6,4	8,20	1,0	2,4	8,2	8,10	0,83	1,9	9,7
\bar{X}	4,36	0,71	3,4	6,2	5,28	1,00	2,3	5,4	8,01	1,06	2,2	7,6	7,32	0,95	2,2	7,9
$S\bar{x}$	0,19	0,03	0,1	0,3	0,28	0,06	0,2	0,3	0,55	0,04	0,2	0,5	0,44	0,03	0,2	0,5
V, %	18,9	16,8	14,2	23,8	22,9	25,1	39,5	25,5	30,2	15,3	49,9	30,4	26,4	12,3	43,5	25,8
S	0,83	0,12	0,5	1,5	1,21	0,25	0,9	1,4	2,42	0,16	1,1	2,3	1,93	0,12	1,0	2,0
HIP ₀₅	0,56	0,08	0,3	1,0	0,82	0,17	0,6	0,9	1,65	0,11	0,7	1,6	1,31	0,08	0,6	1,4

Застосування мінеральних добрив сприяло процесу підкислення і збільшенню втрат обмінних Ca^{2+} і Mg^{2+} протягом двох ротацій сівозміни (1992–2005 рр.). У третій ротації (2006–2012 рр.) відносний уміст кальцію у структурі обмінних катіонів ГВК, який знизився за попередні 14 років застосування мінеральних добрив (вар. № 4) до рівня 41 %, зріс і на кінець третьої ротації семипільної сівозміни становив 42,6 % за присутності 47 % водню.

Порівняння ефективності повної дози доломітового борошна (вар. № 8) та комплексного меліоранту – дефекат + сапоніт (вар. № 10, 11) виявило перевагу поєднання меліорантів. Проте, на кінець ротації сівозміни структура обмінних катіонів у ґрунті, де вносили доломіт, була оптимальнішою, ніж у варіантах із застосуванням сапоніту. Внесення повної дози CaCO_3 підвищувало вміст обмінного кальцію та магнію в ґрунті у всіх варіантах, але при цьому помітно змінювалося співвідношення Ca^{2+} до Mg^{2+} у бік погіршення, що в окремих випадках негативно впливає на продуктивність сільськогосподарських культур.

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 та ін. Так, при внесенні сапоніту в дозах 1; 1,5; 3 т/га у ґрунт вноситься відповідно близько 230; 350; 700 кг/га MgCO_3 , а вміст обмінного Mg^{2+} у структурі обмінних катіонів зростає на 2,0–3,6 % відносно його вихідного стану. Переходу магнію із сапоніту в ґрунтовий розчин сприяє кисла реакція середовища, а зі збільшенням періоду взаємодії сапоніту з ГВК його меліоративний вплив помітно зростає.

Зміна кислотно-лужних властивостей у профілі сірого лісового ґрунту залежно від агрохімічного навантаження в агроценозі. За сукупністю морфологічних ознак і властивостей сірим лісовим ґрунтам притаманні добре виражені процеси опідзолення, тому профіль чітко диференційований за елювіально-ілювіальним типом. Аналізуючи показники рН сольової витяжки у зразках ґрунту з контрольного варіанту, де проводили інтенсивний обробіток ґрунту з дотриманням рекомендованих технологічних операцій вирощування сільськогосподарських культур, встановлено, що в підорному шарі (20–40 см) вони істотно не відрізнялися від показників, зафіксованих в орному. Разом з тим, слід відмітити, що показники гідролітичної кислотності підорного шару ґрунту (3,2–3,6 мг-екв на 100 г ґрунту) були достовірно нижчими, ніж у шарі 0–20 см (3,8–4,0 мг-екв на 100 г ґрунту). Ілювіально-гумусовий горизонт Іh у межах шару 40–60 см характеризувався нижчими показниками обмінної кислотності (0,015–0,039 мг-екв на 100 г ґрунту), ніж верхній горизонт HE (0,135–0,257 мг-екв на 100 г ґрунту), оскільки відбувається перерозподіл обмінних основ між зазначеними горизонтами. Кислотність в ілювіальному горизонті (шар 60–100 см) практично не відрізнялася від показників шару 40–60 см і становила відповідно: pH_{KCl} 4,9–5,3; Нг – 1,9–2,0 мг-екв на 100 г ґрунту; Н+обм. – 0,024–0,063 мг-екв на 100 г ґрунту.

У варіанті, де заробляли у ґрунт побічну продукцію (вар. № 16), а в третій ротації і сидерат, відмічено незначне зниження кислотності орного шару (pH 5,0–5,2; Нг 3,2–3,3 мг-екв на 100 г ґрунту) та її істотне зниження у шарі 20–40 см (pH 5,1–5,4; Нг 2,1–2,8 мг-екв на 100 г ґрунту) відносно аналогічних

показників у варіанті без застосування добрив. Крім того, використання побічної продукції і сидератів сприяло майже повній нейтралізації ґрунтового середовища ілювіального горизонту. Обмінна і гідролітична кислотність на глибині 80–100 см була майже відсутня. Очевидно, відбувалося підтягування сполук кальцію та магнію потужнішою ніж у контролі, кореневою системою рослин, яка досягала карбонатної материнської породи.

Застосування помірних доз мінеральних добрив на сірих лісових ґрунтах не призводить до погіршення фізико-хімічних властивостей власне нижньої частини кореневмісного шару (40–100 см) ґрунту. Оптимізацію показників кислотності в ілювіальному горизонті (відносно вихідних у 1992 р.) слід розглядати як позитивний вплив мінеральних добрив на ріст і розвиток рослин, що здатні до активізації капілярного підняття карбонатів завдяки значно потужнішій кореневій системі, ніж у варіанті без добрив.

Аналіз зміни фізико-хімічних властивостей у профілі ґрунту залежно від внесення CaCO_3 у 1992 і 2005 рр. (вар. № 2) показав чіткий позитивний вплив хімічної меліорації не тільки на орний шар ґрунту, а й на весь власне кореневмісний шар. Таким чином, встановлено, що інтенсивне використання ґрунту в якості ріллі без застосування добрив призводить до погіршення фізико-хімічних властивостей на глибину до 1 м. Внесення гною, приорювання сидератів та побічної продукції значно знижує темпи деградації сірого лісового ґрунту, що знаходиться в обробітку. Поєднання системи орґано-мінерального удобрення з внесенням вапна повною дозою за гідролітичною кислотністю один раз у 8–12 років забезпечує оптимальний рівень показників кислотності у кореневмісному шарі сірого лісового ґрунту.

ГУМУСОВИЙ СТАН ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ І ВАПНУВАННЯ

Зміна загального вмісту гумусу в сірому лісовому ґрунті залежно від системи удобрення та хімічної меліорації. Вихідні параметри гумусового стану 0–20 см шару ґрунту, який досліджували, становлять: загальний уміст гумусу – 1,4 %, тип гумусоутворення – гуматно-фульватний – $\text{C}_{\text{гк}}$ – 31,9, $\text{C}_{\text{фк}}$ – 40,4, $\text{C}_{\text{нз}}$ – 27,7 %; $\text{C}_{\text{гк}} : \text{C}_{\text{фк}} = 0,79$. У складі гумусу переважала агресивна група фульвокислот фракцій 1а та 1, унаслідок чого гумус ґрунту кислий, має нестійкий характер та легкокорухомий, оскільки переважають фракції, пов'язані з рухомими півтораокислами. Аналіз динаміки загального вмісту гумусу показав, що за тривалого використання без удобрення в ґрунті відбувається стабілізація вмісту гумусу на найнижчому рівні (1,24 %). 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. Тенденції до посилення мінералізації гумусу, за інтенсивного обробітку, обмежуються специфічною стійкістю більшості його сполук до процесів деструкції, тобто буферністю ґрунту до втрат гумусу.

Аналогічні явища без унесення добрив відбувалися і в шарі 20–40 см – уміст загального гумусу зменшився від 1,15 вихідного ґрунту до 0,88 % у 2005 р., 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 склала 0,32 т/га. Таким чином, інтенсивне використання ґрунту без удобрення виснажує його і призводить до деградації.

Найменші зміни системи землеробства у сегменті системи удобрення, а саме повернення у ґрунт нетоварної частини врожаю (вар. № 16) або нейтралізація ґрунтової кислотності шляхом вапнування (вар. № 2) спрямовує процеси гумусоутворення у протилежний бік. Якщо у перші сім років досліджень ці зміни були у межах похибки, то на кінець другої ротації сівозміни запаси гумусу в ґрунті цих варіантів зросли на 15,6 і 20,1 т/га відносно контролю.

Слід відмітити, що застосування мінеральних добрив (вар. № 3) у рекомендованих дозах $N_{53,6}P_{53,6}K_{56,4}$ на 1 га сівозмінної площі не призводить до зниження загального вмісту гумусу в орному шарі сірого лісового ґрунту, як це було встановлено у наших дослідках на дерново-підзолістому ґрунті. Навпаки, його запаси після 14-ти років застосування мінеральних добрив зросли на 11,1 т/га. Унесення напівперепрілого гною ВРХ (10 т/га сівозмінної площі) у поєднанні з мінеральними добривами (вар. № 6) забезпечило зростання запасів гумусу в орному шарі на 14,1 т/га.

Ефективними умовами для збереження та поступового накопичення гумусу відзначалися варіанти з унесенням одинарної дози NPK та $CaCO_3$, а також гною (10 т/га) на фоні вапнування (вар. № 4, 5). Це 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 (вар. № 18, 19) на фоні вапнування повною дозою (1,0 Нг) не забезпечило зростання вмісту гумусу за першої ротації сівозміни, а на кінець другої його вміст зріс достовірно. За системи удобрення сірого лісового ґрунту, де застосовували 15 т гною на 1 га сівозмінної площі та полуторну дозу мінеральних добрив на фоні вапнування повною дозою за гідролітичною кислотністю (вар. № 17), вміст гумусу досяг рівня 2,1 %, що на 0,66 абсолютних відсотки більше, ніж у вихідному ґрунті.

