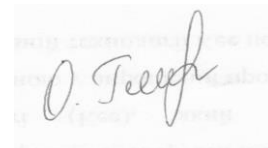


Міністерство освіти і науки України
Львівський національний аграрний університет

На правах рукопису



ГЕРМАНОВИЧ Ольга Мирославівна

УДК [574.4:63]:631.821

ЕМІСІЯ ДІОКСИДУ КАРБОНУ ҐРУНТОМ
ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ І ВАПНУВАННЯ
В АГРОБІОГЕОЦЕНОЗАХ ОПІЛЛЯ

03.00.16 – екологія

Дисертація
на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Науковий керівник:

СНІТИНСЬКИЙ Володимир Васильович

доктор біологічних наук, професор,

академік НААН України

Львів – 2018

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

pH_{KCl}	показник концентрації іонів водню
ЗЗЛГ	землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство
Нг; г.к	гідролітична кислотність
ГК	гумінові кислоти
ФК	фульвокислоти
НІР₀₅	найменша істотна різниця між варіантами досліду за 5% рівня значущості
ppm	одиниця вимірювання концентрації – одна мільйонна частка (1 ppm = 10 ⁻⁶ = 1 частка на мільйон = 0,00001%)
К_{еє}	коефіцієнт енергетичної ефективності

ЗМІСТ

ВСТУП	6
Розділ 1. ЕКОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ ҐРУНТУ І ГУМУСУ ЯК ОСНОВА СТАБІЛЬНОСТІ Й ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЕКОСИСТЕМИ	11
1.1. Вміст та якість органічної речовини і карбоновий режим ґрунтів, його особливості та шляхи регулювання	11
1.2. Екологічні аспекти освоєння й трансформації ґрунтів за різних систем їх використання	17
1.3. Органічна речовина ґрунту як акумулятор і резервуар карбону в агроecosистемі	24
1.4. Біотична активність ґрунту за різних систем господарювання	28
1.5. Комплексна оцінка та прогноз якості земель на основі емісії діоксиду карбону в атмосферу	30
Висновки до розділу 1	34
Розділ 2. МЕТОДИКА, ОБ'ЄКТИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	36
2.1. Методика, об'єкти та зміст дослідження	36
2.1.1. Методики польових і лабораторних досліджень	36
2.1.2 Методика і техніка дослідження емісії діоксиду карбону	39
2.2. Характеристика екоситуації у Північному Опіллі, ґрунтово-кліматичні й погодні умови вирощування сільськогосподарських культур	40
Розділ 3. ІНТЕНСИВНІСТЬ ЕМІСІЇ ДІОКСИДУ КАРБОНУ ҐРУНТОМ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНІ	51
3.1. Емісія діоксиду карбону під культурами сівозміни залежно від систем удобрення і вапнування	51
3.2. Вегетаційна динаміка інтенсивності виділення діоксиду карбону під час росту та розвитку культур	57

3.3. Сезонна та добова динаміка емісії діоксиду карбону ґрунтом за різних систем удобрення та вапнування	66
Висновки до розділу 3	74
Розділ 4. ОЦІНКА ЗМІН ВМІСТУ ГУМУСУ ЯК ЧИННИКА МАЛОГО КАРБОНОВОГО ЦИКЛУ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ ІЗ РІЗНИМИ НОРМАМИ УДОБРЕННЯ І ВАПНУВАННЯ	75
4.1. Трансформація гумусного стану ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту під впливом тривалого застосування добрив і вапна	75
4.2. Динаміка лабільного гумусу під культурами сівозміни за різних систем використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту	83
4.3. Склад мікробоценозів ґрунту за різних агрохемонавантажень	87
4.4. Зміна агрохімічних та фізико-хімічних властивостей ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за восьму ротацію сівозміни	95
Висновки до розділу 4	102
Розділ 5. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ І ВАПНУВАННЯ	103
5.1. Врожайність вирощуваних культур залежно від різних систем удобрення і вапнування	103
5.2. Продуктивність сівозміни за різних систем використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту	106
5.3. Еколого-економічна ефективність довготривалого застосування добрив і вапна	109
5.4. Біоенергетична ефективність довготривалого застосування різних систем удобрення і вапнування	113
Висновки до розділу 5	116
ВИСНОВКИ	118

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	121
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	122
ДОДАТКИ	156
Додаток А. Таблиці до розділу 2	
Додаток Б. Рисунки до розділу 3	

ВСТУП

Актуальність теми. Сприятливі природні умови та вигідне географічне положення Опілля зумовили освоєність цієї території ще у III тис. до н. е., а поступове антропогенне навантаження на біоценози досягло максимуму у XIX-XX ст. [183].

Антропогенний вплив на ґрунт призводить до розбалансування циклу карбону в агробіогеоценозах. Його втрата в орних ґрунтах за нераціонального використання перетворює агроєкосистему на джерело викиду діоксиду карбону [258]. Тому важливо встановити рівень емісії діоксиду карбону (як параметра оцінки функціонального стану агроєкосистем) залежно від особливостей використання й удобрення ґрунту.

Зміни обсягів викидів CO₂ ґрунтом у сільському господарстві зумовлені синергією одночасно декількох чинників: інтенсифікацією землеробства, розширенням площ орних угідь, різними способами обробітку, удобренням, а також зменшенням обсягів і норм внесення органічних добрив [22; 111; 159; 215; 238].

Стійкість родючості ґрунту залежить від динамічної рівноваги між процесами гуміфікації та мінералізації органічної речовини [83]. Антропогенне навантаження на агроландшафти Опілля має тенденцію до посилення і є вирішальним чинником, що спричинює деградацію ґрунтів і ґрунтового покриву [182]. Тому вивчення механізмів впливу різних агрозаходів на вміст і трансформацію органічної речовини є необхідним насамперед для забезпечення збалансованого використання її ресурсів та розробки ефективних заходів моніторингу стабільності агроєкосистеми загалом. Заходи, спрямовані на відновлення і збереження гумусу, а відтак на відтворення й збереження родючості ґрунтів, сприятимуть також контролю за кругообігом карбону в агроєкосистемах та зниженню рівня емісії CO₂ з них.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана відповідно до тематики наукових досліджень кафедри екології та біології Львівського національного аграрного університету, зокрема науково-дослідної теми «Дослідити стан і динаміку природних компонентів агроєкосистем західного регіону України та розробити заходи щодо оптимізації їх ефективного функціонування в умовах антропогенезу» (номер держреєстрації 0111U001253), і пов'язана з виконанням тематичного плану лабораторії землеробства та відтворення родючості ґрунтів Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, зокрема ПНД «Родючість, охорона і раціональне використання ґрунтів» (Прикладні дослідження) з виконання завдання 01.00.03.12.П «Розробити і впровадити екологічно безпечні ресурсозберезувальні системи відтворення родючості кислих поверхнево оглеєних ґрунтів Західного Лісостепу Передкарпаття України» (2011-2013 рр.) № 0111U005316 та завдання 01.00.03.17.П. «Корекція систем відтворення родючості ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів з урахуванням їх окисно-відновного режиму та емісії CO₂» (2014-2015 рр.) (№ держреєстрації 0114U003330).

Мета і завдання дослідження. Основною метою дисертаційної роботи є встановлення загальних закономірностей та регіональних особливостей виділення діоксиду карбону, діагностика трансформаційних процесів основних властивостей і режимів ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від тривалого застосування різних систем удобрення і вапнування. Досягнення поставленої мети передбачає виконання таких *завдань*:

- вивчити особливості емісії діоксиду карбону залежно від систем використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту;

- дослідити сезонну і добову динаміку інтенсивності виділення CO₂ під культурами сівозміни залежно від різних систем удобрення та доз внесення вапна;

- вивчити вплив тривалого внесення добрив і вапна на вміст і запаси гумусу й трансформацію гумусного стану ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за восьму ротацію сівозміни;

- дослідити мікробіологічні властивості за різних систем удобрення і вапнування ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту;

- встановити вплив тривалого застосування різних систем удобрення і вапнування на кислотно-основні та агрохімічні показники родючості ґрунту й продуктивність сівозміни;

- провести економічну та енергетичну оцінку довготривалого застосування у сівозміні мінеральних, органічних добрив і вапна.

Об'єкт дослідження – динаміка емісії діоксиду карбону, зміна основних властивостей і режимів ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від тривалого застосування різних систем удобрення та вапнування.

Предмет дослідження – природні та антропогенні чинники, які впливають на динаміку емісії діоксиду карбону під культурами сівозміни за різних систем удобрення та вапнування ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту.

Методи дослідження. Методологічною основою дослідження є просторово-часовий аналіз та екологічна оцінка впливу різних систем удобрення і вапнування на інтенсивність виділення діоксиду карбону, основні властивості і режими ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту. Для виконання роботи використано методи польових досліджень, лабораторно-хімічні, фізико-хімічні, агрохімічні та математично-статистичні.

Наукова новизна одержаних результатів. Проведені дослідження дали змогу стверджувати, що *вперше* в агробіогеоценозах Опілля:

- обґрунтована необхідність проведення моніторингу емісії CO₂ з ґрунту залежно від різних систем його використання;

- з'ясовано закономірності динаміки емісійного потоку діоксиду карбону залежно від різних систем удобрення, доз внесення вапна та культур сівозміни;

- встановлено добову та сезонну динаміку емісії CO₂ під культурами сівозміни залежно від різних систем використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту;

- показано трансформацію гумусного стану, фізико-хімічних, агро-хімічних та мікробіологічних властивостей ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від тривалого внесення добрив і вапна;

удосконалено:

- систему застосування добрив та дозованого внесення на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті вапна за кислотно-основною буферністю, що забезпечує покращання родючості, збереження екологічних функцій та отримання високої продуктивності агроценозів.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані закономірності динаміки емісії CO₂ за різних систем удобрення і вапнування дають підстави рекомендувати ефективні заходи його регулювання, а саме: внесення доз вапна, розрахованих за кислотно-основною буферністю, як за орґано-мінеральної, так і мінеральної систем удобрення. Результати досліджень можуть бути використані для кадастрової оцінки викидів парникових газів на кількісно-моніторинговій основі та для прогнозування впливу різних доз добрив і вапна на карбоновий режим у ґрунті та запровадження ресурсозберігаючого, науково обґрунтованого, екобезпечного ведення землеробства на ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах Опілля.

Окремі результати дисертаційних досліджень задіяно у навчальному процесі Львівського національного аграрного університету під час викладання дисциплін «Агроекологія», «Моніторинг стану навколишнього середовища».

Особистий внесок здобувача. Автор безпосередньо брала участь у закладанні та виконанні дослідів, відбиранні зразків ґрунту, проведенні польових досліджень, лабораторних аналізів; теоретично обґрунтувала та узагальнила отримані результати дослідження, що відображено у наукових працях, сформулювала основні положення дисертаційної роботи, загальні висновки і практичні рекомендації.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень та положення дисертаційної роботи представлено та апробовано на засіданнях вченої ради факультету агротехнологій та екології Львівського НАУ, на звітних наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів Львівського НАУ (2012–2014 рр.), Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах» (м. Рівне, 2012 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України» (с. Оброшино, 2013 р.), Міжнародній науково-практичній конференції з нагоди 50-річчя агрохімічної служби України «Агрохімічна служба України: роль і місце в розвитку агропромислового комплексу держави» (м. Київ, 2014 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в Північно-Східному регіоні України» (м. Суми, 2014 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 18 наукових праць, із них 8 статей – у наукових фахових виданнях, 3 статті – у наукових виданнях, внесених до Міжнародної наукометричної бази, 7 – в інших виданнях.

Структура та обсяг дисертації. Загальний обсяг роботи – 165 с., у тому числі 117 с. основного тексту. Дисертація містить вступ, п'ять розділів, висновки, практичні рекомендації, список використаних джерел (289 найменувань, у тому числі 30 латиницею) і додатки. У тексті дисертації розміщено 15 таблиць і 31 рисунок.

За надану допомогу теоретичного і практичного характеру у написанні дисертаційної роботи автор висловлює особливу подяку кандидату сільськогосподарських наук Габриєль Анні Йосафатівні.

РОЗДІЛ 1

ЕКОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ ҐРУНТУ І ГУМУСУ ЯК ОСНОВА СТАБІЛЬНОСТІ Й ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЕКОСИСТЕМИ

1.1. Вміст та якість органічної речовини і карбоновий режим ґрунтів, його особливості та шляхи регулювання

Ґрунт, як багатофункціональна система, має важливе екологічне значення, оскільки виконує роль середовища існування, акумулятора і джерела речовини та енергії для організмів, проміжного ланцюга між біологічним і геологічним кругообігами, а також захисного бар'єра й умови нормального функціонування біосфери загалом. Саме ці функції ґрунту утворюють його екологічний потенціал [2; 84].

Ґрунт – це базис для створення агроєкосистеми, а його найбільш інтегральною екосистемною функцією є родючість, від якої залежать усі прояви життя на Землі [162; 197].

Одним із основних показників родючості ґрунту є вміст у ньому органічної речовини та її найбільш цінного складника – гумусу, із запасами якого тісно пов'язані агрофізичні, фізико-хімічні, біотичні та агрохімічні властивості ґрунту, його водний, тепловий та повітряний режими, продуктивність сільськогосподарських культур [29].

Протягом останніх десятиліть набули інтенсивного розвитку процеси дегуміфікації ґрунтів. Вони посилюються через дефіцит свіжої органічної речовини, незбалансованість систем застосування мінеральних добрив та порушення сівозмін [184].

Основними джерелами утворення і поповнення запасів гумусу в агроценозах є внесення в ґрунт органічних добрив, зокрема гною, достатня кількість органічних залишків рослин [53; 247], а також значна роль належить сівозміні [233; 255], застосуванню мінеральних добрив [125; 229], хімічній меліорації кислих ґрунтів [65; 131]. Важливу роль у накопиченні

органічних речовин у ґрунті відіграє вирощування у сівозміні бобових або суміші трав, що забезпечує систематичне накопичення цінних форм гумусових речовин, завдяки більшій кількості корневих залишків [69; 163].

Органічна речовина ґрунту та її основний і специфічний компонент – гумус, відіграють важливу роль у процесах ґрунтоутворення, забезпеченні рослин елементами зольного живлення, біологічно активними речовинами та створенні оптимального для сільськогосподарських культур водно-повітряного і поживного режиму. Наявний в літературі науковий доробок відводить гумусу роль основи ґрунтової родючості, оскільки будь-яка властивість ґрунту, тією чи іншою мірою, залежить від вмісту в ньому гумусових речовин [39; 132; 247].

Вміст, запаси і якісний склад гумусу належить до числа найбільш важливих показників, від рівня яких залежать практично всі агрономічно цінні властивості ґрунтів [70].

Гумус – головний акумулятор енергії в ґрунті, що підвищує стійкість біосфери. Ця енергія використовується живими організмами – бактеріями, грибами, хребтними й безхребтними тваринами [104].

Найважливіша властивість гумусу – його колоїдність. Як типовий колоїд він обумовлює поглинальну здатність та процеси структуроутворення, впливає на тепловий, водний та поживний режими ґрунтів. За Соколовським О. Н. [208] активна частина – це рухомий гумус, розчинність якого залежить від насичення ґрунту увібраним кальцієм. Він депонує в собі поживні елементи для рослин, є фактором утворення агрономічно цінних агрегатів структури ґрунту. Пасивна частина (пасивний гумус) – це та частина органічних колоїдів гумусової природи, що зазнала «старіння» і міцно утримується фізико-хімічними силами на поверхні тонкодисперсних часток ґрунту [90].

Разом з тим, гумус є відносно динамічною складовою частиною ґрунту, що зазнає значних кількісних та якісних змін під впливом господарської діяльності людини [288].

Гумусний стан ґрунтів нерозривно пов'язаний з їх екологічними властивостями та біосферними функціями [193]. Окрім того, гумусові речовини, маючи високі ємнісні параметри за відношенням до іонів, беруть активну участь у регулюванні геохімічних потоків елементів і деяких органічних сполук у біосфері, зокрема діоксиду карбону [132; 150].

За З. Г. Гамкалом (2003), органічна речовина ґрунту ділиться на активну фазу (АФ) або активний пул (АП) і консервативну фазу (гумус) [19, с. 28; 54]. Зокрема, активна фаза органічної речовини ґрунту «є головним субстратом процесу мінералізації та внутрішньоґрунтового циклу сполук Нітрогену і виконує роль енергоречовинного буфера, який захищає гумусові компоненти від мікробної деструкції у процесі вегетації (чи в інших випадках), коли змінюються енергетичні потреби гетеротрофної біоти, внаслідок зміни вмісту мінеральних форм біофільних елементів» [55, с. 83].

Органічний карбон є основною складовою гумусу, а процеси його трансформації в ґрунтовому середовищі – є предметом досліджень багатьох вчених. Зокрема В. Ф. Сайко стверджує, що обмін карбону є показником екологічної рівноваги для ґрунтів з високим техногенним навантаженням [213; 214].

Забезпечення ґрунту органічним карбоном безпосередньо пов'язане з кругообігом в ньому CO_2 . Процес накопичення карбону відбувається за рахунок розкладу фітомаси, сформованої у процесі фотосинтезу, а розкладання органічних сполук, проходить під час мінералізації з виділенням CO_2 в атмосферу [106; 231; 274].

Найбільш суттєвим показником групового складу гумусу та його якості є співвідношення карбону гумінових та фульвокислот. При низькій агротехніці, недостатньому внесенні органічних добрив вміст гумусу в ґрунтах значно зменшується, і при цьому, збільшується відносна кількість фульвокислот. Найбільш яскраво це спостерігається у підзолистих та дерново-підзолистих ґрунтах [102]. Гумус чорноземів найстійкіший, однак за час інтенсивного освоєння цих ґрунтів кількість гумусу в них зменшилася

на 30%. Це спостерігається особливо там, де мало вирощують багаторічних трав і не вносять органічні добрива [90; 243].

Використання орґано-мінеральної системи удобрення сприяє зниженню вмісту активної фракції гумусу та підвищенню пасивної. Це вказує на те, що під впливом такої системи забезпечується не лише приріст загального вмісту нітрогену у орному шарі ґрунту, але і стабілізація гумусу у консервативній (пасивній) формі [128, с. 53].

Аналізуючи дані польових дослідів з добривами, можна зробити висновок, що у більшості випадків їх дія має позитивний результат, тобто вміст карбону на удобрених варіантах збільшується порівняно з неудобреним фоном [171; 181; 235]. Поряд з цим, деякі вчені вважають, що можливості накопичення гумусу в ґрунті за рахунок добрив обмежені, а застосування добрив у оптимальних дозах, що не перевищують потреби рослин у елементах живлення, істотно не підвищує гумусованість ґрунту [176; 247; 261].

Запаси гумусу збільшуються від дерново-підзолистих ґрунтів Полісся до чорноземів типових південної частини Лісостепу та чорноземів звичайних північної частини Степу [168]. Тому у вивченні проблеми гумусу головне місце займає питання його якісного складу, який є важливим діагностичним показником ступеня окультурення ґрунту і спрямування процесів гуміфікації.

Мінеральні добрива значно впливають на зміну вмісту гумусу, діючи на нього як прямо, так і опосередковано [11; 191]. Вони здатні дещо підкислювати ґрунт, що призводить до підвищення розчинності гумусу і зростання його рухомості. Тому кислотність сірих лісових ґрунтів зростає при застосуванні азотних і фосфорних добрив, та зменшується при збільшенні норм органічних добрив [3; 94]. Опосередкована дія мінеральних добрив полягає в тому, що на удобрених варіантах урожаї сільськогосподарських культур завжди вищі, тому тут залишається більше рослинних решток, що слугують матеріалом для утворення гумусу.

Більшість вчених вважають, що лише сумісне внесення органічних і

мінеральних добрив може слугувати підвищенню вмісту гумусу в ґрунті, шляхом створення сприятливих умов для його нагромадження. Органічні добрива знижують негативну дію мінеральних, тому вміст органічної речовини в ґрунті зростає за сумісного використання цих видів добрив, в порівнянні із застосуванням їх одноосібно [14; 70; 173; 185].

Мінеральні добрива суттєво впливають на зростання вмісту у гумусі фульвокислот. Завдяки легкій розчинності, фульвокислоти здатні швидко вимиватися в нижні горизонти ґрунту або поза межі ґрунтового профілю. Такі ґрунти, як правило бідні на гумус. Крім того, фульвокислоти є агресивними сполуками, які руйнують мінерали ґрунту і сприяють диференціації ґрунтового профілю. Значна кількість фульвокислот синтезується також у ґрунтах, які погано аеруються, що уповільнює розкладання органічних решток і негативно впливає на їх родючість [178; 196; 204].

Фундаментальними роботами Докучаєва В. В., Конової М. М., Тюріна Н. В. і їх послідовників [8; 64; 178; 240] ґрунтово досліджена виняткова роль гумусу в процесах ґрунтоутворення, родючості та живлення рослин, а також встановлено, що у процесі сільськогосподарського використання органічна речовина ґрунту зазнає значних змін.

Важливе значення для родючості мають і біологічно активні речовини, що входять до складу органічної частини ґрунту. Наукові дослідження багатьох учених свідчать, що окремі компоненти гумусу стимулюють ті чи інші фізіологічні процеси. Так, О. С. Безухова довела, що гумусові речовини стимулюють ріст корневих волосків і кореневої системи загалом [163].

Ферментативна активність гумусу зумовлює інтенсивність надходження CO_2 в приземний шар атмосфери, а підвищення концентрації CO_2 у повітрі інтенсифікує фотосинтез. З іншого боку, фіксація CO_2 в пасивній фазі гумусу сприяє його виведенню з атмосфери [278].

Залежно від стійкості до біохімічного розкладу і трансформації органічну речовину ґрунту розділяють на консервативні (стійкі сполуки) і

лабільні (рухомі) речовини. Консервативна частина зберігається протягом тривалого часу, формуючи типові ознаки ґрунтів. Вона є стійкою до мінералізації, тому відіграє незначну роль у живленні рослин, проте така форма є «депо» карбону [19; 107].

У створенні ефективної родючості ґрунту важливу роль відіграють лабільні (рухомі) органічні речовини, які частково мінералізуються в результаті ферментних та окислювальних процесів і слугують джерелом найбільш доступних поживних речовин для рослин [88; 107]. Тому родючість в значній мірі залежить від частки лабільних гумінових речовин в органічній речовині. Чим більша частка лабільних гумінових речовин у гумусі, тим більша його динаміка, і тим більші можливі втрати при розорюванні ґрунтів та інших антропогенних навантаженнях [32].

Як біохімічно активний фонд органічної частини ґрунту, рухомі органічні речовини здійснюють суттєвий вплив на процеси структуроутворення і акумуляції енергії. Окрім цього, вони характеризуються невисоким вмістом карбону, низькою оптичною щільністю, підвищеною гідрофільністю і вмістом функціональних груп нітрогену [161].

Однією з найбільш важливих функцій рухомих органічних речовин є забезпечення сприятливих умов для росту, розвитку та продуктивності рослин. Органічні речовини приймають безпосередню участь в живленні рослин, а також у фізико-біохімічних процесах, що пов'язані з фотосинтезом і диханням [141].

Важливим є те, що у глобальному циклі Карбону в біосфері пріоритетна роль належить саме органічній речовині ґрунту (ОРГ), як одному з найбільших планетарних резервуарів Карбону. У ньому зосереджено 2300 Гт С, що значно перевищує сумарний запас цього хімічного елемента у атмосфері (800 Гт С) та фітомасі (550 Гт С). Тому, навіть незначна інтенсифікація розкладу органічної речовини збільшує концентрацію парникових газів і, перш за все, діоксиду карбону в атмосфері [19, с. 6].

У зв'язку з цим, оптимізація утворення і накопичення органічної речовини та її мінералізації є важливою складовою оптимального функціонування ґрунту.

1.2. Екологічні аспекти освоєння й трансформації ґрунтів за різних систем їх використання

Початок ґрунтоутворення співпадає з початком функціонування біогеоценозів в умовах одночасної взаємодії факторів ґрунтоутворення. Вже на початковій стадії функціонування екосистем формується біологічний кругообіг речовини, відбуваються процеси небіологічного напрямку – фізичні, фізико-хімічні [195, с. 26].

Аналізуючи багатовікову історію розвитку світового землеробства Юстус Лібіх (1840 р.) зробив важливе застереження для наступних поколінь: «Причина виникнення і занепаду націй полягає в одному і тому самому. Розкрадання родючості ґрунту зумовлює їхню загибель, підтримання цієї родючості – їх життя, багатство і могутність» [168, с. 56].

Освоюючи цілинні землі, людина створює сприятливі умови для росту й розвитку культурних рослин. Однак, при цьому порушується динамічна рівновага всіх компонентів природного ландшафту: змінюється характер рослинності, склад мікробо- і зооценозу, характер обміну речовин і енергії в системі ґрунт – рослина [194, с. 67].

Розвиток сільського господарства потребує правильного врахування особливостей ґрунтового покриву при розміщенні й плануванні його галузей, при виборі та розміщенні культурних рослин, агротехніки, використання добрив тощо [26].

Обробіток ґрунту, регулювання водного режиму, внесення добрив, хімічні та інші види меліорацій докорінно змінюють хімічний склад ґрунту, його фізичні, теплові та водні властивості [92; 271].

Площа України складає 60,3 млн га земель, з яких 41,6 млн га є сільськогосподарськими угіддями; з них 32,5 млн га ріллі. Розораність становить 53,9% від загальної площі України, та 78,1% від сільськогосподарських угідь [168]. В умовах інтенсивного ведення землеробства відбувається деградація ґрунтів, у тому числі дегуміфікація, що спостерігається протягом останніх років [30], а це призводить до мінералізації гумусу, і як наслідок, до вивільнення діоксиду карбону.

На цілинних землях процес гуміфікації переважає над процесом мінералізації, у результаті чого відбувається поступове накопичення органічної речовини ґрунту (гумусу). Агрогенне освоєння ґрунтів, порівняно з цілинними аналогами, супроводжується посиленням мінералізаційних процесів та зниженням швидкості гуміфікації. Особливо активно цей процес відбувається в перші роки розорювання цілинних земель, перелогів і ґрунтів, що виведені з-під лісових екосистем. При цьому швидко розкладається активний «молодий» гумус. Так, протягом 5-7 років після розорювання сірих лісових, дерново-підзолистих ґрунтів і буроземів руйнується майже 40% перегною [36: 86; 163; 210].

Світовий досвід показує, що екстенсивне ведення землеробства без застосування добрив неминуче веде до поступового виснаження родючості ґрунтів та зниження урожайності вирощуваних культур [144; 222; 223; 256].

Високі норми мінеральних добрив, поряд із підвищенням урожаїв викликають погіршення деяких важливих властивостей ґрунту. Зокрема, відбувається зміна складу гумусу, в ньому підвищується кількість активного (рухомого) гумусу, який може мігрувати вниз по профілю. Це викликає зменшення його запасів в орному шарі; знижується ємність вбирання; рН змінюється в бік підкислення, що в свою чергу послаблює зв'язок гумусу з мінеральною частиною, а також послаблює його структурність [153; 203].

Дослідженнями доведено, що внесення органічних добрив, зокрема, гною, супроводжується нейтралізацією кислої реакції ґрунту на 0,1-0,3 одиниці завдяки вмісту в ньому Ca^{2+} і NH_4^+ , а сумісне внесення вапнякових

матеріалів з органічними добривами, сприяє активному розвитку мікроорганізмів ґрунту, які в свою чергу, посилюють розкладання гною і перехід важкодоступних органічних речовин в легкодоступні для рослин сполуки [63; 77; 109].

Внесення мінеральних і органічних добрив змінює активність гумусових речовин. Органічні добрива є джерелом утворення «свіжого», більш активного гумусу [70; 121; 127]. Своїми дослідженнями Л. І. Ворона, О. І. Мислова [40], В. Павловський [181] стверджують, що за органо-мінеральної системи удобрення вміст гумусу в ґрунті зростає.

У дослідженнях Гамзикова Г. П., під впливом добрив збільшується частка рухомих і водорозчинних органічних речовин ґрунту [53].

Застосування добрив в інтенсивному землеробстві, орієнтованому на отримання високих врожаїв, у дозах, що не перевищують потреби культур в елементах живлення, не дозволяє значно підвищити гумусованість ґрунту [91; 52; 248].

При монокультурі в агроценозі та при інтенсивному сільсько-господарському використанні ґрунтів процеси розкладу й мінералізації гумусу переважають над процесами гуміфікації, тому відбуваються втрати гумусу. «Згоряння» гумусових речовин веде до погіршення агрофізичних властивостей ґрунту, зменшує його біотичну активність, поглинальну здатність, вміст поживних речовин [196].

Та навіть в умовах оптимального накопичення гумусу, які складаються на півдні Лісостепу, неправильний обробіток веде до активізації мінералізаційних процесів. До зменшення запасу гумусу веде часте розпушення ґрунту та оранка з використанням полицевих плугів.

Згідно з Є. А. Афанасьєвою, найнижчі концентрації CO_2 в ґрунтовому повітрі цілинного чорнозему спостерігаються навесні після сніготанення, підвищуються до літа в міру розвитку біоти. Найбільша кількість CO_2 продукується в поверхневому шарі, але значна її частина йде в атмосферу у процесі «дихання» ґрунту [194, с. 166-167].

Великий вплив на абсолютний вміст діоксиду карбону набуває характер рослинності. За даними Б. Н. Макарова (1966), максимальним він буває під пологом змішаного лісу, більш низьким – в ґрунті під люцерною, ще нижче в ґрунті, засіяному зерновими, а найбільш низьким – у ґрунті чистого пару [134].

У структурі земельного фонду України значні площі займають ґрунти з незадовільними властивостями. За розрахунками Інституту землеустрою, площа їх у складі орних земель перевищує 6,5 млн га, або 20% площі ріллі. За даними інших дослідників (ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О. Н. Соколовського», ННЦ «Інститут землеробства»), площа деградованих і малородючих ґрунтів становить понад 8-10 млн га [167, с. 152].

Під впливом нерегламентованого антропогенного втручання порушуються збалансовані природні зв'язки та розвиваються деградаційні процеси, які не тільки погіршують властивості ґрунтів, але й зумовлюють руйнування ґрунтового покриву [33; 140; 183].

За даними В. А. Ковди [104], щороку у світі незворотні втрати орних ґрунтів становлять 6-7 млн га. В Україні щорічні втрати гумусу сягають 0,5 т/га ріллі [180; 256]. Ці дані свідчать про значні темпи деградації ґрунтів і потребу застосування сучасних методів досліджень для виявлення порушень на ранніх стадіях та пошуку шляхів протидії негативному впливу.

Видатний вчений К. А. Тімірязєв зазначив, що «володіння землею – не право лише чи привілей, а важкий обов'язок, що загрожує відповідальністю перед судом нащадків» [168].

В багатьох регіонах земної кулі вміст гумусу в ґрунтах за останні 30-40 років зменшився на 30%. За даними І. В. Кузнецової, підвищення вмісту гумусу в дерново-підзолистих ґрунтах до 5-6% сприяє підвищенню оструктуреності ґрунту до 50%. Одночасно збільшується пористість, вологоємність і ємність вбирання ґрунту [163].

Основними заходами для накопичення органічних речовин у ґрунті є внесення органічних добрив (гною, торф'яних компостів, сидератів),

виращування багаторічних трав (бобових або суміші трав), боротьба з ерозією, водна меліорація, хімічна меліорація, правильна система обробітку ґрунту, впровадження науково обґрунтованих сівозмін [1; 24; 227].

В Україні водної і вітрової ерозії зазнають понад 11,9 млн га сільгоспугідь. Сумарні втрати гумусу через мінералізацію та ерозію ґрунтів щорічно складають понад 32-33 млн т [167].

Фізична деградація практично охопила всю рілля України. Вона проявляється у знеструктуренні верхнього шару, брилистості після оранки, запливанні і кіркоутворенні, наявності плужної підшви, переущільненні підорного і глибших шарів. Фізично деградовані ґрунти зазнають ерозії, гірше вбирають і утримують атмосферну вологу, обмежують розвиток корневих систем рослин [167, с.154].

В Україні за даними масштабного агрохімічного обстеження майже 23% земель мають підвищену кислотність, що обумовлює низьку їх родючість та слабку ефективність добрив [158; 212; 226]. У зв'язку з різким зменшення обсягів вапнування, площі кислих ґрунтів постійно зростають. Це призводить до зниження врожайності всіх культур і, в першу чергу, високоінтенсивних сортів, які витісняються із сівозміни більш стійкими до кислотності, але менш конкурентоздатними. Тому основним заходом по докорінному поліпшенню кислих ґрунтів, який має передувати всім іншим, має стати вапнування [65; 131].

Внаслідок підвищення кислотності ґрунтів погіршуються їх фізичні, фізико-хімічні, агрохімічні та мікробіологічні властивості. Це приводить до зменшення урожаїв сільськогосподарських культур чутливих до кислотності. Тому необхідним заходом підвищення продуктивності кислих ґрунтів є хімічна меліорація – вапнування [45; 144; 254].

Такий підхід особливо актуальний для кислих, бідних за рівнем природної родючості ясно-сірих лісових ґрунтів, високопродуктивне використання яких можливе лише за умови зниження кислотності ґрунтового

розчину шляхом хімічної меліорації, а також внесенням органічних добрив [273].

Завдяки вапнуванню істотно зростає ефективність як мінеральної, так і орґано-мінеральної систем удобрення [191; 195]. Ефективність вапнування залежить від багатьох факторів, основними з яких є ступінь кислотності ґрунту, норма вапна, набір культур у сівозміні і рівень їх удобрення [65; 131; 143, 242].

Вапнування кислих сірих лісових крупнопилувато-легкосуглинкових ґрунтів має велике екологічне значення. В першу чергу знижується обмінна кислотність і, як наслідок – вміст рухомого алюмінію [261; 234]. Вапнування запобігає також його подальшому накопиченню в ґрунті під дією мінеральних добрив. Необхідно врахувати, що з підвищенням рівня застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив загальні площі кислих ґрунтів будуть зростати, і вапнування стане необхідністю там, де зараз кислих ґрунтів немає [232].

Застосування органічних і мінеральних добрив, поряд із меліорацією також залишаються основними факторами збереження родючості ґрунтів та стабілізації аграрного виробництва, оскільки їх ефективність на фоні вапна підвищується [15; 59; 143; 195].

Однак традиційна технологія хімічної меліорації в умовах ринкової економіки є досить енерговитратною. Тому на сьогодні потрібні принципово нові підходи до вирішення проблеми хімічної меліорації кислих ґрунтів з обов'язковим переходом на ресурсозберігаючі технології [239; 242].

Для підзолистого типу ґрунту основними заходами є вапнування, внесення органічних добрив, травосіяння, сидерація тощо; для чорноземів – заходи з накопичення і збереження ґрунтової вологи та захисту їх від ерозійних процесів; для каштанових солонцюватих ґрунтів – гіпсування і вологонакопичення; для перезволожених – осушення; для торф'яних – підвищення ущільненості [90, с. 19].

Природні процеси мінералізації органічного карбону, зокрема – «ди-

ханья ґрунтів» відіграють важливу роль у забезпеченні сучасного рівня CO₂ в атмосфері.

Результати наукових досліджень свідчать, що динаміка балансу CO₂ в ґрунтах залежить від способу та інтенсивності їх використання [112; 133; 198; 199; 224]. За подібних кліматичних умов ґрунт буде мати неоднакову величину дисипації ↔ секвестрації діоксиду карбону, залежно від рівня загального агрогенного навантаження, системи удобрення, наявності меліорації [108; 230].

Склад ґрунтового повітря змінюється протягом року, більшою мірою в теплий період року (в результаті інтенсивної діяльності мікрофлори, дихання коренів та інших біологічних процесів), а також в умовах поганого газообміну в період випадання великої кількості опадів, чи при утворенні льодової кірки [6].

Газообмін між ґрунтом і атмосферою здійснюється за допомогою таких чинників як дифузія, зміна барометричного тиску, температури ґрунту і повітря, надходження в ґрунт води, а також за допомогою вітру [99; 123; 217].

Значні коливання в складі ґрунтового повітря залежать від типу ґрунту, виду культури, системи удобрення і обробітку ґрунту. Коли в ґрунті вміст CO₂ вище 3-5%, а кисню – нижче 10%, то настає пригнічення рослин. Нестача повітря у ґрунті дуже сильно лімітує його родючість [172; 194].

Оптимальний вміст повітря в орному шарі ґрунту є неоднаковий для різних видів культур. Так для зернових становить 15-20% загальної пористості, для просапних 20-30% і для багаторічних трав – 17-21%.

Важливим агрозаходом в регулювання повітряного режиму ґрунту є механічний обробіток, який дозволяє створювати необхідну будову орного шару і тим самим забезпечувати умови нормального газообміну [159; 225].

Незалежно від поглядів на сутність агрогенної еволюції ґрунтів, більшість дослідників відмічають, що високий рівень механізації та хімізації, використання інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських

культур призводить до зміни складу, властивостей та формування режимів ґрунтів [218; 257]. Такі зміни можуть мати як позитивні, так і негативні наслідки. Тому процеси антропогенних змін ґрунтів необхідно вивчати з метою розробки обґрунтованих сценаріїв еволюції ґрунтів на близьку та віддалену перспективу для їх збереження і раціонального використання.

1.3. Органічна речовина ґрунту як акумулятор і резервуар карбону в агроєкосистемі

Родючості ґрунту властива здатність до відтворення як в природних умовах, так і в процесі сільськогосподарського використання. Зниження родючості в агроєкосистемах відбувається переважно за рахунок ерозії, виснаження ґрунту (зменшення запасів гумусу, поживних речовин), накопиченням в ньому різних токсичних елементів [17].

Важливе значення в системі всіх факторів родючості належить органічній речовині, зокрема гумусу як акумулятору карбону. Ґрунт, використовуючи енергію Сонця, речовини та елементи живлення з навколишнього середовища, трансформує їх у процесі складних біофізико-хімічних процесів і забезпечує рослини всім необхідним [18; 90].

Гумус є надзвичайно важливим компонентом ґрунту, від вмісту якого у значній мірі залежать не тільки врожайність сільськогосподарських культур, але й екологічний стан ґрунту і продуктивність агроценозів. Оптимальні показники гумусного стану в значній мірі визначають стійкість ґрунтів до несприятливих факторів, забезпечують стабільну родючість і продуктивність агроценозів [60; 78; 122; 137; 152].

Рівень родючості ґрунту залежить не лише від кількості гумусу, а й від його якості. В. А. Ковда у своїх працях підкреслює загальну планетарну роль ґрунтів, як акумуляторів органічної речовини й енергії. Він запропонував гумусний горизонт ґрунтів планети вважати основною

енергетичною оболонкою – гумосферою [104; 202]. Саме у карбоні органічної речовини сконцентровані потенційні запаси нагромадженої ґрунтом сонячної енергії [103].

Одним із головних законів агроєкології є дотримання оптимального стану біологічного кругообігу речовин в агроєкосистемах. Його порушення є закономірним явищем перехідного періоду економічних відносин, коли стан ґрунту погіршується внаслідок недотримання балансу між виносом поживних речовин із ґрунту і компенсацією, за рахунок внесення екологічно та економічно обґрунтованих доз добрив [4; 221].