Проаналізувавши результати фракційно-групового складу, можна відмітити деяке зменшення вмісту вільних гумінових кислот, незначне збільшення міцнозв'язаних гумінових кислот, зменшення вмісту найбільш агресивної фракції фульвокислот (1а), зростання питомої ваги (%) вуглецю негідролізованого залишку і розширення відношення $S_{гк} : S_{фк}$ з відповідною зміною (гуматно-фульватного на фульватно-гуматний) типу гумусу. Вапнування сприяло поліпшенню умов гуміфікації, про що свідчить зростання вмісту ГК у складі гумусу, розширення співвідношення $S_{гк} : S_{фк}$ до 1,1 проти 0,95 та підвищення вмісту негідролізованого залишку до 23–40 % за 17,9 % у ґрунті контролю без добрив.

Дослідження вмісту загального гумусу в ґрунті за третьої ротації семипільної сівозміни (табл. 8) ще раз підтвердило гіпотезу, що використання сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту за традиційної системи обробітку без застосування добрив і повного відчуження вирощеної продукції з поля призводить до втрати органічної речовини і ґрунт переходить до іншого рівня рівноважного стану. Уміст загального гумусу в орному і підорному шарах

стабілізувався відповідно на рівні 1,24 і 0,88 % далі не знижуючись (вар. № 1), що за таких агрометеорологічних умов може відбуватися протягом значно довшого періоду, ніж 21 рік у досліді.

Таблиця 8

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

Варіант	Шар ґрунту, см	III ротація сівозміни				
		1-й рік дії вапна (2006 р.)	2-й рік дії вапна (2007 р.)	3-й рік дії вапна (2008 р.)	4-й рік дії вапна (2009 р.)	7-й рік дії вапна (2012 р.)
1. 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
16. 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
3. N ₅₁ P ₂₈ K ₅₁	0–20	1,71	1,65	1,55	1,65	1,70
	20–40	0,98	0,98	1,14	0,98	1,03
4. NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	0–20	1,86	1,75	1,70	1,70	1,85
	20–40	0,98	0,98	0,98	1,03	0,99
18. 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	0–20	1,81	1,81	1,81	1,86	1,90
	20–40	1,29	1,14	1,18	1,24	1,21
19. 2 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	0–20	1,86	1,86	1,86	1,91	1,96
	20–40	1,29	1,29	1,24	1,29	1,28
6. Сидерат + NPK + Пп – 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
7. Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	0–20	1,85	1,75	1,80	1,85	2,05
	20–40	1,03	1,13	1,14	1,14	1,21
17. 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг) + Пп	0–20	1,96	1,85	1,80	1,86	1,95
	20–40	1,24	1,13	1,23	1,19	1,12
13. Сидерат + 2 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг) + Пп.	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 ₀₅	0–20	0,07	0,08	0,06	0,07	0,06
	20–40	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03

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

Враховуючи те, що залишання побічної продукції відбувалося нерегулярно, оскільки це пов'язано зі специфікою сівозміни і набором сільськогосподарських культур, рівень гумусованості основної частини кореневмісного шару за такої системи землеробства (вар. № 16) достовірно зростає у середньому на 25 % відносно контролю. Заорювання в 2010 р. зеленої маси конюшини червоної (2-й укіс) у цьому варіанті забезпечило зростання вмісту гумусу в 2012 р. до 1,86 % у шарі 0–20 см і 1,39 % у шарі 20–40 см.

Найвищий уміст гумусу досягнуто у варіантах, де застосовували підвищені дози мінеральних добрив (1,5 та 2 NPK), побічну продукцію та сидерацію по фоні вапнування. Він у середньому був на 53–57 % вищим, ніж у ґрунті контролю (1,24 %). Достовірно зростання вмісту гумусу супроводжувалося зростанням продуктивності культур, в окремих випадках від 50 до 75 %.

Запаси гумусу в профілі ґрунту залежно від системи удобрення культур у сівозміні. Аналіз пошарового вмісту гумусу показав, що близько 60 % всього запасу знаходиться в кореневмісному шарі (0–40 см) ґрунту. У нижче розташованих шарах (до глибини 1 м) уміст і запаси загального гумусу знижуються майже втричі.

Порівнюючи зміну гумусованості профілю у варіанті без добрив, слід відмітити зміни у шарі 0–40 см у бік зменшення вмісту гумусу. Нижні шари залишились на вихідному рівні, що ще раз підтверджує буферність сірого лісового ґрунту до зниження запасів гумусу за інтенсивного обробітку. Запаси гумусу в усьому метровому шарі, на 21 рік досліджень, знизилися на 13,8 т/га і становили всього 104,4 т на одному гектарі.

Залишання побічної продукції у варіанті № 16 дозволило забезпечити позитивний баланс гумусу протягом трьох ротацій семипільної сівозміни. Помітне зростання вмісту гумусу в шарі 0–40 см відбувалося поступово, не торкаючись нижніх шарів ґрунту (60–100 см), та забезпечило зростання запасів на кінець періоду досліджень на 37,5 т/га. Мінеральна система удобрення (вар. № 3) забезпечила незначне підвищення вмісту гумусу в орному шарі. Разом з тим, у підорному шарі (20–40 см) відмічено зниження вмісту гумусу з одночасною його акумуляцією у верхній частині ілювіального горизонту. Цей факт пояснюється значним підкисленням ґрунтового середовища в гумусоелювіальному горизонті та вимиванням рухомого гумусу за межі кореневмісного шару ґрунту.

Унесення в середньому 164 кг/га діючої речовини NPK, а також поєднання їх із вапнуванням (вар. № 4) протягом 14 років забезпечило зростання запасів гумусу в метровому шарі сірого лісового ґрунту на 28 % порівняно з профілем неудобреного контролю. Уміст гумусу достовірно зростав не тільки в орному шарі, а й у підорному, чого не спостерігали у варіанті без внесення вапна. Крім того, внесений карбонат кальцію позитивно впливав на закріплення гумусових речовин у кореневмісному шарі ґрунту, вміст гумусу в нижніх шарах протягом дослідженого періоду залишався на рівні вихідних показників.

На основі проведеного кореляційно-регресійного аналізу експериментальних даних динаміки загального гумусу та кількості кальцію у ґрунті (шар 0–20 см) на кінець III ротації сівозміни розроблена математична модель, яка відтворює зв'язок між зазначеними показниками. Модель є достовірною на 95 % рівні ймовірності за критеріями Фішера та Стьюдента, а розрахована за рівнянням регресії кількість загального гумусу близька до фактичної (рис. 4).

Виявлений зв'язок загального гумусу з кількістю кальцію у ґрунті описується наступним рівнянням регресії:

$$Y = -0,1150 + 0,5840X - 0,0398X^2, R = 0,798, D = 63,7 \%,$$

де Y – загальний гумус, %;

X – кількість кальцію, мг-екв/100 г ґрунту;

Оптимальні точки для рівняння становлять:

$$U_{opt} = 2,03 \%, X_{opt} = 7,34 \text{ мг-екв/100 г ґрунту.}$$

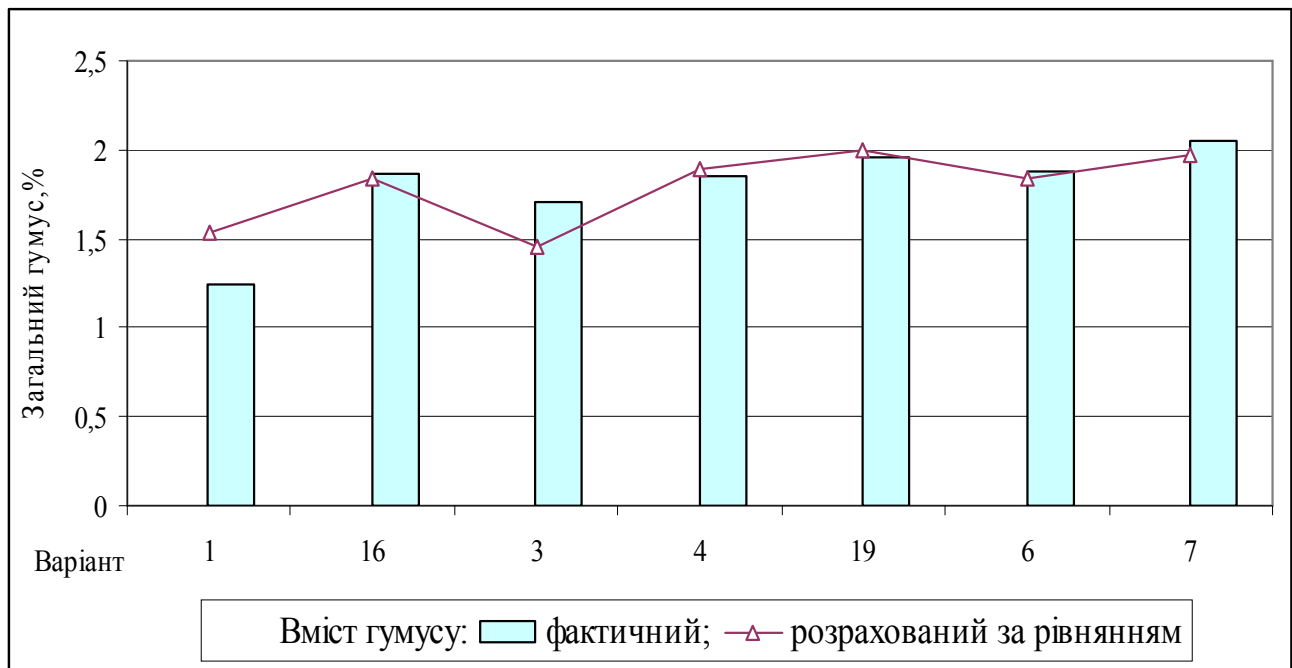


Рис. 4. Фактична та розрахована за рівнянням регресії кількість загального гумусу

Досить високою була величина коефіцієнта множинної кореляції ($R=0,798$), який вказує на тісноту зв'язку між показниками та коефіцієнта детермінації ($D = 63,7\%$), який є критерієм оцінки впливу фактора, у даному випадку кількості кальцію на зміну показників загального гумусу. Отже, результати математичного аналізу свідчать про істотний зв'язок загального гумусу з кількістю кальцію в ґрунті. Поєднання системи удобрення з вапнуванням сприяє уповільненню процесів підкислення ґрунту, а отже і підзолоутворення.