Дослідження динаміки вмісту гумусу та його якісних складових залежно від систем використання ґрунту, має винятково важливе значення. Результати досліджень свідчать, що за дефіциту органічного карбону в агроєкосистемах знижується вміст гумусу та загалом погіршується гумусний стан ґрунту [101; 129; 145]. Тому під час вирішення питання щодо регулювання основних властивостей і режимів ґрунту та забезпечення екологічної безпеки довкілля, насамперед, повинно йтися про покращання гумусного стану ґрунту шляхом забезпечення оптимального кругообігу карбону [138].

Тестом-індикатором, що миттєво реагує на порушення зрівноважених природних циклів кругообігу речовин, зокрема карбону, та об'єктивно відображає агроєкологічний стан ґрунту, є динаміка інтенсивності виділення діоксиду карбону з ґрунту в атмосферу та його акумуляція в органічній речовині [238; 253].

Кількість діоксиду карбону, що виділяється у приземний шар атмосфери з ґрунту, тісно пов'язана з якістю рослинних решток, біотичною активністю та інтенсивністю процесів мінералізації – гуміфікацією. За величиною цього показника можна судити про інтенсивність процесів мінералізації органічної речовини ґрунту [72; 118].

Ґрунтове «дихання» (ґрунтовий газообмін) один із головних компонентів циклу Карбону наземних екосистем. Ґрунтове повітря відрізняється

динамічністю, особливо динамічними є кисень (O_2) і діоксид карбону (CO_2). Їх вміст у ґрунті, а також швидкість газообміну між ґрунтом і атмосферою коливаються залежно від інтенсивності споживання кисню рослинами і продукування діоксиду карбону ґрунтовими мікроорганізмами [114; 169; 287].

Саме через парниковий ефект біогенний цикл карбону пов'язаний з глобальними змінами клімату, що представляють сьогодні одну з актуальних екологічних проблем [263; 269; 270; 281; 284].

Діоксид карбону з'являється у ґрунті переважно завдяки біологічним процесам. Частково він надходить у ґрунтове повітря з ґрунтових вод, а також у результаті десорбції з твердої та рідкої фази ґрунту [169].

Застосування різних агротехнологій неодмінно призводить до перебудови мікробіоценозів ґрунту та сприяє інтенсифікації мінералізаційних процесів, активізації процесів деструкції клітковини. Будь-яка інтенсифікація розкладу органічної речовини ґрунту збільшує, передусім, концентрацію діоксиду карбону в атмосфері [250; 280].

Оскільки емісія CO_2 з поверхні ґрунтів в атмосферу є одним із найпотужніших, то незначні порушення ґрунтового дихання в глобальному масштабі можуть призвести до серйозних змін концентрації цього газу [73; 93].

Сільськогосподарське виробництво є важливим чинником істотного порушення балансу депонованого у ґрунті та атмосферного карбону [89]. Внаслідок надмірної розораності ґрунтів, незбалансованих норм застосування мінеральних добрив, порушення структури сівозмін, недостатніх норм внесення меліорантів порушується стабільність агроєкосистеми загалом [10; 73].

Сільськогосподарські культури, більшість з яких активна лише частину року, фіксуючи CO_2 , не можуть компенсувати його втрати з ґрунту [86].

Емісія діоксиду карбону тісно пов'язана із напрямом господарського використання земель [159; 271], залежить від гідротермічних умов території, характеру рослинності та є важливим фактором, що регулює ріст і розвиток рослин, життєдіяльність ґрунтової біоти, процеси міграції та акумуляції багатьох хімічних сполук [62; 134].

Вивільненню діоксиду карбону з ґрунту сприяють механічний обробіток ґрунту, осушення боліт та торфовищ, з подальшим використанням мулу та торфу для удобрення сільськогосподарських угідь [252; 262], процеси мінералізації органічної речовини в ґрунті й інтенсивність дихання коренів і мікроорганізмів [196; 266; 285].

Оскільки динаміка ґрунтових потоків діоксиду карбону пов'язана з дією різноманітних абіотичних та біотичних факторів, то експериментально складно визначити частку кожної функціональної групи в загальному обсязі викиду діоксиду карбону [165].

Цикл кругообігу Карбону не є повністю замкнутим. На його баланс в планетарних масштабах впливають геологічні процеси. При накопиченні в таких копалинах, як нафта, вугілля, газ, вапняк, карбон виключається з кругообігу в біосфері. Основна маса карбону (порядку $20 \cdot 10^{15}$ т) зосереджена у верхньому (осадovому) шарі земної кори (переважно у карбонатах і органічних горючих копалинах [85].

Малий біологічний кругообіг речовин у природі сприяє підвищенню родючості ґрунтів, тому він має надзвичайне значення для ґрунтоутворення. У процесі росту й розвитку рослин у верхньому шарі кори нагромаджуються елементи живлення (переважно у вигляді перегною або гумусу), тобто родючість ґрунту зростає [194].

В умовах Північного Лісостепу на сірих лісових ґрунтах активність продукування CO_2 залежала від способів обробітку ґрунту [111], на чорноземі типовому малогумусному – від систем удобрення та застосування ґрунтозахисних технологій [22]. У дослідженнях [215] на дерново-

підзолистому ґрунті рівень продукування CO_2 безпосередньо залежав від інтенсивності антропогенного впливу.

Тому дослідження динаміки змін продукування діоксиду карбону за умов тривалого антропогенного впливу та інтенсивності його виділення залежно від способів використання ґрунту, має важливий науковий та практичний інтерес.

1.4. Біотична активність ґрунту за різних систем господарювання

Ґрунт є невід'ємною складовою будь-якої агроєкосистеми. Як біоорганомінеральна система він забезпечує необхідні для існування всього живого умови [117].

Одним із основних чинників процесу ґрунтоутворення є функціонування ґрунтової мікрофлори [155]. Саме мікроорганізми є важливою складовою процесу ґрунтоутворення і ланкою, що забезпечує екологічну рівновагу будь-якої ґрунтової екосистеми [160; 189].

Чисельність мікроорганізмів у ґрунті коливається як протягом року, так і впродовж незначних проміжків часу, залежно від температури, вологості, стану рослинного покриву. Як правило, активізація діяльності мікрофлори ґрунту відбувається у весняний період року [156].

Провідна роль у формуванні родючості ґрунту належить біохімічній діяльності мікроорганізмів, що забезпечує безперервний колообіг речовин та визначає направленість процесів ґрунтоутворення у системі «ґрунт–мікроорганізми–рослина» [251].

Більшість дослідників [38; 73; 117; 156] вважають, що поліпшення водно-повітряного режиму ґрунту сприяє рівномірному розподілу рослинних залишків, збільшуючи тим самим заселеність ґрунту мікроорганізмами. При цьому розростається мікробіологічний профіль та підвищується біотична активність ґрунту.

Антропогенне навантаження на ґрунт порушує природне протікання ґрунтових процесів [35; 120] і, як наслідок, порушується формування живої фази ґрунту [32; 71]. Також ґрунтова мікрофлора дуже чутлива до антропогенного та кліматичного впливу [10; 98].

Найбільш універсальними показниками діяльності ґрунтових організмів є інтенсивність виділення CO₂ та інтенсивність розпаду лляної тканини (целюлорозчеплююча здатність). Показник активності целюлорозчеплюючих мікроорганізмів свідчить про наявність в ґрунті доступних поживних речовин, передусім азотних, і корелює з такими показниками як вміст органічної речовини ґрунту та його біомаси [192]. Дослідженнями підтверджено симбіотичну взаємодію між целюлорозчеплюючими й азотфіксуючими групами мікроорганізмів у польових умовах [241].

Мікроорганізмам належить головна роль в трансформації нітрогену в ґрунті [160], а також нагромадженні рухомих форм елементів живлення, зокрема фосфору та калію [110; 170].

Деградацію ґрунтів, згідно із сучасними уявленнями, необхідно розглядати не тільки як наслідок впливу факторів, які призводять до зменшення вмісту гумусу та погіршення водно-фізичних властивостей, а й як наслідок процесів, за яких у ґрунтах зникають необхідні для гармонійного розвитку рослин мікроорганізми [188; 38].

Мікроорганізми – надзвичайно важливі чинники формування родючості ґрунту, видове різноманіття яких обумовлює виключне значення у процесах, що відбуваються в ґрунті [219].

В біотично активних ґрунтах із багатим видовим різноманіттям мікроорганізмів, де домінують корисні форми бактерій і мікроскопічних грибів, коефіцієнти засвоєння поживних речовин є набагато вищими, ніж у виснажених ґрунтах (відсутність сівозмін, органічних добрив, передозування агрохімікатів) [179; 289].

Згідно досліджень [20; 137; 143] при поєднанні вапна, органічних та мінеральних добрив біотичні властивості ґрунту поліпшуються.

Інтенсивне використання орних земель за останнє століття призвело до різкого зниження родючості ґрунтів на планеті. Ця проблема є надзвичайно актуальною також і для України. Оскільки обов'язковими і найактивнішими учасниками процесів ґрунтоутворення є рослини та мікроорганізми, питання формування родючості ґрунтів необхідно розглядати як значною мірою біологічні [38].

Говорячи про біотичну активність ґрунтів та про родючість, необхідно мати на увазі, в першу чергу, забезпечення органічною речовиною. Важливим агрозаходом для підвищення біотичної активності є внесення гною [139].

Сівозміна, як чинник формування родючості ґрунтів також безпосередньо впливає на діяльність мікроорганізмів. Вирощування у сівозміні бобових трав забезпечує ґрунти не лише рослинними рештками, що легко гідролізуються, а й біологічним азотом [255].

Мікроорганізми – індикатори фізіологічного стану рослин в системі ґрунт–рослина. Властивість ґрунтових мікроорганізмів реагувати на найменші зміни навколишнього середовища дають змогу використовувати їх для індикації стану екосистем і оцінки деградаційних процесів в них [147; 215]. Тому вагоме практичне значення має дослідження і вивчення ґрунтової мікрофлори та моніторинг змін в ґрунті при сільськогосподарському використанні.

1.5. Комплексна оцінка та прогноз якості земель на основі емісії діоксиду карбону в атмосферу

Підвищення антропогенного тиску на ґрунти (надмірна розораність агроландшафтів, екологічно незбалансоване застосування засобів хімізації землеробства, висока насиченість важкою сільськогосподарською технікою), призводить до посилення деградаційних процесів майже на всій площі орних

земель. Тому необхідним є здійснення постійного контролю за трансформацією основних параметрів родючості ґрунтів та розробка науково-практичних основ їх оптимізації, що неможливо без проведення комплексної оцінки та прогнозу якості земель [17; 154; 221].

Ґрунт є складним об'єктом дослідження, і дослідити у комплексі всі його властивості неможливо. Тому, для проведення діагностики стану ґрунту використовують показники, які є основними індикаторами його екологічної якості [34; 84; 259].

Ґрунти високої якості забезпечують поживну пригідність, аерацію, проникнення та затримання води, структурну стабільність та високу біотичну активність. Комплексний моніторинг ґрунтів є необхідною умовою збереження їх родючості [34; 201].

Співставлення гумусованості ґрунтів за часів Докучаєва (1882 р.) з сучасним станом свідчить, що відносні втрати гумусу за цей, майже 120-річний період, досягли 22% в Лісостеповій, 19,5% – в Степовій і біля 19% – у Поліській зонах України [168].

У 1990-2011 рр. відбулося різке зменшення використання органічних добрив, а втрати гумусу за цей період, внаслідок незбалансованого надходження в ґрунт органічної речовини, у середньому становили до 1,15 т/га за рік, що, безумовно, супроводжувалося втратами карбону у вигляді CO_2 [145].

На світове сільське господарство сьогодні припадає до 20% загального обсягу викидів парникових газів, з них 50% світових викидів метану, 75% – нітрогену, 5% – діоксиду карбону, а 14% від загальних обсягів викидів несуть зміни у землекористуванні [286].

Згідно даних Національного кадастру антропогенних викидів парникових газів, найбільше накопичення CO_2 проходить за рахунок приросту біомаси лісу, а найбільші втрати цього газу відмічено з ріллі [166]. Тому це має послужити поштовхом для пошуку шляхів, спрямованих на повернення карбону в ґрунт.

Агроекосистеми є одним з найважливіших регуляторів карбонового циклу. Втрата карбону в орних ґрунтах через їх нераціональне використання перетворює їх на найбільш потужне джерело емісії діоксиду карбону [113; 258].

Згідно даних літературних джерел [115; 264; 269; 276; 283] викиди діоксиду карбону ґрунтом (або дихання ґрунту) вважається найбільшим джерелом викидів CO_2 від наземних екосистем. Глобальна емісія CO_2 з поверхні ґрунту складає в межах 78 ± 12 Гт на рік, що у десять разів більше, ніж виділяється при згорянні всіх видів вуглеводневого палива [276; 269; 275].

В результаті розкладу органічної речовини з ґрунту постійно виділяється діоксид карбону. Тому ґрунти, багаті на органічну речовину, завжди виділяють його більше, ніж бідні [16]. Так піщаний неудобрений ґрунт за 1 год на 1 га в середньому виділяє 2 кг CO_2 , суглинок – 4, багаті перегноем чорноземи різних типів – від 10 до 25, середньо удобрений ґрунт – 5 кг. Тому внесення органічних і мінеральних добрив, поліпшуючи живлення рослин, посилює також процес утворення CO_2 [7].

У дослідженнях [37; 73] показано, що вміст діоксиду карбону в повітрі підвищувався при внесенні органічних добрив. На 1 га удобреного гноєм і добре обробленого поля ґрунт містить до $2 \cdot 10^{18}$ бактерій, які за добу виділяють у повітря 500 кг CO_2 [16; 263].

За даними [244] мінеральні добрива внесені в ґрунт також активізують життєдіяльність мікроорганізмів, що значно посилює виділення діоксиду карбону в приґрунтове повітря.

Регулювання реакції середовища, застосування органічних і мінеральних добрив при наявності доступної вологи сприяє активізації біологічних процесів та підвищенню інтенсивності дихання. Згідно [124; 123; 266] найбільше CO_2 виділяється з ґрунту у період інтенсивного росту кореневої і вегетативної маси рослин та при сприятливих умовах вологості й температури [283].

З внесенням свіжих органічних добрив вміст CO_2 може підвищуватися до 2, а іноді навіть до 7-8%. Рослини по-різному реагують на вміст CO_2 в атмосферному й ґрунтовому повітрі. Підвищення його вмісту до 1-2% негативно позначається на проростанні насіння і рості кореневої системи, особливо при низьких температурах і утворенні на посівах ґрунтової кірки [83], проте підвищення концентрації CO_2 у атмосферному повітрі до 1% і більше супроводжується збільшенням врожаю.

У ґрунті діоксид карбону нагромаджується переважно під впливом життєдіяльності мікроорганізмів і кореневої системи рослин. Коренева система культурних рослин дуже чутлива до високої концентрації CO_2 в ґрунті, а мікроорганізми здатні порівняно легко її переносити. Амоніфікуючі й нітрифікуючі бактерії припиняють свою життєдіяльність при вмісті CO_2 понад 30%.

Життєдіяльність ґрунтових бактерій посилюється і виділення CO_2 збільшується при внесенні переважно органічних добрив, що містять калій, фосфор, сульфур [58; 279]. Утворенню CO_2 також сприяє тепло, рівномірна вологість, розпушування ґрунту, одночасне внесення органічних і мінеральних добрив [223; 259].

Згідно даних різних авторів [21; 81; 134;] вклад коренів та підземних органів рослин у загальне дихання ґрунтів під природною рослинністю має широкий діапазон і оцінюється від 6-80% від загального потоку діоксиду карбону. Ґрунтові мікроорганізми також мають значний внесок в частку в емісії CO_2 з ґрунту [139; 156; 165].

Кількісна оцінка основних джерел емісій та поглиначів парникових газів проводиться за секторами (енергетика; промислові процеси; використання розчинників та інших продуктів; сільське господарство; землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство (ЗЗЛГ); відходи), які також, об'єднують категорії та під категорії [166; 267; 277].

Категорія «Рілля» є найбільшим джерелом емісії CO_2 в секторі «ЗЗЛГ» і розвивається по синусоїді: від поглинання – 13,2 млн т CO_2 в

1990 р., до викидів – 32,6 млн т у 2012 р. Кількість карбону, що накопичується, абсорбується чи випускається даною категорією земель, залежить від виду сільськогосподарської культури, практики управління і змінних параметрів ґрунту і клімату. Зміни об'ємів викидів пояснюються такими факторами як об'єми врожаю сільгоспкультур, площі орних земель, об'єми внесення органічних добрив [186].

Інвентаризація в секторі «ЗЗЗЛГ» проводиться згідно з Керівними вказівками з ефективної практики для «ЗЗЗЛГ» (2003 р.) [186; 282]. Проте вона не враховує особливості діяльності на регіональному рівні, що створює великий діапазон невизначеностей. Важко оцінити, скільки CO₂ виділяється та поглинається природними екосистемами та агроекосистемами [95; 285].

Тому найважливішим завданням сучасного землеробства є розробка ефективних методів окультурення ґрунтів у процесі їх сільськогосподарського використання на принципах охорони природних ресурсів, посилення процесів саморегуляції, відновлення сталого функціонування агроекосистем та збереження високого рівня ресурсозбереження [7; 17].

Висновки до розділу 1

Ґрунт, як важливий компонент біосфери, характеризується доволі високою чутливістю до дії зовнішніх чинників. Під впливом сільськогосподарського використання порушуються збалансовані природні зв'язки, які погіршують властивості ґрунтів, зумовлюють руйнування ґрунтового покриву. В зв'язку з цим також порушується баланс між депонованим у органічній речовині та атмосферним карбоном.

В цілому, за величиною потік CO₂ з ґрунту в атмосферу є другим після потоку Карбону у процесі фотосинтезу і залежить від швидкості мінералізації органічної речовини, інтенсивності дихання кореневої системи і

мікробіологічних процесів. Використання ефективних заходів щодо збільшення вмісту карбону в ґрунті, забезпечить не тільки кращий контроль балансу світового карбону, але й значно поліпшить умови існування людини.

В умовах глобального підвищення CO_2 в атмосферному повітрі ґрунт, зокрема гумус, виступає як важливий фактор, що сприяє фіксації CO_2 з атмосфери. Інтенсивний обробіток ґрунту, осушення боліт, розорювання лук, надмірне використання мінеральних добрив, спалювання післяжнивних решток, дегуміфікація призвели до поступового окислення ґрунтового карбону й виділення в атмосферу значних обсягів CO_2 [22; 111; 253].

Тому у процесі розв'язання проблеми регулювання основних властивостей і режимів ґрунту та забезпечення екологічної безпеки довкілля необхідно дбати про посилення процесів саморегуляції, відновлення сталого функціонування агроєкосистем та збереження високого рівня ресурсозбереження [209; 260].

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА, ОБ'ЄКТИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Методика, об'єкти та зміст дослідження

2.1.1. Методики польових і лабораторних досліджень

Дослідження емісії діоксиду карбону ґрунтом залежно від тривалого застосування різних систем удобрення та вапнування проводили упродовж 2012-2014 рр. у стаціонарному досліді лабораторії землеробства і відтворення родючості ґрунтів Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, закладеному в 1965 р. на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті (схема всього польового досліді Додаток А).

Дослідження виконано нами наприкінці VIII та під час IX ротації сівозміни, перед початком якої проведено черговий тур вапнування, а також відкоректовано дози внесення добрив під культури сівозміни (табл. 2.1, 2.2), зокрема, змінено і дози вапна. Поряд із варіантами внесення доз вапна за гідролітичною кислотністю, включено у схему досліді дози вапна, розраховані за кислотно-основною буферністю, особливості функціонування механізмів якої були вивчені у попередніх дослідженнях [44].

Дослід ведеться трьома полями. Загальна площа ділянки 168 м^2 (28×6), облікової – 100 м^2 (25×4). Повторність досліді триразова. Розташування варіантів однарусне, послідовне.

На час проведення досліджень вирощувались кукурудза на силос, ячмінь ярий з підсівом конюшини, конюшина лучна та пшениця озима.

Для вивчення змін фізико- та агрохімічних властивостей ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту під впливом застосування мінеральних добрив, гною і вапна після закінчення VIII ротації відбирали зразки ґрунту орного та підорного шарів досліджуваних варіантів згідно з ДСТУ ISO 11464-2001.

Таблиця 2.1

Схема польового дослід (VIII ротація)

№ вар.	Норма вапна за Нг (післядія)	Внесено на 1 га сівозмінної площі		Кукурудза	Ячмінь ярий + конюшина	Конюшина лучна	Пшениця озима
		гній, т	НРК, кг д. р.				
1, 10		Без добрив (контроль)					
4	1,0	10	-	Гній, 40 т/га	-	-	-
7	1,0	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
15	-	-	N ₆₅ (ПК-післядія)	N ₁₂₀	N ₇₀	-	N ₇₀
17	1,5	-	N ₆₅ (ПК-післядія)	N ₁₂₀	N ₇₀	-	N ₇₀

Таблиця 2.2

Схема польового дослід (IX ротація)

№ вар.	Норма вапна за гідролітичною кислотністю (Нг) та кислотно-основною буферністю (к.-осн.буф.)	Внесено на 1 га сівозмінної площі		Кукурудза на силос	Ячмінь ярий + конюшина лучна	Конюшина лучна	Пшениця озима
		гній, т	НРК, кг д. р.				
1, 10		Без добрив (контроль)					
4	1,0 (Нг)	10	-	Гній, 40 т/га	-	-	-
7	1,0 (Нг)	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
8	оптим. (к.-осн.буф.)	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
15	-	-	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
17	1,5 (Нг)	-	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	-	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅
18	оптим. (к.-осн.буф.)	-	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	-	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅

У них визначали: вміст загального гумусу за Тюрінім (ДСТУ-4289); груповий склад гумусу за методом І. В. Тюріна в модифікації М. М. Кононової і Н. П. Бельчикової (МВВ 31-497058-006-2002); фракційний – за В. В. Пономарьовою і Т. А. Плотниковою (МВВ 31-497058-008-2002); лабільний гумус – за М. А. Єгоровим (ДСТУ 4732-2007) [13; 177]; лужногідролізований азот – за Корнфільдом; кальцій і магній – трилонометричним методом (методи ЦІНАО, ГОСТ 26487-85); вміст рухомих сполук фосфору і калію за Чириковим у витяжці 0,5 н CH_3COOH (ДСТУ 4115-2002); гідролітичну кислотність – за Каппеном у модифікації ЦІНАО (ДСТУ 5041-2008); рН сольової витяжки – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390-2007); обмінну кислотність і рухомий алюміній – за Соколовим (методи ЦІНАО, ГОСТ 26485-85; ГОСТ 26484-85); суму увібраних основ – за Каппеном-Гільковіцем (ГОСТ 27821-88) [5].

Біотичну активність ґрунту вивчали за розкладом желатинового шару рентгенівської плівки [157] та методом аплікації [96]; кількісно-видовий склад мікроорганізмів – на поживному агарі, середовищі ЕНДО та середовищі Сабуро [220].

Економічну ефективність застосування добрив визначали за середніми цінами в роки проведення досліджень згідно з методикою А. С. Мерзликіна [146; 149], біоенергетичну ефективність – за використання пропису методики О. К. Медведовського та П. І. Іваненка [142] і за методикою біоенергетичної оцінки технології виробництва продукції рослинництва [148].

Урожайні дані статистично опрацьовували методом дисперсійного аналізу Б. А. Доспехова [80] та з використанням програми «STATISTICA» [105].

Під час написання дисертаційної роботи для обґрунтування власних досліджень, з дозволу вченої ради та метод комісії Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, було використано звітні матеріали, отримані в умовах тривалого дослідження, щодо агрохімічних

показників, урожайності і продуктивності культур та сівозміни за попередні роки досліджень.

2.1.2. Методика і техніка дослідження емісії діоксиду карбону

Для вивчення дихання ґрунту у VIII ротачії використовували польовий метод абсорбції CO_2 , відомий як «метод Штатнова» у модифікації Б. Н. Макарова [135]. На досліджуваній ділянці розміщували посудини-ізолятори об'ємом 5 л і площею вимірювання $0,02 \text{ м}^2$, під якими на триніжку ставили чашку Петрі з 10 мл 0,1н розчину NaOH. Для контролю у чашку Петрі наливали дистильовану воду, на якій готували розчин лугу. Усі вимірювання здійснювали у триразовій повторності. Результати вимірювання питомого потоку CO_2 з поверхні ґрунту подавали у мг/м^2 за 1 год.

У дев'ятій ротачії питомий потік CO_2 з поверхні ґрунту вимірювали за допомогою двоканального інфрачервоного газового аналізатора K-30 Probe (США) камерно-статичним методом у режимі реального часу (рис. 2.1.) з відповідним програмним забезпеченням (DAS 100).



Рис. 2. 1. Вимірювання емісії діоксиду карбону ґрунтом в полі кукурудзи на силос

Для порівняння та співставлення отриманих результатів досліджень виділення діоксиду карбону ґрунтом за методом Макарова у мг CO₂ /м² та на газовому аналізаторі K-30 Probe у ppm/хв, можна перейти до однакових одиниць вимірювань за формулою:

$$V_{\text{мг CO}_2/\text{м}^2} = (i \times t \times v / S) \times M_{\text{CO}_2} / N_A, \text{ де}$$

$V_{\text{мг CO}_2/\text{м}^2}$ – швидкість виділення CO₂

i - інтенсивність виділення CO₂ у ppm/хв

t – час експозиції (30 хв)

v – об'єм камери ($5 \cdot 10^{-3}$ мл)

S - площа поверхні основи камери (0,02 м²)

N_A - стала Авогадро (22,4л = 22400мл)

M_{CO_2} – молекулярна маса CO₂ (44г).

2.2. Характеристика екоситуації у Північному Опіллі, ґрунтово-кліматичні й погодні умови вирощування сільськогосподарських культур

Опілля розташоване у північно-західній частині Подільської височини, в межах трьох адміністративних областей: Львівської, Івано-Франківської та Тернопільської.

Наші дослідження виконувалися на стаціонарному досліді, який розташований в частині Північного Опілля в Городоцько-Щирецькому природному районі [136], якому характерне надмірне зволоження, з переважанням опадів над випаровуванням, де під лісовою рослинністю сформувалися одні з найпоширеніших на даній території сірі та ясно-сірі опідзолені ґрунти. Площа ясно-сірих лісових ґрунтів становить 253,0 км², сірих лісових – 890,0 км² [182].

Ясно-сірі ґрунти Опілля відзначаються низьким вмістом гумусу, значна маса органічної речовини сконцентрована у верхній частині ґрунтового профілю. В окультурених ґрунтах даної території запаси гумусу в шарі 0-20 см становлять 43,3 т/га (дуже низькі), а в товщі 0-100 см 104,5 т/га (низькі) [64].

Важливим напрямом оптимізації використання ґрунтів на даній території є покращання гумусного стану, фізичних властивостей, поживного і водно-повітряного режимів. Ці ґрунти бідні на елементи живлення, потребують вапнування, внесення органічних і мінеральних добрив, насамперед азотних.

Ґрунти Опілля зазнають також фізичної деградації, яка зумовлює такі негативні процеси, переважно антропогенної генези, як зменшення потужності гумусових горизонтів, вмісту гумусу, ущільнення, погіршення структурно-агрегатного стану окультурених ґрунтів.

Тривале сільськогосподарське використання ясно-сірих і сірих лісових ґрунтів привело до зміни будови профілю і морфологічних ознак. В окультурених ґрунтах встановлено збільшення потужності гумусово-елювіального горизонту, розтягування ілювіальної частини ґрунтового профілю, тобто відбулася трансформація генетичного профілю. У процесі сільськогосподарського використання сірих лісових ґрунтів змінилися морфологічні ознаки: колір, структура, щільність, характер переходу між генетичними горизонтами [12; 182; 246].

**Опис профілю ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту
(с. Оброшино, Пустомитівського району Львівської області, 2012 р.)**

НЕ g1 орн. 0-25 см	- гумусово-елювіальний горизонт – орний, свіжий, світло-сірий, з ледь помітним буруватим відтінком, легкосуглинковий, грудкувато-порохуватої структури,
-----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

слабка присипка SiO_2 , пронизаний корінцями рослин, перехід різкий по лінії оранки;

- HE gl п/орн
25-35 см - гумусово-елювіальний підорний горизонт – у забарвленні зростає ступінь сизуватого відтінку, свіжий слабо ущільнений, помітна крем'яна присипка, містить вохристі плями, залізо-марганцеві конкреції, перехід ясний рівномірний;
- Eh gl
35-46 см - елювіальний слабогумусований горизонт – бруднувато-білястого забарвлення із заклинками гумусу, слабо вологий, ущільнений, слабо суглинковий борошністо-пластинчастої структури, рясні сизуваті плями, присипка SiO_2 , вохристі примазки, залізисті новоутворення, перехід помітний, нерівномірний;
- Ie gl
46-57 см - елювіально-ілювіальний горизонт- брудно-бурого забарвлення з білястою присипкою і темно-коричневим колоїдним лакуванням по гранях структурних окреможостей, плямами присипки SiO_2 , легкосуглинковий, щільний, вологий, горіхуватої структури, оглеєння у вигляді вохристих примазок, сизуватих плям і конкрецій, перехід поступовий;
- I gl
57-79 см - ілювіальний горизонт – темно-бурий з призмовидною горіхуватою структурою, легкосуглинковий, щільний, вологий, грані структурних окреможостей покриті червоно-бурою плакіровкою і припудрені SiO_2 , перезволоження представлене сизо-вохристими плямами, розводами, дрібними конкреціями і пунктуаціями, перехід поступовий;
- Ip gl - ілювіальний перехідний горизонт – добре

79-106 см	ілювіований, бурого забарвлення, вологий, легкосуглинковий, щільний, розбивається на призмо подібні окремоті із слабкими натіками R_2O_3 і тонкої присипки SiO_2 , чіткі іржаво-вохристі плями і розводи, перехід поступовий;
Pi gl 106-124 см	- слабоілювіована ґрунтотвірна порода – бурувато-палева із сизим відтінком, волога, менш щільна, легкосуглинкова, менш чітко оструктурена із меншою кількістю ілювіальних плівок, рясні вохристі плями, дрібні конкреції і пунктуації, перехід поступовий;
P gl 125-180 см	Ґрунтотвірна порода – безкарбонатний лесоподібний суглинок, палевого кольору із сизуватим відтінком, з чіткими ознаками оглеєння.

Дані аналізів, які характеризують фізико- та агрохімічні властивості ґрунту перед закладкою досліду, наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Вихідна агрохімічна характеристика орного шару (0-20 см) ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту перед закладанням стаціонарного досліду, 1965 р.

Показник і метод визначення	Вміст згідно визначень
Гумус (за Тюріним), %	<u>1,42</u> 1,39-1,45
pH _{KCl} (потенціометрично)	<u>4,2</u> 4,0-4,4
Гідролітична кислотність (за Каппеном), мг-екв на 100 г ґрунту	<u>4,5</u> 4,1-4,9
Рухомий алюміній (за Соколовим), мг на 100 г ґрунту	<u>6,0</u> 5,8-6,2
Рухомий фосфор (за Масловою), мг на 100 г ґрунту	<u>3,6</u> 3,01-4,19
Обмінний калій (за Кірсановим), мг на 100 г ґрунту	<u>5,0</u> 4,2-5,8

Примітка. В чисельнику – середні величини, у знаменнику - коливання.

За гранулометричним складом орний шар ґрунту грубопилувато-легкосуглинковий, близький до супіщаного (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Гранулометричний склад ґрунту дослідного поля перед закладанням стаціонарного дослідю, 1965 р.

Глибина відбору зразка, см	Розмір частинок в мм, та їх кількість, %						
	пісок		пил			мул	сума частинок
	>0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
0-22	0,8	12,2	66,0	6,8	8,7	5,2	20,7
22-32	0,9	15,1	61,5	7,0	9,8	3,6	20,4
40-50	-	19,5	53,6	5,4	7,8	13,1	26,3
53-63	-	13,9	57,6	6,4	8,9	12,4	27,7
85-95	0,5	12,3	57,9	6,3	9,6	12,1	28,0
110-120	1,4	18,5	46,4	7,5	9,0	15,6	32,1
135-145	1,0	12,9	55,3	7,6	9,6	11,9	29,1

З глибиною гранулометричний склад важчає завдяки перерозподілу колоїдної частини ґрунту з верхніх горизонтів у нижчі. Структура неміцна. Велика кількість пилу сприяє запливанню ґрунтів та утворенню кірки на поверхні після дощів. Це також пояснюється неоднорідністю профілю ґрунту за гранулометричним складом. В ілювіальному горизонті мулистих часток розмірами менше 0,001 мм буває більше, хоч механічний склад (за кількістю фізичної глини – часток розмірами менше 0,01 мм) буває іноді легший. Це значно погіршує аерацію та водопроникність. Ґрунт сильно ущільнюється після оранки, але досить легко піддається обробітку завдяки легкосуглинковому гранулометричному складу.

Метеорологічні умови значно впливають на вміст рухомих форм поживних речовин у ґрунті, засвоєння їх рослинами, фотосинтез та інші

процеси життєдіяльності рослин, що в кінцевому підсумку визначає урожай сільськогосподарських культур.

Клімат даного району помірний, перехідний від морського до континентального. Протягом року переважає помірне морське повітря з Атлантики. Воно приносить взимку відлиги, хмарність, снігопади, а влітку – прохолоду і рясні дощі. На його формування впливають різні чинники, найголовніші з яких сонячна радіація, атмосферна циркуляція і характер земної поверхні, а її величина залежить від висоти Сонця над горизонтом [100].

За агрокліматичним районуванням України Опілля знаходиться в достатньо зволоженій, помірно теплій агрокліматичній зоні [205].

Атмосферна циркуляція, завдяки географічному положенню району, перебуває під одночасним впливом повітряних мас Євразії і Атлантичного океану. В зимово-весняний період спостерігається притік континентального арктичного повітря, чим пояснюється холодна, безхмарна погода і низькі температури повітря. Весною і літом деколи пробивається континентальне тропічне повітря, яке зумовлює досить високі температури. Повітряні потоки Середземномор'я зумовлюють теплу погоду з туманами. В літньо-осінній період часто поступає морське арктичне повітря, яке характеризується вологою і холодною погодою. Внаслідок загальної циркуляції атмосфери в район найчастіше проникають повітряні маси помірних широт, рідше – тропічних і арктичних широт. При загальній перевазі континентального помірного повітря, на територію району часто надходить морське повітря.

Повітряні маси поширюються переважно у вигляді циклонів і антициклонів (дія антициклонів обіймає в середньому 65%, а дія циклонів – 35% днів року). Циклони приносять взимку потепління з частими відлигами і опадами, а влітку – похмуру погоду із затяжними дощами.

Абсолютна максимальна температура повітря 36°C , абсолютна мінімальна – (-34°C) . Вже в квітні проходить інтенсивне зростання тепла, але в цей час часто повторюються заморозки, які звичайно тривають до перших днів травня, а в окремі роки спостерігали значно пізніше. Середня тривалість

безморозного періоду становить 160 днів, мінімальна і максимальна – відповідно 122 і 243 дні. У зимовий період середня температура поверхні ґрунту близька до середньої температури повітря. У грудні вона складає в середньому -5°C , а в липні в середньому $+ 21^{\circ}\text{C}$. На поверхні ґрунту заморозки весною закінчується пізніше, а восени починаються раніше, ніж заморозки в повітрі.

Сніговий покрив нестійкий. В окремі зими він по декілька разів змінюється. Найбільша глибина промерзання ґрунту спостерігається в грудні-січні і коливається в межах 40-70 см, досягаючи деколи найбільшого значення 120 см. Особливістю клімату району є висока вологість повітря. У зимово-осінній період відносна вологість повітря досягає 81-86 %, а у весняно-літній період знижується до 62-69 %.

В середньому випадає 603-678 мм опадів на рік. За порами року опади випадають нерівномірно. Серед місяців року найбільше опадів припадає на травень і червень, найменше на жовтень та листопад. Інтенсивність опадів буває найвищою під час літніх грозових злив.

У районі переважають вітри південно-західного та західного напрямку, взимку – південно-західний, влітку – західний і північно-західний. Середня швидкість вітру коливається від 3 до 4 м/с.

Зміну величини сонячної радіації протягом доби і року зумовлює відповідний добовий і річний хід температури повітря в районі. За даними метеостанції міста Львова, середньомісячні температури районів регіону складають від $-8,2$ до $21,3^{\circ}\text{C}$.

За даними Львівського центру з гідрометеорології, метеорологічні умови у роки досліджень переважно були типовими для даної зони, проте, мали місце деякі відхилення середньодобових температур повітря і кількості атмосферних опадів від середніх багаторічних показників в окремі місяці вегетації (рис 2.2., 2.3.).

Веgetаційний період 2012-2013 рр. характеризувався рівномірним, дещо підвищеним температурним режимом та стрибкоподібними

гідрологічними змінами, що призвело до стресових ситуацій у вегетуючих рослин. Особливо це стосувалося періоду дозрівання зернових культур (як озимих, так і ярих). Так, осінні місяці відзначались невеликими відхиленнями в температурному режимі від середніх багаторічних: вересень був на 2,3, жовтень – 1,2, листопад – 3,1°C теплішими за багаторічні значення (Додаток А).

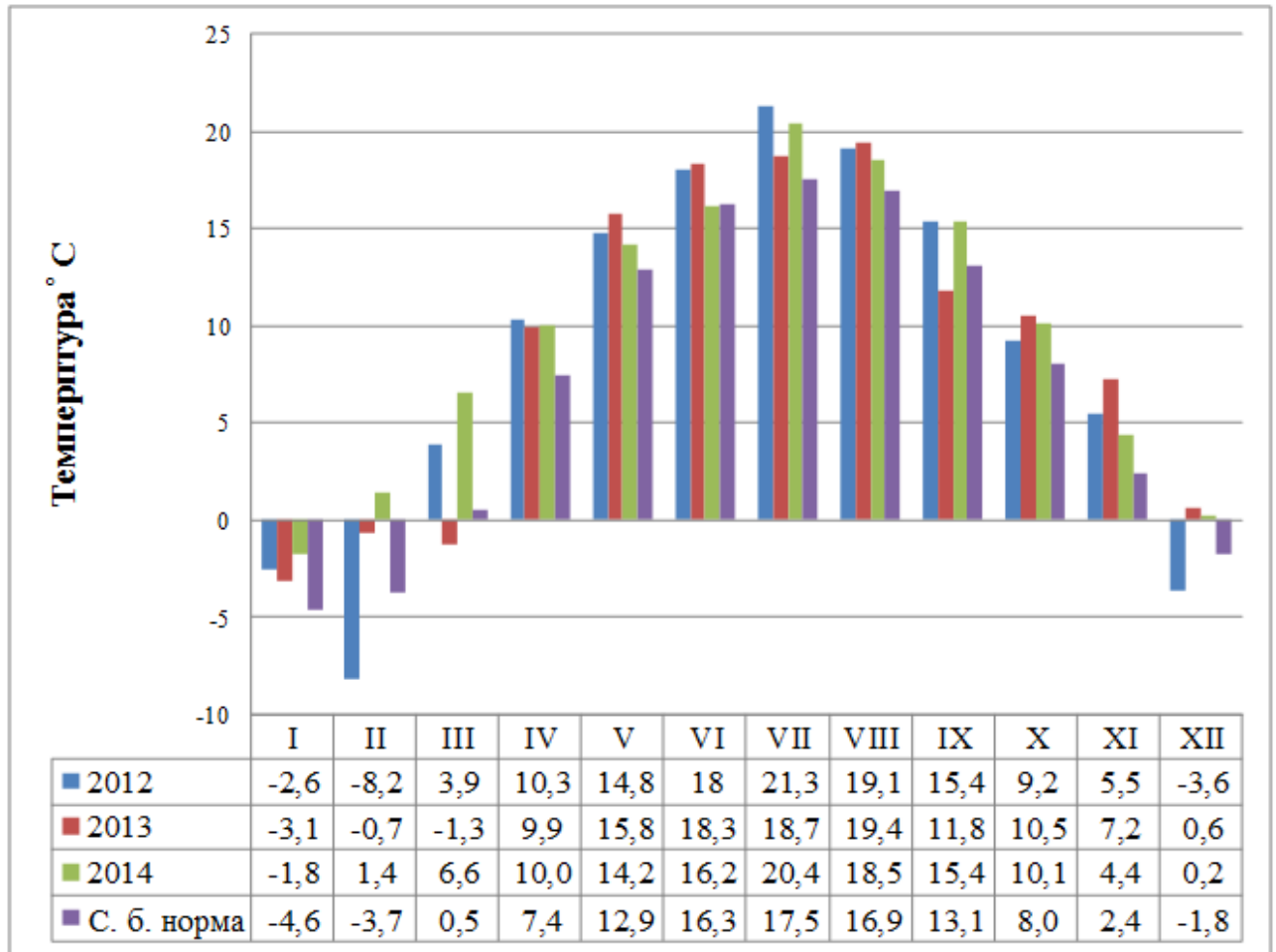


Рис. 2.2. Середньомісячна температура повітря (°C) за даними Львівського центру з гідрометеорології

Кількість опадів була нижчою відповідно за місяцями на 12,9, 17,4, 21,98 мм, однак запаси вологи в ґрунті при посіві, сходах і осінньому кушціні озимих культур були достатніми для нормального росту й розвитку рослин. Середня температура грудня була нижчою (-3,6°C) середніх багаторічних на 1,8°C, сформований сніговий покрив (кількість опадів склала 52 мм – 108%

норми) послужив термоприкриттям для озимини. В січні-лютому температурний режим знаходився на від'ємних позначках, однак морози були на 1,5- 3,0 °С м'якшими від норми.