Встановлено, що тривале використання помірних доз мінеральних та органічних добрив покращує гумусовий стан ґрунтів, впливаючи не тільки на загальний вміст, а й на якісний склад гумусу. Вапнування повною дозою за гідролітичною кислотністю, один раз на 10 років, забезпечує процеси трансформації органічної речовини у напрямку посилення гуміфікації, збереження продуктів розкладу органічних сполук від мінералізації та вимивання і сприяє закріпленню гумусових речовин у ґрунтового профілі.

ВПЛИВ ВАПНУВАННЯ ТА СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА АГРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

Дослідження змін вмісту азоту в ґрунті залежно від тривалості дії вапна показало, що на кінець I ротації сівозміни спостерігалось деяке його зменшення в усіх варіантах. Вплив післядії вапна у другій ротації сівозміни (1999–2005 рр.) на вміст лужногідролізованого азоту підпорядкувати певній закономірності важче. Встановлено, що вапнування, проведене повною дозою на фоні органо-мінерального удобрення, не вплинуло на вміст гідролізованих сполук азоту, що може бути пов'язано з їх вимиванням у нижні шари ґрунту та інтенсивним використанням сільськогосподарськими культурами. Деяке підвищення його

вмісту в ґрунті в окремих варіантах відмічено, але воно не перевищило похибки визначень.

У 2012 р. спостерігали помітне збільшення вмісту лужногідролізованого азоту в усіх удобрених варіантах дослідів. Це відбулося 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 попередника пшениці озимої та проса. У 2012 р. випала менша кількість опадів за вегетаційний період, що також позначилося на збільшенні вмісту азоту в орному шарі, бо не відбувалося вимивання його нітратної форми у нижчі шари ґрунту.

Істотно вплинути на вміст лужногідролізованого азоту в орному шарі сірого лісового ґрунту вдалося лише за умови внесення 15 т гною та 80 кг азоту на 1 га сівозмінної площі у поєднанні з вапнуванням. Решта систем удобрення, що застосовувалася загалом кардинально не змінювала вміст лужногідролізованого азоту в гумусово-елювіальному горизонті дослідженого ґрунту.

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 варіантах дослідів. Це пов'язано з насиченням ґрунтового вбирного комплексу обмінними кальцієм та магнієм за рахунок хімічних меліорантів, що вносилися.

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 (вар. № 14). 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.

Крім того, нашими дослідженнями підтверджено відомий факт про підвищення розчинності ґрунтових фосфатів на фоні вапнування ґрунтів. У всіх без винятку варіантах, де застосовували повторне внесення вапна на період максимальної дії меліоранту (2010 р.), зафіксовано підвищений уміст рухомих фосфатів порівняно з аналогічними варіантами без вапнування. Зміна реакції ґрунтового середовища за хімічної меліорації сприяла у певній мірі переходу важкорозчинних фосфатів у рухомі форми за рахунок трансформації фосфатів алюмінію і заліза у фосфати кальцію різної основності, які в умовах нейтрального середовища є доступнішими рослинам. Негативного впливу вапна на доступність фосфатів не виявлено.

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 сільськогосподарськими культурами. Відмічено деяке підвищення його вмісту в ґрунті в окремі роки досліджень, але воно не вийшло за межі похибки визначень.

Унесення підвищених доз мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням дозволило підтримувати вміст обмінного калію в орному шарі ґрунту на найвищому в досліді рівні 80,0–90,0 мг/кг ґрунту, а в рік вирощування кукурудзи навіть 100–140 мг/кг ґрунту. Разом з тим, у 2010 р. в рік вирощування конюшини, під яку добрива за схемою досліду не вносили, відмічено зниження вмісту обмінного калію. Це вказує на значну залежність стабільності калійного режиму ґрунту від застосування калійних добрив. Окремо слід виділити варіант № 14, 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 (рН 7,3), що очевидно і стало причиною зменшення вмісту доступного для рослин калію в ґрунті на 5,0 мг/кг ґрунту.

Сапоніт позитивно впливав на вміст обмінного калію в ґрунті. Достовірне підвищення вмісту K_2O в ґрунті відмічено у варіантах із застосуванням 1,5 т/га сапоніту як доповнення до неповних доз CaCO_3 , що пов'язано з надходженням невеликої кількості K_2O з сапонітом (25,5 кг/га) та запобіганням його втрат з добрив шляхом обмінного поглинання.

ПРОДУКТИВНІСТЬ АГРОЦЕНОЗУ, ЗАЛЕЖНО ВІД ҐРУНТОВИХ УМОВ І АГРОХІМІЧНОГО БЛОКУ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Порівняльна оцінка ефективної родючості основних типів ґрунтів Правобережного Лісостепу. 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 агроєкосистем встановлено, що «природна» родючість ґрунтів, що задіяні в системі землеробства, знаходиться на досить низькому рівні. Продуктивність агроценозів складає до 3,4 т/га зернових одиниць 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 зернових одиниць – на глинисто-піщаних дерново-підзолистих ґрунтах.

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

Продуктивність типових сівозмін на сірому лісовому ґрунті залежно від інтенсивності агрохімічного забезпечення. Поліпшення основних фізико-хімічних та агрохімічних параметрів родючості ґрунту за впливу хімічної меліорації сприяло підвищенню продуктивності культур ланки сівозміни. Аналіз продуктивності культур сівозміни у I-й та II-й ротаціях дає підстави стверджувати, що використання вапнякового меліоранту $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (доломітового борошна) виявилось кращим порівняно з $\text{Ca}(\text{CO}_3)$. Приріст урожаю

від меліоративного впливу доломіту як у перші після внесення роки дії (I ротація, 1992–2000 рр.), так і в наступні (II ротація, 1999–2007 рр.) становив відповідно 0,43 і 0,69 т/га зернових одиниць, що перевищувало приріст у варіанті з вапняковим борошном на 0,20 і 0,12 т/га.

Різноглибинне внесення вапна (вар. № 11) достовірно перевищувало за ефективністю традиційне (під оранку) внесення (вар. № 7). Приріст урожаю був вищим за першої ротації на 0,13 т/га зернових одиниць порівняно з унесенням під основний обробіток ґрунту та був однаковим у другій ротації. Це підтверджує перспективність його застосування. Аналізуючи загальну продуктивність культур сівозміни за інтенсивного агрохімічного забезпечення у варіанті № 14 (на фоні внесення полуторної дози вапна), встановлено найвищий рівень продуктивності сільськогосподарських культур у другій ротації – 4,96 т/га зернових одиниць та відповідно найвищий приріст від сумарної дії факторів, що становив 2,43 т/га.

Урожайність культур на вапнованому фоні зростає у I-й і поступово знижується у II-й ротації 7-пільної сівозміни, що пов'язано з погіршенням фізико-хімічних властивостей ґрунту. Результати досліджень свідчать про правильність висновків щодо необхідності проведення повторного вапнування повною дозою (1,0 Нг CaCO₃) не рідше одного разу на 10 років, що забезпечить підтримання реакції ґрунтового розчину на оптимальному рівні, гарантуючи отримання істотних приростів урожаю сільськогосподарських культур.

За результатами багаторічних експериментальних даних розроблені математичні моделі залежності продуктивності сівозмін від вмісту загального гумусу. Розраховані за рівняннями регресії продуктивності сівозмін були наближеними до фактичних значень (рис. 5).

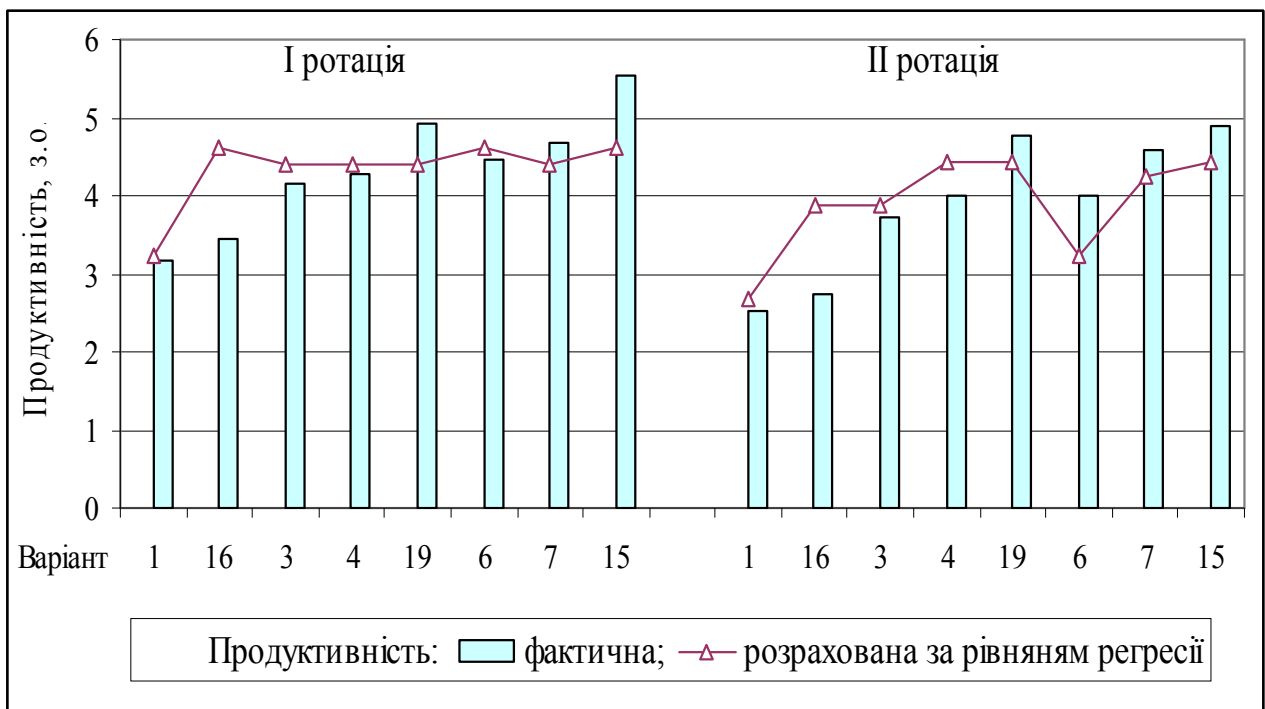


Рис. 5. Фактична та розрахована за математичною моделлю продуктивність сівозмін, т/га зерн. од.

У процесі математичного аналізу встановлено, що під час II ротації сівозміни зв'язок продуктивності з вмістом гумусу був тіснішим порівняно з першою ротацією, що підтверджується відповідними коефіцієнтами кореляції $R = 0,735$ та детермінації $D = 54,0 \%$.

Рівняння регресії для різних ротацій:

I ротація

$$Y = -39,2978 + 58,5017X - 19,4902X^2; \quad R = 0,597, D = 35,6 \%$$

з оптимальними точками: $Y_{\text{опт.}} = 4,60$ т/га зерн. од.; $X_{\text{опт.}} = 1,5 \%$

II ротація

$$Y = 5,3183 - 5,1088X + 2,3800X^2; \quad R = 0,735, D = 54,0 \%$$

з оптимальними точками: $Y_{\text{опт.}} = 2,58$ т/га зерн. од.; $X_{\text{опт.}} = 1,1 \%$

де Y – продуктивність сівозміни, зерн. од.;

X – загальний гумус на кінець ротації, %.

У табл. 9 подано зведену, середньозважену продуктивність 1 га сірого лісового ґрунту за 21 рік залежно від інтенсивності агрохімічного блоку системи землеробства. Для аналізу були взяті варіанти, система хімічної меліорації яких принципово не змінювалася протягом указанного періоду, а система удобрення містила незначні зміни, що істотно не можуть впливати на загальні висновки.

Таблиця 9

Продуктивність сірого лісового ґрунту залежно від інтенсивності агрохімічного забезпечення, 1992–2012 рр.

Варіант	Продуктивність 1 га сівозмінної площі				Приріст від агрохімічного чинника, %
	I ротація, 1992–2000 рр.	II ротація, 1999–2007 рр.	III ротація, 2006–2012 рр.	середня	
1. Без добрив (контроль)	3,17	2,53	2,41	2,70	–
2. CaCO_3 (1,0 Нг)	3,60	2,84	2,88	3,10	15
3. NPK	4,14	3,73	3,22	3,70	37
4. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	4,29	4,01	3,75	3,92	45
5. Сидерат + CaCO_3 (1,0 Нг)	3,95	3,71	3,06	3,57	32
6. Сидерат + NPK + Пп – Фон	4,46	4,00	3,63	4,03	49
7. Фон + CaCO_3 (1,0 Нг)	4,69	4,57	4,17	4,48	66
8. Фон + доломіт (1,0 Нг)	4,89	4,69	4,20	4,59	70
12. Сидерат + 1,5 NPK + CaCO_3 (1,0Нг) + Пп	4,79	4,68	4,54	4,67	73
13. Сидерат + 2 NPK + CaCO_3 (1,0Нг) + Пп	4,92	4,95	4,81	4,89	81
14. Сидерат + 1,5 NPK + CaCO_3 (1,5Нг) + Пп	4,69	4,96	4,76	4,80	78
16. Побічна продукція + (сидерат у III-й ротації)	3,46	2,75	2,70	2,97	10
18. 1,5 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	4,81	4,52	4,34	4,56	69
19. 2NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	4,93	4,76	4,67	4,79	77

Примітка. Побічною продукцією та сидератом замінено гній у III-й ротації сівозміни.

Встановлено, що у варіантах без мінерального удобрення та вапнування (вар. № 1, 16) відбувалося значне зниження продуктивності агроценозу на фоні істотного погіршення основних показників родючості ґрунту. Заробляння всієї нетоварної частини урожаю в орний шар сірого лісового ґрунту дозволяє підвищити продуктивність 1 га ріллі лише на 10 %.

Періодичне внесення лише карбонату кальцію підвищує продуктивність ріллі на 15 %, а поєднання хімічної меліорації з унесенням органічних добрив (вар. № 5) одночасно з покращанням поживного і кислотного-лужного режимів, забезпечує прирости на рівні 0,87 т/га зернових одиниць. Встановлено, що за однакових погодних умов і застосування основних складових системи землеробства – сівозміни, обробітку ґрунту, захисту рослин, сортів, приріст від агрохімічного впливу на ґрунт зростає до 77–81 %, підтверджуючи вирішальну роль цього фактору в забезпеченні продуктивності агроценозу та відтворенні потенційної і підвищенні ефективної родючості ґрунту.

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ

Визначення економічної ефективності варіантів агрохімічного блоку системи землеробства (вапна, мінеральних і органічних добрив та їх поєднання) у зерно-просапній сівозміні протягом двох ротацій на сірому лісовому ґрунті 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 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ та CaCO_3 за гідролітичною кислотністю (вар. № 7, 8), а також за різноглибинного внесення CaCO_3 (вар. № 11) (2509,5 грн/га). Рентабельність становила у середньому 38–46 %.

Результати розрахунків економічної ефективності підтверджують високу рентабельність повторного вапнування та внесення сапоніту в поєднанні з дефекатом, мінеральними й органічними добривами на сірих лісових ґрунтах. Обчислення економічної ефективності застосованого в досліді агрохімічного блоку системи землеробства 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 т/га сидерату) на фоні комплексної хімічної меліорації дефекатом (0,75 і 0,5 за Нг) сумісно з унесенням 1,5 т/га сапоніту (вар. № 10, 11). Рентабельність становила у середньому 65–57 %.

Незаперечним є факт щорічного підвищення ефективності застосування всіх без виключення технологій вапнування, як результату наростаючого позитивного меліоративного впливу на ґрунт. Додавання побічної продукції до мінеральної системи удобрення на фоні внесення хімічних меліорантів та сидерації зумовило незначні прирости енергії врожаю. Отже, заміна внесення гною побічною продукцією у польових сівозмінах Лісостепу може вважатися лише тимчасовим заходом оптимізації системи удобрення

Ґрунт має високу енергоємність: у кожному кілограмі гумусу міститься 5000–5100 ккал (20,9–21,4 МДж) енергії. У табл. 10 показані зміни енергоємності ґрунту залежно від системи удобрення та вапнування. Аналіз розрахунків показує, що лише у варіанті 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.

Таблиця 10

Зміни енергоємності орного шару сірого лісового ґрунту залежно від вапнування та системи удобрення, 1992–2005 рр.

Варіант	Запаси гумусу, т/га			Різниця між вихідним і кінцевим умістом, т/га ±	Енергоємність ґрунту, Ккал x 10 ⁶	
	вихідні, 1992 р.	кінець I ротації, 1998 р.	кінець II ротації, 2005 р.		втрати енергії	приріст енергії
1. Без добрив (контроль)	43,2	37,2	38,7	-4,5	22,9	–
16. Побічна продукція		44,4	54,3	+11,1	–	56,6
2. CaCO ₃ (1,0 Нг)		47,1	58,8	+15,6	–	79,6
3. N ₅₄ P ₅₄ K ₅₆		47,7	54,3	+11,1	–	56,6
4. NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)		48,6	58,8	+15,6	–	79,6
18. 1,5NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)		42,9	60,3	+17,1	–	87,2
19. 2NPK + CaCO ₃ (1,0Нг)		42,3	58,8	+15,6	–	79,6
5. Гній + CaCO ₃ (1,0 Нг)		46,5	55,8	+12,6	–	64,3
6. Гній + NPK – Фон		45,9	48,0	+4,8	–	24,5
7. Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)		48,6	57,3	+14,1	–	71,9
11. Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг) пошарово		47,1	55,8	+12,6	–	64,3
12. Гній + 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)		45,6	52,8	+9,6	–	49,0
13. Гній + 2 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)		44,4	57,3	+14,1	–	71,9
15. Гній + 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0Нг) + Пп		45,6	58,8	+15,6	–	79,6
17. 1,5 гній + 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0Нг)		47,4	63,0	+19,8	–	101,0

У той же час у всіх інших варіантах, що досліджувалися встановлено збільшення енергоємності ґрунту. Це свідчить про те, що приріст продукції відбувався одночасно як за рахунок системи удобрення і вапнування, так і за рахунок підвищення енергоємності ґрунту. Крім того, слід відмітити факт значного накопичення енергії ґрунту у варіантах із застосуванням побічної продукції рослинництва.

Установлено 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 ротаций сівозміни отримано високі коефіцієнти енергетичної ефективності (велику віддачу енергії в урожаї) та збільшення енергоємності дослідженого сірого лісового ґрунту (у варіантах 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 зазначених варіантах дослідів відповідає оптимуму для сірих лісових крупнопилувато-легкосуглинкових ґрунтів Правобережного Лісостепу в цілому.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі подано результати узагальнення фахових літературних джерел, теоретичне обґрунтування і нове вирішення наукової проблеми, що дозволило встановити закономірності, які характеризують процеси формування, трансформації і регулювання родючості (кисотно-лужного, гумусового і поживного режимів) кислих сірих лісових ґрунтів, функціонування механізмів її взаємозв'язку з урожайністю сільськогосподарських культур та продуктивністю сівозмін в умовах різноінтенсивного агрохімічного навантаження.

1. Тривале (протягом 21 року) використання сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту за щорічного інтенсивного обробітку орного шару без удобрення, призводить до підкислення (рН 4,6; Нг 4,0 мг-екв на 100 г ґрунту), посилення елювіальних процесів, зниження його потенційної родючості та продуктивності сільськогосподарських культур.

2. Сірі лісові ґрунти за рахунок своєї значної буферності мають досить сталий кислотно-лужний режим, що не погіршується за використання помірних доз мінеральних добрив (рН 4,6; Нг 4,0 мг-екв/100 г ґрунту), що є позитивним моментом для інтенсивного землеробства у Лісостепу, оскільки деградація цих ґрунтів не відбувається такими прискореними темпами, як у випадку з дерново-підзолистими ґрунтами Полісся.

3. Внесення під зяблеву оранку повної дози за гідролітичною кислотністю CaCO_3 (від 5 до 6,5 т/га CaCO_3) на сірому лісовому ґрунті забезпечує необхідну нейтралізацію ґрунтової кислотності незалежно від рівня агрохімічного навантаження на ґрунт та внесення органічних добрив. Зміна кислотності відбувається поступово, але вже на п'ятий рік після вапнування показники рН у всіх варіантах знаходилися в інтервалі 5,9–6,7, а гідролітична кислотність знизилася до рівня 2,5–1,4 мг-екв на 100 г ґрунту.