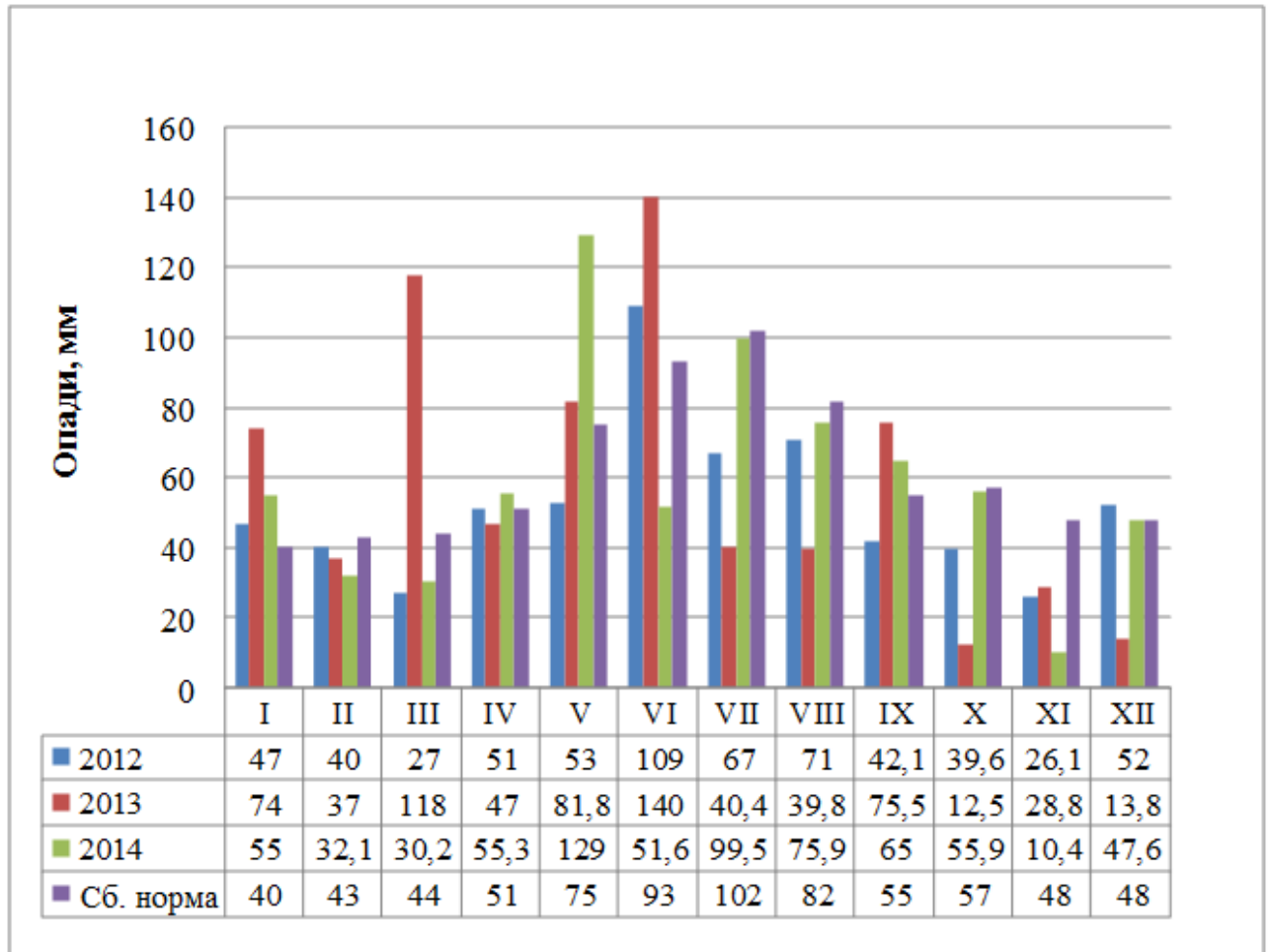


Рис. 2.3. Кількість опадів, мм за даними Львівського центру з гідрометеорології

Середньомісячна температура березня також була нижчою нуля, що відзначило його як місяць, який стосовно норми був на 1,8 °С холоднішим. Починаючи з квітня і протягом всієї вегетації більшої частини сільськогосподарських культур (до вересня) температурний режим характеризувався вищими на 1,2-2,9 °С значеннями від багаторічних значень. Оподи у весняно-літній період були нерівномірними. Особливо контрастними були березень (випало 268% місячної норми) і червень (151%). Місяці з

підвищеною вологістю чергувались з різко сухими: липень – 40,4 мм (норма 102 мм), серпень 39,6 мм (норма 82 мм).

Вегетаційний період осінь 2013 – зима-літо 2014 рр. характеризувався як теплий (з підвищеними значеннями відносно багаторічних даних температурного режиму) та достатньо зволожений за опадами з нерівномірним розподілом їх в часі. Такі кліматичні умови сприяли доброму росту й розвитку більшості сільськогосподарських культур. Зокрема температурний режим був незвично рівномірним стосовно багаторічних значень: тільки вересень 2013 року (посів озимих зернових культур під урожай 2014 року) був на 1,3 °С холоднішим середніх багаторічних. В червні температура була на рівні середніх довготривалих позначок. В усі інші місяці вегетаційного періоду сільськогосподарських культур показники перевищували багаторічні значення. Особливо контрастував за температурними відхиленнями березень – різниця складала 6,1 °С.

За кількістю опадів вегетаційний період був контрастнішим. Так, у вересні випало на 20,5 мм більше за середні багаторічні показники дощу. Наступні місяці (з жовтня по березень) були сухими, з невеликою кількістю опадів. Особливо великий недобір їх відносно багаторічних значень був у жовтні (21,9%) й грудні (29,0%). 60 % від норми випало в листопаді (2013 р.). Подальший зимовий та ранньовесняний період відзначались недобором опадів – в лютому їх було на 10,9 мм, березні на 13,8 мм менше середніх багаторічних. І тільки січень був сніжним – випало 55,0 мм при 40,0 мм норми.

Однак випадання зливових дощів в травні призвело до високого насичення ґрунту вологою. Під вагою своєї ж вегетативної маси зернові культури частково полягли, відтак знизився і їх урожай.

РОЗДІЛ 3

ІНТЕНСИВНІСТЬ ЕМІСІЇ ДІОКСИДУ КАРБОНУ ҐРУНТОМ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНІ

3.1. Емісія діоксиду карбону під культурами сівозміни залежно від систем удобрення і вапнування

Сталий розвиток землеробства на кислих ґрунтах можливий лише за умови постійного відтворення їх родючості та підтримання екологічної стабільності агроєкосистем. Гостра необхідність ранньої діагностики змін, які відбуваються в трансформованих екосистемах та окремих її компонентах, змушує інтенсифікувати пошук нових видів індикаторів [151]. В якості чутливого індикаційного тесту, який миттєво реагує на наявність порушень врівноважених природних циклів колообігу речовин, зокрема карбону, та об'єктивно відображає агроєкологічний стан ґрунту, є накопичення діоксиду карбону в ґрунтовому повітрі, інтенсивність його емісії з ґрунту в атмосферу [238; 253].

Проведені дослідження показали [43; 49; 56; 66; 176], що газовому режиму ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту властива висока динамічність. Загальним є те, що вміст CO_2 значно змінювався за вегетаційний період, причому, концентрація CO_2 за всіма варіантами досліджу була значно нижча від тих показників, які прийнято вважати бар'єром токсичності. Основною рисою є наявність значної різниці емісії CO_2 в приземному шарі атмосфери між варіантами досліджу, діапазон коливань залежав від внесення органічних і мінеральних добрив, вапна та їх післядії. Вміст O_2 практично дорівнював його вмісту в атмосферному повітрі за всіма варіантами досліджу.

У варіантах сумісного внесення 10 т/га сівозмінної площі гною, повної дози NPK на фоні післядії 1,0 н за Нг CaCO_3 вміст CO_2 у ґрунтовому

повітрі під ячменем ярим з підсівом конюшини лучної у червні місяці був найвищим і становив $184 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год. На контролі без добрив та у варіанті подвійної дози NPK емісія CO_2 відповідно становила 101,3 та $108,6 \text{ мг}/\text{м}^2$ за 1 год (рис.3.1.).

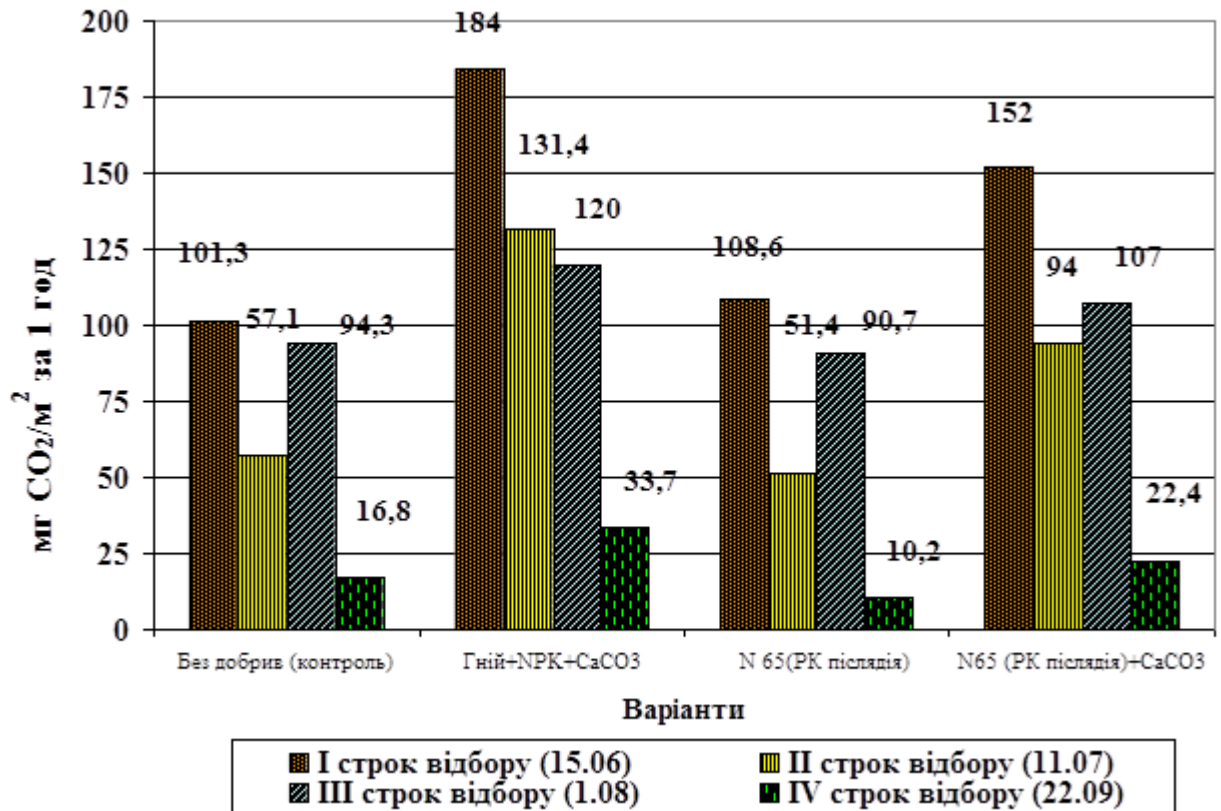


Рис. 3.1. Динаміка емісії CO_2 під ячменем ярим з підсівом конюшини лучної залежно від удобрення і вапнування, $\text{мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год.

Сильні зливові дощі у липні призводили до зниження інтенсивності виділення CO_2 , що свідчить про суттєве зменшення газообміну на поверхні малоструктурних кислих сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів, внаслідок утворення кірки. Лише у варіанті сумісного внесення гною, мінеральних добрив на фоні післядії вапнування цей показник становив $131,4 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год та у 3,3-2,5 раза відповідно перевищував контроль без добрив та варіант подвійної дози NPK. За мінеральної системи удобрення на фоні вапнування емісія CO_2 становила $94 \text{ мг}/\text{м}^2$ за 1 год.

На початку серпня, перед збиранням врожаю ячменю ярого за тих самих температур повітря +28-30 °С емісія CO₂ знижувалась порівняно із червнем місяцем, однак залишалась доволі високою внаслідок формування на цей період значної кількості зеленої маси конюшини лучної і становила у варіанті органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування 120 мг CO₂/м² за 1 год. У варіанті контролю та інтенсивного мінерального удобрення цей показник відповідно дорівнював 94,3 та 90,7 мг CO₂/м² за 1 год. За мінеральної системи удобрення на фоні вапнування емісія CO₂ зросла до 107 мг CO₂/м² за 1 год.

Після збору ячменю ярого, вкінці вересня у міру затухання біотичної активності емісія CO₂ знижувалась за всіма варіантами досліду і становила під конюшиною на контролі 16,8 мг CO₂/м² за 1 год. У варіанті органо-мінеральної системи удобрення на фоні післядії вапнування цей показник зростав до 33,7, у варіанті мінерального удобрення знизився до 10,2 мг CO₂/м² за 1 год. Ця ж доза добрив на фоні вапнування підвищувала емісію CO₂ до 22,4 мг CO₂/м² за 1 год. Різке зниження емісії діоксиду карбону у варіантах на контролі та мінерального удобрення пов'язане у першу чергу зі значним зрідженням та випаданням посівів конюшини лучної, що зумовлюється високою кислотністю ґрунтового розчину ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту під впливом тривалого мінерального удобрення чи включення даного ґрунту в систему землеробства без добрив. В даному випадку рН_{KCl} відповідно становить 4,1 і 3,9.

Проведені дослідження емісії CO₂ в полях пшениці озимої, конюшини лучної та кукурудзи на силос також показали високу динамічність газового режиму ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за вегетаційний період та значний діапазон коливань вмісту за варіантами досліду залежно від сумісного чи роздільного внесення мінеральних добрив, гною вапна та їх післядії під культурами сівозміни.

Емісія CO₂ у полі пшениці озимої на контролі без добрив була найнижчою і становила в динаміці протягом травня-липня 56,1-60,7-

67,3 мг CO₂/м² за 1 год при вологості ґрунту 15-17%. При підвищеній вологості ґрунту – 22,5% показник емісії CO₂ на контролі зростав до 85,4 мг CO₂/м² за 1 год. У варіанті внесення ґною на фоні вапнування показники емісії були вищими і становили в динаміці 80,5-95,4-64,5-104,6 мг CO₂/м² за 1 год при вологості ґрунту 15,4-16,0%. При підвищенні вологості до 22% показник емісії зростав до 104,6 мг CO₂/м² за 1 год (рис. 3.2.).

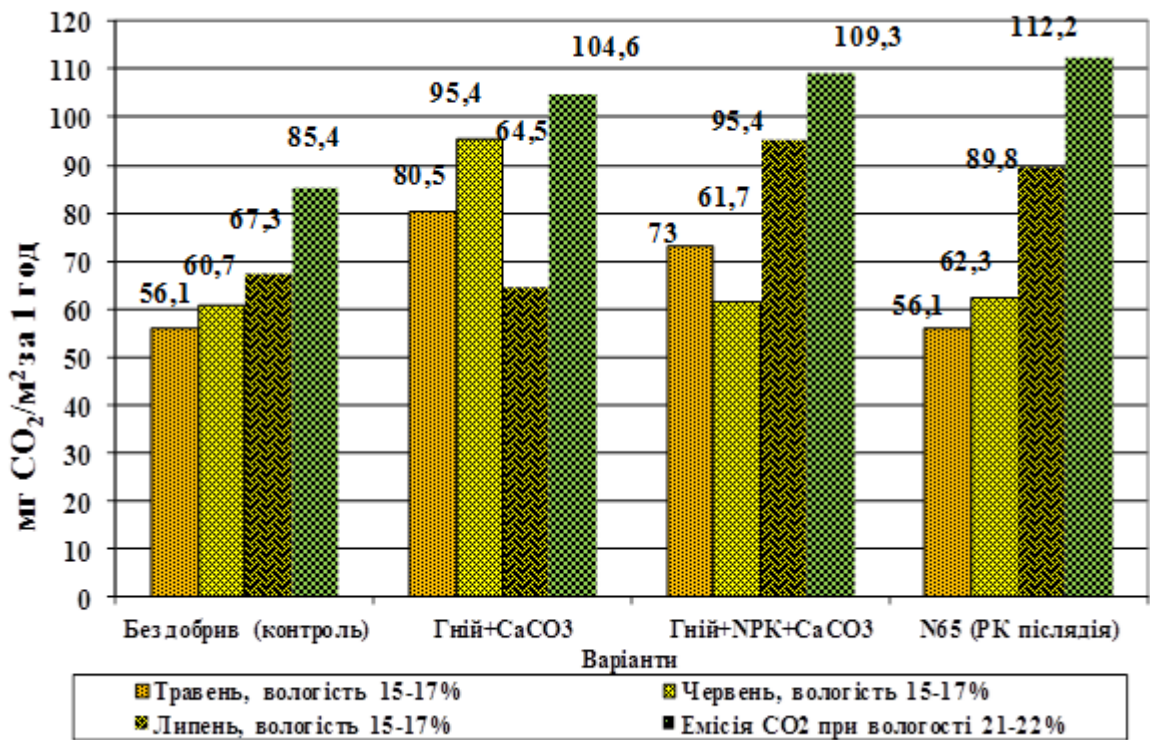


Рис. 3.2. Динаміка емісії CO₂ під пшеницею озимую залежно від удобрення, вапнування та вологості ґрунту (травень-липень), мг CO₂/м² за 1 год.

Органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування в полі пшениці озимої характеризувалась такими показниками емісії CO₂: 73,0-61,7-95,4 мг CO₂/м² за 1 год при вологості 12%. При вологості 21,1% емісія CO₂ зростала до 109,3 мг CO₂/м² за 1 год.

У варіанті мінерального удобрення динаміка емісії CO₂ становила 56,1 у травні та 89,8 мг CO₂/м² за 1 год у липні при вологості 14,8-16,2%. При

підвищенні вологості до 21,9% емісія CO_2 у варіанті мінеральної системи удобрення зростала найбільшою мірою і становила $112,2 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год.

У полі конюшини лучної показники емісії були нижчими і становили в динаміці першого укосу $39,3\text{-}47,3 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год на контролі при вологості 11,7-14,1% та температурі повітря 22°C . При підвищенні температури до 35°C і вологості 13-14% емісія CO_2 на контролі без добрив зростала до $61,7 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год.

Органічна система удобрення на фоні вапнуванн в полі конюшини лучної характеризувалася такою динамікою – $61,7\text{-}67,3 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год при температурі 22°C і вологості 14,0-14,8%. При тій самій вологості, але за 35°C емісія CO_2 зростала до $95,4 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год. За систематичного внесення мінеральних добрив, внаслідок зростання кислотності, посіви конюшини лучної досить зріджені, показники емісії в динаміці становили $33,7\text{-}42,9 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год і зростали до $50,5$ при температурі 35°C (рис. 3.3.).

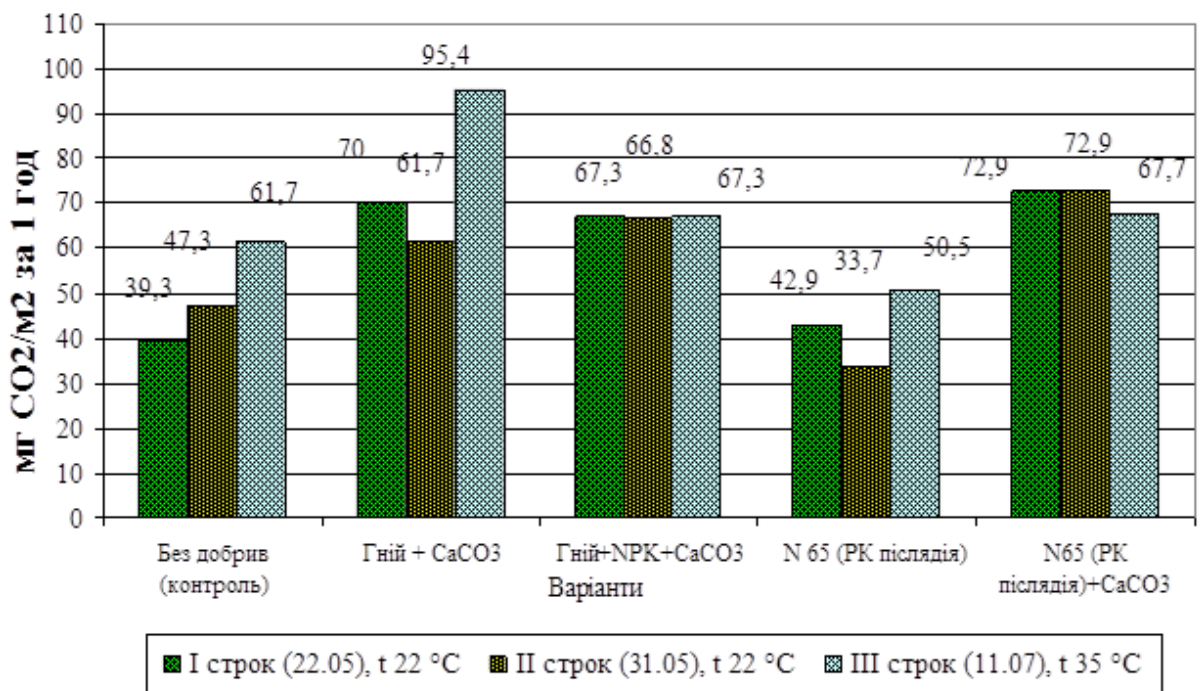


Рис. 3.3. Динаміка емісії CO_2 під конюшиною лучною залежно від удобрення, вапнування та температури повітря, $\text{мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год.

У полі кукурудзи на силос (першої культури дев'ятої ротації) емісія CO_2 була найнижчою у варіанті контролю і у фазі 5-ти листків становила $40,0 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год при температурі 28°C . У міру росту й розвитку рослин на початку липня за температури 30°C емісія CO_2 становила $56,1$, а в кінці липня при підвищенні температури до 38°C емісія CO_2 на контролі без добрив зросла до $72,9 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год.

Як правило, у міру зростання температури жива фаза ґрунту функціонує інтенсивніше, тому на початок і середину літа припадає і період максимальної біотичної активності, внаслідок чого ґрунтове повітря найбільше збагачене діоксидом карбону.

Слід відмітити, що подібні зміни динаміки CO_2 залежно від температури спостерігалися за всіма варіантами дослідів, однак, були найвищими у варіантах органічної та органо-мінеральної систем удобрення на фоні вапнування. Так, при безпосередньому внесенні під кукурудзу гною з розрахунку 10 т/га сівозмінної площі динаміка емісії CO_2 становила $84,2\text{-}95,4\text{-}101,0 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год. У варіанті мінеральної системи удобрення ($\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$) показники емісії були дещо нижчими: $68,1\text{-}78,6\text{-}98,4 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год та зростали за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування: $84,9\text{-}89,8\text{-}112,2 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$ за 1 год (рис. 3.4.).

Очевидно, незадовільні фізико-хімічні властивості ґрунту варіантів контролю та мінерального удобрення, зумовлені низьким значенням $\text{pH}_{\text{КСІ}}$ ($4,1\text{-}4,3$), високим вмістом сполук рухомого алюмінію ($60\text{-}118 \text{ мг/кг}$ ґрунту), дефіцитом кальцію ($18,0\text{-}20,0 \text{ мг/кг}$ ґрунту), несприятливим груповим складом гумусу (співвідношення $\text{С}_{\text{гк}}:\text{С}_{\text{фк}}$ $0,64$), не тільки негативно впливають на кореневу систему рослин, сповільнюючи її ріст і розвиток, але й біотичні властивості та газовий режим ґрунту, знижуючи тим самим рівень виділення діоксиду карбону.

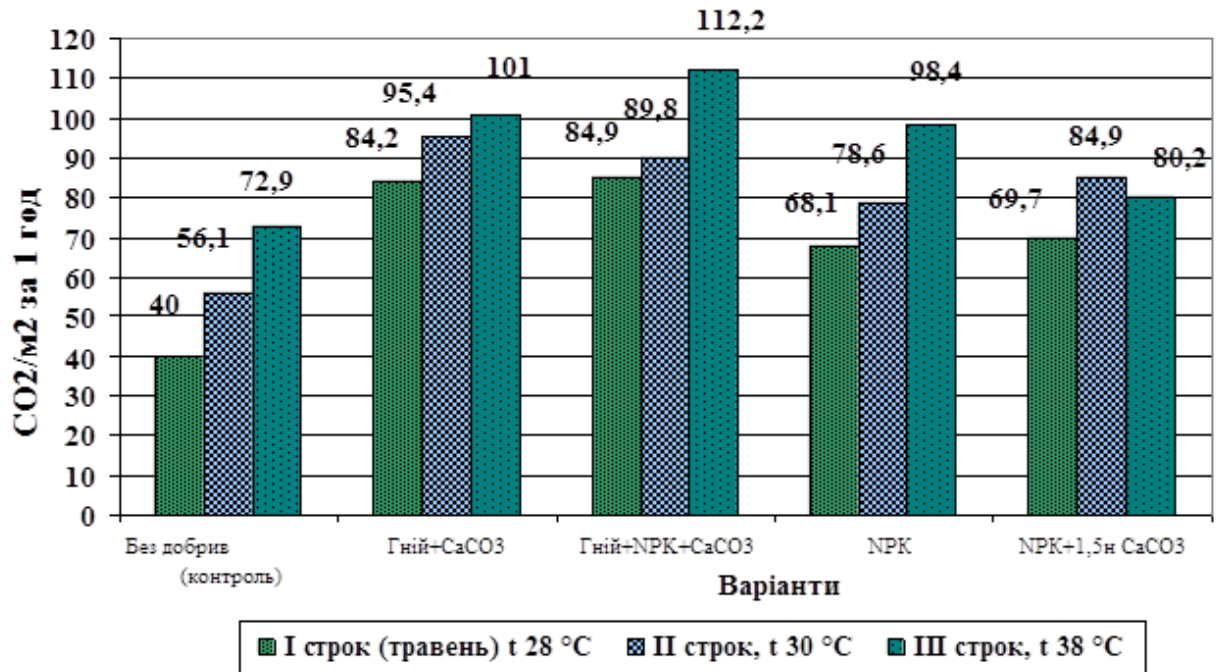


Рис. 3.4. Динаміка емісії CO₂ під кукурудзою на силос залежно від удобрення, вапнування та температури повітря, мг CO₂ /м² за 1 год.

3.2. Вегетаційна динаміка інтенсивності виділення CO₂ під час росту та розвитку культур

Дослідження процесів виділення діоксиду карбону за допомогою інфрачервоного газового аналізатора дають змогу отримувати у стаціонарних польових умовах найбільш достовірну та об'єктивну інформацію щодо оцінювання впливу агротехнічних чинників на процеси газообміну [236].

Інтенсивність виділення CO₂ в полі ячменю ярого під час сходів та початок кущіння була найвищою на контролі без добрив і становила відповідно 13,3 та 35,0 ppm/хв при температурі 20°C. Знижувалась за мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення на фоні вапнування до 26,7 і 29,3 ppm/хв. У фазі виходу в трубку за температури повітря 29°C

інтенсивність виділення CO_2 на контролі знижувалась до 20,5, а за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування зростала до 75,0 ppm/хв.

У варіанті мінеральної системи удобрення інтенсивність виділення діоксиду карбону становила 41,7, знижувалась до 33,3 ppm/хв при використанні такої системи удобрення на фоні вапнування.

Перед збиранням врожаю ячменю ярого за температури повітря 24°C інтенсивність виділення CO_2 різко знижувалась за варіантами досліду на фоні зниження загальної біотичної активності, однак найбільшою мірою у варіанті контролю без добрив і становила 14,7 проти 17,7-18,0 ppm/хв у варіанті мінеральної та органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування (рис. 3.5.-3.8.).

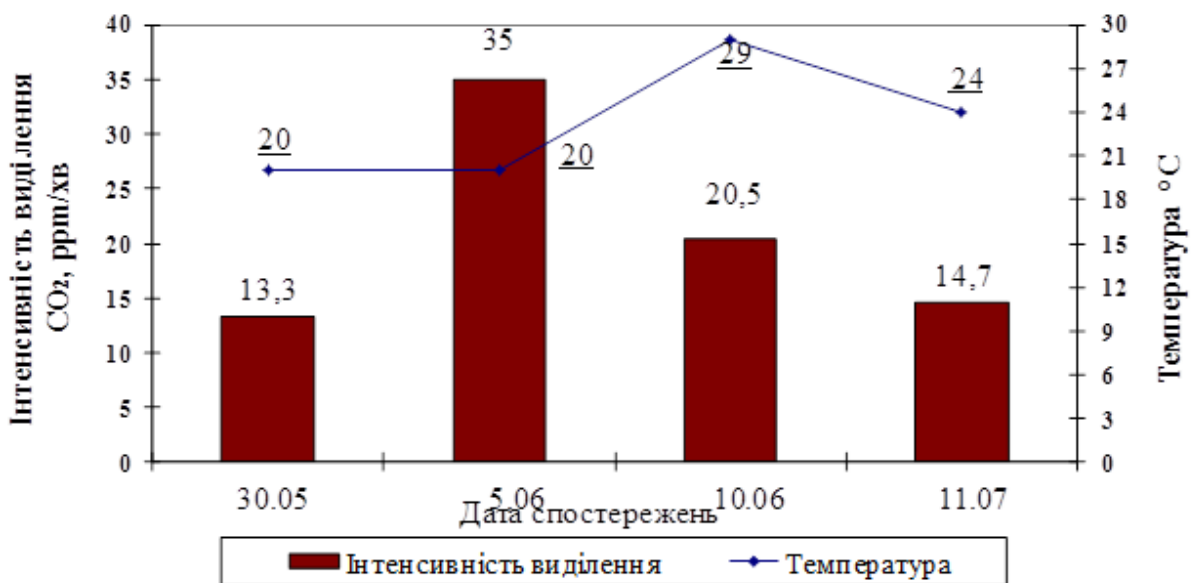


Рис. 3.5. Динаміка інтенсивності виділення CO_2 під ячменем ярим залежно від температури на контролі без добрив.

У дослідженнях Б. В. Матвійчук, Ю. В. Осовець, використання органічних та мінеральних добрив у короткоротаційних сівозмінах Полісся також суттєво підвищувало інтенсивність виділення діоксиду карбону [137].

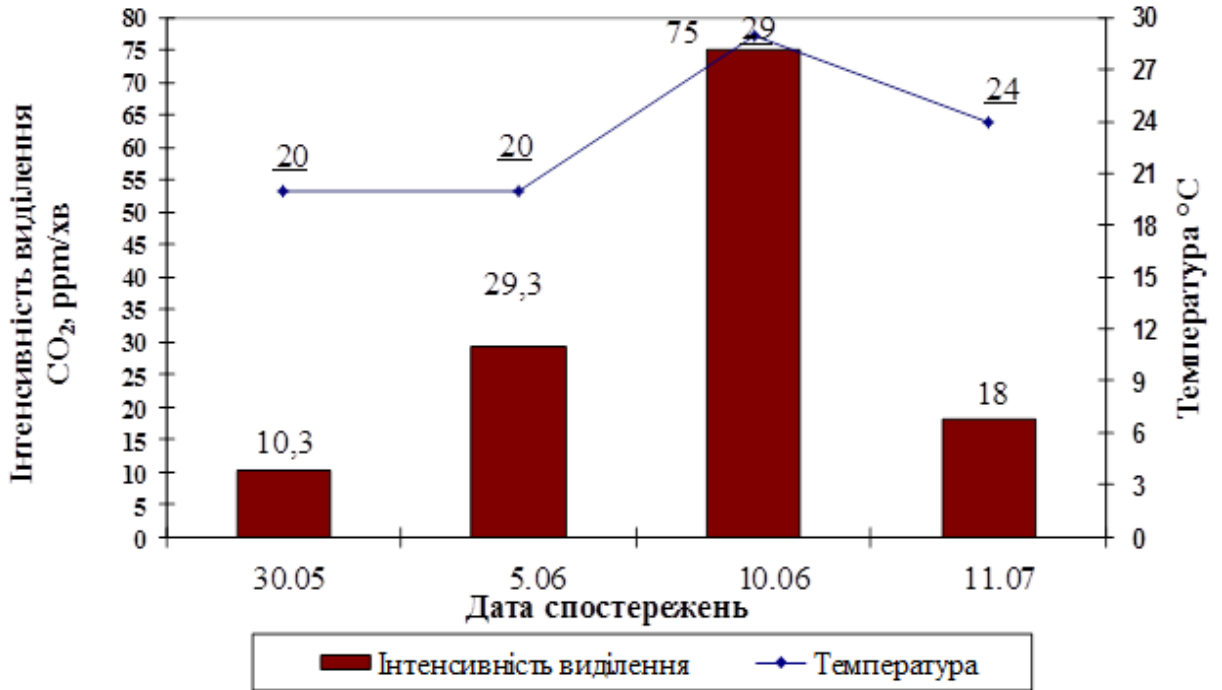


Рис. 3.6. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під ячменем ярим залежно від температури при органо-мінеральній системі удобрення на фоні вапнування.

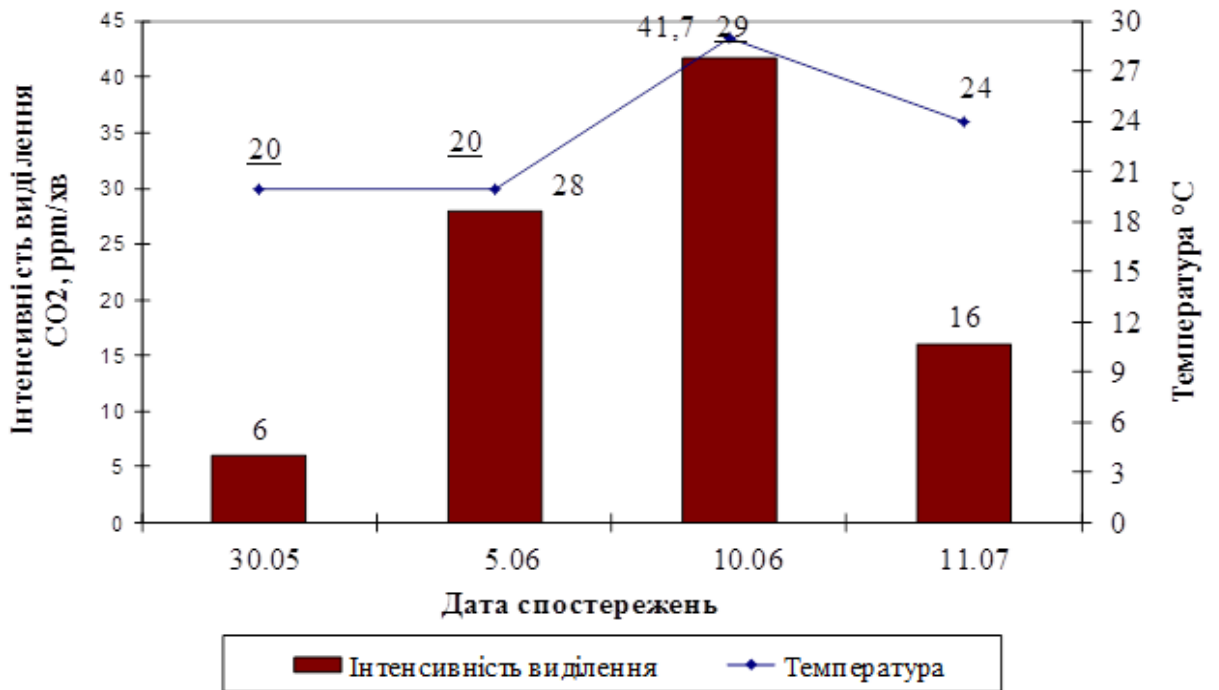


Рис. 3.7. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під ячменем ярим залежно від температури при мінеральній системі удобрення.

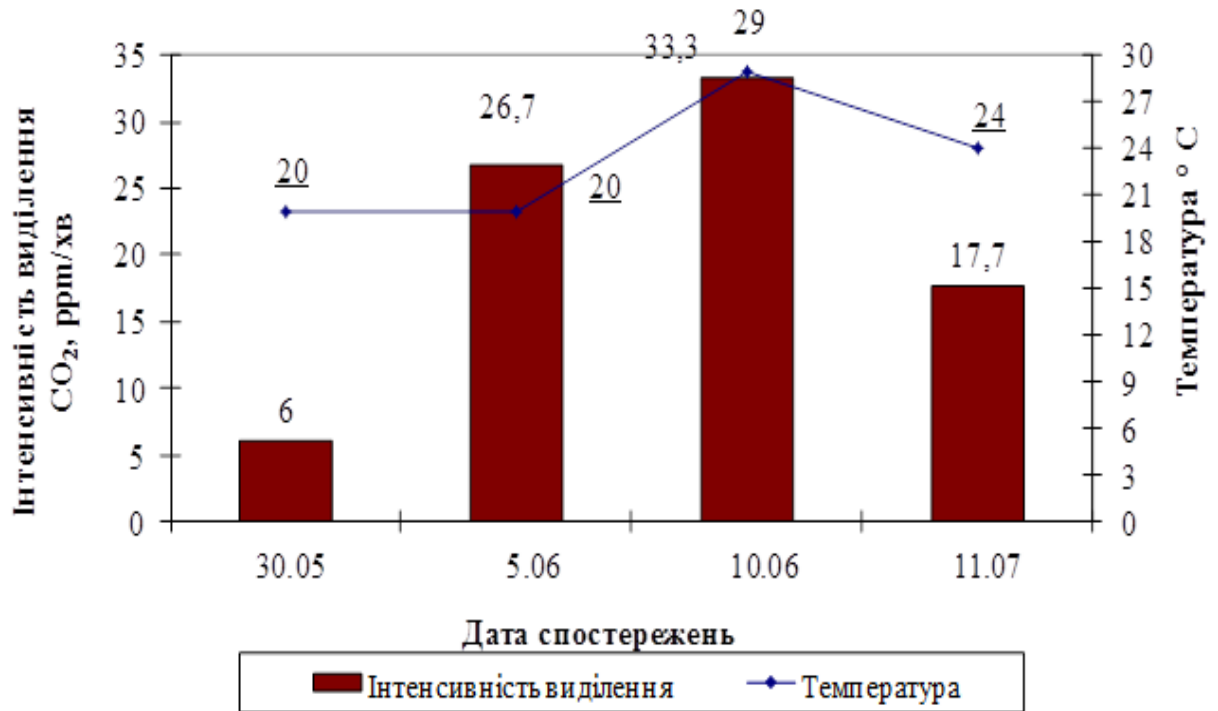


Рис. 3.8. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під ячменем ярим залежно від температури за мінеральної системи удобрення на фоні вапнування.