4. Технологія основного внесення вапна на сірому лісовому ґрунті, яка базується на застосуванні його повної дози CaCO_3 за гідролітичною кислотністю у поєднанні з органічними (10 т/га сівозмінної площі) та мінеральними (164 кг/га д. р.) добривами, забезпечила протягом 10 років близькі до оптимальних показники реакції ґрунту (рН_{Ксі} 5,8–5,9, Нг 1,1–2,0 мг-екв/100 г ґрунту), ступінь насичення ГВК обмінними основами (до 80 %). Починаючи з 10-го року післядії

вапна, відбувалося істотне погіршення показників фізико-хімічних властивостей, що визначають потенційну й ефективну родючість ґрунту.

5. Оптимальна реакція ґрунтового середовища швидше досягається і триваліший період підтримується за внесення високої дози карбонату кальцію (1,5 за Нг – 7,5 т/га) на фоні органічних і мінеральних добрив. На 10-й рік дії показник рН_{KCl} становив 6,2, Нг – 1,9 мг-екв/100 г ґрунту, на 14-й рік кислотність відповідно становила рН 5,6, Нг 3,2 мг-екв/100 г ґрунту.

6. Періодичність вапнування сірих лісових ґрунтів, що використовуються в інтенсивному землеробстві, повною дозою за гідролітичною кислотністю за періодично промивного водного режиму повинна становити 10 років. При застосуванні високих доз меліорантів (1,5 Нг) циклічність вапнування може бути збільшена до 12 років.

7. Унесення 1/7 дози CaCO₃ за Нг щорічно під кожен культурний сівозміни (по 770 кг/га CaCO₃ під передпосівну культивування) дозволяє гомогенізувати за фізико-хімічними властивостями орний шар ґрунту за близьких до оптимальних показників: рН 6,3, Нг 2,5 мг-екв, Н⁺обм. 0,071 мг-екв, Al³⁺ 0,50 мг на 100 г ґрунту. Проте внесення невеликих (підтримуючих) доз CaCO₃ щорічно хоча й нейтралізує всі види ґрунтової кислотності, не поступаючись при цьому внесенню повних доз, але величина витрат на щорічне внесення значно перевищує прибуток від отриманого приросту продукції.

8. Нейтралізація кислотності ґрунту, що виникає в результаті застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив, шляхом унесення в ґрунт 150–225 кг CaCO₃ під передпосівну культивування кожної з культур сівозміни, виявилася мінімальною. Отже, досліджений спосіб нейтралізації кислотності фізіологічно кислих добрив на сірих лісових ґрунтах у польових сівозмінах у зазначених вище дозах є неефективним.

9. Недостатньою для тривалої оптимізації реакції ґрунтового розчину сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту є одинарна за Нг доза вапна за внесення мінеральних добрив й особливо їх підвищених доз без органічних у вигляді гною. За вказаних умов на 10-й рік фізико-хімічні властивості значно погіршуються (рН 5,5–5,2; Нг 2,1–3,4 мг-екв/100 г ґрунту), знижуючи тим самим ефективність застосування добрив на 10–15 %.

10. Різноглибинне внесення вапна (1/2 дози під оранку, 1/2 під культивування) є доцільним для вирішення проблеми прискорення нейтралізації надмірної кислотності орного шару в перші два роки після застосування меліоранту. Уже на другий рік практично усувається обмінна кислотність і шкідливий вплив рухомого алюмінію, що забезпечує підвищення врожайності сільськогосподарських культур порівняно з традиційним способом внесення вапна. Тривалість післядії вапна при застосуванні такого технологічного заходу не знижується і залишається на рівні з традиційною технологією застосування.

11. Доломітове борошно на сірих лісових ґрунтах достовірно перевищує ефективність вапнякового у першій ротатії сівозміни і проявляє рівноцінну післядію до 14 років. Доломітизований вапняк (уміст MgCO₃ – 55 %) проявляє нейтралізуючу дію дещо повільніше у перші два роки після внесення, що є

прийнятним за умови планування хімічної меліорації кислих ґрунтів у рік вирощування сільськогосподарських культур, чутливих до надлишку кальцію.

12. Співвідношення катіонів кальцію і магнію за внесення доломітового борошна сприяло стабілізації структури обмінних катіонів у ҐВК протягом десяти років ($S \geq 60\%$) та забезпечило оптимальніше співвідношення $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ на відміну від вапнякового. Унесення 0,75 дози $CaCO_3$ у поєднанні з 1,5 тоннами сапоніту зумовило значні позитивні зміни у структурі обмінних катіонів ҐВК, підвищувало ємність катіонного обміну сірого лісового ґрунту і не поступалося за меліоративною дією доломітовому борошну.

13. Тривале використання сірого лісового ґрунту без удобрення призводить до значного зниження його потенційної та ефективної родючості. Втрати гумусу з метрового шару ґрунту за 21 рік інтенсивної експлуатації за таких умов досягли 13,8 т/га.

14. Застосування мінеральних добрив у розрахунку на 1 га сівозмінної площі в дозах (I–II ротації $N_{53,6}P_{53,6}K_{56,4}$; III ротація – $N_{51,4}P_{27,8}K_{51,4}$) не призводить до зниження загального вмісту гумусу в орному шарі сірого лісового ґрунту. Навпаки, відмічено його зростання до 1,7 % за вихідного 1,39 %, а запаси в метровому шарі після 21 року застосування мінеральних добрив зросли на 13,2 т/га.

15. Ефективною умовою для збереження та поступового накопичення гумусу в сірому лісовому ґрунті є внесення мінеральних добрив (на рівні 130–163 кг на 1 га сівозмінної площі д. р. NPK), а також гною (10 т/га) на фоні вапнування (1,0 Нг). Застосування підвищених доз мінеральних добрив на фоні вапнування повною дозою (1,0 Нг), завдяки додатковому надходженню кореневої маси та покращанню умов її трансформації, забезпечує зростання вмісту гумусу на 38 % порівняно з контролем.

16. Приорювання побічної продукції та сидератів з мінеральними добривами на фоні вапнування забезпечує бездефіцитний баланс гумусу у орному шарі ґрунту. Позитивний ефект від соломи як органічного добрива проявляється у післядії протягом всієї ротації сівозміни, проте він значно нижчий порівняно з унесенням гною.

17. Зростання гумусованості сірого лісового ґрунту після трьох ротацій 7-пільної сівозміни до 2,1 %, що на 0,66 % більше, ніж у вихідному ґрунті, посприяло виявленню оптимальної системи удобрення з точки зору забезпечення розширеного відтворення гумусового фонду сірого лісового ґрунту. Зазначений рівень гумусованості забезпечує застосування оптимальних доз добрив: органічних у вигляді гною – 10 т, мінеральних – 246 кг д. р. NPK на 1 га сівозмінної площі на фоні вапнування повною дозою за гідролітичною кислотністю.

18. На вміст лужногідролізованого азоту в орному шарі сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту, істотний вплив мало внесення 15 т гною та 80 кг азоту на 1 га сівозмінної площі у поєднанні з вапнуванням. Решта варіантів удобрення загалом кардинально не змінювала вміст лужногідролізованого азоту в гумусово-елювіальному горизонті.

19. Вміст рухомих фосфатів у сірому лісовому ґрунті за інтенсивного землеробства залежав від рівня мінерального удобрення та меншою мірою від унесення вапна. Встановлено підвищення розчинності ґрунтових фосфатів у результаті вапнування слабокислого ґрунту. У варіантах, де застосовували повторне внесення вапна, на період максимальної дії меліоранту відмічено підвищений вміст рухомих фосфатів порівняно з аналогічними варіантами без вапнування. Негативного впливу вапна на доступність фосфатів не виявлено.

20. Калійний режим сірого лісового ґрунту, поліпшується, головним чином, за рахунок застосування підвищених доз мінеральних добрив. Підтримання показників калійного режиму в оптимальних межах за використання ґрунту в системі інтенсивного землеробства може здійснюватися за рахунок унесення сапоніту, повернення в ґрунт нетоварної частини врожаю та системного використання сидерації протягом ротації сівозміни. Негативної дії CaCO_3 на вміст і рухомість сполук калію в ґрунті не виявлено.

21. Застосування різних технологій вапнування у зерно-просапних і плодозмінних сівозмінах на кислих сірих лісових ґрунтах (за три ротації семипільної сівозміни) забезпечує істотний приріст продуктивності одного гектара ріллі, що знаходиться в інтенсивному обробітку – на рівні 0,15–0,92 тонни зернових одиниць.

22. Встановлено, що за однакових погодних умов і дотримання основних складових системи землеробства – сівозміни, обробітку ґрунту, захисту рослин, сортів, приріст урожаю від агрохімічного чинника зростає до 77–81 %, підтверджуючи його вирішальну роль в забезпеченні приросту продуктивності агроценозу та відтворенні потенційної і підвищенні ефективної родючості ґрунту.

23. Вапнування є високоефективним заходом підвищення 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 помірних доз мінеральних добрив і гною (10 т/га сівозмінної площі) та максимального залучення до системи удобрення побічної продукції рослинництва та сидератів.

24. Вапнування повною дозою за гідролітичною кислотністю забезпечує зростаюче накопичення енергії ґрунту як окремий чинник впливу, так і в поєднанні з системою мінерального та органо-мінерального удобрення. Протягом трьох ротацій сівозміни отримано високі коефіцієнти енергетичної ефективності, які характеризують віддачу енергії з урожаєм та збільшення енергоємності дослідженого сірого лісового ґрунту за приросту енергії $23,0\text{--}79,6 \times 10^6$ ккал. Встановлена висока ефективність поєднання системи удобрення та хімічної меліорації в досліді відповідає оптимуму для сірих лісових крупнопилувато-легкосуглинкових ґрунтів Правобережного Лісостепу в цілому.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. У Правобережному Лісостепу України розширене відтворення родючості сірих лісових ґрунтів досягається за періодичного (не пізніше 10 років післядії) застосування повної дози вапна (5,5–6,5 т/га CaCO_3) у поєднанні з органо-

мінеральною системою удобрення, що включає не менше 10 т гною та 164 кг д. р. NPK на 1 га сівозмінної площі. Компенсацію відсутності органічних добрив у вигляді гною слід забезпечувати поверненням у ґрунт усієї нетоварної частини врожаю культур сівозміни та застосуванням багаторічних бобових трав з метою сидерації, що забезпечить необхідний рівень відтворення родючості ґрунту.