Спостереження за інтенсивністю виділення діоксиду карбону в липні показали, що на величину нагромадження CO₂ в полі пшениці озимої (останньої культури VIII ротації) у більшій мірі впливали температура і вологість, у меншій – зміст варіантів внаслідок зниження впливу 12-ого року післядії добрив і 19-ого року післядії вапна. Очевидним є значний вплив на вирівнювання емісії діоксиду карбону за системами удобрення, використання в якості добрива на всіх варіантах органічної маси другого укусу конюшини лучної.

Пік інтенсивності виділення діоксиду карбону в полі пшениці озимої на всіх варіантах досліді припадає на початок липня при температурі 25-27 °C і вологості 12-13,7%. При зниженні вологості до 8-10,6% за температури 20-21°C перед збиранням врожаю інтенсивність виділення діоксиду карбону знижується в 3-4 рази (рис. 3.9-3.12.).

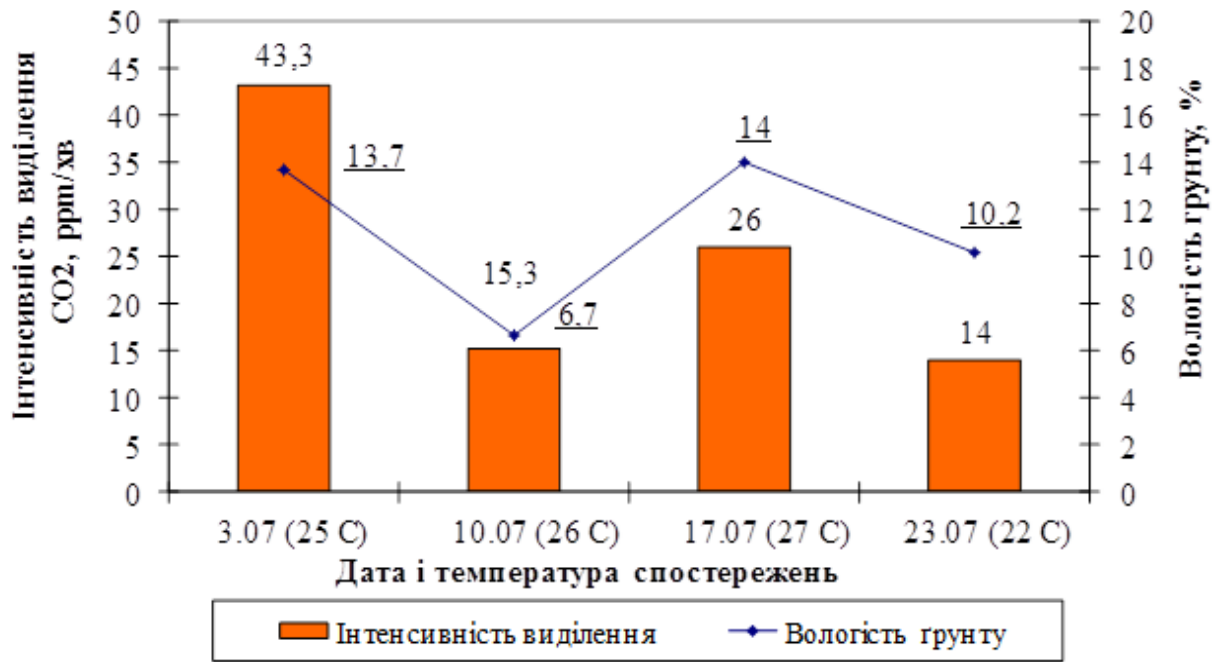


Рис. 3.9. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під пшеницею озимою залежно від температури і вологості на контролі без добрив.

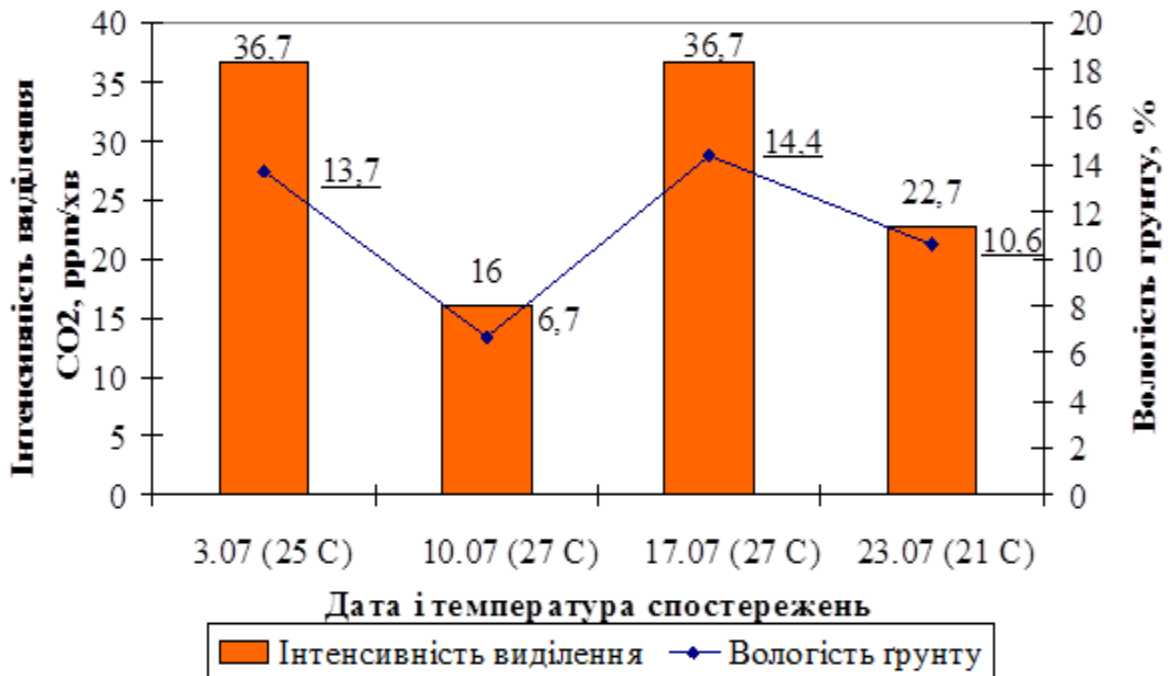


Рис. 3.10. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під пшеницею озимою залежно від температури і вологості при органо-мінеральній системі удобрення на фоні вапнування.

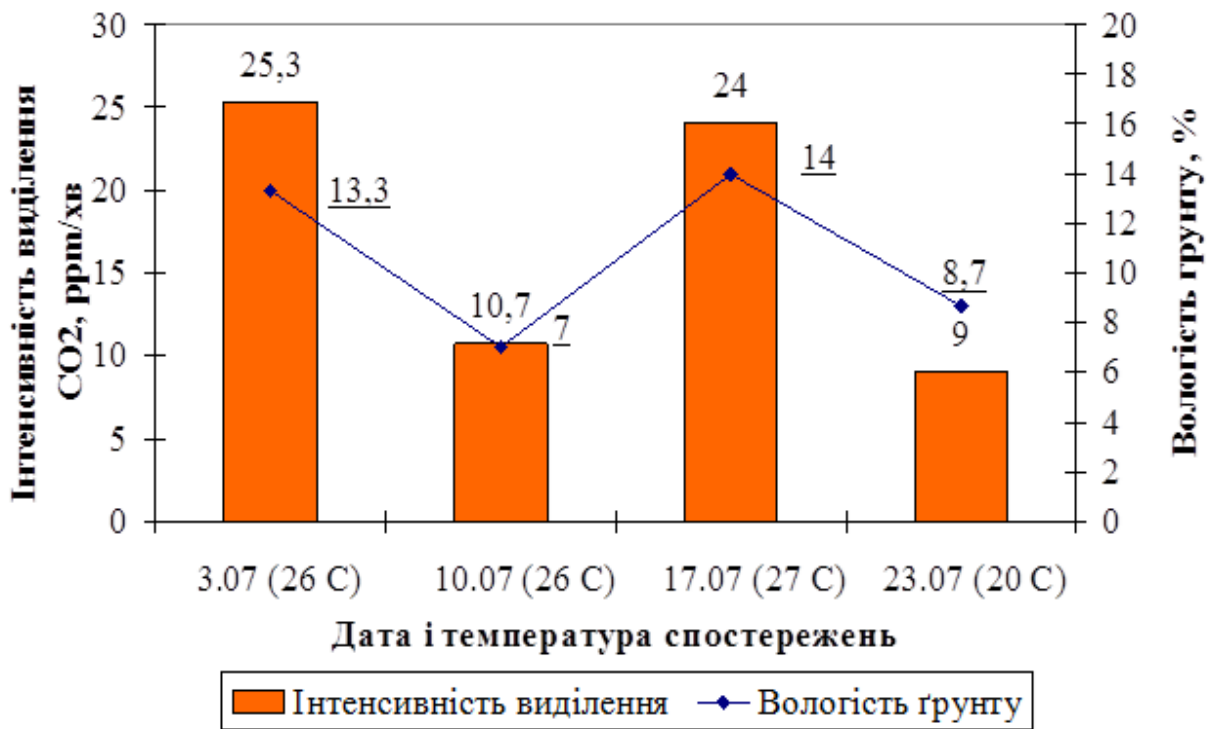


Рис. 3.11. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під пшеницею озимого залежно від температури і вологості при мінеральній системі удобрення.

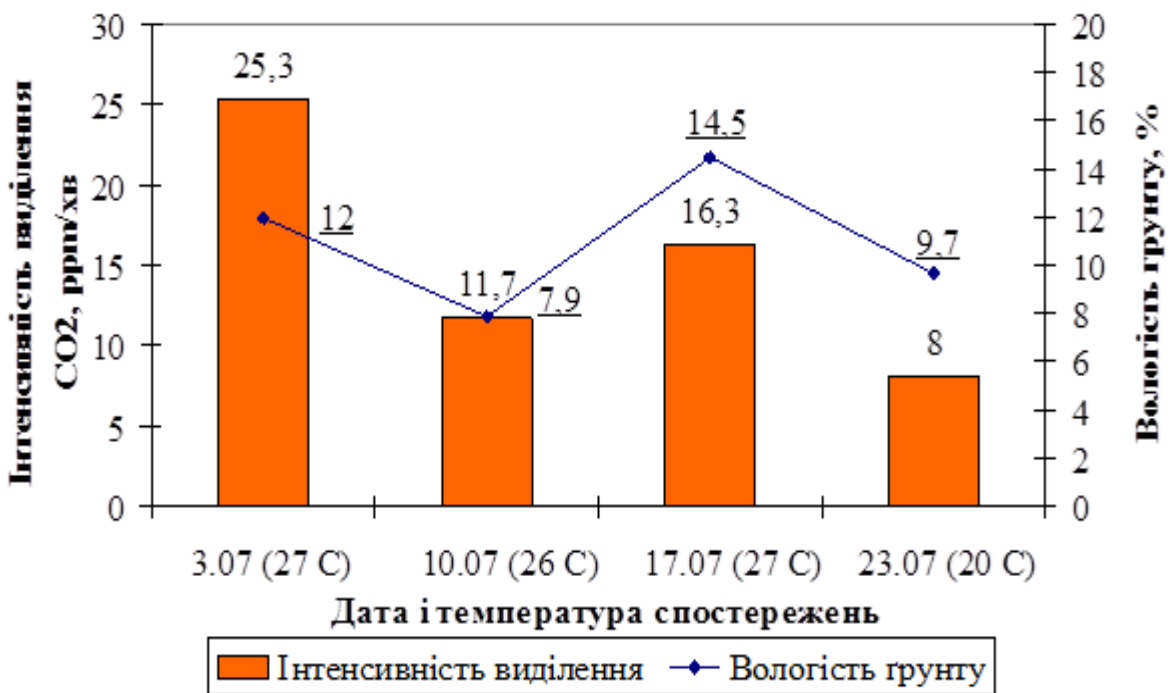


Рисунок 3.12. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під пшеницею озимого залежно від температури і вологості при мінеральній системі удобрення на фоні вапнування.

Динаміка інтенсивності виділення CO_2 у полі кукурудзи на силос була наступною: у фазі п'яти листочків – найвищою на контролі та за мінеральної системи удобрення і становила відповідно 53,3-35,0 ppm/хв при температурі 28-30 °C і вологості 9,4-9,65% проти 27,0 ppm/хв за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування при тих самих температурах повітря і вологості ґрунту (рис. 3.13-3.16). У міру росту та розвитку рослин знижувалась за всіма варіантами дослідів, однак особливо різко у варіантах контролю та мінерального удобрення. Після проведення зяблевої оранки на контролі без добрив і за мінеральної системи удобрення становила 8,3 і 8,0 ppm/хв. проти 5,3 при органо-мінеральному та мінеральному удобренні на фоні вапнування (Додаток Б).



Рис. 3.13. Динаміка інтенсивності виділення CO_2 під кукурудзою на силос залежно від температури і вологості на контролі без добрив.



Рис. 3.14. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під кукурудзою на силос залежно від температури і вологості при орґано-мінеральній системі удобрення на фоні вапнування.

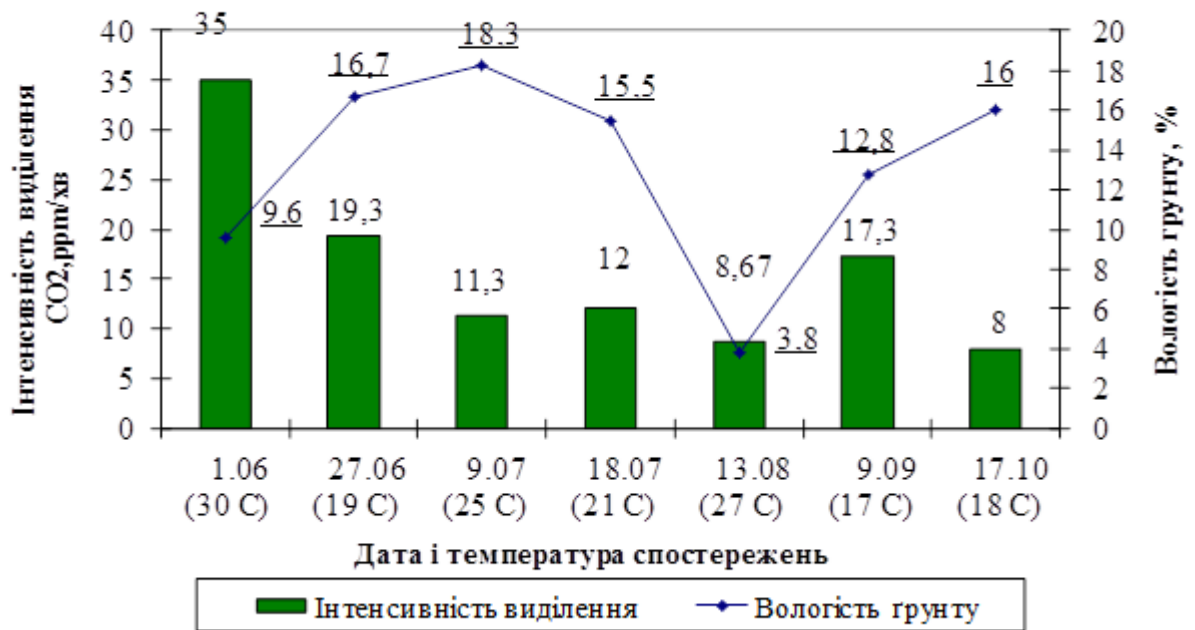


Рис. 3.15. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під кукурудзою на силос залежно від температури і вологості при мінеральній системі удобрення.

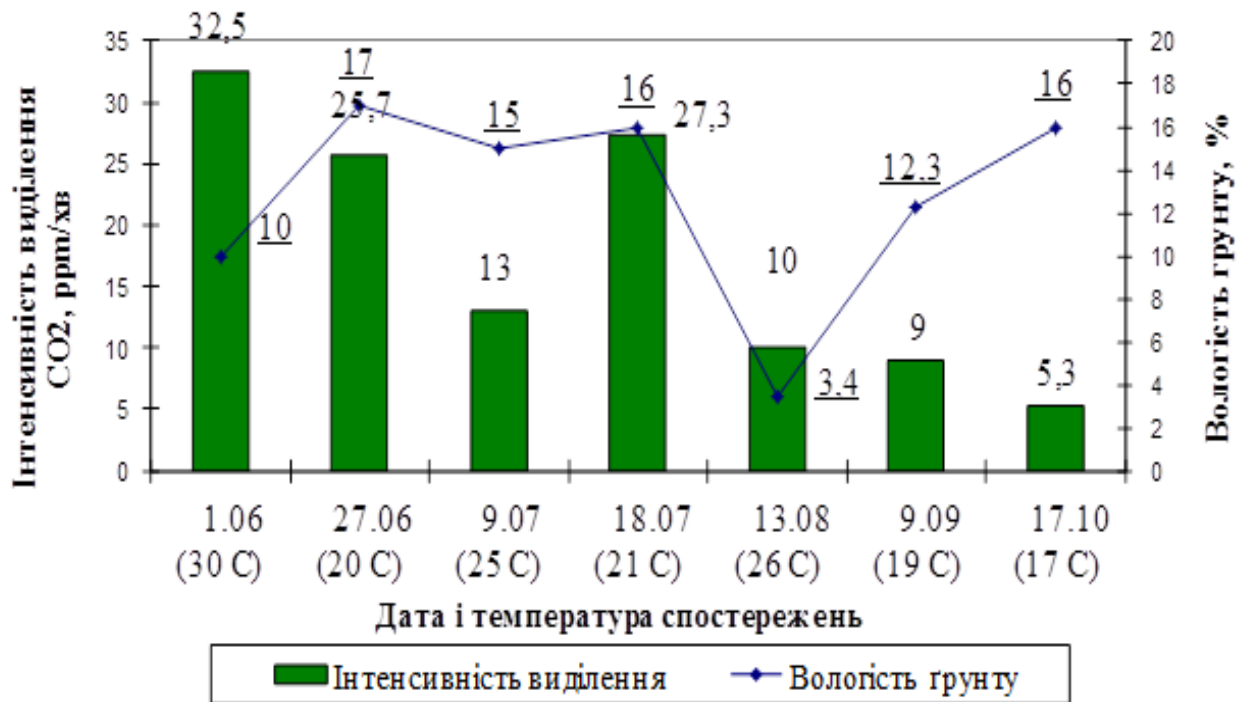


Рис. 3.16. Динаміка інтенсивності виділення CO₂ під кукурудзою на силос залежно від температури і вологості при мінеральній системі удобрення на фоні вапнування.

Зменшення показника інтенсивності виділення діоксиду карбону в осінній період після зяблевої оранки у варіантах органо-мінеральної та мінеральної систем удобрення на фоні вапнування, свідчить про зниження мінералізаційних процесів у ґрунті агроєкосистеми та інтенсифікацію гуму-соутворення, що підтверджує виключно важливу роль хімічної меліорації та внесення гною у відтворенні і збереженні родючості та підтриманні агроєкологічної стабільності кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглесних ґрунтів.

Зростання інтенсивності виділення діоксиду карбону у варіантах контролю та мінерального удобрення після весняного обробітку навесні та зяблевої оранки восени, свідчать про переважання процесів мінералізації органічної речовини та зниження процесів гуму-соутворення на кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглесних ґрунтах як під впливом інтенсивного мінерального удобрення, так і за умов використання в системі землеробства

даного ґрунту без добрив. Відомо, що за сильно кислої реакції ґрунтового розчину у складі гумусу відбувається переважне нагромадження менш цінних для ґрунтової родючості фульвокислот, що здатні до швидкої мінералізації.

Таким чином, отримані результати досліджень свідчать про те, що органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування найбільше оптимізує газовий режим ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту під час вегетації сільськогосподарських культур, знижуючи негативний вплив екстремальних факторів зовнішніх умов (перезволоження за надмірної кількості опадів, високі температури, обробітки ґрунту, тощо), забезпечуючи тим самим сприятливі умови як для живлення рослин, так і для процесів гумусоутворення.

3.3. Сезонна та добова динаміка емісії діоксиду карбону ґрунтом за різних систем удобрення та вапнування

Проведені дослідження у тривалому стаціонарному досліді показали, що інтенсивність виділення діоксиду карбону зазнає значних коливань за сезонами року та протягом доби.

Після ранньовесняного обробітку та зяблевої оранки восени інтенсивність виділення діоксиду карбону у варіантах контролю та мінеральної системи удобрення, де найбільше проявляється поверхневе оглеєння, зростає порівняно з органо-мінеральною системою удобрення і становить відповідно 10,17-12,93 проти 7,73-11,13 ppm/хв. Аналогічні закономірності спостерігали в усі роки досліджень.

Під час сходів інтенсивність виділення CO_2 до приземного шару атмосфери в полі ячменю ярого була невисокою і становила в динаміці на контролі без добрив 6,33-11,03, за органо-мінерального удобрення на фоні вапнування – 8,2-15,8 ppm/хв; зростала у травні місяці при t 27 °C до 14,9 на

контролі та 36,5 ppm/хв при органо-мінеральному удобренні на фоні вапнування. У літній період виділення CO₂ на контролі зростало до 20,5-25,1 ppm/хв, за органо-мінерального удобрення на фоні вапнування до 19,4-28,9 ppm/хв. Подібні закономірності сезонних змін виділення CO₂ спостерігалися у полі кукурудзи, однак були значно вищими і становили весною: 16,3-24,5, зростали влітку до 28,8-44,7, восени знижувалися до 13,8-15,2 ppm/хв, а після зяблевої оранки інтенсивність виділення CO₂ була найнижчою і становила 12,9 на контролі та 11,1-11,8 ppm/хв за органо-мінерального удобрення і вапнування.

Спостереження за динамікою виділення діоксиду карбону з поверхні ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за варіантами досліджу показали, що емісія CO₂ до приземного шару атмосфери у полі кукурудзи на силос за добу змінюється до трьох разів і становить в динаміці у варіанті органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування 20,6 (6.00 год) – 34,7 (14.00 год) – 21,4 ppm/хв (22.00 год).

Найвища інтенсивність виділення діоксиду карбону у випадку кукурудзи є у період викидання волоті та формування качанів, наростаючи від 6.00 години ранку до 14.00 год дня з 24,8 до 39,2 ppm/хв (рис 3.17).

У полі кукурудзи на силос (першої культури, під яку проведено вапнування) за внесення однакових доз гною і мінеральних добрив (N₆₅P₆₈K₆₈ + гній 10 т/га сівозмінної площі) у варіанті вапнування дозою CaCO₃, розрахованою за гідролітичною кислотністю, що становить 7,0 т/га (вар. 7) інтенсивність виділення CO₂ після посіву становила 16,3 ppm/хв і перевищувала понад удвічі – 7,73 ppm/хв варіант, у якому дозу внесення вапна розраховували за кислотно-основною буферністю – 2,5 т/га CaCO₃, (вар. 8.), (рис. 3.18).

У варіантах мінеральної системи удобрення: за внесення на 1 га сівозмінної площі N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ на фоні вапнування 1,5 т CaCO₃ за Нг (9,45 т/га) інтенсивність виділення CO₂ у фазі сходів становила 73,8 (вар. 17)

проти 34,7 ppm/хв у варіанті з внесенням 2,5 т/га CaCO₃, що розраховано за кислотно-основною буферністю (вар. 18).

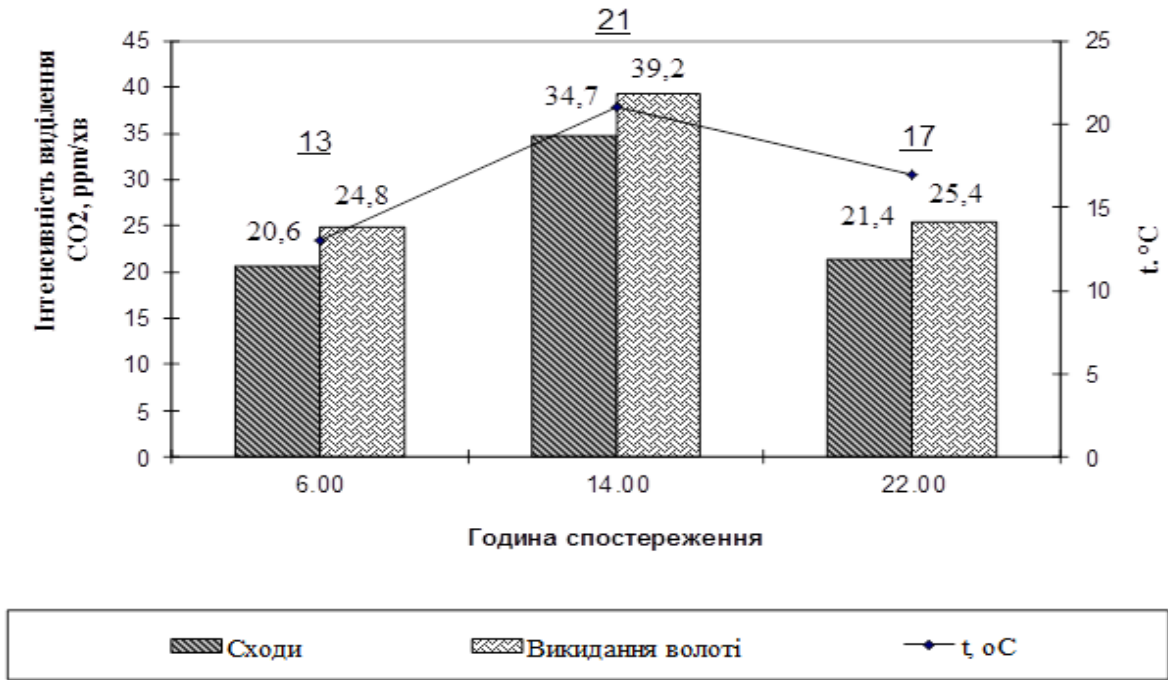


Рис. 3.17. Інтенсивність виділення CO₂ під кукурудзою на силос протягом доби за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування 1,0 н CaCO₃ за Нг.

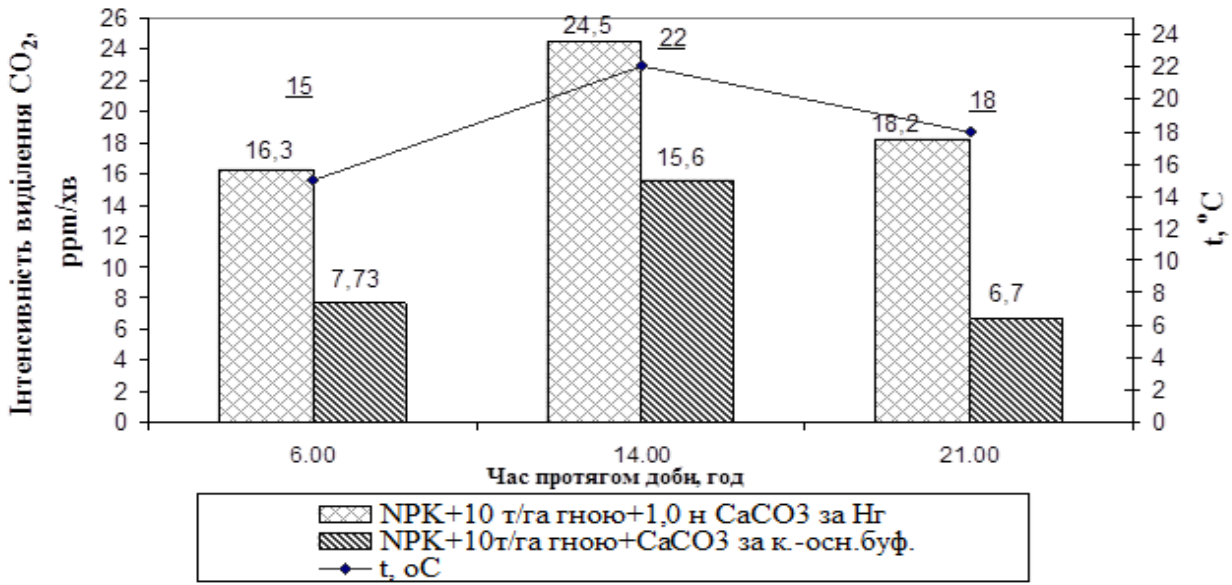


Рис. 3.18. Інтенсивність виділення CO₂ за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування за кислотно-основною буферністю.

Аналогічні зміни характерні при вимірюванні інтенсивності виділення CO_2 протягом доби у фазі 5-ти листочків: у 6.00 годині ранку інтенсивність виділення CO_2 у варіанті органо-мінеральної системи удобрення на фоні внесення 1,0н CaCO_3 за Нг становила 20,6 проти 9,57 ppm/хв за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування дозою CaCO_3 , розрахованою за кислотно-основною буферністю; о 14.00 год зросла до 44,7 проти 28,8, о 22.00 годині становила 34,7, проти – 21,4 ppm/хв (рис. 3.19). Подібні закономірності спостерігались протягом подальшого періоду росту та розвитку і становили у динаміці у варіанті органо-мінеральної системи удобрення та вапнування дозою вапна 1,0 н за Нг 16,23–21,7–39,2 ppm/хв у період максимального росту й розвитку. За такої системи удобрення у випадку внесення дози вапна розрахованої за кислотно-основною буферністю динаміка виділення CO_2 становила 7,87–12,6–36,4 ppm/хв.

Аналогічні закономірності спостерігали у варіантах мінерального живлення кукурудзи і становили в динаміці у фазі 5-6 листочків 18,6 – (6.00 год.) – 30,4 (14.00 год.) – 26,5 (22.00 год) у варіанті мінерального удобрення на фоні 1,5 н CaCO_3 за Нг проти 15,2 (6.00 год) – 18,4 (14.00 год) – 15,4 (22.00 год) за внесення мінеральних добрив на фоні дози CaCO_3 , розрахованої за кислотно-основною буферністю (рис. 3.19).

Вказану залежність спостерігали протягом усього періоду і за 14 діб перед збиранням врожаю вона становила: 23,9 (6.00 год) – 27,8 (14.00 год) – 22,0 (22.00 год) у варіанті органо-мінерального удобрення на фоні вапнування 1 н CaCO_3 за Нг проти 13,8-15,2-12,2 ppm/хв в аналогічні години спостереження за органо-мінерального удобрення на фоні вапнування за кислотно-основною буферністю (рис. 3.20).

Відповідні зміни спостерігали у варіантах мінерального живлення: перед збиранням врожаю в динаміці 22,1-24,9-20,1 (вар. 17) проти 13,9-16,0-11,8 ppm/хв (вар. 18) за мінеральної системи удобрення на фоні внесення CaCO_3 за кислотно-основною буферністю (рис. 3.20).

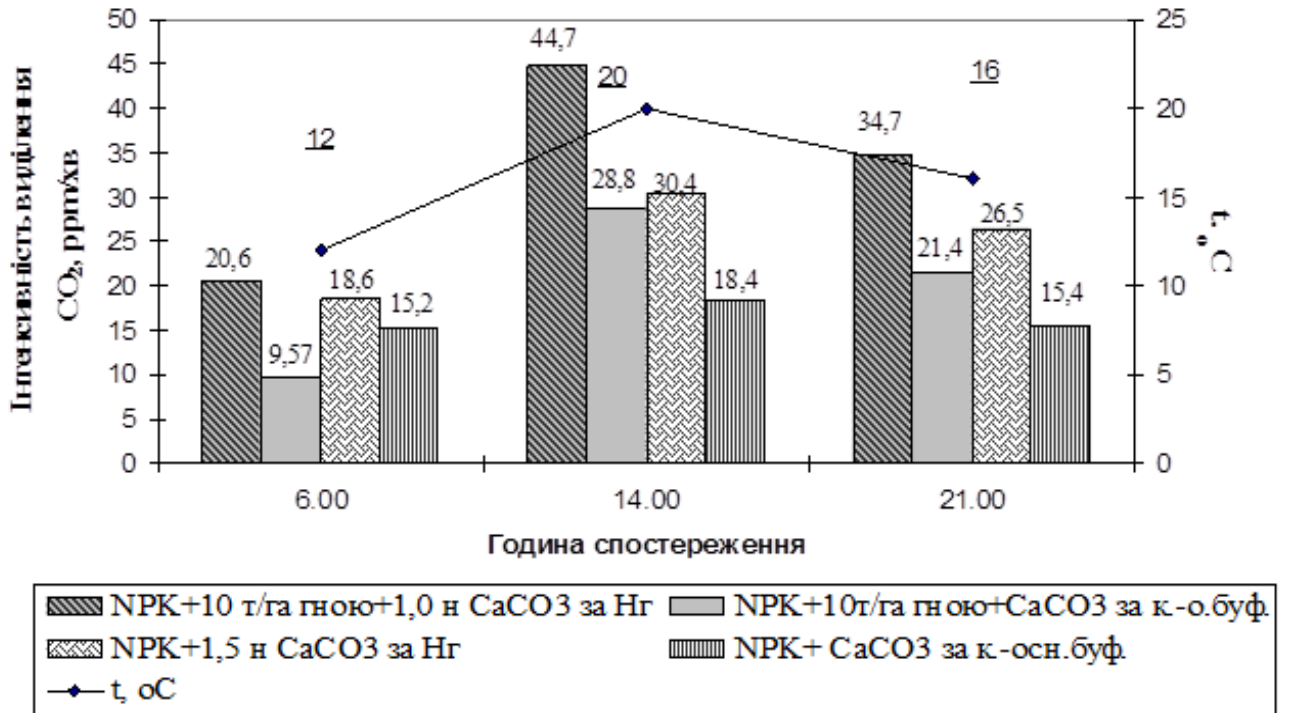


Рис. 3.19. Зміна інтенсивності виділення CO₂ протягом доби під кукурудзою на силос (5-6 листочків 11.06).

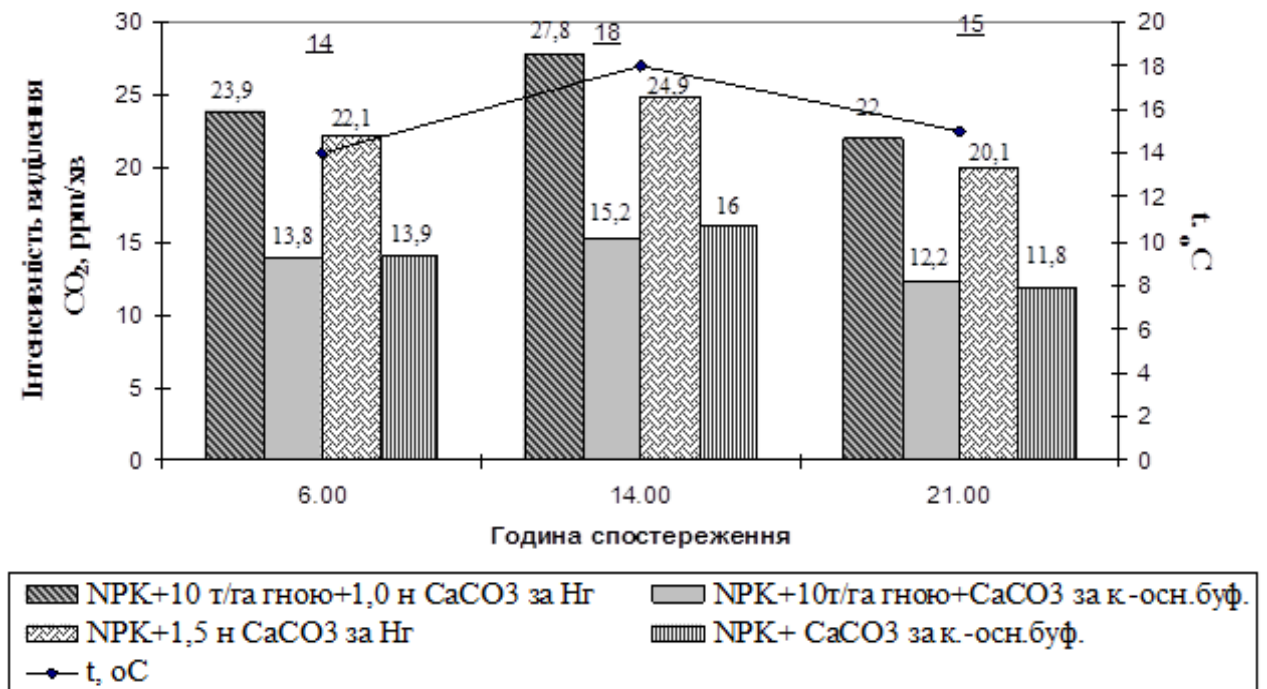


Рис. 3.20. Зміна інтенсивності виділення CO₂ протягом доби під кукурудзою на силос перед збиранням врожаю.

Загалом спостереження за інтенсивністю виділення діоксиду карбону за варіантами досліду у період активного росту й розвитку рослин кукурудзи показали, що максимум був у варіанті мінеральної системи удобрення і вапнування 1,5 н CaCO_3 за Нг і становив 73,8 та мінеральної системи удобрення без вапнування – 58,3 ppm/хв (рис. 3.21).