2. Для прискорення нейтралізації надмірної кислотності та створення гомогенованого орного шару ґрунту за всіма іншими показниками вже на другий рік після вапнування слід використовувати різноглибинний спосіб внесення вапна (1/2 дози під оранку, 1/2 під культивуацію). Збіднені на магній (<0,4–0,6 мг-екв/100 г ґрунту) сірі лісові ґрунти слід поліпшувати застосуванням комплексної хімічної меліорації магнієвмісними доломітовим борошном у дозі 5,5–6,5 т/га або дефекатом (5 т/га) сумісно з сапонітом (1,5 т/га), що забезпечує протягом десяти років оптимальні показники фізико-хімічних властивостей ґрунту за підвищення продуктивності сівозміни на 0,69–0,92 т/га зернових одиниць щорічно.

3. Для запобігання деградаційних процесів можливе застосування щорічних компенсаційних доз CaCO_3 (1/7 Нг), які для сірих лісових ґрунтів Лісостепу становлять 770 кг/га CaCO_3 і дозволяють забезпечити нейтралізацію надмірної кислотності, покращити структуру обмінних катіонів у ГВК, підвищити продуктивність агроценозу на рівні застосування повних доз CaCO_3 .

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях України:

1. Мазур Г. А. Потенціали родючості ґрунтів і продуктивність сільськогосподарських культур / [Г. А. Мазур, М. М. Єрмолаєв, **М. А. Ткаченко**, П. Д. Грінчук] // Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. – 2002. – Вип. 3–4. – С. 3–7. (*Узагальнення результатів польових досліджень, математичний аналіз, висновки*).

2. Мазур Г. А. Оцінка ефективної родючості ґрунтів / [Мазур Г. А., Єрмолаєв М. М., **Ткаченко М. А.** та ін.] // Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. – 2003. – Вип. 1–2. – С. 12–17. (*Узагальнення результатів польових досліджень, математичний аналіз, висновки*).

3. Мазур Г. А. Оптимізація розміщення сільськогосподарських культур залежно від рівня потенційної та ефективної родючості ґрунтів / [Мазур Г. А., Єрмолаєв М. М., **Ткаченко М. А.** та ін.] // Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. – 2003. – Вип. 3. – С. 3–12. (*Постановка проблеми, узагальнення експериментальних досліджень, математичний аналіз, висновки*).

4. Кондратюк І. М. Періодичність вапнування сірих лісових ґрунтів / І. М. Кондратюк, Г. А. Мазур, **М. А. Ткаченко** // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – 2006. – Вип. 27. – С. 8–14. (*Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення експериментального матеріалу, висновки*).

5. Мазур Г. А. Ефективність застосування сапонітових глин для меліорації кислих ґрунтів / [Мазур Г. А., **Ткаченко М. А.**, Бойко Я. І., Яремчук І. Д.] //

Вісник аграрної науки. – 2006. – № 10. – С. 10–11. *(Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення експериментального матеріалу, висновки).*

6. Мазур Г. А. Вплив комплексної хімічної меліорації на вбирний комплекс сірого лісового ґрунту / Г. А. Мазур, **М. А. Ткаченко**, Я. І. Бойко // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство». – 2007. – Вип. 79. – С. 3–9. *(Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення експериментального матеріалу, висновки).*

7. Мазур Г. А. Енергетична і економічна оцінка застосування хімічної меліорації на сірому лісовому і дерново-підзолистому ґрунтах / Г. А. Мазур, **М. А. Ткаченко**, І. М. Кондратюк // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агрономія. – 2008. – № 12. – С. 53–61. *(Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення експериментального матеріалу, висновки).*

8. Мазур Г. А. Гумусний стан сірого лісового ґрунту залежно від хімічної меліорації та системи удобрення / [Мазур Г. А., Григора Т. І., **Ткаченко М. А.**, Кондратюк І. М.] // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН». – 2009. – Вип. 1–2. – С. 3–8. *(Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення експериментального матеріалу, висновки).*

9. Мазур Г. А. Баланс кальцію у сірому лісовому ґрунті за різних систем удобрення та хімічної меліорації / Г. А. Мазур, І. М. Кондратюк, **М. А. Ткаченко** // Вісник аграрної науки – 2010. – № 4 – С. 19–22. *(Постановка проблеми, узагальнення експериментального матеріалу, математичний аналіз, висновки).*

10. Ткаченко М. А. Кислотність сірого лісового ґрунту при застосуванні на добриво нетоварної продукції рослинництва / **М. А. Ткаченко** // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – 2011. – Вип. 3–4. – С. 3–8.

11. Григора Т. І. Проблеми сучасного гумусоутворення та вплив агротехнічних заходів на запаси органічної речовини в орних сірих лісових ґрунтах Лісостепу / Т. І. Григора, **М. А. Ткаченко** // Збірник наукових праць «Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків». – 2013. – Вип. 17 (том II). – С. 44–47. *(Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення й аналіз експериментального матеріалу, висновки).*

12. Ткаченко М. А. Меліоративна ефективність застосування комплексної хімічної меліорації на сірих лісових ґрунтах Правобережного Лісостепу / **М. А. Ткаченко** // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2013. – Вип. 17 (том II). – С. 102–105.

13. Ткаченко М. А. Вплив побічної продукції на відтворення гумусу за органічного землеробства / **М. А. Ткаченко**, Т. І. Григора // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – 2013. – Вип. 1–2. – С. 10–15. *(Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення експериментального матеріалу, висновки).*

14. Ткаченко М. А. Продуктивність типових сівозмін Лісостепу залежно від інтенсивності агрохімічного навантаження / **М. А. Ткаченко**, Д. В. Літвінов // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2014. – Вип. 22. – С. 100–106. (*Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення експериментального матеріалу, висновки*).

15. Ткаченко М. А. Ефективність комплексної хімічної меліорації сірих лісових ґрунтів Правобережного Лісостепу / **М. А. Ткаченко** // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2014. – № 46. Режим доступу до журналу: http://nd.nubip.edu.ua/2014_4/12.pdf.

16. Ткаченко М. А. Вплив хімічної меліорації і системи удобрення сірого лісового ґрунту на урожайність ячменю ярого / **М. А. Ткаченко** // Картоплярство України. – 2014. – № 1–2 (34–35). – С. 67–71.

17. Мазур Г. А. Вплив елементів органічного землеробства на родючість сірого лісового ґрунту / [Мазур Г. А., **Ткаченко М. А.**, Григора Т. І. та ін.] // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – 2014. – Вип. 1–2. – С. 17–24. (*Постановка проблеми, проведення й узагальнення результатів польових досліджень, математичний аналіз, висновки*).

18. Ткаченко М. А. Урожайність кормових культур залежно від хімічної меліорації і системи удобрення сірого лісового ґрунту / **М. А. Ткаченко** // Корми і кормовиробництво. – 2014. – № 78. – С. 94–103.

19. Ткаченко М. А. Залежність стабілізації запасів гумусу сірого лісового ґрунту від вмісту обмінного кальцію / **М. А. Ткаченко**, Т. І. Григора, В. М. Шкляр // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2014. – № 47. Режим доступу до журналу: http://nd.nubip.edu.ua/2014_5/15.pdf. (*Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення експериментального матеріалу, висновки*).

Статті у наукових виданнях інших держав:

20. Ткаченко Н. А. Изменение кислотности серых лесных почв в зависимости от способов внесения, доз и форм известковых мелиорантов / **Н. А. Ткаченко** // Сборник научных трудов Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – 2013. – Вып. 49. – С. 71–77.

21. Ткаченко Н. А. Влияние агротехнических приемов на микробные сообщества корневой зоны озимой пшеницы / **Н. А. Ткаченко**, И. М. Малиновская // Природнае асеродзе Палесся: зб. навук. прац. – 2013. – Вып. 6. – С. 134–137. (*Проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення експериментального матеріалу, висновки*).

22. Ткаченко Н. А. Изменение кислотно-щелочных свойств серой лесной почвы под влиянием химической мелиорации и системы удобрения разной интенсивности / **Н. А. Ткаченко** // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 1. – С. 71–77.

23. Ткаченко Н. А. Изменение структуры обменных катионов серой лесной почвы после применения комплексных химических мелиорантов /

Н. А. Ткаченко, Н. Ш. Хисамутдинов, Л. М.-Х. Биккинина // Достижение науки и техники АПК: ежемесячный теоретический и научно-практический журнал Министерства с-х РФ –2014. – № 3. – С. 17–20. (*Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення й аналіз експериментального матеріалу, висновки*).

24. Ткаченко Н. А. Изменение общего содержания гумуса в зависимости от системы удобрения и химической мелиорации / **Н. А. Ткаченко** // Земледелие и защита растений. – 2014. – № 1 (92) – С. 43–47.