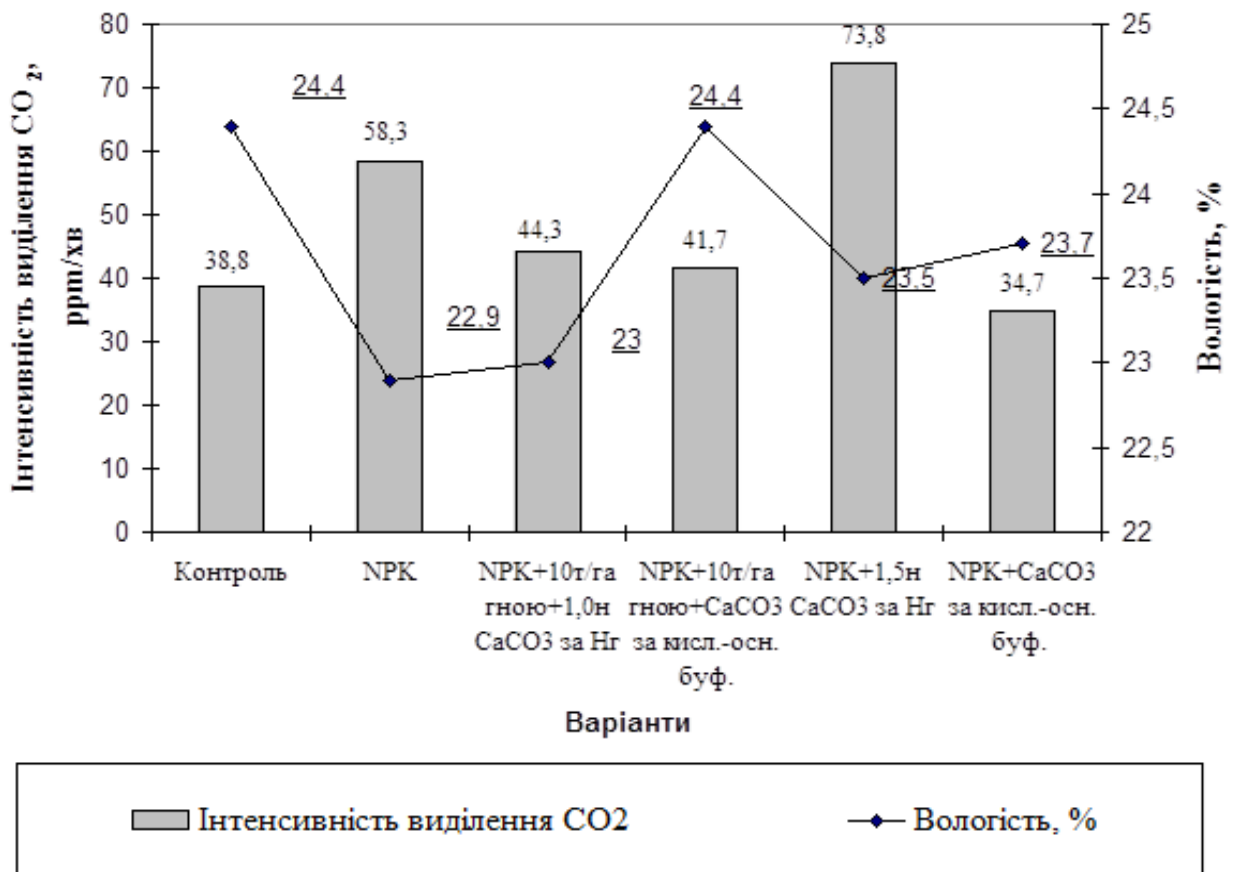


Рис. 3.21. Інтенсивність виділення CO_2 під кукурудзою на силос за варіантами досліду в період активного росту й розвитку рослин.

У полі ячменю ярого (другий рік післядії вапна) спостерігали подібні закономірності виділення діоксиду карбону за варіантами, хоча й меншою мірою, що становили в динаміці 15,8-14,7-36,4-28,9-42,6 ppm/хв у варіанті органо-мінеральної системи удобрення та вапнування дозою CaCO_3 , розрахованою за Нг, проти 14,8-14,5-33,0-19,4-22,2 ppm/хв за вапнування дозою меліоранта, розрахованою за кислотно-основною буферністю.

У варіанті органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування $1,0\text{н CaCO}_3$ за Нг під час сходів інтенсивність виділення CO_2 становила в динаміці 15,8 (6.00 год) – 18,2 (14.00 год) – 14,5 (22.00 год), проти 14,8 (6.00 год) – 17,8 (14.00 год) – 14,7 ppm/хв (22.00 год) у варіанті вказаної системи удобрення на фоні післядії вапна, внесеного за кислотно-основною буферністю. Максимум інтенсивності виділення у фазі сходів спостерігали у варіанті мінеральної системи удобрення, що становило 28,3 ppm/хв (рис. 3.22).

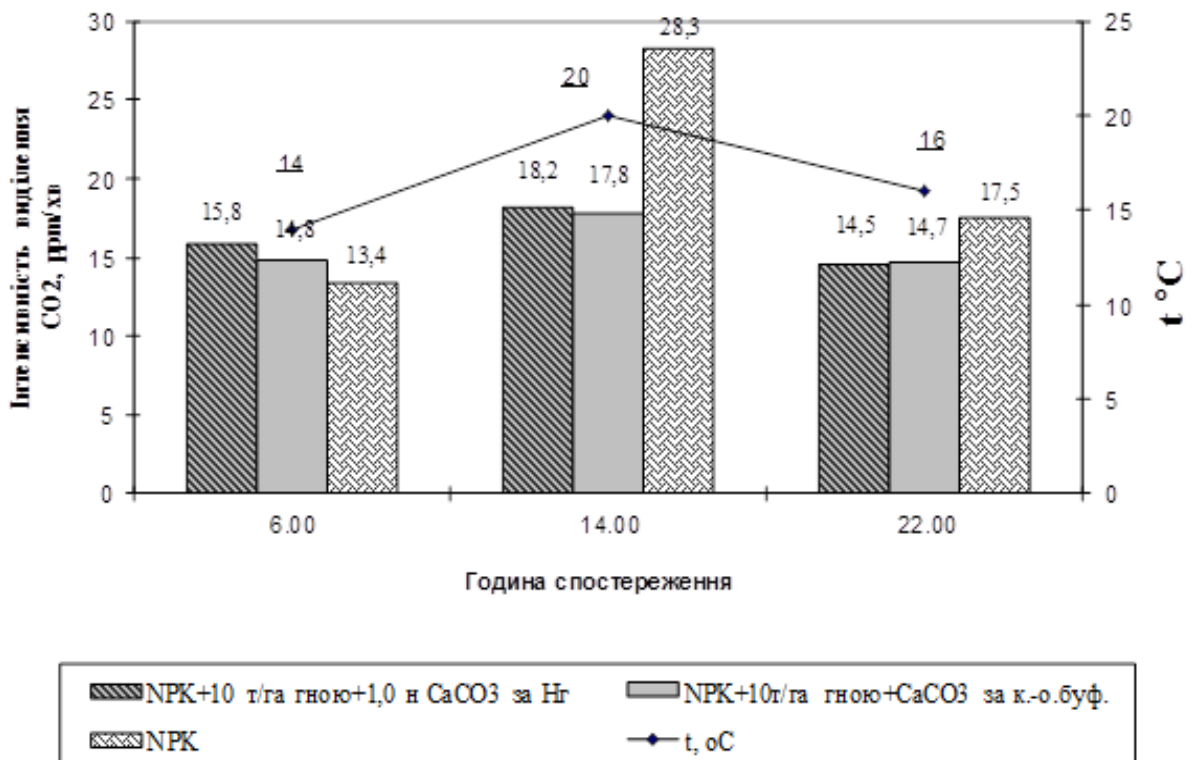


Рис. 3.22. Зміна інтенсивності виділення CO_2 протягом доби під ячменем ярим (сходи 23.04).

Така залежність спостерігалась протягом всього періоду розвитку, а перед збиранням врожаю дещо згладжувалась і становила в динаміці 17,7 (6.00 год) – 27,7 (14.00 год) – 15,4 (22.00 год) проти 19,6-23,3-15,4 ppm/хв (рис. 3.23).

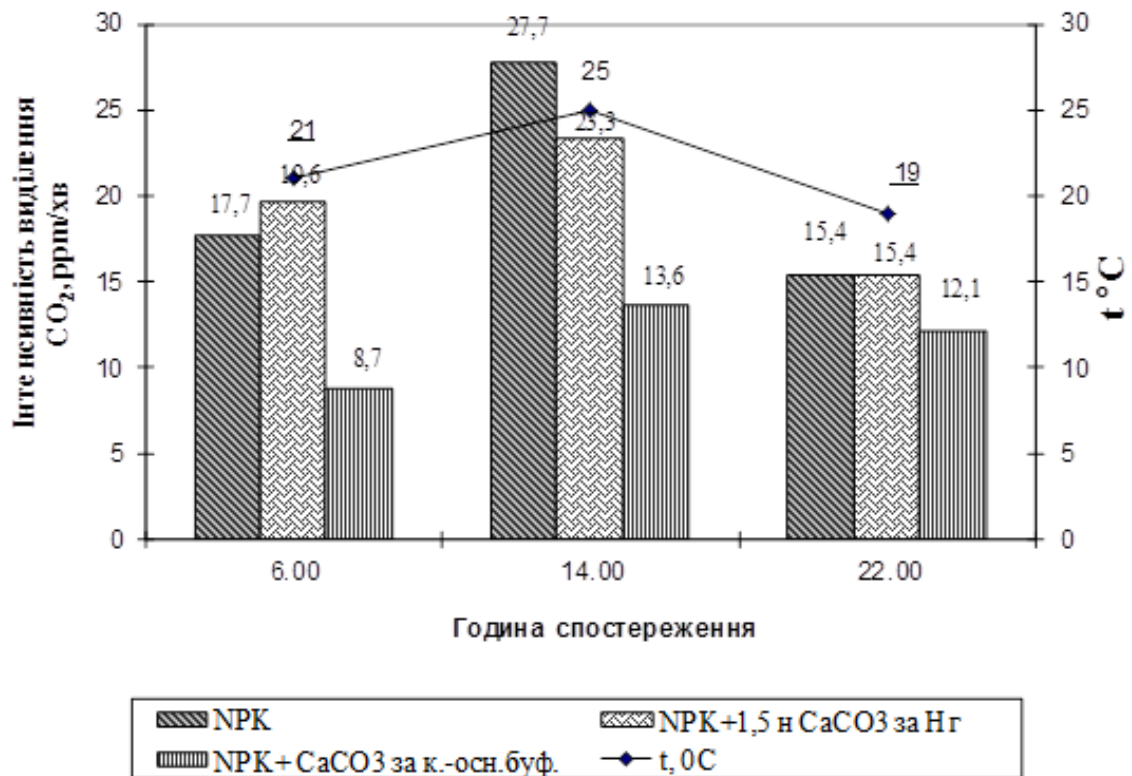


Рис. 3.23. Зміна інтенсивності виділення CO₂ протягом доби під ячменем ярим (перед збиранням 8.07).

Загалом інтенсивність виділення діоксиду карбону у полі кукурудзи у 1,5-2 раза перевищує поле ячменю ярого, а коливання по сезонах значно перевищують добові під усіма культурами.

Отже, внесення на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті високих доз вапна, розрахованих за гідролітичною кислотністю, супроводжується поряд зі значними матеріальними витратами, також екологічними проблемами, зумовленими як додатковою мінералізацією, так і вимиванням кальцію у підґрунтові води внаслідок гідролізу бікарбонатів як за прямої дії, так і в післядії під наступною культурою.

Висновки до розділу 3

Виділенню діоксиду карбону в досліджуваному агробіогеоценозі властива висока динамічність упродовж сезонів та доби. Діапазон коливань емісії CO_2 залежав від температури повітря, вологості ґрунту, сумісного чи роздільного внесення гною, мінеральних добрив і вапна.

Органо-мінеральна система удобрення з внесенням 10 т/га сівозмінної площі гною, повної дози NPK на фоні вапнування 1,0 н CaCO_3 за Нг (7 т/га) сприяла зростанню емісії діоксиду карбону в полях ячменю ярого, пшениці озимої та кукурудзи на силос, особливо при підвищенні температури у літній період вегетації, що співпадало з періодом максимальної біотичної активності ґрунту.

Інтенсивність виділення діоксиду карбону у варіантах органо-мінеральної та мінеральної системи удобрення на фоні вапнування 1,0 н CaCO_3 за Нг значно переважала варіанти аналогічної системи удобрення на фоні вапнування дозою CaCO_3 , розрахованою за кислотно-основною буферністю (2,5 т/га), в більшій мірі під кукурудзою на силос (першою культурою, під яку проведено вапнування) і ячменем ярим (другий рік післядії), та у меншій мірі під останньою культурою сівозміни – пшеницею озимою (четвертий рік післядії), що свідчить про необхідність проведення чергового вапнування дозою, розрахованою за кислотно-основною буферністю перед кожною з наступних ротацій.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ЗМІН ВМІСТУ ГУМУСУ ЯК ЧИННИКА МАЛОГО КАРБОНОВОГО ЦИКЛУ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ ІЗ РІЗНИМИ НОРМАМИ УДОБРЕННЯ І ВАПНУВАННЯ

4.1. Трансформація гумусного стану ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту під впливом тривалого застосування добрив і вапна

Універсально-інформаційним показником родючості ґрунту, джерелом поживних елементів для рослин і мікроорганізмів, що визначає спрямованість ґрунтових процесів, екологічний стан і продуктивність ґрунтів є вміст гумусу [152].

У вивченні проблеми гумусу чільне місце посідає питання його якісного складу, що характеризується співвідношенням в гумусі груп і фракцій високомолекулярних гумусових сполук – гумінових і фульвокислот [240].

Основним джерелом утворення і поповнення запасів гумусу є органічні рештки сільськогосподарських культур, внесення у ґрунт в достатній кількості гною, особливо у поєднанні з вирощуванням у сівозміні багаторічних бобових трав [9; 68], значна роль відводиться сівозміні [91], застосуванню мінеральних добрив [126], а також хімічній меліорації кислих ґрунтів [228; 229].

Одним із шляхів секвестрації карбону є його акумуляція в органічній речовині зокрема, в гумусі ґрунту.

Найбільш достовірну та об'єктивну інформацію, яка дає можливість оцінити роль і значення технологічних прийомів, агротехнічних чинників у процесі трансформації складових органічної речовини, що ведуть до посилення гуміфікації, збереження і закріплення карбону у ґрунті, можна отримати в базових стаціонарних дослідках.

Результати тривалого польового дослідження свідчать про те, що на ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах, які належать до мало-забезпечених поживними елементами, запровадження інтенсивної сівозміни істотно впливає на процеси гуміфікації і мінералізації органічної речовини, а відтак на вміст та запаси гумусу у ґрунті і його якісний склад.

При цьому, характер і швидкість процесів утворення гумусу залежить від низки взаємопов'язаних факторів ґрунтоутворення, що знаходяться у тісному зв'язку із системою удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні.

Проведені дослідження показали, що на кінець VIII-ої ротації в середньому по двох полях стаціонарного дослідження найвищий вміст гумусу 1,91% забезпечує органо-мінеральна система удобрення з внесенням $N_{65}P_{68}K_{68}$ і 10 т/га сівозмінної площі гною на фоні післядії 1,0 н $CaCO_3$ за Нг, при цьому запаси гумусу зросли на 11,2 т/га порівняно з контролем без добрив.

У варіанті самого мінерального удобрення на кінець VIII-ої ротації вміст гумусу зріс лише на 0,1% в орному шарі ґрунту, порівняно з контролем без добрив. Ця система удобрення на фоні вапнування підвищує вміст гумусу до 1,76 %, що свідчить про інтенсифікацію процесів гуміфікації під впливом вапнування кислих ґрунтів (табл. 4.1).

Ефективною у процесі накопичення гумусу та стабілізації його вмісту на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті є органічна система удобрення з внесенням 10 т/га сівозмінної площі гною на фоні вапнування, за якої вміст гумусу зріс до 1,61%.

Узагальнюючим показником гумусного потенціалу ґрунту є його запаси, які залежали від систем удобрення та рівня окультуреності. Тривале сумісне внесення у сівозміні 10 т/га гною, $N_{65}P_{68}K_{68}$ на фоні післядії 1,0 н $CaCO_3$ за Нг підвищували на 11,2 т/га запаси гумусу в орному шарі порівняно з контролем без добрив.

Таблиця 4.1

Вплив тривалого удобрення і вапнування на вміст загального гумусу орного шару (0–20 см) ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту, кінець VIII ротації

№ вар.	Зміст варіанта	Вміст гумусу, %	Запаси гумусу, т/га	Зміна вмісту гумусу порівняно з контролем	
				%	т/га
1	Без добрив (контроль)	1,50	41,1	–	–
4	Гній, 10 т/га + CaCO ₃ , 1,0 н (післядія)	1,61	44,1	0,11	3,0
7	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ , 1,0 н (післядія)	1,91	52,3	0,41	11,2
15	N ₆₅ (ПК - післядія)	1,60	43,8	0,10	2,7
17	N ₆₅ (ПК – післядія) + CaCO ₃ , 1,5 н (післядія)	1,76	48,2	0,26	7,1
НІР ₀₅		0,05			

Таким чином, в умовах підзолистого ґрунтоутворювального процесу на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті, створення стабільних запасів гумусу та покращання його якісного складу у типовій чотирьох-пільній сівозміні забезпечує органо-мінеральна система удобрення з внесенням N₆₅P₆₈K₆₈, 10 т/га сівозмінної площі гною на фоні вапнування 1,0 н CaCO₃ за Нг.

Більш повну характеристику процесів гумусоутворення дає вивчення групового складу гумусу, оскільки груповий склад є прямим наслідком процесів трансформації органічної речовини, що тісно пов'язані із системою землеробства [130; 243].

Оскільки реакція ґрунтового розчину кисла, поглинальна здатність і вміст кальцію низький, то і гумус ґрунту кислий, легкорухомий за промивного водного режиму. Значна частка рухомих сполук у ґрунті спричиняє його витрати під час обробітку, що може привести до посилення деградаційних процесів та дегуміфікації.

Попередніми дослідженнями в даному досліді вивчені особливості зміни родючості та формування гумусного стану ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за різних системах його використання [51; 229]. Однак, враховуючи тривалість проведення досліду, а також внесені корективи у системи удобрення, зміна сівозміни поставили завдання в нових умовах продовжити вивчення впливу агротехнічних факторів не тільки на вміст гумусу, але й трансформацію його якісного складу.

Проведені дослідження показали [42; 48; 50], що гумус ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту характеризується переважанням вмісту фульвокислот над гуміновими. Вміст фульвокислот у складі гумусу на контролі без добрив на кінець VIII-ої ротації складають 47,1 проти 29,9% гумінових кислот. Співвідношення СГК: СФК становить 0,63, що за класифікацією Д. С. Орлова і Л. А. Грішиної [177] характеризує гуматно-фульватний тип гумусу (табл.4.2).

Тривале застосування 10 т/га сівозмінної площі гною на фоні післядії 1,0 н СаСО₃ за Нг підвищує на кінець VIII-ої ротації вміст гумусу на 0,11% з одночасним поліпшенням його групового складу до 0,73.

Найбільш активно процеси гумусоутворення проходять при сумісному внесенні в сівозміні 10 т / га гною, N₆₅P₆₈K₆₈ на фоні вапнування 1,0 н СаСО₃ за Нг. При цьому вміст гумусу зріс до 1,91%, а груповий склад покращився до 0,83 за рахунок вмісту гумінових кислот, як найбільш цінної частини ґрунтового гумусу, до 31,6%.

У варіанті мінерального удобрення, як і на контролі без добрив, співвідношення карбону гумінових до фульвокислот становить 0,63 (вар. 15).

Таблиця 4.2

**Якісний склад гумусу орного шару (0-20 см) ясно-сірого лісового
поверхнево оглеєного ґрунту залежно від добрив та вапнування,
кінець VIII ротації**

№ вар.	Зміст варіанта	Загальний гумус, %	Вміст у гумусі, %			СГК : СФК
			гумінових кислот (СГК)	фульвокислот (СФК)	негідролізованого залишку	
1	Контроль (без добрив)	1,50	29,9	47,1	23,0	0,63
4	Гній, 10 т/га + CaCO ₃ , 1,0 н (післядія)	1,61	28,9	39,6	31,5	0,73
7	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ , 1,0 н (післядія)	1,91	31,6	37,9	30,5	0,83
15	N ₆₅ (РК – післядія)	1,60	28,0	44,0	28,0	0,63
17	N ₆₅ (РК – післядія) + CaCO ₃ , 1,5 н (післядія)	1,76	30,4	41,1	28,5	0,74
	НР ₀₅	0,05	1,3	1,5	1,2	0,04

Трансформація органічної речовини ґрунту за використання даної системи удобрення на фоні вапнування 1,5 н CaCO₃ за Нг набуває акумулятивного характеру. При цьому вміст гумусу зростає до 1,76%, співвідношення СГК: СФК підвищується до 0,74. Отже, вапнування ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту послаблює негативний вплив НРК, підвищує вміст гумінових кислот і поліпшує якість гумусу.

Під впливом гною в гумусі збільшується вміст негідролізованого залишку, що складається з важкогідролізованих сполук, пов'язаних з мінеральною частиною ґрунту, на 7,5-8,5% в порівнянні з контролем без добрив.

Проведені дослідження показали, що заміна інтенсивної семипільної сівозміни на чотиріпільну протягом дванадцяти років сприяли стабілізації вмісту гумусу на рівні 1,48-1,50% та покращанню групового складу гумусу, передусім варіантів контролю без добрив та післядії мінерального удобрення. Виключення з обробітків інтенсивних сільськогосподарських культур

(картоплі, цукрових буряків), що в умовах промивного водного режиму сприяли надмірній мінералізації та втраті рухомих сполук гумусу ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту, сприяло зменшенню вмісту рухомих фульвокислот з 0,54% (кінець V ротації) до 0,41% на кінець восьмої [229]. Як наслідок, тип гумусу варіантів контролю та інтенсивного мінерального удобрення змінився від фульватного до гуматно-фульватного.

У попередніх дослідженнях гумусного стану ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту [51] на варіантах контролю та інтенсивного мінерального добрива, співвідношення карбону СГК:СФК становило 0,48-0,41, що згідно класифікації В. К. Пестрякова [190] характеризує фульватний тип гумусу. За таких умов кислотність ґрунтового розчину на варіанті контролю становила 4,02, при тривалому внесенні одних мінеральних добрив 3,7 одиниць pH_{KCl} . Однак після заміни сівозміни, що полягає у виключенні інтенсивних сільськогосподарських культур картоплі і буряків цукрових, та припинення внесення високих доз мінеральних добрив показник pH_{KCl} впродовж 12 років зріс до 4,28 на контролі без добрив і 4,15 на варіанті мінерального удобрення, наближаючись до генетично притаманної кислотності даного типу ґрунту 4,3, що мало вирішальний вплив на зміну типу гумусу вказаних варіантів.

Вивчення фракційного складу гумусу свідчить про те, що у складі фульвокислот переважає фракція 1+1«а», представлена найбільш молодими і пов'язаними з рухомими півтораоксидами органічними речовинами, які зазнають значних змін під впливом добрив. На варіантах контролю і мінеральної системи удобрення вміст фракції 1+1«а» найвищий і становить у складі гумусу 22,5-22,6%. Найнижчий вміст у складі фульвокислот припадає на фракцію 2, пов'язану з кальцієм. У варіанті застосування мінеральних добрив вміст цієї фракції на рівні контролю і становить 5,38%. Органічна, а також органо-мінеральна системи удобрення на фоні вапнування підвищують вміст фульвокислот другої фракції на 1,8-2,9%. При застосуванні

мінеральних добрив на фоні вапнування вміст фульвокислот, пов'язаних з кальцієм зростає на 1,16% (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

**Фракційний склад гумусових кислот ясно-сірого лісового
поверхнево оглеєного ґрунту, % в гумусі, кінець VIII ротації**

№ вар.	Зміст варіанта	Фракція фульвокислот				Фракція гумінових кислот		
		1«а»	1	2	3	1	2	3
1	Контроль (без добрив)	8,04	14,50	5,70	13,80	8,04	4,59	11,50
4	Гній, 10 т/га + CaCO ₃ , 1,0 н (післядія)	7,49	13,90	8,60	10,70	10,70	8,49	11,80
7	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ , 1,0 н (післядія)	4,51	14,40	8,13	10,80	9,80	8,22	10,80
15	N ₆₅ (ПК – післядія)	7,54	15,10	5,38	14,00	8,38	4,30	9,69
17	N ₆₅ (ПК – післядія) + CaCO ₃ , 1,5 н (післядія)	5,88	13,70	6,86	13,70	9,80	5,88	11,80
	НІР ₀₅ , %	0,6	0,9	0,5	0,9	0,8	0,6	0,6

У складі гумінових кислот вміст другої фракції, пов'язаної з кальцієм, також є найнижчим у варіантах контролю і мінерального удобрення, однак, під впливом застосовуваних агротехнічних заходів вказана фракція зазнає значних змін. У варіанті тривалого застосування гною, сумісного застосування гною і мінеральних добрив на фоні вапнування вміст фракції СГК-2 зростає відповідно до 8,49 і 8,22% проти 4,59% на контролі без добрив. Мінеральна система удобрення на фоні вапнування підвищує відносний вміст гумінових кислот, пов'язаних з кальцієм до 5,88%.

Вміст рухомих гумінових кислот (СГК-1) збільшується у найбільшій мірі у варіанті гною та післядії вапна. За сумісного внесення гною, мінеральних добрив, на фоні післядії 19-го року вапнування, ефект дещо знижується.

Треті фракції гумінових і фульвокислот представлені речовинами, пов'язаними з глинистими мінералами, що входять до складу хімічно стійкої частини гумусу і меншою мірою змінюються за варіантами досліду.

Використання зеленої маси другого укусу конюшини лучної, як органічного добрива, також мало істотний вплив на процеси гуміфікації. Відомо, що органічні залишки багаті білками, зокрема бобових багаторічних трав, дають максимальний вихід гумусових кислот, у складі яких домінують гумінові кислоти. Проведені дослідження в умовах стаціонарного досліду з уточнення коефіцієнтів гуміфікації показали, що вихід гумусових речовин при заорюванні конюшини лучної становив 0,25%.

Аналізуючи результати дослідження групового та фракційного складу гумусу після завершення трьох чотирирічних ротацій слід підкреслити, що виключення із сівозміни інтенсивних сільськогосподарських культур, зокрема буряку цукрового і картоплі, припинення внесення високих доз мінеральних добрив, заорювання зеленої маси другого укусу конюшини лучної, органічні залишки якої володіють значним гумусонакопичувальним ефектом, мають вирішальний вплив на процеси гуміфікації передусім варіантів контролю і мінерального удобрення, знижуючи на кінець VIII-ої ротації у складі гумусу вміст фракції I«а» агресивних фульвокислот до 7,54-8,04% проти 15,0-13,4% наприкінці V-ої ротації і, таким чином, зменшують фульватизацію гумусу, поліпшуючи тим самим груповий склад гумусу.

Сумісне внесення на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті мінеральних добрив в дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$, гною 10 т/га сівозмнної площі на фоні післядії $1,0н CaCO_3$ найбільш сприяє гумусонакопиченню і супроводжується характерними змінами: в груповому складі гумусу зростає загальний вміст гумінових кислот, у фракційному – вміст гумінових кислот другої фракції, пов'язаної з кальцієм, і підвищується вміст негідролізованого залишку. Тривале застосування мінеральних добрив на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті ефективно тільки на фоні вапнування. При

цьому підвищується вміст гумусу і поліпшується його груповий та фракційний склад.

4.2. Динаміка лабільного гумусу під культурами сівозміни за різних систем використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту

У формуванні ефективної родючості ґрунту важливе значення мають лабільні (рухомі) органічні речовини, що представлені вільними і зв'язаними з рухомими півтораоксидами, а також водорозчинними гумусовими речовинами. Рухомі сполуки гумусу беруть участь у формуванні структури та інших властивостей, значною мірою визначають динаміку сучасних ґрунтових процесів і є матеріалом для створення стійких гумусових речовин [237]. Внаслідок ферментних та окислювальних процесів вони легко піддаються мінералізації і слугують джерелом енергії для мікроорганізмів та найбільш доступних поживних речовин для рослин [52].

Внаслідок своєї будови рухомі компоненти гумусу у першу чергу зазнають впливу природних і антропогенних факторів. Особливо вони чутливі до різних умов господарського використання ґрунтів. Вміст їх в орному шарі визначається, насамперед, дозами внесених добрив, кількістю рослинних залишків та обробітками ґрунту [88].

Під впливом добрив у першу чергу збільшується частка рухомих і водорозчинних органічних речовин ґрунту. Значне надходження у ґрунт свіжих органічних решток та їх розклад сприяють утворенню мобільних з'єднань, які слугують резервом для мінералізації [237].

У дослідженнях [41] встановлено, що з посиленням навантажень добривами на одиницю сівозмінної площі зростає рухомість (лабільність) органічної речовини ґрунту більшою мірою варіантів, в яких вміст гумусу є найнижчим. Під культурами суцільної сівби, за даними авторів, вміст

лабільної органічної речовини за мінеральної системи удобрення порівняно з орґано-мінеральною з використанням побічної продукції був на 25 % вищим, а під просапними культурами в тих самих умовах зростав на 15 % щодо зернових колосових.

В. Н. Кудеяров [114] вважає, що внесення лише мінеральних добрив супроводжується порушенням мінералізаційно-імобілізаційної рівноваги у ґрунті в бік переваги мінералізаційних процесів, тому внаслідок систематичного їх застосування рівень гумусованості зменшується щодо вихідного.

За умов зростання інтенсифікації сільськогосподарського виробництва на перший план виступає завдання не допустити значних втрат гумусу, особливо рухомої частини органічної речовини [31].

Тому дослідження динаміки вмісту лабільного гумусу за вегетаційний період сільськогосподарських культур має виключно важливе значення і дає змогу на основі встановлених закономірностей коригувати систему удобрення, що забезпечує наукову основу управління родючістю ґрунту.

На підставі досліджень, проведених в орному шарі ґрунту (0-20 см) під першою культурою IX ротації сівозміни – кукурудзою на силос та наступною – ячменем ярим, встановлено, що вміст лабільного гумусу, на відміну від загального, зміни кількості якого за вегетацію, як відомо, є незначними, зазнає залежно від системи удобрення коливань протягом вегетаційного періоду.

Як правило, найбільша кількість лабільних органічних речовин у всіх варіантах дослідження спостерігається на початку вегетації культур. У міру росту та розвитку сільськогосподарських культур рухомі органічні речовини активно використовуються як джерело живлення, тому вміст їх у ґрунті знижується та перед збиранням врожаю внаслідок затухання мікробіологічних процесів є найнижчим.

Динаміки зміни лабільного гумусу у полях кукурудзи на силос та ячменю ярого мали свої особливості, однак є ряд спільних закономірностей. Зокрема, вміст лабільного гумусу на контролі без добрив та за використання

лише мінеральних добрив є достатньо високим як на початку, так і протягом всього періоду вегетації і становить під кукурудзою відповідно 0,61-0,56-0,54 і 0,66-0,63-0,61 та 0,73-0,70-0,60 і 0,66-0,62-0,54% у полі ячменю ярого (рис.4.1., 4.2.).

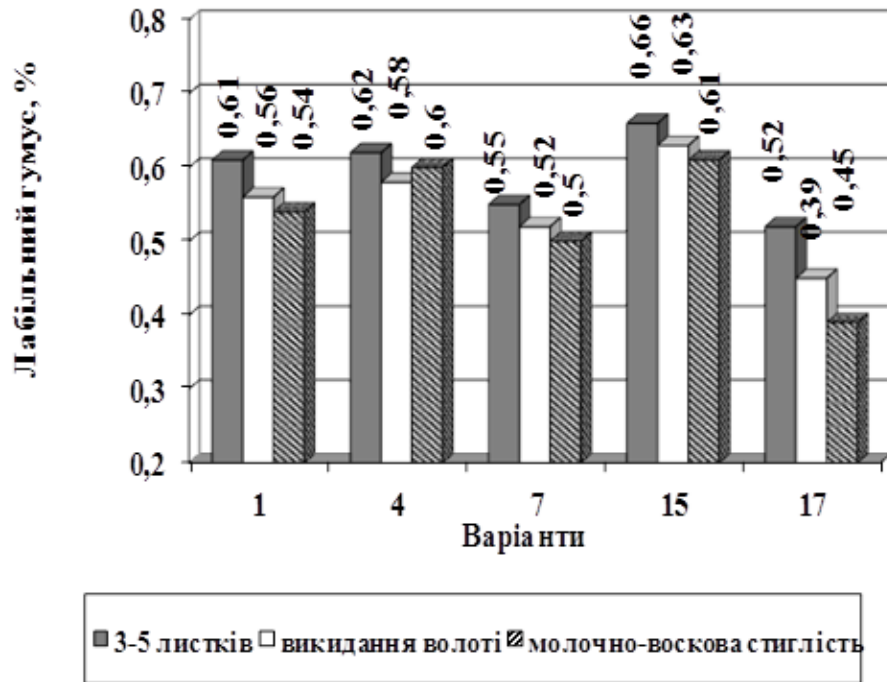


Рис. 4.1. Динаміка лабільного гумусу орного шару ґрунту під кукурудзою на силос залежно від рівнів удобрення і вапнування.

Дослідження групового та фракційного складу гумусу в умовах досліду свідчать, що при включенні ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту у систему землеробства без добрив та за внесення лише мінеральних добрив у складі гумусу переважає нагромадження рухомих фульвокислот фракції 1+1«а», що здатні до швидкої мінералізації та міграції за профілем, що й відобразилося у вмісті лабільних органічних сполук і свідчить про негативні наслідки вказаного антропогенного впливу та призводить до деградації ґрунту.

У варіанті внесення мінеральних добрив на фоні вапна (вар. 17) вміст лабільного гумусу є суттєво нижчим і становить у процесі вегетації кукурудзи 0,52-0,45-0,39 та під ячменем ярим 0,47-0,43-0,41 %. Зменшення

вмісту лабільного гумусу у ґрунті перед збиранням врожаю свідчить про зміщення рівноваги мінералізація↔гуміфікація у бік гумусоутворення, що в черговий раз підкреслює виключну роль вапнування в інтенсифікації процесів гумусонакопичення на кислих ґрунтах.

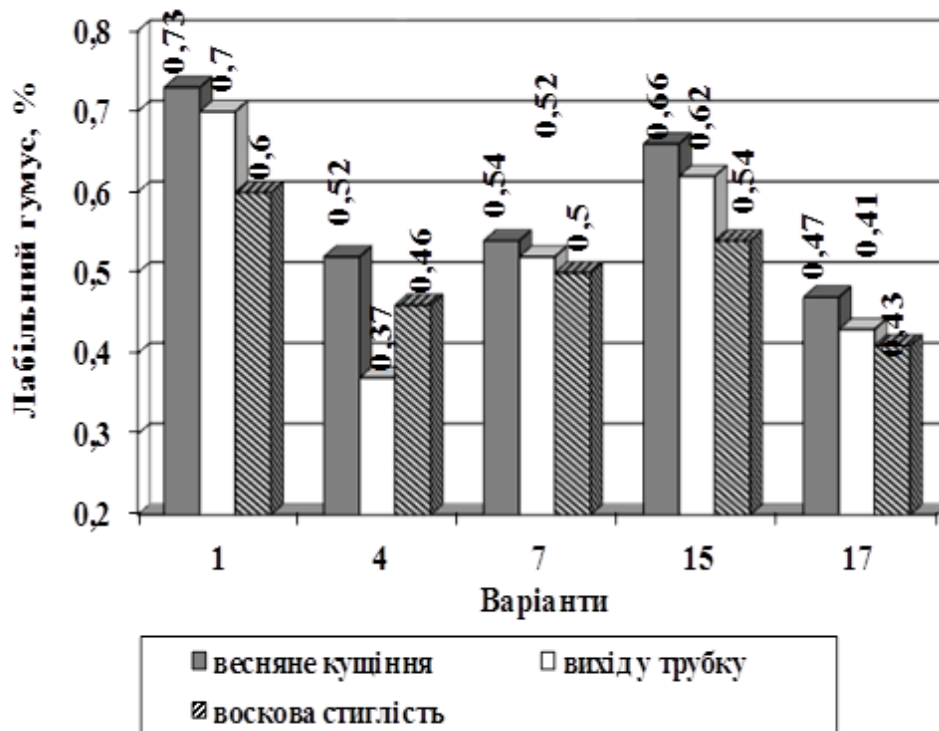


Рис. 4.2. Динаміка лабільного гумусу орного шару ґрунту під ячменем ярим залежно від рівнів удобрення і вапнування

За орґано-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування (вар. 7) вміст рухомих орґанічних речовин як у полі кукурудзи на силос, так і під ячменем ярим, є нижчим, ніж на контролі без добрив і варіанті з мінеральною системою удобрення, стабільним під час усього періоду вегетації і становить відповідно 0,55-0,52-0,50 та 0,54-0,52-0,50 %. Це свідчить, що за сумісного внесення гною, мінеральних добрив та вапна у сівозміні на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті створюються сприятливі умови як для живлення рослин, так і для процесів гумусоутворення. Як відомо, гній у

першу чергу сприяє поглибленню процесів гуміфікації шляхом конденсації рухомих органічних речовин у важкорозчинні сполуки.

На основі проведених досліджень встановлено [75], що використання у сівозміні ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування створює стабільний вміст лабільних гумусових речовин протягом всього періоду вегетації сільськогосподарських культур, забезпечуючи оптимальні умови живлення рослин та процесів гумусоутворення.

4.3. Склад мікробоценозів ґрунту за різних агрохемонавантажень

У формуванні родючості та регулюванні всіх цінних властивостей ґрунту основну роль відіграють мікроорганізми. Вони беруть участь у мінералізації внесених у ґрунт органічних добрив, пожнивних залишків агрофітоценозу, переведення важкодоступних для рослин елементів живлення в доступну форму, трансформації внесених у ґрунт мінеральних добрив, забезпечуючи кругообіг речовин в біогеоценозах і замикаючи біологічні цикли екосистем. За рахунок високої лабільності, мікроорганізми чутливо реагують на зміни, що протікають у ґрунті в процесі його сільськогосподарського використання, і можуть служити екологічними індикаторами цих змін [156; 249].

Незважаючи на значну увагу дослідників до різноманіття і функціонування біоценозів ґрунту, в літературі недостатньо висвітлено питання щодо закономірності змін їх складу залежно від умов довкілля. Однак, відомо, що за дії на мікробний ценоз стресового фактора, який спричиняє вплив на окремі екологотрофічні групи мікроорганізмів, спостерігається найбільш помітний розвиток певних груп бактерій і збіднення видового різноманіття угруповання [117].

За величиною біотичної активності ґрунту можна судити про умови живлення, росту й розвитку рослин і, в кінцевому рахунку, про рівень родючості ґрунту та його продуктивність [111; 139].

Показники біотичної активності досить різноманітні. Проте загальний рівень біотичної активності можна охарактеризувати за чисельністю різних груп мікроорганізмів, кожна з яких має здатність трансформувати певні речовини і показниками діяльності мікроорганізмів (інтенсивність розпаду лляної тканини, протеазна активність) [192].

Антропогенне навантаження по-різному впливає на перебіг мікробіологічних процесів у ґрунті [206]. Так зміна активності популяції одного виду впливає на активність іншого [241]. Тому, для оптимального функціонування ґрунтової екосистеми необхідне збереження тісних взаємозв'язків між мікроорганізмами.

Проведені дослідження показали [46], що агротехнічні заходи, зокрема внесення добрив і вапнування, суттєво впливають на функціонування мікроорганізмів у ґрунті. У сприятливих кліматичних умовах періоду активного росту й розвитку кукурудзи у 2012 р. загальна біотична активність була найвищою у варіанті внесення гною та органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування і становила 55 і 50%, протеазна активність за цих умов також була найвищою за вказаних систем удобрення і становила 7,2-7,6%. У варіантах контролю та мінеральної системи удобрення загальна біотична та протеазна активності були найнижчими і становили відповідно 11% і 1,8-2,0%. З внесення високих доз мінеральних добрив на фоні вапна загальна біотична активність зросла до 19,6%, а протеазна до 5% (табл. 4.4).