Наукові видання:

25. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / Розділ 3. Рациональне використання і охорона земельних ресурсів / [Сайко В. Ф., Коваленко П. І., Мазур Г. А., Дегодюк Е. Г., Тараріко О. Г., Носко Б. С., Кисіль В. І., Малієнко А. М., Дегодюк С. Е., Єрмолаєв М. М., Балюк С. А., Булигін С. Ю., Бука А. Я., Фатєєв А. І., Мірошніченко М. М., Заришняк А. С., Бацула О. О., Бойко П. І., Молдован В. Г., Літвінов Д. В., Квасніцька Л. С., Пономарчук М. В., Гангур В. В., Браженко П. І., Крамаренко І. В., Волкогон В. В., Слюсар І. Т., Бацула О. О., Шевченко І. П., Тищенко Л. Д., Орлянський О. О., Тімченко Д. О., Скрильник Є. В., Предко О. І., Коломієць Л. П., Максименко В. Ф., **Ткаченко М. А.**, Григора Т. І., Бородань В. О., Шиліна Л. І., Тітенко А. П., Тараріко Н. М., Гаврилов С. О., Кирилюк В. П., Скурятін Ю. М., Галиш Ф. С., Савченко Г. І., Гуменюк О. В., Кушицька Г. Б., Шаповал І. С., Райко О. П., Коломієць М. В., Драч Ю. О., Козар С. Ф., Дерев'яно С. В., Христенко А. О., Стрельцова І. Б., Юнакова Т. А., Максимова В. П., Буджерак А. І., Дишлева Г. В., Корчинська С. Г., Корчинська О. А., Буслаєва Н. Г., Вітвіцька О. І., Гуральчук С. З., Шерстобоева О. В., Дишлюк В. Є., Літвінова О. А., Проненко М. М., Лісовий М. В., Гічка М. М., Куценко М. В., Фурдичко О. І., Осипчук О. С., Гамалей В. І., Корсун С. Г., Шкарівська Л. І., Патица В. П., Макаренко Н. А., Щербатенко О. С., Дегусаров А. Б., Козлов М. В., Вдовиченко А. В., Кучма М. Д., Моклячук Л. І., Макаренко В. І., Бондар А. І., Парфенюк Н. В., Карачинська О. П., Соляник А. Г., Мартин В. В., Стадник А. П.] // – К.: Аграрна наука, 2010. – 980 с. (*Здійснено постановку проблеми, проведення досліджень, аналіз експериментального матеріалу і написання підрозділу 3.2 Основи відтворення і регулювання родючості ґрунтів – С. 113–126*).

26. Ткаченко М. А. Оптимізація кислотного-лужного режиму / **М. А. Ткаченко** // Адаптивні системи землеробства і сучасні агротехнології – основа раціонального землекористування, збереження і відтворення родючості ґрунтів: за ред. д. с.-г. н. В. Ф. Камінського. – 2013. – С. 120–131.

Науково-методичні рекомендації:

27. Сучасна концепція хімічної мелиорації кислих і солонцевих ґрунтів / [Мельник С. І., Демидов О. А., Жилкін В. А., Безуглий М. Д., Заришняк А. С., Макаренко В. В., Дишлюк В. Є., Балюк С. А., Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л., Гаврилович Н. Ю., Дрозд О. М., Ладних В. Я., Захарова М. А., Чешко Н. Ф.,

Калініченко В. М., Афанасьєв Ю. О., Лісняк А. А., Недоцьок О. А., Носоненко О. А., Тертишна Ю. І., Мазур Г. А., **Ткаченко М. А.**, Ромащенко М. І., Кізяков Ю. Є.] // – 2008. – 99 с. (*Аналіз і систематизація інформації, терміни та визначення*).

28. Моніторинг стану посівів озимих культур у господарствах Київської області в осінньо-зимовий період 2011–2012 рр. / [Шевченко О. О., Личак С. А., Давиденко А. Ю., Камінський В. Ф., Сайко В. Ф., **Ткаченко М. А.**, Вишнівський П. С., Юла В. М., Віннічук Т. С., Романюк П. В., Олійник К. М., Губенко Л. В., Єгупова Т. В., Шморгун О. В., Шляхтуров Д. С.] // – 2012. – 23 с. (*Огляд посівів, вивчення стану ґрунту і рослин, загальне редагування і подання до друку*).

29. Особливості підготовки ґрунту і сівби озимих зернових культур та ріпаку під урожай 2013 року в зоні Полісся і Лісостепу / [Безуглий М. Д., Демидов О. А., Сухомлин Л. В., Петриченко В. Ф., Булигін С. Ю., Іващенко О. О., Камінський В. Ф., Сайко В. Ф., Вишнівський П. С., Шаповал А. В., **Ткаченко М. А.**, Єрмолаєв М. М., Літвінов Д. В., Малієнко А. М., Гаврилов С. О., Дегодюк С. Е., Юла В. М., Віннічук Т. С., Корнійчук М. С., Губенко Л. В., Шморгун О. В., Шляхтуров Д. С., Борзих О. І., Ретьман С. В., Блащук М. І., Демиденко О. В., Шаповал І. С., Кочмарський В. С., Кабанець В. М., Собко М. Г., Попов С. І., Цехмайструк М. Г., Молдован В. Г., Сучек М. М., Гангур В. В., Седіло Г. М., Рудик Р. І., Корнійчук О. В., Бугайов В. Д., Земляний О. І., Кульбіда М. І.] // – 2012. – 38 с. (*Збирання та аналіз оперативної інформації, загальне редагування і підготовка до друку*).

30. Рекомендації з проведення весняно-польових робіт у Київській області в 2013 р. / [Присяжнюк А. Й., Шевченко О. О., Давиденко А. Ю., Камінський В. Ф., Сайко В. Ф., **Ткаченко М. А.**, Вишнівський П. С., Юла В. М., Єрмолаєв М. М., Дегодюк С. Е., Віннічук Т. С., Романюк П. В., Олійник К. М., Камінська В. В., Літвінов Д. В., Проненко М. М., Голодна А. В., Грищенко Р. Є., Губенко Л. В., Дворецька С. П., Любчич О. Г., Ткаченко Н. В., Починок Л. А., Гаврилюк Н. М., Шморгун О. В., Шляхтуров Д. С.] // – 2013. – 38 с. (*Огляд посівів, вивчення стану ґрунту і запасів вологи, загальне редагування і подання до друку*).

31. Рекомендації з проведення весняно-польових робіт у 2013 р. в зонах Лісостепу і Полісся України / [Демидов О. А., Сухомлин Л. В., Петриченко В. Ф., Іващенко О. О., Кононюк В. А., Камінський В. Ф., Сайко В. Ф., **Ткаченко М. А.**, Вишнівський П. С., Малієнко А. М., Корнійчук М. С., Віннічук Т. С., Єрмолаєв М. М., Юла В. М., Романюк П. В., Камінська В. В., Олійник К. М., Величко В. П., Асанашвілі Н. М., Дегодюк С. Е., Проненко М. М., Літвінов Д. В., Любчич О. Г., Губенко Л. В., Голодна А. В., Гаврилов С. О., Брухаль Ф. Й., Коломієць В. М., Грищенко Р. Є., Дворецька С. П., Ткаченко Н. В., Поліщук С. В., Починок Л. В., Пасацька В. С., Шляхтуров Д. С., Шморгун О. В., Кочмарський В. С., Корнійчук О. В., Бугайов В. Д., Колісник С. І., Венедіктов О. М., Седіло Г. М., Волощук І. С., Кохан А. В., Лень О. І., Польовий В. М., Лукащук Л. Я., Кабанець В. М., Собко М. Г., Блащук М. І., Демиденко О. В.] // – 2013. – 91 с. (*Огляд посівів, вивчення стану ґрунту і запасів вологи, загальне редагування і подання до друку*).

32. Рекомендації з сівби озимих культур у зонах Лісостепу і Полісся під урожай 2014 року / [Демидов О. А., Сухомлин Л. В., Петриченко В. Ф., Гадзало Я. М., Іващенко О. О., Камінський В. Ф., Сайко В. Ф., **Ткаченко М. А.**, Вишнівський П. С., Малієнко А. М., Літвінов Д. В., Гаврилов С. О., Дегодюк Е. Г., Дмитренко О. В., Юла В. М., Ткаченко Н. В., Починок Л. А., Пасацька В. С., Губенко Л. В., Брухаль Ф. Й., Шаповал А. В., Стариченко В. М., Коломієць В. М., Шляхтуров Д. С., Корнійчук О. В., Задорожний В. С., Блащук М. І., Демиденко О. В., Шаповал І. С., Рудик Р. І., Ратошнюк І. Ю., Сторожук В. В., Ткачук В. П., Седіло Г. М., Коник Г. С., Качмар О. Й., Шувар А. М., Попов С. І., Кобизева Л. Н., Кабанець В. М., Собко М. Г., Буняк Н. М., Бардаков А. Г., Єгоров О. В.] // – 2013. – 34 с. (*Моніторинг стану ґрунту і запасів вологи, узагальнення інформації, загальне редагування і подання до друку*).

Тези і матеріали наукових конференцій:

33. Мазур Г. А. Ефективність використання побічної продукції на сірих лісових ґрунтах / [Мазур Г. А., **Ткаченко М. А.**, Медвідь Ю. Г. та ін.] // Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. – 2003. – Спецвип. – С. 23–28. (*Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, математичний аналіз, висновки*).

34. Мазур Г. А. Вапнування як основа підвищення родючості сірих лісових ґрунтів / Мазур Г. А., **Ткаченко М. А.**, Кондратюк І. М., Лещенко Ю. В. // Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. – 2005. – Спецвип. – С. 144–151. (*Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, математичний аналіз, висновки*).

35. Ткаченко М. А. Спосіб прискорення нейтралізації ґрунтової кислотності / **М. А. Ткаченко**, І. М. Кондратюк, В. М. Замлинська // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спецвип. Книга 2. – 2010. – С. 315–316. (*Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення експериментального матеріалу, висновки*).

36. Ткаченко М. А. Вплив вапнування на зміну показників фізико-хімічних властивостей сірого лісового ґрунту / **М. А. Ткаченко** // Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 90-річчю кафедри ґрунтознавства і охорони ґрунтів імені професора Шикучи М. К., 29–30 трав. 2012 р.: тези доп. – Київ, 2012. – С. 126–130.

37. Григора Т. І. Розвиток сучасного ґрунтоутворювального процесу у сірому лісовому ґрунті залежно від системи удобрення / Т. І. Григора, **М. А. Ткаченко**, Я. О. Питель // Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 90-річчю кафедри ґрунтознавства і охорони ґрунтів імені професора Шикучи М. К., 29–30 трав. 2012 р.: тези доп. – Київ, 2012. – С. 255–259. (*Постановка проблеми, проведення польових та аналітичних досліджень, узагальнення експериментального матеріалу, висновки*).

38. Ткаченко М. А. Вплив повторного вапнування на вміст рухомого алюмінію у сірому лісовому ґрунті / **М. А. Ткаченко** // Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах:

матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, 25 липня 2012 р. – Рівне, 2012. – С. 14–17.