В умовах посушливого літнього періоду 2013 р. інтенсивність розвитку мікрофлори загалом була значно нижчою, однак це не завадило виявленню залежності біотичної активності та чисельності мікроорганізмів від удобрення. Так, найнижча загальна біотична активність 2,26-4,21% спостерігалась при внесенні мінеральних добрив та на контролі. За органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування зростала до 19,2%, у

варіанті внесення гною і вапнування загальна біотична активність становила 17,4%. Зміни протеазної активності за варіантами дослідів підлягали тим самим закономірностям: найнижчі показники 0,65-1,6% у варіанті контролю та мінерального удобрення, найвищі 3,1-4,15% – за внесення гною та органо-мінерального удобрення на фоні вапна. При внесенні високих доз мінеральних добрив на фоні вапна загальна біотична активність зростала до 8,83%, а протеазна до 2,6%.

Таблиця 4.4

Загальна біотична та протеазна активність ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту під кукурудзою за роки досліджень, % [157]

№ вар.	Удобрення кукурудзи	Загальна біотична активність			Протеазна активність]		
		2012	2013	Сер.	2012	2013	Сер.
1	Контроль (без добрив)	11,0	2,26	6,63	1,8	0,65	1,22
4	Гній, 40 т/га + CaCO ₃ , 1,0 н за Нр.	55,0	17,4	36,2	7,2	3,1	5,12
7	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + CaCO ₃ , 1,0 н за Нр	50,0	19,2	34,6	7,6	4,15	5,87
15	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	11,0	4,21	7,6	2,0	1,6	1,8
17	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅ + CaCO ₃ , 1,5 н за Нр	19,6	8,83	14,2	5,0	2,6	3,8
	НР ₀₅ , %	0,7	0,5		0,3	0,2	

*Примітка: % розкладу лляної тканини та желатинового шару рентгенівської плівки

Інтенсивність розкладу рентгенівської плівки та лляних полотен залежно від тривалого удобрення і періодичного вапнування ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту представлено на рис. 4.3-4. 6.

Причиною низької біотичної активності ґрунту на контролі та у варіанті мінерального удобрення, є незначна кількість рослинних решток вирощуваних культур, що використовуються мікрофлорою як поживний і енергетичний матеріал, через високу кислотність ґрунтового розчину.



Рис. 4.3. Варіант № 1 – Контроль (ліворуч – протеазна активність, праворуч – загальна біотична активність).



Рис. 4.4. Варіант № 4 – Гній, 10 т/га + CaCO_3 , 1,0 н за Нг (ліворуч – протеазна активність, праворуч – загальна біотична активність).



Рис. 4.5. Варіант № 7 – $N_{65}P_{68}K_{68}$ + гній, 10 т/га + $CaCO_3$, 1,0 н за Нг (ліворуч – протеазна активність, праворуч – загальна біотична активність).



Рис. 4.6. Варіант № 15 – $N_{65}P_{68}K_{68}$ (ліворуч – протеазна активність, праворуч – загальна біотична активність).

Систематичні моніторингові дослідження, що проводяться у даному стаціонарному досліді, показали, що після закінчення VIII ротації кислотність у варіанті контролю та мінерального удобрення становила відповідно 4,28-4,15 одиниць pH_{KCl} , за цих умов вміст рухомого алюмінію, особливо токсичного для багатьох мікроорганізмів становив 87,3-102,2 мг/кг ґрунту.

У варіанті органічної системи удобрення за внесення 10 т/га сівозмінної площі гною на фоні післядії вапнування pH_{KCl} становило 5,1, а вміст сполук рухомого алюмінію знизився до 2,5 мг/кг ґрунту. При сумісному внесенні гною і мінеральних добрив на фоні вапнування (вар. 7) pH_{KCl} на кінець VIII-ої ротації становило 4,94, а вміст сполук рухомого алюмінію – 7,2 мг/кг ґрунту. За мінеральної системи удобрення на фоні післядії вапнування 1,5 н $CaCO_3$ за гідролітичною кислотністю (вар. 17) кислотність ґрунтового розчину та вміст сполук рухомого алюмінію становили відповідно 4,86 одиниць pH_{KCl} та 5,8 мг/кг ґрунту.

Тобто, реакція середовища, в якому перебувають мікроорганізми має на них значний вплив, як один з найбільш важливих факторів, що визначає доступність для організму різних речовин і неорганічних іонів.

Внесення гною та вапна, знижуючи у ґрунті вміст сполук рухомого алюмінію, особливо сприятливо впливає на сапрофітну мікрофлору, підвищуючи кількість сапрофітних бактерій у 2-4 рази, порівняно з контролем та варіантом мінерального удобрення. Це пов'язано передусім із підвищенням врожаю вирощуваних культур і, як наслідок, значно більшою кількістю органічних решток за умов зниження кислотності ґрунтового розчину (табл. 4.5).

Так довготривале застосування мінеральних добрив на низько-буферних ясно-сірих лісових ґрунтах знижує чисельність мікроорганізмів у ґрунті до рівня контролю без добрив за виключенням грибної мікрофлори. У дослідженнях Є. М. Мішустіна та В. Т. Ємцева [155] під впливом мінеральних добрив змінюється видовий склад і чисельність мікроорганізмів у ґрунті, знижується інтенсивність біохімічних процесів аеробного типу (виділення

грунтом CO₂) та зниження в ґрунті амоніфікуючих та нітрифікуючих бактерій, актиноміцетів.

Таблиця 4.5

**Ґрунтова мікрофлора в полі кукурудзи за роки досліджень,
кількість бактерій в 1 г ґрунту**

№ вар.	Удобрення кукурудзи	Кількість бактерій аеробів	Сапрофітні бактерії		Бактерії групи кишкової палички		Плісеневі гриби	
			тис. шт.					
			2012	2013	2012	2013	2012	2013
1	Контроль (без добрив)	$2,8 \cdot 10^7$	530	140	120	13	17	14
4	Гній, 40 т/га + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	$5,7 \cdot 10^9$	1240	760	150	60	9	7
7	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	$3,4 \cdot 10^{10}$	1280	710	160	94	10	8
15	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	$2,8 \cdot 10^7$	500	200	140	38	18	14
17	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅ + CaCO ₃ , 1,5 н за Нг	$4,6 \cdot 10^7$	1200	700	150	41	9	7
	НІР ₀₅	500	40	30	15	5	2,5	2,3

Дослідженнями встановлено, що у варіанті систематичного сумісного внесення гною, мінеральних добрив на фоні вапнування не тільки суттєво зростає загальний вміст мікроорганізмів, але й число бактерій і грибів. Це свідчить про те, що створюються сприятливі умови для розвитку всіх груп мікроорганізмів.

Кількість бактерій-аеробів в 1 г ґрунту (т. з. мікробне число), з якими пов'язані процеси дихання ґрунту та виділення діоксиду карбону, залежить від застосованих систем удобрення і вапнування. Найменша кількість бактерій-аеробів на варіанті контролю без добрив та мінеральної системи удобрення і становить $2,8 \cdot 10^7$ в 1 г ґрунту. У варіанті органічної системи удобрення їхній вміст зростає до $5,7 \cdot 10^9$ в 1 г ґрунту, у варіанті сумісного

внесення мінеральних та органічних добрив на фоні вапнування кількість бактерій-аеробів є найвищою і складає $3,4 \cdot 10^{10}$ в 1 г.

Серед різноманітної мікрофлори в ґрунті зустрічаються і патогенні бактерії, хоча ґрунт у цілому є несприятливим середовищем для життя більшості патогенних бактерій, вірусів, грибів і найпростіших, де, водночас із мінералізацією органічних речовин, відбуваються і процеси бактеріального самоочищення – відмирання нехарактерних для ґрунту сапрофітних грибів і патогенних бактерій. Ґрунти, які містять патогенні мікроби, завжди становлять потенційну загрозу в епідеміологічному відношенні [28].

Вміст бактерій групи кишкової палички, що відноситься до потенційно патогенних бактерій та володіє високою екологічною пластичністю, в умовах досліду є помітно нижчим за вміст інших мікроорганізмів, незначно змінюється за варіантами досліду, а їх кількість в певній мірі залежить від вологості та температури. Високі температури та підвищена вологість у 2012 р. в період активної вегетації зумовили під кукурудзою інтенсивніше нагромадження бактерій групи кишкової палички порівняно з 2013 р.

Ґрунти є основним місцем проживання різноманітних мікроскопічних грибів [187; 251]. Виділяючи велику кількість ферментів, гриби першими беруть участь у розкладанні рослинних залишків та мінералізації органічних речовин [98].

Найбільша кількість грибною мікрофлори (14-15 тис. шт. в 1 г ґрунту) спостерігається у варіантах контролю та мінерального удобрення, що передусім пов'язано з високою кислотністю ґрунтового розчину. У варіантах органічної та органо-мінеральної систем удобрення на фоні вапнування кількість грибною мікрофлори знижується до 7-10 тис. шт. в 1 г ґрунту. Слід звернути увагу на те, що в кліматичних умовах 2012 р. (високі температури повітря і достатня кількість опадів) інтенсивність розвитку грибною мікрофлори була вищою по всіх варіантах досліду (табл. 4.5).

Отже, на інтенсивність біотичних процесів у ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті вирішальний вплив мають зниження реакції ґрунтового розчину шляхом хімічної меліорації та внесення добрив.

За систематичного сумісного внесення гною і мінеральних добрив на фоні вапнування найбільше зростають загальна біотична та протеазна активність, кількість сапрофітних бактерій та бактерій-аеробів. Кількість грибною мікрофлори найбільшою мірою зростає у варіантах контролю та мінерального удобрення.

Довготривале застосування мінеральних добрив на низько буферних ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах знижує біотичну активність та чисельність мікроорганізмів у ґрунті до рівня контролю без добрив.

4.4. Зміна агрохімічних та фізико-хімічних властивостей ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за восьму ротацію сівозміни

Агрохімічні властивості ґрунтів найбільш об'єктивно відображають характер ведення сільськогосподарського виробництва. Науково обґрунтоване використання мінеральних, органічних і вапнякових добрив, дотримання всіх ланок технології вирощування сільськогосподарських культур є основними факторами, які дозволяють цілеспрямовано здійснювати відтворення родючості ґрунтів. Водночас оптимізація кислотності ґрунтів є важливою умовою підвищення врожайності і обов'язковою передумовою ефективного використання добрив, передусім мінеральних [23].

Зважаючи на те, що дослідження проводилися у довготривалому стаціонарному досліді і співпадали із закінченням VIII та початком IX ротації, в якій зроблено певні корективи щодо систем удобрення і вапнування, необхідним є дослідити та провети об'єктивну оцінку впливу різних доз добрив, гною, вапна на еволюцію основних властивостей і режимів ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту.

Проведені дослідження [47] показали, що тривале систематичне застосування різних систем удобрення і вапнування та їх післядія значно впливають на зміну кислотно-основних властивостей ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту на кінець VIII ротації (табл. 4.6).

Одноразове внесення за ротацію 10 т/га сівозмінної площі гною і щорічно повної ($N_{65}P_{68}K_{68}$) дози мінеральних добрив на фоні післядії 1,0 н $CaCO_3$ за Нг змінили на кінець восьмої ротації реакцію ґрунтового розчину (pH_{KCl}) орного шару ґрунту з 4,39 (контроль без добрив) до 4,81.

Одержані нами дані свідчать про те, що високі дози мінеральних добрив на ясно-сірому лісовому ґрунті ефективні лише за умови використання їх на фоні вапнування 1,5 н $CaCO_3$ за Нг. Так, у варіанті післядії високих доз фосфорно-калійних добрив і вапнування показник pH_{KCl} становив 4,69, а гідролітична кислотність знижувалася до 3,90 мг-екв/100 г ґрунту.

За цих умов, у варіанті післядії фосфорно-калійних добрив без вапнування на фоні тривалого внесення на ясно-сірому лісовому ґрунті подвійної норми мінеральних добрив, гідролітична кислотність зросла до 5,78 мг-екв/100 г, а показник pH_{KCl} знизився до 4,20.

В наших дослідженнях внесення гною у нормі 10 т/га сівозмінної площі на фоні вапнування підвищувало показник pH_{KCl} до 4,94 та знижувало гідролітичну кислотність до 3,26 мг-екв/100 г ґрунту.

Особливо шкідливою для сільськогосподарських культур є кислотність, зумовлена рухомим алюмінієм, що є токсичним для більшості культур. При надлишку алюмінію затримується розвиток кореневої системи, знижується кількість корневих волосків, скорочується активна поверхня коренів, погіршується надходження поживних речовин у рослини.

Таблиця 4.6

**Вплив тривалого удобрення і вапнування на кислотно-основні властивості ясно-сірого лісового
поверхнево оглеєного ґрунту, кінець VIII ротації**

№. вар.	Шар ґрунту, см	рН _{KCl}	Гідролітич- на кислот- ність,	Обмінна кислотність,	Вміст		Сума увібраних основ	Рухомий алюміній
					Са	Mg		
мг-екв/100 г ґрунту								мг/кг ґрунту
1, 10	0-20	4,39	4,69	0,83	2,02	0,31	2,60	68,4
	20-35	4,37	3,95	0,78	1,73	0,35	2,61	65,4
4	0-20	4,94	3,26	0,18	3,57	0,64	4,71	13,4
	20-35	5,06	2,77	0,11	3,47	0,57	4,98	6,8
7	0-20	4,81	4,04	0,34	3,91	0,64	4,69	24,1
	20-35	5,01	3,04	0,14	3,77	0,67	5,31	9,7
8	0-20	4,80	3,94	0,34	4,00	0,61	4,77	24,7
	20-35	4,96	3,16	0,16	3,63	0,60	5,17	11,1
15	0-20	4,20	5,78	1,55	1,91	0,32	2,79	110,8
	20-35	4,22	5,22	1,15	1,73	0,35	2,49	97,0
17	0-20	4,69	3,90	0,38	3,13	0,51	4,15	28,5
	20-35	4,91	2,96	0,13	3,49	0,46	4,48	8,7
18	0-20	4,93	3,40	0,21	3,43	0,50	4,61	13,9
	20-35	5,12	2,75	0,08	3,67	0,49	5,16	5,1
<i>HIP</i> 05	<i>0-20</i>	<i>0,1</i>	<i>0,2</i>	<i>0,02</i>	<i>0,5</i>	<i>0,4</i>	<i>0,6</i>	<i>1,4</i>
	<i>20-35</i>	<i>0,06</i>	<i>0,2</i>	<i>0,02</i>	<i>0,5</i>	<i>0,35</i>	<i>0,5</i>	<i>1,3</i>

Рівень токсичності алюмінію і його рухомість тісно пов'язані з обмінною кислотністю, яка залежить як від кількості обмінних іонів H^+ , так і від наявності у вбирному ґрунтовому комплексі іонів Al^{3+} . Обмінна кислотність може помітно зростати, якщо в ґрунт вносять велику кількість добрив.

Підвищення обмінної кислотності значно погіршує умови росту й розвитку рослин при вирощуванні їх на малобуферних ґрунтах. Вапнування ґрунту повністю знімає дію найбільш шкідливої для рослин обмінної кислотності. Систематичне довготривале застосування мінеральних добрив, 10 т/га сівозмінної площі гною, 1,0 і 1,5 н за Нг вапна сприяло зниженню обмінної кислотності орного шару ясно-сірого лісового ґрунту до 0,34-0,38 мг-екв/100 г ґрунту та вмісту рухомого алюмінію до 24,1-28,5 мг/кг ґрунту при їх вмісті на контролі відповідно 0,83 і 68,4. Співвідношення між вмістом рухомого алюмінію і обмінною кислотністю в умовах ясно-сірого лісового ґрунту спостерігається на рівні 0,99, що характеризує високу їх взаємозалежність.

При тривалому односторонньому внесенні подвійної дози мінеральних добрив обмінна кислотність ґрунту і вміст рухомого алюмінію зростають і є вищими за показники абсолютного контролю та становлять відповідно 1,55 і 110,8 проти 0,83 мг-екв/100 г ґрунту та 68,4 мг/кг ґрунту.

На зниження обмінної кислотності та вмісту рухомого алюмінію позитивно впливало внесення гною на фоні вапнування. При цьому, обмінна кислотність становила 0,18 мг-екв/100 г ґрунту, а вміст рухомого алюмінію відповідно 13,4 мг/кг ґрунту, що свідчить про особливу роль гною у якості біологічного меліоранта на кислих ясно-сірих лісових ґрунтах.

Відомо, що властивості ґрунтів у значній мірі залежать від складу обмінно-увібраних основ, які є важливим показником агрохімічного стану ґрунту. Вапнування кислих ґрунтів поряд із зниженням їх кислотності також збільшує кількість основ, і особливо, увібраного кальцію, який створює в ґрунті оптимальні фізичні і хімічні властивості, що є передумовою нормального росту та розвитку рослин.

Проведені дослідження показали, що при тривалому систематичному застосуванні мінеральних добрив, гною і вапна значно змінюється склад ґрунтового-вбирного комплексу ясно-сірого лісового ґрунту (табл. 4.6).

Нейтралізуючи надлишкову кислотність, внесені вапнякові добрива водночас підвищували вміст кальцію та магнію у ґрунті. Тому раціональне поєднання добрив із вапнуванням – важлива умова підвищення ефективності системи удобрення у сівозміні та формування якісних і кількісних показників врожаю сільськогосподарських культур.

Так, найбільш суттєві підвищення суми увібраних основ спостерігалися при систематичному тривалому застосуванні повної дози мінеральних добрив, 10 т/га сівозмінної площі гною, 1,0 н за Нг вапна. При цьому сума увібраних основ орного шару ґрунту зростала до 4,69 при їх вмісті на контролі 2,60 мг-екв/100 г ґрунту. Аналогічно до змін суми увібраних основ під впливом удобрення і вапнування проходила також зміна кількості обмінно увібраних кальцію і магнію. Їх вміст відповідно становив 3,91 і 0,64 при вмісті на контролі без добрив 2,02 і 0,31 мг-екв/100 г ґрунту.

У варіантах післядії фосфорно-калійних добрив на фоні вапнування сума увібраних основ становила 4,15 мг-екв/100 г ґрунту. При цьому вміст увібраного кальцію становив 3,13, обмінного магнію 0,51 мг-екв/100 г ґрунту.

За тривалого внесення лише мінеральних добрив вміст обмінних кальцію та магнію в орному шарі ґрунту знижувався навіть порівняно з контролем без добрив і становив відповідно 1,91 та 0,32 мг-екв/100 г ґрунту.

Сумісне застосування 10 т/га гною і 1,0 н CaCO_3 підвищувало вміст увібраних основ до 4,71 мг-екв/100 г ґрунту. При цьому, вміст кальцію і магнію становив відповідно 3,57 і 0,64 мг-екв/100 г ґрунту.

Отже, систематичне тривале застосування органо-мінеральної системи удобрення на фоні внесення 1,0 н вапна у сівозміні найбільше підвищує суму увібраних основ, і зокрема, вміст кальцію і магнію в ґрунті.

Дослідження поживного режиму при систематичному застосуванні мінеральних добрив, гною і вапна дає можливість встановити закономірності зміни основних елементів живлення та їх регулювання в контрольованих умовах досліду, що забезпечує наукову основу управління родючістю ґрунту.

Проведені дослідження показали, що найбільше поліпшується поживний режим ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування з сумісним внесенням у сівозміні мінеральних добрив, 10 т/га гною на фоні післядії $1,0 \text{ н CaCO}_3$ за Нг. При цьому вміст лужногідролізованого азоту становить 110,6, рухомого фосфору 160,0, обмінного калію 196,7 проти відповідно 91,0, 40,0 та 66,3 мг/кг ґрунту контролю без добрив (табл. 4.7).

Достатньо високим вмістом легкодоступних поживних речовин в орному шарі ґрунту (азоту – 100,3, фосфору – 165,0, калію – 84,0) відзначається варіант інтенсивного мінерального удобрення (вар. 15).

Однак, внаслідок зростання кислотності (pH_{KCl} рівне 4,20, а Нг становить 5,78 мг-екв/100 г ґрунту), рослини не здатні засвоювати поживні речовини ґрунту та трансформувати їх у врожай.

Варіанти післядії фосфорно-калійних добрив та вапнування з внесенням лише азотних добрив характеризуються достатньо високою забезпеченістю доступними елементами живлення, особливо рухомим фосфором, вміст якого становить 158 мг/кг ґрунту.

Тобто, азотні добрива, внесені на фоні післядії високих доз РК, є одним із важливих факторів мобілізації і використання рослинами залишкових фосфатів ґрунту.

Таблиця 4.7

**Вплив тривалого удобрення і вапнування на агрохімічні властивості ясно-сірого лісового
поверхнево оглеєного ґрунту, кінець VIII ротації**

№ вар.	Зміст варіантів	Шар ґрунту, см	Лужно-гідролізований азот	P ₂ O ₅	K ₂ O
			за Чириковим [5]		
			мг/кг ґрунту		
1	Без добрив (контроль)	0-20	91,0	40,0	66,3
		20-35	80,7	40,0	50,0
4	Гній, 10 т/га + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг (післядія)	0-20	102,0	53,0	69,0
		20-35	95,2	51,0	51,7
7	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг (післядія)	0-20	110,6	160,0	196,7
		20-35	99,9	124,0	146,0
8	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг (післядія)	0-20	110,1	148,0	174,0
		20-35	100,9	121,0	125,0
15	N ₆₅ (PK - післядія)	0-20	100,3	165,0	81,0
		20-35	91,5	158,0	68,3
17	N ₆₅ (PK післядія) + CaCO ₃ , 1,5 н за Нг (післядія)	0-20	90,5	158,0	75,7
		20-35	81,7	144,0	57,0
18	N ₃₀ (PK післядія) + CaCO ₃ , 1,5 н за Нг (післядія)	0-20	92,9	138,0	70,0
		20-35	82,1	123,0	54,3

НІР₀₅

3
2

8
6

5
4

Висновки до розділу 4

Одним із шляхів секвестрації карбону є його акумуляція в органічній речовині, зокрема, в гумусі ґрунту. Проведені дослідження показали, що в умовах підзолистого ґрунтоутворюючого процесу на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті органо-мінеральна система удобрення з внесенням $N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 т/га сівозмінної площі гною на фоні вапнування $1,0$ н $CaCO_3$ за Нг у найбільшій мірі забезпечує створення стабільних запасів гумусу та покращання його якісного складу.

Систематичне сумісне внесення гною, мінеральних добрив на фоні вапнування сприяють зростанню біотичної та протеазної активності, кількості сапрофітних бактерій та бактерій-аеробів, які приймають безпосередню участь у процесі виділення CO_2 .

Тривале систематичне використання органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування найбільше поліпшує кислотно-основні властивості та поживний режим, сприяючи зниженню обмінної кислотності орного шару ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту до 0,34 мг-екв/100 г ґрунту, вмісту рухомого алюмінію до 24,1 мг/кг ґрунту при їх вмісті на контролі відповідно 0,83 і 68,4. При цьому сума увібраних основ зросла до 4,65 при їх вмісті на контролі 2,60 мг-екв/100 г ґрунту, вміст лужно-гідролізованого азоту зріс до 110,6, рухомого фосфору до 160,0, обмінного калію до 196,7 проти відповідно 91,0, 40,0 та 66,3 мг/кг ґрунту контролю без добрив.

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ І ВАПНУВАННЯ

5.1. Врожайність вирощуваних культур залежно від різних систем удобрення і вапнування

Родючість і поживний режим ґрунту – фактори, які піддаються ефективній дії людини і є одними із головних засобів підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Відомо, що для забезпечення оптимальних умов живлення рослин, збереження і підвищення родючості ґрунту винос поживних речовин повинен компенсуватися запровадженням відповідної системи удобрення [227].

Урожайність сільськогосподарських культур є інтегральним показником ефективної родючості ґрунту, її рівень визначається станом ґрунту та складним поєднанням цілого комплексу ґрунтових, біотичних і погодних факторів [233].

Систематичне удобрення та періодичне вапнування, поліпшуючи поживний режим, фізико-хімічні властивості, зумовлені зниженням кислотності ґрунтового розчину, дають можливість отримувати в умовах ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів високі та стабільні врожаї сільськогосподарських культур [173; 216].

Проведені дослідження показали, що формування обсягу та якісних показників врожаю вирощуваних культур сівозміни перебуває в чіткій залежності від систем удобрення, які зумовлюють наявність елементів живлення в доступній для рослин формі.

Органо-мінеральна система удобрення з внесенням під кукурудзу 40 т/га гною та $N_{120}P_{90}K_{90}$ на фоні вапнування як оптимальною дозою $CaCO_3$, внесеною за кислотно-основною буферністю (2,5 т/га), так і на фоні 1,0 н $CaCO_3$ за гідролітичною кислотністю (7,0 т/га) сформували найвищий врожай

зеленої маси кукурудзи на силос в середньому за три роки 74,3 і 72,3 т/га (вар. 7, 8), (табл.5.1). Таким чином, на першій культурі сівозміни доза вапна розрахована за кислотно-основною буферністю по впливу на величину врожаю ефективністю не поступається внесенню 1,0н CaCO₃ за Нг та сприяє значній економії матеріальних ресурсів.

Найнижчий врожай зеленої маси кукурудзи на силос 25,2 та 30,3 т/га отримано, як і в попередніх ротаціях, на контролі без добрив та у варіанті внесення лише мінеральних добрив.

Значний вплив на отримання врожаю належної якості мали метеорологічні умови періоду вегетації, особливо це стосувалося ячменю ярого, який через затяжну весну та несприятливі кліматичні умови довелося сіяти в пізні строки. Внаслідок чого було отримано нижчі врожаї, не дивлячись на проведене вапнування минулого року та пряме внесення мінеральних добрив.

Проведені дослідження показали, що найвищі врожаї зерна ячменю ярого 4,23-4,14 т/га, забезпечила органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування 1,0н CaCO₃ за Нг та внесення вапна за кислотно-основною буферністю. Приріст при цьому становить відповідно 2,77-2,68 т/га до контролю без добрив (табл. 5.1).

Мінеральне удобрення у сівозміні сформувало врожай зерна на рівні контрольного варіанту – 2,04 т/га.

Найвищий врожай 69,2 т/га зеленої маси конюшини лучної отримано у варіанті органо-мінерального удобрення на фоні вапнування 1,0 н CaCO₃ за Нг. Така система удобрення на фоні внесення дози вапна розрахованої за кислотно-основною буферністю забезпечила дещо нижчий врожай – 67,5 т/га (табл. 5.1).

При тривалому використанні лише мінеральних добрив урожай зеленої маси конюшини лучної лише на 10,1 т/га вищий за контроль без добрив.

Таблиця 5.1

Врожайність культур сівозміни за ІХ ротацію, т/га

№. вар.	Зміст варіантів	Кукурудза (зелена маса)				Ячмінь ярий				Конюшина лучна (зелена маса)			Пшениця озима		
		роки			Сер.	роки			Сер.	Урожайність 2014	приріст		Урожайність 2015	приріст	
		2012	2013	2014		2013	2014	2015			т/га	%		т/га	%
1	Без добрив (контроль)	24,4	25,1	26,0	25,2	0,94	1,65	1,78	1,46	30,8	-	-	2,20	-	-
4	Гній, 10 т/га + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	44,5	51,8	52,0	49,4	1,42	3,66	3,76	2,95	54,4	23,6	76,6	3,79	1,59	72,3
7	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	73,0	74,8	75,0	74,3	2,88	4,88	4,94	4,23	69,2	38,4	124,7	5,55	3,35	152,3
8	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ (к.-осн.буф.)	72,3	71,0	73,5	72,3	2,77	4,79	4,86	4,14	67,5	36,7	119,2	5,20	3,00	136,4
15	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	27,6	30,6	32,8	30,3	1,05	2,48	2,60	2,04	40,9	10,1	32,8	2,50	0,30	13,6
17	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ , 1,5 н за Нг	61,8	63,5	64,8	63,4	2,01	3,86	4,16	3,34	63,1	32,3	104,9	5,23	3,03	137,7
18	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ , (к.-осн.буф.)	63,0	60,4	63,8	62,4	2,04	3,71	3,78	3,18	62,0	31,2	101,3	4,26	2,06	93,6
<i>НІР₀₅</i>		<i>1,46</i>	<i>1,50</i>	<i>1,56</i>		<i>0,20</i>	<i>0,22</i>	<i>0,24</i>		<i>2,16</i>			<i>0,25</i>		

Слід зазначити, що внаслідок сприятливих погодних умов, достатнього вмісту вологи, врожайність зеленої маси конюшини була високою кожного укосу. Тому разом за два укоси, на оптимальних варіантах за удобренням було зібрано досить високі врожаї.

Дослідженнями встановлено, що найвищий врожай зерна пшениці озимої – 5,55 т/га забезпечила органо-мінеральна система удобрення за 1,0н CaCO₃ за Нг. Аналогічна система удобрення за кислотно-основною буферністю формує дещо нижчий врожай пшениці озимої 5,2 т/га (табл. 5.1).

За мінеральної системи удобрення врожай пшениці озимої не значно перевищує контроль без добрив і становить лише 2,50 т/га. Врожай пшениці озимої при мінеральному удобренні на фоні вапнування за гідролітичною кислотністю (1,5н CaCO₃ за Нг) на 0,97 т/га перевищував аналогічну систему удобрення на фоні вапнування за кислотно-основною буферністю. Отже, якщо врожаї кукурудзи на силос та ячменю ярого (перших двох культур сівозміни) у варіантах органо-мінерального та мінерального удобрення на фоні вапнування 1,0н CaCO₃ за Нг та дозою CaCO₃ розрахованою за кислотно-основною буферністю практично рівні, то у полі пшениці озимої (останньої культури чотирипільної сівозміни) ефективність післядії вапна, внесеного за кислотно-основною буферністю знижується, що свідчить про необхідність повторного вапнування ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту перед початком кожної з наступних ротацій.

5.2. Продуктивність сівозміни за різних систем використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту

Вплив сівозмін поширюється на всі аспекти життя рослин і на процеси, які відбуваються у ґрунті, оскільки за широтою своєї дії на ґрунт та рослину сівозміна немає рівноцінних заходів. Науково обґрунтоване чергування культур нерозривно пов'язане з усіма технологічними процесами,

зокрема, із системою обробітку ґрунту та удобренням, насінництвом, заходами боротьби з ерозією ґрунту, бур'янами, хворобами й шкідниками, а сівозміна є основою для всіх технологічних заходів.

Домінантними є екологічні причини чергування культур, які формуються за комплексом чинників під впливом антропогенезу, техногенезу, а також за умов дотримання правильного і повного науково обґрунтованого чергування культур у полях сівозміни. Саме ці причини на сьогодні і є практично визначальними у стані і розвитку сучасного аграрного виробництва [255].

Сівозміна кукурудза на силос–ячмінь ярий з підсівом конюшини лучної–конюшина лучна–пшениця озима є типовою і однією з найбільш поширених на ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах Карпатського регіону, що характеризуються низьким рівнем природної родючості та кислотою реакцією ґрунтового розчину. Рівень продуктивності даних ґрунтів не перевищує 1,3–1,5 т/га зернових одиниць, тому підвищення врожайності сільськогосподарських культур можливе лише за умови оптимізації живлення рослин, шляхом науково обґрунтованого комплексного застосування органічних і мінеральних добрив та вапна.

Як показали дослідження, найвищу та практично рівну (7,19–6,99 т/га зернових одиниць (з.о.)) продуктивність сівозміни отримано за органо-мінеральної системи удобрення з внесенням на гектар сівозмінної площі 10 т гною та мінеральних добрив у дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$ на фоні вапнування відповідно 1,0 н $CaCO_3$, за Нг та дозою вапна, розрахованою за кислотно-основною буферністю (табл. 5.2).

Рівень природної родючості забезпечував 2,67 т/га з.о. При односторонньому тривалому застосуванні мінеральних добрив продуктивність гектара сівозмінної площі становила 3,16 т/га з.о.

За органічної системи удобрення із внесенням у сівозміні 10 т/га сівозмінної площі гною на фоні вапнування рівень продуктивності становив 4,68 т/га з.о. на 2,01 т/га з.о. перевищував варіант без добрив.

Таблиця 5.2

Середня продуктивність сівозміни за ІХ ротацію (І поле)

№ вар.	Удобрення	Кукурудза зелена маса		Ячмінь ярий				Конюшина лучна			Пшениця озима			Продук- тивність сівозміни	
		т/га	т/га з.о.	т/га		т/га з.о.		т/га, з.м.	т/га, сіно	т/га, з.о.	т/га з. о.			т	т/га
				зерно	солома	солома	солома +зерно				зерно	солома	солома +зерно		
		з.о.													
1	Без добрив (контроль)	24,4	4,15	0,94	0,75	0,19	1,13	30,8	5,54	2,77	2,20	0,44	2,64	10,69	2,67
4	Гній, 10 т/га + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	44,5	7,57	1,42	1,14	0,29	1,71	54,4	9,79	4,90	3,79	0,76	4,55	18,73	4,68
7	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	73,0	12,41	2,88	2,30	0,58	3,46	69,2	12,46	6,23	5,55	1,11	6,66	28,76	7,19
8	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ (к.-осн.буф.)	72,3	12,29	2,77	2,22	0,56	3,33	67,5	12,15	6,08	5,20	1,04	6,24	27,94	6,99
15	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	27,6	4,69	1,05	0,84	0,21	1,26	40,9	7,36	3,68	2,50	0,5	3,00	12,63	3,16
17	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ , 1,5 н за Нг	61,8	10,51	2,01	1,61	0,40	2,41	63,1	11,36	5,68	5,23	1,05	6,28	24,88	6,22
18	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ , (к.- осн.буф.)	63,0	10,71	2,04	1,63	0,41	2,45	62,0	11,16	5,58	4,26	0,85	5,11	23,885	5,96

НІР₀₅, т/га

1,46

0,20

2,82

0,25

Застосування лише мінеральних добрив ефективно за умови вапнування. Так, застосування мінеральної системи удобрення на фоні 1,5 н CaCO_3 за Нг забезпечує продуктивність гектара сівозмінної площі на рівні 6,22 т з.о. На фоні внесення 2,5 т/га CaCO_3 , розрахованою за кислотно-основною буферністю продуктивність сівозміни становить 5,96 т/га.

5.3. Еколого-економічна ефективність довготривалого застосування добрив і вапна

В умовах розвитку ринкових відносин економічна оцінка тих чи інших агрозаходів набуває першочергового значення. Особливо це актуально для технологій виробництва продукції рослинництва. У кожній зоні, як правило, існує один із нерегульованих провідних факторів, на максимальне використання якого, виходячи із закону мінімуму, повинні бути спрямовані технології вирощування сільськогосподарських культур, що сприяють збереженню ресурсів [119; 213].

Однією з складових у вирішенні сучасних проблем землеробства є оптимізація структури посівних площ з урахуванням науково обґрунтованих рекомендацій. В умовах ринку ця структура повинна забезпечувати високу рентабельність виробництва та бути досить мобільною для потреб виробництва [125]. Проте, при сучасних темпах деградації ґрунтів, для формування оптимальної структури посівних площ необхідно орієнтуватись не тільки на економічну вигоду, але й на створення в ґрунті умов, які забезпечують збалансоване використання біологічних та природних ресурсів і відновлення родючості [141].

Важливим фактором ефективного використання орних ґрунтів є впровадження науково обґрунтованих сівозмін, які є незамінною ланкою і відіграють важливу роль в збереженні родючості і підвищенні врожайності сільськогосподарських культур [1; 7]. Багаторічними дослідженнями вчених

ДУ Інституту сільського господарства степової зони (ІСГСЗ) виявлено, що порівняно з вирощуванням у багатопільній сівозміні, беззмінне (протягом 10 років) вирощування сільськогосподарських культур як на неудобреному, так і на удобреному фоні, веде до значного зниження врожайності фактично всіх польових культур [125].

У підвищенні врожайності культур сівозміни на ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах Опілля, зниженні трудових і фінансових затрат на одиницю продукції важливе значення має встановлення оптимальних норм удобрення і вапна відповідно до ґрунтово-кліматичних умов і біологічних особливостей культури [27].

Однак, на сьогодні критичний фінансовий стан сільського господарства та зростання вартості матеріально-технічних ресурсів зумовили скорочення обсягів внесення органічних і мінеральних добрив, а отже, зниження врожайності й підвищення собівартості продукції [164].

Для підвищення економічної і екологічної ефективності виробництва сільськогосподарської продукції необхідно обирати такі технології, які забезпечували б зростаючу окупність затрачених ресурсів та підвищували рентабельність виробництва, і при цьому враховували екобезпечні способи удобрення і обробітку ґрунтів [119; 200].

Важливим критерієм оцінки кожного агрономічного заходу є його економічна ефективність, що дає можливість враховувати реальні витрати та прибутки, і на цій основі розробити найбільш економічно вигідні технології вирощування і удобрення сільськогосподарських культур [113].

Проведені на кінець ІХ ротації розрахунки економічних показників та коефіцієнта енергетичної ефективності показали, що найвищі показники економічної ефективності – умовно-чистий дохід, рівень рентабельності витрат та приріст додаткового врожаю було отримано за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування (табл. 5.3).

Так, за сумісного застосування у сівозміні повної дози мінеральних добрив ($N_{65}P_{68}K_{68}$), 10 т гною на гектар сівозмінної площі і 1,0 н вапна за Нг

Таблиця 5.3

Економічна ефективність застосування мінеральних добрив, гною і вапна на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті, на 1 га сівозмінної площі, кінець ІХ ротації сівозміни на першому полі

№ вар.	Зміст варіанту	Вартість приросту врожаю, грн/га	Вартість добрив, грн	Сума витрат, грн/га	Умовно чистий дохід, грн /га	Окупність 1 грн. затрат	Рентабельність, %
1	Контроль (без добрив)	-	-	-	-	-	-
4	Гній, 10 т/га + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	5707	2713	2835	2872	2,01	101,3
7	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	12894	8694	8892	4002	1,45	45,0
8	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ (к.-осн.буф.)	12353	8337	8535	3818	1,45	44,7
15	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	1348	5981	6057	-4709	0,22	-77,7
17	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ , 1,5 н за Нг	10419	10124	10238	181	1,02	1,77
18	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ , (к.-осн.буф.)	9812	9411	9525	287	1,03	3,01

вартість додаткової продукції становила 12894 грн/га, (сума витрат – 8892 грн/га), що забезпечувало одержання 4002 грн./га умовно чистого доходу і рівень рентабельності 45%. За такої системи удобрення коефіцієнт енергетичної ефективності був достатньо високим і становив 3,12 .

Описана система удобрення і внесення вапна за кислотно-основною буферністю забезпечила вартість додаткової продукції на рівні 12353 грн (сума витрат – 8535 грн/га), а отже 3818 грн умовно чистого доходу на гектар. Коефіцієнт енергетичної ефективності при даній системі удобрення і вапнування зростав до 3,33, рівень рентабельності становив 44,7%.

При односторонньому довготривалому застосуванні мінеральних добрив на ясно-сірому лісовому поверхнево-оглеєному ґрунті сума затрат значно перевищувала вартість приросту врожаю, а тому така система удобрення є економічно недоцільною.

Мінеральна система удобрення ефективна лише за використання її на фоні вапнування. Так при внесенні на гектар сівозмінної площі $N_{105}P_{101}K_{101}$ на фоні вапнування $CaCO_3$, 1,5 н за Нг вартість приросту врожаю становила 10419 грн/га при найвищій за варіантами сумі витрат 10238 грн/га. При цьому умовно-чистий дохід та рівень рентабельності є найнижчим і становлять відповідно 181 грн/га та 1,77% при K_{ee} 2,65.

Така система удобрення на фоні вапнування дозою $CaCO_3$, розрахованою за кислотно-основною буферністю, незважаючи на зниження вартості приросту врожаю до 9812 грн/га, забезпечувала 287 грн/га умовно чистого доходу та рівень рентабельності 3,01 %. При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності зростав до 3,89%.

Отже, на основі отриманих результатів економічної ефективності застосування різних систем удобрення і вапнування на ясно-сірому лісовому поверхнево-оглеєному ґрунті, використання мінеральні системи удобрення є економічно недоцільним. Водночас внесення високих доз вапна (1,5 н $CaCO_3$ за Нг) за мінеральної системи удобрення у короткоротаційних сівозмінах Опілля не забезпечує отримання належного приросту врожаю, а отже, рівень

рентабельності і K_{ee} є низькими. При цьому така система удобрення і вапнування супроводжується екологічними проблемами, зумовленими як додатковою мінералізацією, так і вимиванням кальцію внаслідок гідролізу бікарбонатів.

Внесення у сівозміні 10 т/га сівозмінної площі гною на фоні вапнуванням підвищувало рівень рентабельності до 101,3 %. При цьому витрати становили 2835 грн, а умовно чистий дохід 2872 грн/га, що і забезпечило високу рентабельність.

5.4. Біоенергетична ефективність довготривалого застосування різних систем удобрення і вапнування

Економічна ефективність та біоенергетична оцінка агрозаходу – важливий критерій для визначення доцільності впровадження наукової розробки у виробництво. Згідно наукових досліджень і світової практики, економічно вигідними вважаються такі агроприйоми, які передбачають менші об'єми енерговитрат на виробництво одиниці продукції при одночасному формуванні рослинами максимальної продуктивності [97; 149].

Найбільш вдалий спосіб підвищення економічної та енергетичної ефективності базується на виборі вдалих технологій вирощування сільськогосподарських культур (система агротехніки, система сівозмін, структура посівних площ, система боротьби зі шкідниками та хворобами рослин, система меліорації); врахуванні рівня розвитку технологій, технічного забезпечення [97].

За критерій енергетичної оцінки прийнято коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}), який показує співвідношення між енергією нагромадженою у вирощеній продукції, й енергією витраченою на її одержання. При ефективній технології K_{ee} по основній продукції перевищує 1,0 [142; 211].

Згідно існуючих методичних рекомендацій енергетичної ефективності застосування добрив [25; 142] та біоенергетичної оцінки технології виробництва продукції рослинництва [148] ми провели розрахунок витрат вкладених трудовими ресурсами на паливо, добрива, насіння та продуктивність сільськогосподарських машин при вирощуванні та збиранні культур сівозміни (кукурудзи на силос, ячменю ярого, конюшини лучної, пшениці озимої) та накопиченою врожаєм енергії, в МДж. На цій основі розраховували різницю і ефективність енерговитрат.

Енергетична оцінка дає можливість вибрати найбільш енергозберігаючу систему управління родючістю землі, вона доповнює економічну грошову оцінку та направлена на більш ефективне використання засобів, що виділяються сільському господарству.

Проведені дослідження показали, що найвищий приріст енергії (82385 і 82795 МДж) забезпечило сумісне внесення у сівозміні 10 т гною на 1 га, повної дози мінеральних добрив на фоні 1,0 н CaCO_3 за Нг та дози внесення CaCO_3 за кислотно-основною буферністю. Такі системи удобрення забезпечили й найвищу енергоємність урожаю – 121268 і 118366 МДж – за енергоємності добрив 16013 і 13638 МДж та енергетичних витрат 38883 і 35571 МДж. Тому коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) порівняно з іншими варіантами є дещо вищим і становить 3,12-3,33 (табл. 5.4).

Найвищим коефіцієнт енергетичної ефективності є на контролі без добрив – 3,88. Це пояснюється застосуванням найнижчих енергетичних витрат – 11125 МДж.

Таблиця 5.4

**Біоенергетична ефективність тривалого застосування мінеральних добрив, гною і вапна
на 1 га сівозмінної площі на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті**

Варіанти	Енергоємність добрив, МДж	Всього енергетичних витрат, МДж	Енергоємність урожаю, МДж	Приріст, МДж		К _{еє}	
				енергії	до затрат		
1	Контроль (без добрив)						
4	Гній, 10 т+ CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	8950	24685	76290	51605	2,09	3,09
7	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	16013	38883	121268	82385	2,12	3,12
8	Гній, 10 т/га + N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ (к.-осн. буф.)	13638	35571	118366	82795	2,33	3,33
15	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	7063	16026	49845	33819	2,11	3,11
17	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ , 1,5 н за Нг	18350	39153	103855	64702	1,65	2,65
18	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ , (к.-осн.буф.)	13600	29839	101030	71191	2,39	3,39

При тривалому внесенні у сівозміні мінеральних добрив приріст енергії є найнижчим і становить 33819 МДж, коефіцієнт енергетичної ефективності 3,11.

У варіані внесення підвищеної дози мінеральних добрив на фоні вапнування 1,5 н CaCO_3 за Нг приріст енергії становить 64702 МДж. При енергоємності врожаю 103855 МДж енергоємність добрив та енергетичні витрати є найвищими і становлять відповідно 18350 та 39153. Тому коефіцієнт енергетичної ефективності є найнижчим і становить 2,65.

Висновки до розділу 5

Систематичне сумісне застосування повної дози мінеральних добрив – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$, 10 т/га сівозмінної площі гною на фоні вапнування 1,0 н CaCO_3 за Нг та аналогічної системи удобрення на фоні вапнування дозою, розрахованою за кислотно-основною буферністю формують високий рівень продуктивності ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту: 7,99–6,99 т/га з.о.

Проте внесення на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті високих доз вапна, розрахованих за гідролітичною кислотністю супроводжується екологічними проблемами, зумовленими як додатковою мінералізацією, вимиванням кальцію у підґрунті воді внаслідок гідролізу бікарбонатів як за прямої дії, так і в післядії під наступною культурою, збільшенням інтенсивності виділення діоксиду карбону. Тому, для отримання високих врожаїв і збереження екологічної стабільності агроєкосистеми доцільно використовувати дози вапна розраховані за кислотно-основною буферністю.

Розрахунки економічних показників та коефіцієнти енергетичної ефективності проведені на кінець IX ротації показали, що органо-мінеральна система удобрення з внесенням у сівозміні $N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 т/га гною на фоні 1,0 н вапна за Нг та на фоні дози $CaCO_3$ розрахованої за кислотно-основною буферністю забезпечує найвищі показники умовно чистого доходу 4002-3818 грн/га, вартість приросту врожаю 12894-12353 грн при рівні рентабельності 45,0-44,7 % та коефіцієнту енергетичної ефективності 3,12-3,33.

При тривалому застосуванні на ясно-сірому лісовому поверхнево-оглеєному ґрунті лише мінеральних добрив сума затрат значно перевищує вартість приросту врожаю, а тому така система удобрення є економічно недоцільною, а K_{ee} найнижчим і становить 2,65.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено агроекологічне обґрунтування впливу різних систем органо-мінерального і мінерального удобрення та вапнування на емісію діоксиду карбону залежно від трансформації гумусного стану, біотичних, фізико-хімічних та агрохімічних властивостей ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту в умовах Опілля. Визначення обсягів емісії CO₂ з ґрунту в польових агроекосистемах, встановлення її добової і сезонної динаміки дасть змогу прогнозувати зміну його родючості й продуктивності агрофітоценозів за довготривалого використання ріллі на підставі таких висновків.

1. У результаті досліджень встановлено, що емісія діоксиду карбону та її динаміка залежать від системи удобрення і вапнування та змінюються протягом вегетаційного періоду, мають сезонні і добові коливання.

2. У полі пшениці озимої, ячменю ярого (з підсівом конюшини лучної), конюшини лучної та кукурудзи на силос емісія діоксиду карбону була найвищою за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування, підвищувалася за зростання температури з 22 до 35 °С в 1,4-1,8 рази. За підвищення вологості ґрунту до 20% показники емісії зростали в 1,4-1,5 рази.

3. Згідно з отриманими результатами інтенсивності нагромадження CO₂ з допомогою інфрачервоного газового аналізатора встановлено, що у варіантах контролю та мінерального удобрення після зяблевої оранки восени інтенсивність виділення діоксиду карбону зростає до 8,3 і 8,0 ppm/хв проти 5,3 за органо-мінерального удобрення на фоні вапнування, що свідчить про переважання процесів мінералізації органічної речовини та сповільнення процесів гумусоутворення на кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах як під впливом тривалого мінерального удобрення, так і за умов використання в системі землеробства такого ґрунту без добрив.

4. У полі кукурудзи на силос (першої культури IX ротації, під яку проведено вапнування за внесення на гектар сівозмінної площі однакових доз гною і мінеральних добрив ($N_{65}P_{68}K_{68} + 10$ т/га гною) у варіанті вапнування дозою $CaCO_3$, розрахованою за гідролітичною кислотністю, інтенсивність виділення CO_2 після посіву становила 16,3 ppm/хв і перевищувала більш, як удвічі (7,73 ppm/хв) варіант, у якому дозу $CaCO_3$ розраховували за кислотно-основною буферністю. Подібні закономірності спостерігали протягом усього періоду росту й розвитку рослин – у динаміці 16,23-21,7-39,2 ppm/хв проти 7,87-12,6-36,4 ppm/хв варіанта органо-мінеральної системи удобрення на фоні внесення дози вапна, розрахованої за кислотно-основною буферністю.

5. У полі ячменю ярого (другий рік післядії вапна) інтенсивність виділення діоксиду карбону становить у динаміці 15,8-14,7-36,4-28,9-42,6 у варіанті органо-мінеральної системи удобрення і вапнування дозою $CaCO_3$, розрахованою за Нг, проти 14,-14,5-33,0-19,4-22,2 ppm/хв за вапнування дозою меліоранта за кислотно-основною буферністю аналогічної системи удобрення.

6. Органо-мінеральна система удобрення з внесенням $N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 т гною на гектар сівозмінної площі на фоні вапнування найбільшою мірою забезпечує створення стабільних запасів гумусу та покращання його якісного складу, що супроводжується такими характерними змінами: у груповому складі гумусу зростає загальний вміст гумінових кислот, у фракційному – вміст гумінових кислот, зв'язаних із кальцієм, та підвищується вміст негідролізованого залишку. Водночас вказана система використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту створює стабільний вміст лабільних гумусових речовин протягом усього періоду вегетації сільськогосподарських культур, забезпечуючи оптимальні умови живлення рослин.

7. Вапнування ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту, внесення гною, а також сумісне внесення гною, вапна та мінеральних добрив сприятливо впливають на загальну біотичну та протеазну активність і

створюють оптимальні умови як для процесів гумусонакопичення, так і для покращання живлення рослин.

8. Довготривале застосування мінеральних добрив на низькобуферних ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах знижує біотичну активність та кількість мікроорганізмів у ґрунті до рівня контролю без добрив.

9. Дослідженнями встановлено, що найвищі і практично рівні за обсягом врожаї кукурудзи на силос (74,3-72,3 т/га), ячменю ярого (4,23-4,14), конюшини лучної (69,2-67,5) та пшениці озимої (5,55-5,20) отримано у варіантах органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування дозою CaCO_3 , розрахованою за Нг, та аналогічної системи удобрення на фоні вапнування дозою, розрахованою за кислотно-основною буферністю, що й забезпечило найвищу продуктивність сівозміни – 7,19-6,99 т /га з.о.

10. На ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування є найбільш економічно та енергетично ефективним агрозаходом, який забезпечує найвищі показники умовно чистого доходу, окупності однієї гривні затрат, рівня рентабельності та коефіцієнта енергетичної ефективності.

11. Порівнюючи показники, що характеризують як агрономічну, так і екологічну якість ґрунту, зокрема вміст легкодоступних поживних речовин, гумусу, його груповий і фракційний склад, мікробіологічну активність, інтенсивність виділення діоксиду карбону, що зумовлює швидкість та інтенсивність процесів мінералізації, з показниками економіко-енергетичної ефективності, переконуємося у тому, що органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування дозою, розрахованою за кислотно-основною буферністю найбільшою мірою сприяє не тільки ресурсо-збереженню й отриманню високої продуктивності, а й водночас забезпечує збереження екологічовідтворних функцій та охорону родючості ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Для збереження екологічної стабільності і високої продуктивності ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів Опілля рекомендуємо органо-мінеральну систему удобрення з внесенням на гектар сівозмінної площі 10 т гною, $N_{65}P_{68}K_{68}$ на фоні внесення оптимальної дози $CaCO_3$, розрахованої за кислотно-основною буферністю, яка формує високий рівень урожайності сільськогосподарських культур, поліпшує агрохімічні і фізико-хімічні властивості ґрунту, сприяє секвестрації карбону в органічній речовині і відповідно зменшує емісійні потоки CO_2 з ґрунту.

Науковим установам НААН, вищим навчальним закладам аграрного профілю, ДУ «Інститут охорони родючості ґрунтів» з метою обґрунтування та розробки оптимальних параметрів і співвідношень норм внесення органічних, мінеральних добрив та меліорантів як оцінювальний діагностичний показник екологічного стану ґрунту поряд із вмістом гумусу та його якісним станом доцільно враховувати показник інтенсивності виділення діоксиду карбону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агробіологічні основи сівозмін Степу України : [монографія] / Коваленко Н. П., Юркевич Є. О., Коваленко Н. П., Бакума А. В. – Одеса : Одеське вид-во ВМВ, 2011. – 237 с.
2. Агроекологічна оцінка ґрунтів : монографія / О. В. Телегуз, М. Г. Кіт ; Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. – 257 с.
3. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів : [монографія] / [В. П. Патики, Н. А. Макаренко, Л. І. Моклячук та ін.] ; за ред. В. П. Патики. – К. : Основа, 2005. – 300 с.
4. Агроекологія : навч. посіб. / [О. Ф. Смаглій, А. Т. Кардашов, П. В. Литвак та ін.]. – К. : Вища освіта, 2006. – 671 с.
5. Агрохімічний аналіз : підручник / [М. М. Городній, А. П. Лісовал, А. В. Бикін та ін.] ; за ред. М. М. Городнього. – К. : Арістей, 2005. – 468 с.
6. Агроэкология / [В. А. Черников, Р. М. Алексахин, А. В. Голубев и др.] ; под редакцией В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – М. : Колос, 2000. – 528 с.
7. Адаптивні системи землеробства [текст] : підручник. / за ред. Гудзя В. П. [Гудзь В.П., Шувар І.А., Юник А.В. та ін.] – К. : «Центр учбової літератури», 2014. – 336 с.
8. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л. : Наука, 1980. – 288 с.
9. Алиева Е. Н. Накопление и разложение органических остатков полевых культур и влияние их на баланс органического вещества и питательных элементов в дерново-подзолистой почве / Е. Н. Алиева // Агрoхимия. – 1978. – №4. – С. 57–63.
10. Ананьева Н. Д. Оценка устойчивости микробных комплексов почв к

- природным и антропогенным воздействиям / Н. Д. Ананьева, Е. В. Благодатская, Т. С. Демкина // Почвоведение. – 2002. – № 5. – С. 580–587.
11. Андрійченко Л. В. Вплив мінеральних добрив на поживний режим ґрунту при вирощуванні ярої пшениці / Л. В. Андрійченко, О. М. Плоскіра [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://lib.chdu.edu.ua/pdf/naukpraci/ecology/2008/68-81-1.pdf>.
 12. Андрущенко Г. О. Ґрунти західних областей УРСР / Г. О. Андрущенко. – Львів-Дубляни : Вільна Україна, 1970. – 186 с.
 13. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
 14. Бакун О. І. Ефективність добрив на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся / О. І. Бакун, М. М. Любінецький // Землеробство. – 1995. – Вип. 70. – С. 12-19.
 15. Балюк С. А. Меліорація ґрунтів в Україні : стан, проблеми, перспективи / С. А. Балюк, Р. С. Трускавецький, О. І. Ромашенко // Агрохімія і ґрунтознавство : спецвип. до VIII з'їзду УТГА (м. Житомир, 5–9 лип. 2010 р.). – 2010. – Кн.1. – С. 20–38.
 16. Барабаш О. Ю. Управление ростом и развитием во время ухода за овощными культурами : Обогащение воздуха углекислым газом [Электронный ресурс] / О. Ю. Барабаш, З. Д. Сыч, В. Л. Носко // Биологические основы овощеводства. – Режим доступа : http://www.agromage.com/stat_id.php?id=513.
 17. Барвінський А. В. Оцінка і прогноз якості земель : підручник / А. В. Барвінський, Р. В. Тихенко. – К. : Медінформ, 2015. – 642 с.
 18. Бегей С. В. Екологічне землеробство : підручник / С. В. Бегей, І. А. Шувар. – Львів : Новий Світ – 2000, 2007. – 428 с.

19. Бедернічек Т. Ю. Лабільна органічна речовина ґрунту: теорія, методологія, індикаторна роль : [монографія] / Т. Ю. Бедернічек, З. Г. Гамкало ; НАН України, Нац. ботан. сад ім. М.М. Гришка. – К. : Кондор, 2014. – 179 с.
20. Біологічна активність ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від антропогенного впливу / В. В. Снітинський, А. Й. Габриель, О. М. Германович, Ю. М. Оліфір // Сільськогосподарська мікробіологія : міжвід. темат. наук. зб. – Чернігів : Сівер-Друк, 2014. – Вип. 19. – С. 47–52.
21. Благодатский С. А. Вклад дыхания корней в эмиссию CO₂ из почвы / С. А. Благодатский, А. А. Ларионова, И. В. Евдокимов // Дыхание почвы. – Пушино, 1993. – С. 26–32.
22. Богданович Р. П. Біологічна активність чорнозему типового за різних варіантів удобрення та обробітку ґрунту / Р. П. Богданович, М. О. Преодоляк // Вісник ХНАУ : Ґрунтознавство. – 2009. – № 3. – С. 73–78.
23. Богдевич И. М. Агрохимические показатели плодородия почв и мероприятия по их улучшению / И. М. Богдевич // Весци Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2005. – № 4. – С. 48–59.
24. Бойко П. І. Екологічно збалансовані сівозміни – основа біологічного землеробства / П. І. Бойко, В. О. Бородань, Н. П. Коваленко // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 2. – С. 9–13.
25. Булаткин Г. А. Энергетическая эффективность применения удобрений в агроценозах / Г. А. Булаткин. – Пушино, 1983. – 48 с.
26. Бутрим О. В. Економічні аспекти низьковуглецевого розвитку рослинництва як шлях збереження родючості ґрунтів / О. В. Бутрим // Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія : Економічні науки. – 2014. – №4. – С. 81–90.

27. Васильєв В. Г. Ефективність вапнування кислих ґрунтів / В. Г. Васильєв, Г. С. Гончарук, Г. А. Сінчук // Цукрові буряки. – 2005. – № 6. – С. 5–12.
28. Векірчик К. М. Мікробіологія з основами вірусології / К. М. Векірчик. – К : Либідь, 2001. – 312 с.
29. Веремеєнко С. І. Еволюція та управління продуктивністю ґрунтів Полісся України / С. І. Веремеєнко. – Луцьк : Надстир'я, 1997. – 314 с.
30. Вітвіцький С. В. Вплив способів обробітку ґрунту на гуміфікацію рослинних решток та гною / С. В. Вітвіцький, О. І. Вітвіцький // Сучасне ґрунтознавство, наукові проблеми та методологія викладання : матеріали міжнар. наук-практ. конф., присвяч. 90-річчю кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів імені професора М. К. Шикули, 29-30 трав. 2012 р. – К. : [б. в.], 2012. – С. 35–38.
31. Влияние факторов окружающей среды на рост и развитие растений овощных культур : Тепловой режим / О. Ю. Барабаш, Л. К. Тараненко, З. Д. Сыч // Биологические основы овощеводства [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.agromage.com/stat_id.php?id=722.
32. Влияние элементов биологизации земледелия на динамику лабильных гумусовых веществ, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / З. З. Аюпов, Н. С. Анохина, И. Ф. Миннебаева, Н. Г. Рыцева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 6. – С. 537–539.
33. Вовк О. Б. Антропогенні ґрунти Розточчя-Опілля та їх спроможність щодо екологічних функцій : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук / Вовк О. Б. – Дніпропетровськ, 2003. – 20 с.
34. Вовк О. Б. Ґрунт в системі созологічних критеріїв виділення об'єктів екологічної мережі / Вовк О. Б. // Ґрунтознавство, 2012. – Т. 13, № 1–2. – С. 92–101.

35. Вовк О. Б. Функціонування ґрунтів в умовах посиленого антропогенного впливу / О. Б. Вовк // Науковий вісник УжНУ. Серія: Біологія. – 2001. – Вип. 9. – С. 33–35.
36. Возбуждая А. Е. Химия почвы. М., 1986. 429 с.
37. Волкогон В. В. Активність азотфіксації, емісія N₂O та CO₂ в агроценозах гороху за дії добрив і передпосівної бактеризації / В. В. Волкогон, М. А. Журба // Сільськогосподарська мікробіологія : міжвідом. темат. наук. зб. – Чернігів : Сівер-Друк, 2013. – Вип. 18. – С. 16–29.
38. Волкогон В. В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві / В. В. Волкогон // Сільськогосподарська мікробіологія : міжвід. темат. наук. зб. – Чернігів, 2005. – Вип. 1–2. – С. 6–29.
39. Воробьев В. Б. Влияние гумусированности агродерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на некоторые свойства почвенно-поглощающего комплекса / В. Б. Воробьев, И. Ю. Грищенко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 59 – 62.
40. Ворона Л. І. Ефективність способів обробітку ґрунту та систем удобрення в умовах Полісся / Л. І. Ворона, О. І. Мислова // Збірник наукових праць ІЗ УААН. – К. , 2002. – Вип. 1. – С. 44–48.
41. Вплив добрив у сівозміні на родючість ґрунту і продуктивність культур / С. Е. Дегодюк, О. А. Літвінова, О. І. Вітвіцька, Ю. Д. Боднар // Зб. наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – 2010. – Вип. 4. – С. 3–10.
42. Габриель А. И. Гумусное состояние ясно-серой лесной поверхностно оглеенной почвы в зависимости от антропогенного влияния / А. И. Габриель, В. В. Снитынский, О. М. Германович, Ю. Н. Олифир // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 52–55.

43. Габриель А. И. Особенности газорегулирующей функции светло-серой лесной поверхностно оглеенной почвы при разных системах ее использования / А. И. Габриель, В. В. Снитынский, Ю. Н. Олифир, О. М. Германович // Agrarian science (Știința agricolă). – 2016. – N. 1. – P. 13–17.
44. Габриель А. Й. Актуальні проблеми дослідження та раціонального землекористування на ясно-сірих лісових ґрунтах Західного Лісостепу / [А. Й. Габриель, І. І. Петрунів, Ю. М. Оліфір, І. В. Тимощук] // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2007. – Вип. 49, ч. 1. – С. 28–35.
45. Габриель А. Й. Вплив вапнування та удобрення на вміст валових та рухомих форм важких металів у ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті / А. Й. Габриель, Ю. М. Оліфір, О. М. Германович // Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах. – Рівне, 2012. – С. 29–31.
46. Габриель А. Й. Вплив тривалого удобрення і періодичного вапнування на біологічні властивості ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту / А. Й. Габриель, Ю. М. Оліфір, О. М. Германович // Охорона ґрунтів. – К., 2014. – Вип. 1. – С. 121–123.
47. Габриель А. Й. Динаміка кислотності ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за різних систем удобрення та післядії вапнування / А. Й. Габриель, Ю. М. Оліфір, О. М. Германович // Сільський господар. – 2012. – № 1–2. – С. 4–7.
48. Габриель А. Й. Зміни вмісту гумусу ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за різних систем удобрення та післядії вапнування / А. Й. Габриель, Ю. М. Оліфір, О. М. Германович // Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія. – 2012. – № 16 (2). – С. 563–569

49. Габриель А. Й. Особливості емісії CO₂ ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від систем його використання / А. Й. Габриель, Ю. М. Оліфір, О. М. Германович // Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія. – 2013. – № 17(1). – С. 125–130.
50. Габриель А. Й. Трансформація гумусного стану ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за різних систем удобрення та вапнування / А. Й. Габриель, Ю. М. Оліфір, О. М. Германович // Сільський господар. – 2013. – № 7–8. – С. 5–8.
51. Габриель А. Й. Формування гумусного стану ясно-сірого лісового ґрунту під впливом тривалого застосування добрив і вапна / А. Й. Габриель, В. В. Снітинський, І. В. Тимощук // Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини імені С. З. Гжицького. – 2006. – Т. 8, № 2 (29), ч. 4. – С. 25–30.
52. Гамалей В. І. Зміни вмісту і запасів органічного вуглецю у темно-сірому опідзоленому ґрунті залежно від системи удобрення / В. І. Гамалей, Л. І. Шкарівська // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН». – К. : ВД «ЕКМО», 2009. – Вип. 4. – С. 22–29.
53. Гамзиков Г. П. Изменение содержания гумуса в почвах в результате сельскохозяйственного использования / Г. П. Гамзиков, М. Н. Кулагина. – М. : ВНИИТЭИ агропром, 1992. – 48 с.
54. Гамкало З. Г. Активна фаза органічної речовини ґрунту : генеза, роль, діагностика / З. Г. Гамкало // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2003. – № 64. – С. 53–58.
55. Гамкало З. Г. Екологічна якість ґрунту : навч. посіб. / З. Г. Гамкало. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. – 412 с.
56. Германович О. М. Вплив удобрення та вапнування на виділення діоксиду вуглецю у ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті /

- О. М. Германович // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2013. – Вип. 55, ч. 2. – С. 31–36.
57. Германович О. М. Емісія CO₂ під кукурудзою залежно від антропогенного впливу / О. М. Германович // Актуальні проблеми агропромислового виробництва України : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених: (Оброшино, 13 листопада 2013 р.). – Львів-Оброшино : [б. в.], 2013. – С. 15–16.
58. Гирька А. Д. Органическое удобрение как фактор повышения плодородия украинских черноземов / А. Д. Гирька // Растениеводство. – 2011. – № 8 (146). – С. 39–42.
59. Глущенко М. К. Особливості меліорації кислих ґрунтів в залежності від обробітку ґрунту та способу внесення меліоранта / М. К. Глущенко, В. С. Запасний // Охорона родючості ґрунтів : наук. зб. – 2010. – Вип. № 6. – С. 47–52.
60. Гнатів П. С. Біологічний баланс поживних речовин в сівозміні / П. С. Гнатів // Основні результати досліджень за 1976–1982 роки. – Рівне : Облполіграфвидав, 1983. – С. 8–12.
61. Гнатів П. С. Системний підхід в екології й охороні довкілля: актуальність знання і практичних навичок / П. С. Гнатів, В. В. Снітинський, П. Р. Хірівський П. Р. // Збірник науково-методичних праць «Наука і методика». – №23, вип. 23. – К. : Аграрна освіта, 2011. – С. 81–86.
62. Головацкая Е. А. Влияние факторов среды на эмиссию CO₂ с поверхности олиготрофных торфяных почв Западной Сибири / Е. А. Головацкая, Е. А. Дюкарев // Почвоведение. – 2012. – № 6. – С. 658-667.
63. Городній М. М. Агрохімія : підручник / М. М. Городній, А. В. Бикін, Л. М. Нагаєвська. – [3-тє вид., випр. і доп.]. – К. : [б. в.], 2003. – 786 с.

64. Гришина Л. А. Система показателей гумусного состояния почв / Л. А. Гришина, Д. С. Орлов // Проблемы почвоведения. – М. : Наука, 1978. – С. 42–47.
65. Гуменюк А. І. Вапнування ґрунтів / А. І. Гуменюк. – К. : Урожай, 1968. – 100 с.
66. Гумусний стан та емісія діоксиду вуглецю в агроекосистемах / В. В. Снітинський, А. Й. Габриель, Ю. М. Оліфір, О. М. Германович // Агроєкологічний журнал. – 2015. – №1. – С. 51–56.
67. Данилов-Данильян В. И. Экологические, экономические и политические аспекты проблемы Киотского протокола / В. И. Данилов-Данильян // Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий. Проблема Киотского протокола. – М. : Наука. 2006. – С. 29–49.
68. Дегодюк С. Вплив тривалого застосування добрив на гумусний режим сірого лісового ґрунту / С. Дегодюк, О. Літвінова, Ю. Боднар // Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія. – 2011. – № 15(2). – С. 88–94.
69. Дегодюк С. Е. Вплив тривалого внесення добрив на вміст і якість гумусу сірого лісового ґрунту / С. Е. Дегодюк, Л. В. Бобер, О. А. Літвінова // Вісник аграрної науки. – 2009. – № 1. – С. 57–60.
70. Дегтярьов В. В. Вплив добрив на вміст рухомих органічних речовин / В. В. Дегтярьов, Р. Ю. Усата // Агрохімія і ґрунтознавство : міжвідом. темат. наук. зб. – Харків : ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», 2014. – Кн. 2. – С. 114–115. – (Спецвип. до ІХ з'їзду УТГА).
71. Дегтярьов В. В. Гумус чорноземів Лісостепу і Степу України : монографія / В. В. Дегтярьов ; за ред. Д. Г. Тихоненко ; Харківський нац. ун-т ім. В. В. Докучаєва. – Харків : Майдан, 2011. – 360 с.

72. Демиденко О. В. Управління обігом вуглецю в агроценозах під впливом низьковуглецевих агротехнологій / О. В. Демиденко, В. А. Величко // Вісник аграрної науки. – 2014. – № 11. – С. 46–52
73. Демкина Т. С. Влияние длительного применения удобрений на дыхательную активность и устойчивость микробных сообществ почвы / Т. Демкина, Н. Ананьева // Почвоведение. – 1998. – № 11. – С. 1382–1389.
74. Динаміка азотного режиму ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту під кукурудзою залежно від тривалого удобрення і періодичного вапнування / Ю. М. Оліфір, А. Й. Габриєль, О. М. Германович, Л. М. Сивак // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2013. – Вип. 55, ч. 1. – С. 91–99.
75. Динаміка лабільної частини гумусу ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від тривалого удобрення і періодичного вапнування / Ю. М. Оліфір, А. Й. Габриєль, О. М. Германович, Л. М. Сивак // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2014. – Вип. 56, ч. 1. – С. 141–147.
76. Добровольский Г. Функции почв в биосфере и экосистемах / Г. Добровольский, Е. Никитин. – М. : Наука, 1990. – 261 с.
77. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів України / [Б. С. Носко, Б. С. Прістер, М. В. Лобода та ін.]. – К. : Урожай, 1994. – 336 с.
78. Докучаев В. В. Избранные сочинения / В. В. Докучаев. – М. : Сельхозгиз, 1949. – Т. 3. – 446 с.
79. Дорохова Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М. : Высш. шк., 2000. – Кн. 1. – 351 с.; Кн. 2. – 494 с.

80. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – [5-е изд., доп. и перераб.]. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
81. Дыхание корней и его вклад в эмиссию CO₂ из почвы / Ларионова А. А., Евдокимов И. В., Курганова И. Н [и др.] // Почвоведение. – 2003. – №2. – С. 183–194.
82. Екологічна мережа Івано-Франківської області – основа збереження біологічного та ландшафтного різноманіття / В. І. Парпан, Т. В. Парпан, Т. Р. Юник // Екологічні засади збалансованого регіонального розвитку: зб. наук. праць за матер. міжнар. наук.-практ. конф., 10-11 травня 2016. – Ів.-Франківськ : Симфонія форте. – 2016
83. Екологічні проблеми землеробства / [І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей та ін.] ; за ред. І. Д. Примака – К. : Центр учбової літератури, 2010. – 456 с.
84. Екологія : Сучасний стан родючості ґрунтів та шляхи її збереження. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://lib.chdu.edu.ua/pdf/naukpraci/ecology/2008/68-81-1.pdf>.
85. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє / за ред. І. Плачкова. – Книга 5. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-4/section-3>.
86. Заверуха Н. М. Основи екології : навч. посіб. для студ. вузів / Н. М. Заверуха, В. В.Серебряков, Ю. А Скиба. – К. : Каравела, 2006. – 368 с.
87. Зависимость подвижности гуминовых веществ от типовой принадлежности, состава и свойств почв Лесостепи / Б. П. Ахтырцев, А. Б. Ахтырцев, Л. А. Яблонских // Вестник ВГУ. – 2004. – № 2. – С. 18–24.

88. Завьялова Н. Е. Влияние длительного применения систем удобрения на содержание лабильного органического вещества дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы [Электронный ресурс] / Н. Е. Завьялова, В. Р. Ямалтдинова // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 4. – С. 76–78. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dlitelnogo-primeneniya-sistem-udobreniya-na-soderzhanie-labilnogo-organicheskogo-veschestva-dernovo-melkopodzolistoy>.
89. Збалансоване управління природно-ресурсним потенціалом агросфери України за принципами конвенцій РІО / О. Г. Тараріко, О. В. Сиротенко, Т. В. Ільєнко, Т. Л. Кучма // Агроєкологічний журнал. – 2015. – № 1. – С. 21–36.
90. Землеробство : підручник / за ред. В. П. Гудзя. – [2-ге вид., перероб. та доп.]. – К. : Центр учбової літератури, 2010. – 464 с.
91. Зміна гумусного стану і вмісту лужногідролізованого азоту за різних систем удобрення та обробітку в сівозміні / С. В. Журавель, М. М. Кравчук, Р. Б. Кропивницький, Т. В. Кравчук // Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету. – 2009. – № 2. – С. 95–103.
92. Зуй М. Ф. Хімічний склад та аналіз основних компонентів ґрунтів / М. Ф. Зуй. – К., 2003. – 27 с.
93. Изменение климата, 2007 г. : обобщающий доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. – Женева : МГЭ-ИК, 2008. – 104 с.
94. Изменения фізико-хімічних свойств серых лесных почв под влиянием удобрений / В. В. Окорков, Л. А. Окоркова, С. В. Фетисова [и др.] // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2002. – № 5. – С. 33–35.

95. Інформаційні технології інвентаризації парникових газів та прогнозування вуглецевого балансу України / [Бунь Р. А., Густі М. І., Дачук В. С. та ін.] ; за ред. Р. А. Буня ; Українська академія друкарства. – Львів, 2004. – 376 с.
96. Казеев К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И Колесников, В. Ф. Вальков // Ростов-на-Дону : Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.
97. Калініченко О. В. Енергетична оцінка технологій вирощування сільськогосподарських культур / О. В. Калініченко // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – Полтава : РВВ ПДАА, 2010. – Т. 7 (26). – С. 299–306.
98. Канівець В. І. Життя ґрунту / В. І. Канівець. – [2-ге вид., доп.]. – К. : Аграрна наука, 2001. – 131 с.
99. Карпачевский Л. О. Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский. – М. : Геос, 2005. – 335 с.
100. Клімат України / [наук. ред. В. М. Ліпінський]. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
101. Коваленко С. А. Зміни показників балансу гумусу у ґрунтах сільськогосподарських угідь Чернігівської області / С. А. Коваленко, Ю. Д. Матухно, М. П. Мукосій // Агроєкологічний журнал. – 2013. – № 3. – С. 52–56.
102. Ковалець Ю. Гумусовий стан дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся України / Ю. Ковалець // Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія. – 2012. – № 16. – С. 520–525.
103. Ковда В. А. Основы учения о почвах / В. А. Ковда. – М. : Наука, 1973. – Т. 1. – С. 47–53.
104. Ковда В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана / В. А. Ковда. – М. : Наука, 1981. – 182 с.

105. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології / О. М. Царенко, Ю. А. Злобін, В. Г. Скляр, С. М. Панченко. – Суми : Університетська книга, 2000. – 203 с.
106. Кондратьев К. Я. Глобальный круговорот углерода: состояние, проблемы и перспективы / К. Я. Кондратьев, В. Ф. Крапивин // Исследование Земли из космоса. – 2004. – № 3. – С. 12–21.
107. Кононова М. М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения / М. М. Кононова. – М. : Изд-во АН СРСР, 1963. – 314 с.
108. Корсун С. Г. Спосіб визначення екологічної стійкості ґрунтів в агроландшафтах // Вісн. аграр. науки. 2006. № 6. С. 61–63..
109. Корчинська С. Г. Хімічна меліорація ґрунтів: економічні і екологічні аспекти / С. Г. Корчинська // Економіка АПК. – 2003. – № 9. – С. 42–44.
110. Костычев П. А. Состав органических веществ почвы в связи с низшими организмами / П. А. Костычев // Труды. Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей, отд. ботаники. – 1890. – Т. XXI. – С. 6–9.
111. Красюк Л. М. Вплив основної обробітки ґрунту та гербіцидів на біологічну активність сірого лісового ґрунту / Л. М. Красюк // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – К. : ЕКМО, 2011. – Вип.1–2. – С. 3–9.
112. Красюк Л. М. Продуктивність сої залежно від способів основної обробітки ґрунту та догляду за посівами в умовах Північного Лісостепу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук / Л. М. Красюк. – К., 2011. – 19 с.
113. Кравчук В. Сучасні агротехнології та «гнучкі механізми» Кіотського протоколу / В. Кравчук, М. Павлишин, В. Гусар // Техніка і технології АПК. – 2013. – № 5. – С. 29-33.

114. Кудеяров В. Н. Азотно-углеводный баланс в почве / В. Н. Кудеяров // Почвоведение. – 1999. – № 1. – С. 73–82.
115. Кудеяров В. Н. Дыхание почв России : анализ базы данных, мониторинг, общие оценки / В. Н. Кудеяров, И. Н. Курганова // Почвоведение. – 2005. – № 9. – С. 1112–1121.
116. Кулаковська Т. І. Вплив систем удобрення на зміст і склад гумусу дерново-підзолистого супіщаного ґрунту / Т. І. Кулаковська, Л. І. Костюкевич // Агрохімія. – 1984. – № 8. – С. 57–62.
117. Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів [Електронний ресурс] / І. К. Курдиш // Сільськогосподарська мікробіологія : міжвід. темат. наук. зб. – Чернігів : ЦНТІ, 2009. – Вип. 9. – С. 7–32.– Режим доступу : <http://www.sg-microb.ho.ua/arh/cont09.html>.
118. Кутовая О. В. Характеристика гумусовых веществ агродерново-подзолистой почвы и копролитов дождевых червей [Электронный ресурс] / О. В. Кутовая // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. – 2011. – Вып. 69. – С. 46–59. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/harakteristika-gumusovyh-veschestv-agroderново-podzolistoy-pochvy-i-koprolitov-dozhdevyh-chervey>.
119. Кучер А. В. Еколого-економічні аспекти розвитку низьковуглецевого сільськогосподарського землекористування / А. В. Кучер. – Харків : Смугаста типографія, 2015. – 68 с.
120. Кучерявий В. П. Екологія [Електронний ресурс] / В. П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2001 – 500 с. – Режим доступу : http://eduknigi.com/ekol_view.php?id=1.
121. Лактионова Т. Н. Изменение физических свойств чернозема при внесении навоза / Т. Н. Лактионова // Почвоведение. – 1990. – №8. – С.73–82.