39. Ткаченко М. А. Оцінка ґрунтово-кліматичних умов зони Полісся щодо придатності для ведення органічного виробництва / **М. А. Ткаченко**, С. Г. Пелюховський // Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і реалізація якісної органічної продукції: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. – Київ–Іллінці, 2013. – С. 25–30. (*Постановка проблеми, узагальнення літературних джерел, аналіз інформації, висновки*).

40. Ткаченко М. А. Ефективність агрохімічних факторів відтворення родючості елювіальних ґрунтів Лісостепу / **М. А. Ткаченко** // «Агрохімічна служба України: Роль і місце в розвитку агропромислового комплексу держави»: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – 2014. – Вип. 1. – С. 30–38.

41. Ткаченко М. А. Зміна кислотно-лужних властивостей у профілі сірого лісового ґрунту залежно від агрохімічного навантаження в агроценозі / **М. А. Ткаченко** // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Агрохімія і ґрунтознавство» (спецвипуск до IX з'їзду УТГА) Охорона ґрунтів – основа сталого розвитку України (Книга друга. Ґрунтознавство і меліорація ґрунтів). – 2014. – С. 279–280.

42. Малиновская И. М. Влияние экзогенного органического вещества на микробное сообщество серой лесной почвы / [Малиновская И. М., **Ткаченко Н. А.**, Сорока А. П., Домбровская И. В.] // Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона: материалы международной научно-практической конференции. – 2014. – С. 76–83. (*Постановка проблеми, узагальнення літературних джерел, аналіз результатів досліджень, висновки*).

АНОТАЦІЯ

Ткаченко М. А. Відтворення родючості сірих лісових ґрунтів за різних систем удобрення та хімічної меліорації у Правобережному Лісостепу. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.03 – агроґрунтознавство і агрофізика. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2015 р.

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовані та встановлені, на основі узагальнених експериментальних даних польових і аналітичних досліджень, оптимальні для Правобережного Лісостепу періодичність хімічної меліорації, дози та форми вапнякових меліорантів, система удобрення в сівозміні, які забезпечують збереження родючості сірого лісового ґрунту і гарантоване стабільне виробництво продукції рослинництва.

Проаналізовано наслідки комплексного антропогенного впливу на основні властивості та умови родючості кислих сірих лісових ґрунтів, визначено особливості протікання елементарних ґрунтових процесів і трансформації основних властивостей в часі за впливу хімічних меліорацій та різної системи удобрення в сівозміні. Встановлено, що застосування нетоварної частини врожаю в типових сівозмінах Лісостепу в якості органічного удобрення не забезпечує розширеного відтворення родючості сірого лісового ґрунту

Уточнено основні закономірності кількісних і якісних змін гумусового стану сірого лісового ґрунту, показано роль продуктів взаємодії, агрометеорологічних, органічних і мінеральних компонентів у його формуванні. Встановлено необхідність регулювання структури обмінних катіонів у ґрунтовому вбирному комплексі сірого лісового ґрунту за умови інтенсивного агрохімічного навантаження шляхом застосування природних мінералів, які містять у своєму складі магній.

Доведено економічну і енергетичну ефективність застосування комплексних меліорантів на основі поєднання дефекату і сапоніту, що забезпечує підвищення врожаю й окупність мінеральних добрив та обґрунтовано необхідність їх впровадження у виробництво в Правобережному Лісостепу України.

Ключові слова: хімічна меліорація, хімічні меліоранти, вапнякове борошно, доломітове борошно, дефекат, сапоніт, система удобрення, родючість, кислотність ґрунту, продуктивність сівозміни.

АННОТАЦІЯ

Ткаченко М. А. Воспроизводство плодородия серых лесных почв при различных системах удобрения и химической мелиорации в Правобережной Лесостепи. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.03 – агропочвоведение и агрофизика. – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2015 г.

В диссертационной работе теоретически обоснованы и установлены на основе обобщенных экспериментальных данных полевых и аналитических исследований, оптимальные для Правобережной Лесостепи периодичность химической мелиорации, дозы и формы известняковых меліорантов, система удобрення в севообороте, которые обеспечивают сохранение плодородия серой лесной почвы и гарантированное стабильное производство продукции растениеводства.

Проанализированы последствия комплексного антропогенного воздействия на основные свойства и условия плодородия кислых серых лесных почв, определены особенности протекания элементарных почвенных процессов и трансформации основных свойств во времени при воздействии химических меліораций и разнотравной системы удобрення в севообороте. Установлено, что применение нетоварной части урожая в типичных севооборотах Лесостепи в качестве органического удобрення не обеспечивает расширенного воспроизводства плодородия серой лесной почвы.

Раскрыты основные закономерности количественных и качественных изменений гумусового состояния серой лесной почвы, показана роль продуктов взаимодействия, агрометеорологических, органических и минеральных компонентов в его формировании. Установлена необходимость регулирования структуры обменных катионов в почвенном поглощающем комплексе серой лесной почвы при интенсивной агрохимической нагрузке путем применения природных минералов, которые содержат в своем составе магний.

Доказана экономическая и энергетическая эффективность применения комплексных меліорантов на основе сочетания дефеката и сапонита, что обеспечивает повышение урожая, окупаемость минеральных удобрення и

обоснована необходимость их внедрения в производство в Правобережной Лесостепи Украины.

Ключевые слова: химическая мелиорация, химические мелиоранты, известняковая мука, доломитовая мука, дефекал, сапонит, система удобрения, плодородие, кислотность почвы, продуктивность севооборота.

ANNOTATION

Tkachenko M. A. Reproduction of gray forest soil fertility under different fertilization systems and chemical amelioration in the Right-Bank Forest-Steppe. - As the manuscript.

Thesis for the Doctoral degree of Agricultural Sciences in the specialty 06.01.03 – agricultural soil science and agrophysics. - National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, 2015.

In dissertational work theoretically grounded and established, based on generalized experimental data of field and analytical studies, optimal for the Right-Bank Forest-Steppe chemical amelioration frequency, dose and forms of limestone ameliorants, fertilizer system in the rotation, that preserve gray forest soil fertility and guarantee the stability of crop production.

Been analyzed the effects of complex anthropogenic impact on the basic properties and conditions of acid gray forest soils fertility, identified special features of the elementary soil processes and the time transformation of the basic properties under the influence of chemical reclamation and different fertilizer system in the rotation. Found the general capability of gray forest soils, which are involved in the system of intensive agriculture, for acidification by the use of fertilizers and without them. Adding CaCO_3 full dose by hydrolytic acidity provides neutralization of soil acidity irrespective of agrochemical load on soil and organic fertilizers.

Applying lime at different depths (1/2 dose under plowing, 1/2 under cultivation) can solve the problem of excessive acidity neutralization acceleration of topsoil in the first two years after the ameliorant introduction. In the second year practically eliminates excessive acidity and harmful effects of movable aluminum, providing increased crop yields compared to the traditional way of entering full dose of lime.

Proved that the optimal periodicity of liming for gray forest soils in the System of Intensive farming with full dose by hydrolytic acidity under conditions of periodically flushing water regime in the Forest-Steppe zone of Ukraine is 10 years, and with high doses of ameliorants cyclicity of liming may be more than 12 years.

Found that the use of gray forest soils in intensive cultivation systems without the use of fertilizers and complete exclusion of grown products from the field during 14 years resulting in an increase of acidity and significant loss of humus in the root layer, but this deterioration lasts to the equilibrium level and does not decrease over the next seven years. Established that the use of non-market part of the harvest in the Forest-Steppe typical crop rotations as organic fertilizer does not provide the expanded reproduction of gray forest soil fertility.

Basic laws of quantitative and qualitative changes of the humus status of gray forest soil been improved. Showed the role of interaction products, agro-meteorological, organic and mineral components in its formation. Established that long use of moderate doses of mineral and organic fertilizers on the background of liming improves humus condition, affecting not only the general content, but also the quality of it. Liming with full dose by hydrolytic acidity once every 10 years, provides the processes of transformation of organic matter toward humification enhancing, preserving

decomposition products of organic compounds from mineralization and leaching and helps to perpetuate the humic substances in the soil profile.

Identified the need of regulating in structure of exchangeable cations in the soil absorption complex of gray forest soils under intensive agrochemical load using natural minerals that contain magnesium in its composition. Proven economic and energy efficiency of complex ameliorants based on a combination of defecate and saponite, which increases the yields, recoupage of fertilizers and the necessity of their manufacturing in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Under the same conditions of prolonged use of agriculture components role of agrochemical factor increases from 66 to 105 % in accumulative soils type and reaches 150% in alluvial soil formation type. However, there occurs a significant decrease of the main fertility indicators and reduce agrocenosis productivity in areas that do not have a systematic impact of agrochemical factor.

Been analyzed crops productivity in Forest-Steppe zone on liming background that increases in the first rotation and gradually declining in the second rotation of the 7-field crop rotation, due to the deterioration of physical and chemical properties of soil. Calculated the need for re-liming by full dose (1,0 Hg CaCO_3) at least once every 10 years, which will ensure the maintenance of soil solution reaction at an optimum level, ensuring thereby obtaining significant increases of crop yields.

Established that under the same weather conditions and application of the basic components of agriculture system – crop rotation, soil cultivation, plant protection, varieties, role of agrochemical factor for gray forest soils increases to 77–81 %, confirming its crucial role in agrocenosis productivity growth and reproduction of potential and increasing of effective fertility.

Economic efficiency calculations of chemical reclamation for gray forest soils indicate that liming is the most effective measure to increase fertility. As a result of comparing the energy efficiency of the organic fertilizers use such as manure, green manure and by-products was found significant advantage of manure. The use of straw, beet tops, stems of soybean, as fertilizing agents, for 21 years was inefficient in terms of energy consumption. Increase in products occurred simultaneously both by liming and fertilization systems and by increasing the energy content of the soil. Found the increasing of soil energy content by 61% only from introduction to fertilization system the non-tradable part of yield from grain-hoe crop rotation. Means that energy contributed by by-products transferred mainly to soil energy storage and less to yield increasing energy.

Keywords: chemical amelioration, chemical ameliorants, limestone powder, dolomite powder, defecation, saponite, fertilizer system, fertility, soil acidity, the productivity of crop rotation.