122. Лактіонов М. І. Агрогрунтознавство : навч. посіб. / М. І. Лактіонов. – Харків : Видавець Шуст А. І., 2001. – 156 с.
123. Ларионова А. А. Влияние температуры и влажности почвы на эмиссию CO₂ / А. А. Ларионова, Л. Н. Розанова // Дыхание почвы: сборник научных трудов / под. ред. Г. А. Заварзина. – Пушкино : ОНТИ НЦБИ РАН, 1993. – С. 68–75
124. Ларионова А. А. Динамика газообмена в профиле серой лесной почвы / А. А. Ларионова, Л. Н. Розанова, Т. И. Самойлов // Почвоведение. – 1988. – № 11. – С. 68–74.
125. Лебідь Є. М. Сівозміни з урахуванням агробіологічної доцільності розміщення сільськогосподарських культур / Є. М. Лебідь, Л. М. Десятник // Збірник наук. праць Інституту землеробства. – К., 2004. – С. 19–22.
126. Лісовий М. В. Застосування мінеральних добрив та відновлення родючості ґрунтів в умовах сучасного землеробства / М. В. Лісовий // Вісник аграрної науки. – 1998. – № 3. – С. 15–19.
127. Літвінова О. А. Вплив добрив на зміну лабільної органічної речовини сірого лісового ґрунту [Електронний ресурс] / О. А. Літвінова // Землеробство. – 2008. – Вип. 80. – С. 24– 27. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2008_80_7.
128. Лопушняк В. І. Система удобрення як чинник оптимізації гумусного стану темно-сірого опідзоленого ґрунту [Електронний ресурс] / В. І. Лопушняк // Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах. – Рівне, 2012. – С. 52– 55. – Режим доступу : <http://www.twirpx.com/file/1169332/>.
129. Лыков А. М. Органическое вещество и плодородие почвы в интенсивном земледелии / А. М. Лыков, Б. П. Бойнчан, С. М. Вьюгин // Обзорная информация. – М. : ВНИИТЭИСХ, 1984. -58 с.

130. Мазур Г. А. Групово-фракційний склад і запаси гумусу в сірому лісовому ґрунті у зв'язку з інтенсивністю його використання / Г. А. Мазур, Т. І. Григора // Вісник Харківського національного аграрного університету : землеробство. – 2011. – № 1. – С. 178–181.
131. Мазур Г. А. Підвищення родючості кислих ґрунтів / Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. М. Сімачинський. – К. : Урожай, 1984. – 176 с
132. Мазур Г. А. Роль гумусу в родючості ґрунтів та відтворення його вмісту / Г. А. Мазур, Вісник аграрної науки. – 2000. – Спецвип. – С. 12–15.
133. Макаров Б. Н. Газовый режим почвы / Б. Н. Макаров. – М. : Агропромиздат, 1988. – 105 с.
134. Макаров Б. Н. Динамика газообмена между почвой и атмосферой в течение вегетационного периода под различными культурами севооборота / Б. Н. Макаров // Почвоведение. – 1952. – № 3. – С. 271–277.
135. Макаров Б. Н. К методике определения интенсивности выделения CO_2 из почвы (дыхание почвы) / Б. Н. Макаров // Почвоведение. – 1970. – № 5. – С. 139–143.
136. Маринич О. М. Удосконалена схема фізико-географічного районування України / О. М. Маринич, Г. О. Пархоменко, О. М. Петренко, П. Г. Шищенко. // Укр. гео- граф. журнал. – 2003. – №1. – С. 16-21.
137. Матвійчук Б. В. Динаміка біологічного стану ґрунту у короткоротаційних сівозмінах Полісся / Б. В. Матвійчук, Ю. В. Осовець // Вісник ЖНАЕУ. – 2008. – № 1. – С. 44–53.
138. Матвійчук Б. В. Кругообіг органічного вуглецю в агроценозі Північного Лісостепу / Б. В. Матвійчук, О. П. Рябчук // Вісник ЖНАЕУ. – 2011. – Т. 1, № 1 (28). – С 123–136.
139. Матвійчук Б. В. Мікробіологічна активність – основний показник якості ясно-сірого лісового ґрунту / Б. В. Матвійчук // Сучасний стан ґрунтового

- покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку 21-го століття : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф., присв. 50-річчю з дня створ. ІА ім. О.Н. Соколовського. – Харків, 2006. – С. 52–54.
140. Медведєв В. В. Ґрунти і українське суспільство в ХХІ столітті / В. В. Медведєв // Агрохімія і ґрунтознавство (спец. вип.). – Харків, 2002. – Кн. I. – С. 7–14.
141. Медведєв В. В. Європейська політика охорони ґрунтів / В. В. Медведєв // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 5. – С. 5–11.
142. Медведовський О. К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / О. К. Медведовський, П. І. Іваненко. – К. : Урожай, 1988. – 208 с.
143. Мельник А. Ефективність вапнування кислих ґрунтів в Чернігівській області [Електронний ресурс] / А. Мельник // Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах. – Рівне, 2012. – С. 23–25. – Режим доступу : <http://www.twirpx.com/file/1169332/>.
144. Мельник А. Закислення ґрунтів – проблема землеробства України / А. Мельник // Пропозиція. – 2010. – № 9. – С. 80–81.
145. Мельничук А. О. Цикл вуглецю та азоту за різних систем удобрення в сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті в Поліссі [Електронний ресурс] / А. О. Мельничук, М. Ю. Тараріко // Збалансоване природокористування. - 2015. – № 1. – С. 53-56. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2015_1_14
146. Мерзликин А. С. Экономическая эффективность применения удобрений / А. С. Мерзликин. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 79 с.
147. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. / – К. : ЗАТ "НІЧЛАВА", 2003. – 320 с.

148. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства. – М., 1983. – 44 с.
149. Методика визначення економічної ефективності застосування добрив. – К. : Урожай, 1996. – 146 с.
150. Методические основы эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. – М. : Изд-во МГУ, 1997. – 102 с.
151. Милащенко Н. З. Устойчивое развитие агроландшафтов / Н. З. Милащенко. – Пушино : ОНТИ ПНЦ РАН, 2000. – Т.1. – 316 с.
152. Минеев В. Г. Агрохимия и биосфера / В. Г. Минеев. – М. : Колос, 1984. – 246 с.
153. Минеев В. Г. Актуальные задачи агрохимии в условиях современного земледелия / В. Г. Минеев // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 1. – С. 3–9.
154. Минеев В. Г. Экологические функции агрохимии в современном земледелии / В. Г. Минеев // Агрохимия. – 2000. – №5. – С. 5–13.
155. Мишустин Е. Н. Микробиология / Е. Н. Мишустин, В. Т. Емцев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 368 с.
156. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. / Е. Н. Мишустин. – М. : Наука, 1972. – 343 с.
157. Мишустин Е. Н. Прямой метод определения суммарной протеазной активности почв / Е. Н. Мишустин, Д. И. Никитин, И. С. Востров // Сборн. докладов симпозиума по ферментам почвы. – Минск : Наука и техника, 1968. – С. 144-150.
158. Міневич С. Н. Результати стаціонарних досліджень по вивченню впливу різних форм і норм вапна на родючість ґрунту, врожай і якість сільськогосподарських культур на Поліссі / С. Н. Міневич // Землеробство. – К. : Урожай, 1969. – Вип. 16. – С. 29–42.

159. Мірошніченко М. М. Динаміка емісії CO₂ за різних способів обробітку ґрунту / М. М. Мірошніченко, В. В. Шимель, О. П. Сябрук // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2011. – Вип. 74. – С. 11–14.
160. Москалевська Ю. П. Біологічна активність та мікробна трансформація органічної речовини чорнозему типового за різних систем землеробства / Ю. П. Москалевська, М. В. Патика // Збалансоване природокористування. – 2014. – № 3. – С. 68–72.
161. Мурзаков Б. Г. О биогеоценозе гумусовых веществ / Б. Г. Мурзаков // Известия АН СССР. – 1973. – № 4. – С. 507–516.
162. Надточій П. П. Екологія ґрунту : [монографія] / П. П. Надточій, Т. М. Мислива, В. Ф. Вольвач. – Житомир : ПП Рута, 2010. – 473 с.
163. Назаренко І. І. Ґрунтознавство / І. І. Назаренко С. М., Польчина, В. А. Нікерич. – Чернівці : Книги ХХІ, 2004. – 399 с.
164. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / за ред. М. В. Зубця [та ін.]. – К. : Логос, 2004. – 776 с.
165. Наумов А. В. Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности / А. В. Наумов. – Новосибирск : Изд.-во СО РАН, 2008. – 208 с.
166. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине за 1990-2013 гг. – К., 2015. – 569 с.
167. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2009 році. – К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2011. – 383 с.
168. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України [Електронний ресурс] / М. В. Присяжнюк, С. І. Мельник, В. А. Жилкін [та ін.]. – К. : Мінагрополітики, Центрдержродючість, НААНУ, ННЦ ІГА

- ім. О. Н. Соколовського, НУБіП. – 2010. – 113 с. – Режим доступу : http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan_gruntiv.pdf.
169. Николаева И. Н. Воздушный режим дерново-подзолистых почв / И. Н. Николаева. – М. : Колос, 1970. – 159 с.
170. Носко Б. С. До питання про вплив добрив на врожай сільськогосподарських культур та агрохімічні властивості ґрунтів / Б. С. Носко, Е. І. Доля // Агрохімія і ґрунтознавство. – 1969. – Вип. 8. – С. 129–142.
171. Носко Б. С. Изменение гумусового состояния чернозема типичного под влиянием удобрений / Б. С. Носко // Почвоведение. – 1987. – № 5. – С. 26–32.
172. Общее почвоведение / В. Г. Мамонтов, Н. П. Панов, И. С. Кауричев, Н. Н. Игнатьев. – М. : Колос, 2006. – 456 с.
173. Оліфір Ю. М. Влив удобрення та вапнування на фізикохімічні властивості ясно-сірого лісового ґрунту // Збірник наукових праць “Інститут землеробства УААН”. 2010. № 4. С. 51–55.
174. Оліфір Ю. М. Екологічно безпечні системи відтворення і збереження родючості ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів / Ю. М. Оліфір, А. Й. Габриель, О. М. Германович // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2012. – Вип. 54, ч. 1. – С. 45–53
175. Оліфір Ю. М. Родючість ясно-сірого лісового ґрунту та продуктивність сівозміни залежно від тривалого удобрення і періодичного вапнування / Ю. М. Оліфір, А. Й. Габриель, О. М. Германович // Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в Північно-Східному регіоні України : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (20-21 лютого 2014 р., м. Суми). – Суми, 2014. – С. 67–69.

176. Оптимізація газорегуляторної функції ясно-сірого лісового ґрунту на основі виділення діоксиду вуглецю / А. Й. Габриель, Ю. М. Оліфір, О. М. Германович, О. С. Гавришко // Посібник українського хлібороба «Українські чорноземи на початку третього тисячоліття». – 2016. – Т. 1. – С. 138–139.
177. Орлов Д. С. Практикум по химии гумуса / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. – М. : Изд-во Москов. ун-та, 1981. – 272 с.
178. Овчинникова М. Ф. Изменение свойств почвы и продуктивности агроценозов при длительном применении различных систем удобрений / ., Н. Ф. Гомонова, М. Ф. Овчинникова // Почвоведение. 2005. № 1. С. 104–112
179. Остах М. Мікробіологія на службі урожаю [Електронний ресурс] / М. Остах // Аграрний тиждень. Україна. – Режим доступу : <http://a7d.com.ua/agropoltika/agri-work/2248-mikrobiologiya-na-sluzhbi-urozhayu.html>.
180. Охорона ґрунтів : підручник / М. К. Шикуча, О. Ф. Гнатенко, Л. Р. Петренко, М. В. Капштик]. – К. : Знання, 2001. – С. 133–156.
181. Павловський В. Комплексна дія різних способів обробітку, доз добрив і гербіцидів на родючість ґрунту та продуктивність зерно-просапної сівозміни в умовах центральної частини Лісостепу України / В. Павловський // Вісник Львівського державного аграрного університету : агрономія. – 2003. – № 7. – С. 106–111.
182. Павлюк Н. М. Деградаційні процеси в сірих лісових ґрунтах Опілля / Н. М. Павлюк // Вісник Львівського університету. Серія географічна.– Львів, 2006.– Випуск 33.– С. 295–300.
183. Павлюк Н. М. Сірі лісові ґрунти Опілля : монографія / Наталія Мирославівна Павлюк, Володимир Георгійович Гаськевич. – Львів : ЛНУ

- ім. І. Франка, 2011. – 321 с.
184. Панас Р. Сучасні проблеми зниження родючості ґрунтів України і перспективи її відтворення та збереження [Електронний ресурс] / Р. Панас // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2013. – Вип. 2. – Режим доступу: <http://e№ a.lp.edu.ua:8080/bitstream/№ tb/21768/1/24-102-106.pdf>.
185. Панников В. Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В. Д. Панников, В. Г. Минеев. – М. : Колос, 1987. – 306 с.
186. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки (Розділ 3) / В. І. Лялько, Д. М. Мовчан, Ю. В. Захарчук, І. Г. Артеменко // Український журнал дистанційного зондування Землі. – 2015. – № 5. – С. 37–56.
187. Парпан В. И. Микофлора подстилки и почвы / В. И. Парпан, В. Н. Борисова // Проблемы изучения и охраны заповедных систем. – Пермь, 1988. – С. 125–126.
188. Паринкина О. М. Микробиологические аспекты уменьшения естественного плодородия почв при их сельскохозяйственном использовании / О. М. Паринкина, Н. В. Ключева // Почвоведение. – 1995. – № 5. – С. 573–581.
189. Патыка Н. В. Подходы к анализу комплексности бактериальных сообществ в разных типах почв / Н. В. Патыка // Агроекологічний журнал. – 2005. – № 1. – С. 44–46.
190. Пестряков В. К. Окультуривание почв Северо-Запада / В. К. Пестряков. – Л. : Колос, 1977. – С. 227–252.
191. Петрунів І. І. Вплив довготривалого застосування органічних, мінеральних добрив та вапнування на продуктивність сільськогосподарських культур / І. І. Петрунів, Г. Й. Сеньків, М. М. Костюк // Передгірське та гірське землеробство і тваринництво. – 2001. – Вип. 43, ч.1. – С. 161–165.

192. Писаренко П. В. Вибір, обґрунтування та характеристика індикаторів біологічного різноманіття ґрунту / П. В. Писаренко, С. В. Тараненко, А. О. Тараненко // Вісник Полтавської державної аграрної академії : науково-виробничий, фаховий журнал. – 2013. С. 20–23.
193. Полупан М. І. Класифікація ґрунтів України / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. А. Величко ; за ред. М. І. Полупана. – К. : Аграрна наука, 2005. – 300 с.
194. Польовий А. М. Ґрунтознавство / Польовий А. М., Гуцал А. І., Дронова О. О. – Одеса, 2013. – 668 с.
195. Польовий В. М. Роль вапнування і удобрення у підвищенні ефективності землеробства Західного Полісся [Електронний ресурс] / В. М. Польовий // Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах. – Рівне, 2012. – С. 4–11. – Режим доступу : http://isg.rv.ua/content/files/konference_2012_07_25.pdf.
196. Польчина С. М. Ґрунтознавство. Головні типи ґрунтів : навч. посіб. / С. М. Польчина. – Чернівці : Рута, 2000. – ч. 1. – 77 с.
197. Полянський С. В. Ґрунтознавство з основами географії ґрунтів : понятійно-термінологічний словник / уклад. Сергій Володимирович Полянський. – Луцьк : Вежа-Друк, 2015. – 156 с.
198. Помазкина Л. В. Влияние свойств пахотных почв и их загрязнения фторидами на эмисию CO₂ / Л. В. Помазкина, Л. Г. Котова, С. Ю. Зорин // Почвоведение. – 2008. – №2. – С. 227–234.
199. Пономаренко С. П. Накопичення CO₂ зерновими культурами за використання біорегуляторів росту рослин [Електронний ресурс] / С. П. Пономаренко, Л. В. Дацько. – Режим доступу : Lviv Polytechnic National University Institutional Repository <http://ena.lp.edu.ua>.
200. Постнікова Г. В. Аналіз господарської діяльності сільсько-господарських підприємств / Г. В. Постнікова. – К. : Вища шк., 1987. – 320 с.

201. Посудін Ю. І. Моніторинг довкілля з основами метрології : [підручник] / Ю. І. Посудін. – К., 2012. – 426 с.
202. Почвоведение : [учеб. для ун-тов] : в 2 ч. / под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. – Ч. 1. Почва и почвообразование / [Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др.]. – М. : Высш. шк., 1988. – 400 с.
203. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т. 2 : Продуктивность почв, пути ее повышения, мелиорация, защита почв от эрозии и управление плодородием / Б. С. Носко, В. В. Медведев, Р. С. Трускавецкий, Г. Я. Чесняк. – К. : Урожай, 1988. – 177 с.
204. Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. – М. : Колос, 1980. – 273 с.
205. Природа Украинской ССР. Климат / [под ред. В. Н. Бабиченко, М. Б. Барабаш, К. Г. Логвинова]. – К. : Наукова думка, 1984. – 232 с.
206. Проневич В. А. Біологічна активність осушених торфових ґрунтів у кормових сівозмінах / В. А. Проневич // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2014. – Вип. 19. – С. 42-46.
207. Про необхідність перегляду лісокультурної парадигми в Україні в умовах глобальних змін клімату / В. І. Парпан, В. В. Трентовський, Т. Р. Юник, В. Д. Гудима // Матеріали доп. Всеукраїнської наук.-практичної конференції, приуроченої до 50-річчя УкрНДІґрліс та 10-річчя кафедри лісознавства ПНУ [XIV Погребняківські читання]. – Івано-Франківськ: НАІР. – 2016.
208. Почвоведение и агрохимия : избр. тр. – К. : Урожай, 1971. – 368 с.
209. Рекомендації по підвищенню ефективності родючості ґрунтів за рахунок місцевих сировинних ресурсів, біологізація землеробства / за ред. Б. С. Носка. – К. : Аграрна наука, 1999. – 110 с.

210. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства: рабочая книга [Электронный ресурс] / [под ред. Д. Пенман, М. Гитарского и др.]. –Режим доступа: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf/russian/full.pdf>.
211. Русанова Г. М. Енергетична оцінка інтенсивних технологій / Г. М. Русанова // Наукові основи ведення сільського господарства України в сучасних умовах : тези доп. конф. мол. вч. та спеціал.. – Чабани, 1994. – Ч. 1. – С. 12.
212. Сайко В. Ф. Землеробство на шляху до ринку / В. Ф. Сайко. – К. : Ін-т землеробства УААН, 1997. – 48 с.
213. Сайко В. Ф. Землеробство ХХІ століття – проблеми та шляхи вирішення / В. Ф. Сайко // Зб. наук. пр. Інституту землеробства УААН. – 1999. – Вип. 4. – С. 3–17.
214. Сайко В. Ф. Проблеми забезпечення ґрунтів органічною речовиною / В. Ф. Сайко // Вісник аграрної науки. – 2003. – №5. – С. 5–8.
215. Симочко Л. Ю. Біологічна активність ґрунту природних та антропогенних екосистем в умовах низинної частини Закарпаття / Л. Ю. Симочко // Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Біол.), 2008. – С. 152–154.
216. Сипко А. О. Відтворення вмісту гумусу в слабокислому сірому лісовому ґрунті за хімічної меліорації в умовах Правобережного Лісостепу / А. О. Сипко, Г. С. Гончарук // Вісник аграрної науки. – 2014. – № 1. – С. 55–58.
217. Смагин А. В. Газовая фаза почв. / А. В. Смагин. – Москва : Изд-во МГУ, 2005. – 301 с.
218. Снітинський В. В. Охорона навколишнього природного середовища і використання добрив / В. В. Снітинський, В. І. Лопушняк // Актуальні

- проблеми ґрунтознавства, землеробства та агрохімії : матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., присвяч. 95-річчю утворення кафедри ґрунтознавства, землеробства та агрохімії ЛНАУ та Міжнародному Дню агрохіміка (9-13 червня 2014 р.). – Львів : ЛНАУ, 2014 – С. 4–13.
219. Современная микробиология / Под ред. Й. Ленгелера. – М.: Мир, 2005. – в 2-х томах: Т. 1 – 656 с., Т. 2 – 496 с..
220. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования / под ред. М. О. Биргера. – М. : Медицина, 1982. – 461 с.
221. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства / [В. В. Медведєв, С. Ю. Булигін, С. А. Балюк та ін.]. – Харків : ШТРИХ, 2001. – 100 с.
222. Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур / [В.Ф. Камінський, В.Ф. Сайко, І. П. Шевченко та ін.]. – К. : Едельвейс, 2012. – 195 с.
223. Сябрук О. П. Вплив природних та антропогенних чинників на динаміку емісії CO₂ з чорнозему типового в умовах Лівобережного Лісостепу України / О. П. Сябрук // Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві : матер. VIII наук. конф. молодих вчених (25-27 вересня 2012 р., м. Чернігів). – Чернігів, 2012. – С. 24-26.
224. Сябрук О. П. Вплив систем удобрення на емісію CO₂ з чорнозему типового / О. П. Сябрук // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2012. – Вип. 77. – С. 74–77.
225. Сябрук О. Сезонна динаміка продукування CO₂ та обсяги втрат вуглецю ґрунту за різних способів обробітку, систем землеробства та удобрення / О. Сябрук // Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія. – 2013. – № 17(1). – С. 125–130.
226. Тараріко О. Г. Охорона родючості ґрунтів у контексті продовольчої безпеки / О. Г. Тараріко // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 9. – С. 5–9.

227. Тараріко Ю. О. Енергозберігаючі агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України (Рекомендації на прикладі Степу і Лісостепу) / Ю. О. Тараріко. – К. : ДІА, 2011. – 576 с.
228. Технології управління родючістю кислих ґрунтів Західного Лісостепу і Передкарпаття України / А. Й. Габриєль, Ю. М. Оліфір, О. Й. Качмар, О. М. Германович. – Львів-Оброшино, 2013. – 27 с.
229. Тимощук І. В. Особливості зміни гумусного стану ясно-сірого лісового ґрунту під впливом тривалого внесення добрив і вапна / І. В. Тимощук, В. В. Снітинський // Збірник матеріалів II-ї міжвуз. наук.-практ. конф. «Наука, молодь, екологія – 2006» (15-16 червня 2006 р.). – Житомир, 2006 – С. 9–10.
230. Титлянова А. А. Изменение круговорота углерода в связи с различным использованием земель (на примере Красноярского края) / А. А. Титлянова, В. В. Чупрова // Почвоведение. – 2003. – № 2. – С. 211–219.
231. Титлянова, А. А. Режимы биологического круговорота / А. А. Титлянова, М. Тесаржова. – Новосибирск : Наука, 1991.– 150 с.
232. Ткаченко М. А. Вплив повторного вапнування на вміст рухомого алюмінію у сірому лісовому ґрунті [Електронний ресурс] / М. А. Ткаченко // Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах. – Рівне, 2012. – С. 19–22. – Режим доступу : http://isg.rv.ua/content/files/konference_2012_07_25.pdf.
233. 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.

234. Томашівський, З. М. Підвищення родючості кислих ґрунтів. / З. М. Томашівський. – Л. : Каменяр, 1973. – 71 с.
235. Трофименко П. І. Баланс органічного вуглецю ґрунтів Полісся – запорука їх раціонального використання / П. І. Трофименко, П. Т. Божок, Д. А. Білан // Органічне виробництво і продовольча безпека : [зб. матеріалів доп. учасн. Міжнар. наук.-практ. конф.]. – Житомир : Полісся, 2013. – С. 358–362.
236. Трофименко П. І. Наукове обґрунтування алгоритму застосування камерного статичного методу визначення інтенсивності емісії парникових газів із ґрунту [Електронний ресурс] / П. І. Трофименко, Ф. І. Борисов // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2015. – Вип. 83. – С. 17–24. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrohimigrn_2015_83_4.
237. Трус О. М. Зміна лабільної частини гумусу ґрунту після тривалого застосування добрив у польовій сівозміні / Трус О. М. // Вісник Уманського нац. ун-ту садівництва. – 2013. – № 1/2. – С. 65–70.
238. Трускавецький Р. С. Порушення газорегуляторних функцій гідроморфних ґрунтів під впливом дренажу та обробітку / Р. С. Трускавецький, В. В. Шимель // Вісник ХНАУ : Ґрунтознавство. – 2001. – № 3. – С.152–156.
239. Трускавецький Р. С. Технології ефективного використання вапняних матеріалів на кислих і вторинно підкислених ґрунтах / Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко. – Харків, 2004. – 35 с.
240. Тюрин И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И. В. Тюрин. – М. : Наука, 1965. – 319 с.
241. Функціональне та прикладне значення біологічної активності ґрунту / М. З. Мекіч, Н. М. Жура, О. І. Терек // Біологічні студії. – 2013. – Т. 7. № 3. – С. 246–258.

242. Цапко Ю. Л. Підвищення екологічної стабільності кислих ґрунтів шляхом використання технології локального окультурювання / Ю. Л. Цапко // Ґрунтознавство. – Київ-Дніпропетровськ, 2010. – Т. 11, № 3-4. – С. 96-104.
243. Цвей Я. П. Груповий та фракційний склад гумусу чорнозему типового в різноротаційних сівозмінах / Я. П. Цвей, В. В. Іваніна, О. Т. Петрова // Вісник аграрної науки. – 2013. – № 1. – С. 15–19.
244. Цвей Я. П. Формування мікробного ценозу залежно від сівозмін і системи удобрення / Я. П. Цвей, Л. О. Гоголь // Цукрові буряки. – 2010. – №5. – С. 7–9.
245. Чи є альтернатива інтенсивним технологіям вирощування сільськогосподарських культур / [А. Д. Грицай, В. Ф. Камінський, П. В. Романюк, І. М. Свидинюк] // Землеробство. – 1994. – Вип. 69. – С.236.
246. Чорний І. Б. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства / І. Б. Чорний. – К. : Вища шк., 1995. – 240 с.
247. Шарков И. Н. Удобрение и проблема гумуса в почвах / И. Н. Шарков // Почвоведение. – 1987. – № 11. – С.70–81.
248. Шевніков Д. М. Вплив мінеральних добрив на поживний режим ґрунту за вирощування пшениці твердої ярої / Д. М. Шевніков // Вісник Полтав. держ. аграр. акад. – 2012. – № 2. – С. 203–206.
249. Шевченко І. П. Вплив способів обробітку і добрив на стан мікробного ценозу та фітотоксичні властивості чорнозему типового еродованого / І. П. Шевченко, Ю. О. Драч, С. В. Яценко // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 10. – С. 12–15.
250. Шерстобоева О. В. Роль мікробної складової ґрунту в емісії парникових газів / О. В. Шерстобоева, О. С. Дем'янук // Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Охорона ґрунтів та підвищення їх родючості» (Одеса, 16–17 верес. 2015 р.). К., 2015. С. 126–127.

251. Шиліна Ю. В. Проблема модифікації патогенності мікроорганізмів в антропогенно змінених екосистемах / Ю. В. Шиліна, М. І. Гуша, О. П. Дмитрієв // Агроекологічний журнал. – 2006.- № 2. – С. 48–58.
252. Шимель В. В. Вплив осушення та обробітку гідроморфних ґрунтів на емісію вуглекислого газу в атмосферу / В. В. Шимель // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. – 2012. – № 4. – С. 74–76.
253. Шимель В. В. Особливості вуглецевого режиму дренажних мінеральних ґрунтів Полісся та прийоми його регулювання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук / Шимель В. В. – Харків, 2006. – 18 с.
254. Шкляр В. М. Гумусний стан сірого лісового ґрунту залежно від системи удобрення та хімічної меліорації // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Передгірне та гірське землеробство і тваринництво». 2015. Вип. 58. Частина 1. С. 10–14.
255. Шувар І. А. Короткоротаційні сівозміни та беззмінно [Електронний ресурс] / І. А. Шувар, Б. І. Бінерт, В. Я. Іванюк // Агробізнес сьогодні. – Режим доступу : <http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/2889-korotkorotatsiini-sivozminy-ta-bezzminno.html>.
256. Шувар І. А. Про родючість ґрунту треба дбати постійно [Електронний ресурс] / І. А. Шувар // Агробізнес сьогодні. – Режим доступу : <http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/694-pro-rodichist-runtu-treba-dbaty-postiino.html>.
257. Экологические проблемы применения удобрений / [В. Н. Кудеяров, В. Н. Башкин, А. Н. Кудеярова и др.]. – М. : Наука, 1984. – 213 с.
258. Эмиссия диоксида углерода из агросерых почв при изменении климата / Ларионова А. А., Курганова И. Н., Лопес де Гереню В. О. [и др.] // Почвоведение. – 2010. – № 2. – С. 1–10.

259. Эмиссия углекислого газа из почв природных и антропогенных ландшафтов юга Приморья // Л. Н. Пуртова, Н. М. Костенков, В. А Семаль [и др.] // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 1. С. 585–589.
260. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення / за ред. Д. Мельничука, Дж. Хофман, М. Городнього. – К. : Арістей, 2004. – С. 306–307.
261. Ярошко М. Кислотність ґрунтів та її вплив на живлення рослин [Електронний ресурс] / М. Ярошко, К. Бреммер // *Агроном*. – 2013. – № 1 (39). – С. 30–33. – Режим доступу : <http://www.agronom.com.ua/public/dobruva/2.pdf>.
262. Al-Kaisi M. M. Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn-soybean rotation / M. M Al-Kaisi, X. Yin // *J. Environ. Qual.* – 2005. – Vol. 34. – P. 437-445.
263. Bouwman A. F. Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere // *Soils and the Greenhouse Effect* / ed. A. F. Bouwman. – Wiley, Chichester, UK, 1990. – P. 61–129.
264. Bouwman A. F. Special issue : Soils and climate change. Introduction / A. F. Bouwman, J. C. Germon // *Biol. Fert. Soils*. – 1998. – Vol. 27. – P. 219.
265. Definitions Of Some Ecological Terms Commonly Used In Carbon Accounting / M. U. F. Kirschbaum, D. Eamus, R. M. Gifford et al. // *Net Ecosystem Exchange. Workshop Proceedings CRC for greenhouse accounting*. – 2001. – P. 2-5.
266. Freiziene D. The influence of soil organic carbon, moisture and temperature on soil surface CO₂ emission in the 10th year of different tillage-fertilization management / D. Freiziene, G. Kadziene // *Zemdirbyste-Agriculture*. – 2008. – Vol. 95, № 4. – P. 29-45.
267. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories: IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme

- [Electronic resource] / Penman, D. Kruger, I. Galbally, et al. // IPCC. – Hayama: IGES, 2000. – ISBN 4887880006. – Mode of access: <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gp/english/>.
268. Houghton R. A. Changes in storage of terrestrial carbon since 1850 / R. A. Houghton // *Soils and Global Change*. CRC Lewis. – 1995. – P. 45-65.
269. Houghton R. A. Global climatic change / R. A. Houghton, G. M. Woodwell // *Sci. Am.* – 1989. – Vol. 260. – P. 36–44.
270. Interannual variability of atmospheric CO₂ in Mediterranean: measurements at the island of Lampedusa / P. Chamard, F. Thiery, A. Di Sarra [et al.] // *Tellus.* – 2003. – Vol. 55B. – P. 83–93.
271. Kainiemi V. Tillage effects on soil respiration in Swedish arable soils [Electronic resource] / Diss. Uppsala: Sveriges lantbruksuniv, Acta Universitatis agriculturae Sueciae. – 2014. – Mode of access: https://pub.epsilon.slu.se/10961/1/kainiemi_v_140107.pdf.
272. Lal R. Soil carbon stocks under present and future climate with specific reference to European ecoregions / R. Lal // *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* – 2008. – Vol. 81. – P. 113–127.
273. Moody P. W. Soil organic carbon, permanganate fractions, and the chemical properties of acidic soils / P. W. Moody, S. A. Yo, R. L. Aitken // *Australian j. Soil res.* – 1997. – № 35. – P. 1301–1308.
274. Net ecosystem production: A comprehensive measure of net carbon accumulation by ecosystems / [J. T. Randerson, F. S. Chapin [et. al.] // *Ecological Applications.* – 2002. – № 12. – P. 937–947.
275. Raich J. W. Interannual variability in global soil respiration / J. W. Raich, C. S. Potter, D. Bhagavatti // *Global change Biol.* – 2002. Vol. 8. – P. 800-812.
276. Raich J. W. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate / J. W. Raich, W. N. Schlesinger // *Tellus.* – 1992. –

- Vol. 44 B. – P. 81–89.
277. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions, Workbook, Reference Manual [Electronic resource] / J. T. Houghton, L.G. Meira Filho, et al. // IPCC; UK Meteorological Office, Bracknell. – 1997. – Vol. 1–3. – Mode of access: <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>.
278. Sainju U. M. Soil carbon dioxide emission and carbon sequestration as influenced by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization / U. M. Sainju, J. D. Jabro, W. B. Stevens // *Journal of Environmental Quality*. – 2008. – Vol. 37. – P. 98–106.
279. Sakamoto K. Effect of fungal to bacterial biomass ratio on the relationship between CO₂ evolution and total soil microbial biomass / K. Sakamoto, Y. Oba // *Biology and Fertility of Soils*. – 1994. – № 17(1). – P. 39–44.
280. Schlesinger W. H. Soil respiration and the global carbon cycle / W. H. Schlesinger, J. A. Andrews // *Biogeochemistry*. – 2000. – Vol. 48. – P. 7–20.
281. Schloerer J. Why does atmospheric CO₂ rise? [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.radix.net/~bobg/faqs/scq.co2rise.html>.
282. Smith P. Monitoring and verification of soil carbon changes under Article 3.4 of the Kyoto Protocol / P. Smith // *Soil Use and Management*. – 2004. – Vol. 20. – P. 264–270.
283. Subke J.-A. On the Temperature Sensitivity of soil respiration: Can we use the immeasurable to predict the unknown? / J.-A. Subke, M. Bahn // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2010. – Vol. 42. – P. 1653–1656.
284. Tans P. P. The global predicament we are in / P. P. Tans // *Extended abstracts of VIII international carbon dioxide conference*. – Jena, Germany, 2009.

285. Terrestrial carbon-cycle feedback to climate warming: experimental evidence on plant regulation and impacts of biofuel feedstock harvest / Y. Luo, R. Sherry, X. Zhou, S. Wan. // *Global Change Biology Bioenergy*. –2009. № 1. – P. 62–74.
286. The potential of U.S. grazing lands to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect [Electronic resource] / edited by R.F. Follett, J.M. Kimble, and R. Lal. – : Mode of accessfile:///C:/Users/User/Downloads/ThepotentialofU.S.grazinglandstosequestercarbonandmitigatethegreenhouseeffect-LewisPublishers2001.pdf
287. Trumbore S. Carbon respired by terrestrial ecosystems – recent progress and challenges / S. Trumbore // *Global Change Biology*. – 2006. – Vol. 12. – P. 141–153.
288. Zaujec A. Soil organic matter as indicator of soil quality and human influences on agroecosystem and natural forest ecosystem / A. Zaujec // *Ekologia*. – 2001. – № 20. – P. 133–139.
289. Zhou J. Microbial Diversity and Heterogeneity in Sandy Subsurface Soils / J. Zhou, B. Xia, H. Huang // *Applied and environmental microbiology*. – 2004. – Vol. 70, № 3. – P. 1723–1734

Додатки

Додаток А

Таблиці до розділу 2

Таблиця А.1

Схема польового стаціонарного дослідю (VIII ротація)

№ вар.	Норма вапна за Нг (післядія)	Внесено на 1 га сівозмінної площі		Кукурудза	Ячмінь ярий + конюшина	Конюшина лучна	Пшениця озима
		гній, т	НРК, кг д. р.				
1, 10		Без добрив (контроль)					
2	1,0	-	-	-	-	-	-
3	-	10	-	Гній, 40 т/га	-	-	-
4	1,0	10	-	Гній, 40 т/га	-	-	-
5	-	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
6	0,5	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
7	1,0	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
8	1,0	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
9	1,0	10	N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄	Гній, 40 т/га + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	-	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅
11	-	10	N ₃₀ (РК-післядія)	Гній, 40 т/га + N ₆₀	N ₃₀	-	N ₃₀
12	1,0	10	N ₃₀ (РК-післядія)	Гній, 40 т/га + N ₆₀	N ₃₀	-	N ₃₀
13	1,5	15	N ₃₀ (РК-післядія)	Гній, 60 т/га + N ₆₀	N ₃₀	-	N ₃₀
14	1,5	10	N ₆₅ (РК-післядія)	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀	N ₇₀	-	N ₇₀
15	-	-	N ₆₅ (РК-післядія)	N ₁₂₀	N ₇₀	-	N ₇₀
16	1,0	-	N ₆₅ (РК-післядія)	N ₁₂₀	N ₇₀	-	N ₇₀
17	1,5	-	N ₆₅ (РК-післядія)	N ₁₂₀	N ₇₀	-	N ₇₀
18	1,5	-	N ₃₀ (РК-післядія)	N ₆₀	N ₃₀	-	N ₃₀

Таблиця А.2

Схема польового стаціонарного дослідження (ІХ ротація)

№ вар.	Норма вапна за гідролітичною кислотністю (Нг) та кислотньо-основною буферністю (к.-осн.буф.)	Внесено на 1 га сівозмінної площі		Кукурудза на силос	Ячмінь ярий + конюшина лучна	Конюшина лучна	Пшениця озима
		гній, т	НРК, кг д. р.				
1, 10		Без добрив (контроль)					
2	1,0 (Нг)	-	-	-	-	-	-
3	-	10	-	Гній, 40 т/га	-	-	-
4	1,0 (Нг)	10	-	Гній, 40 т/га	-	-	-
5	-	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
6	0,5 (Нг)	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
7	1,0 (Нг)	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
8	оптим. (к.-осн.буф.)	10	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	Гній, 40 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
9	1,0 (Нг)	10	N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄	Гній, 40 т/га + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	-	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅
11	-	10	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁	Гній, 40 т/га + N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	-	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅
12	1,0 (Нг)	10	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁	Гній, 40 т/га + N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	-	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅
13	1,5 (Нг)	15	N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄	Гній, 60 т/га + N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	-	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅
14	оптим. (к.-осн.буф.)	10	N ₅₃ P ₄₁ K ₅₃	Гній, 40 т/га + N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	-	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
15	-	-	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
16	1,0 (Нг)	-	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
17	1,5 (Нг)	-	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	-	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅
18	оптим. (к.-осн.буф.)	-	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	-	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅

Таблиця А.3

Середньомісячна температура повітря (°C) і атмосферні опади (мм) за даними Львівської метеостанції

Роки		Місяці											
		<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
температура повітря, °C													
2012	фактичне	-2,6	-8,2	3,9	10,2	14,8	18,0	21,3	19,1	15,4	9,2	5,5	-3,6
	відхилення +/-	-2,0	+4,5	+3,4	+2,8	+1,9	+1,7	+3,8	+2,2	+2,3	+1,2	+3,1	+1,8
2013	фактичне	-3,1	-0,7	-1,3	9,9	15,8	18,3	18,7	19,4	11,8			
	відхилення +/-	-1,5	-3,0	-0,8	+2,5	+2,9	+2,0	+1,2	+2,5	-1,3			
Сер.багаторіч. норма		-4,6	-3,7	0,5	7,4	12,9	16,3	17,5	16,9	13,1	8,0	2,4	-1,8
опади, мм													
2012	фактичне	47	40	27	51	53	109	67	71	42,1	39,6	26,1	52
	відхилення +/-	+7	-3	-17	0	-22	+16	-35	-11	-12,9	-17,4	-21,9	+4
2013	фактичне	74	37	118	47	81,8	140,1	40,4	39,8	75,5			
	відхилення +/-	+34	-6	+74	-4	+6,8	+47,1	-61,6	-42,2	+20,5			
Сер.багаторіч. норма		40	43	44	51	75	93	102	82	55	57	48	48

Рисунки до розділу 3

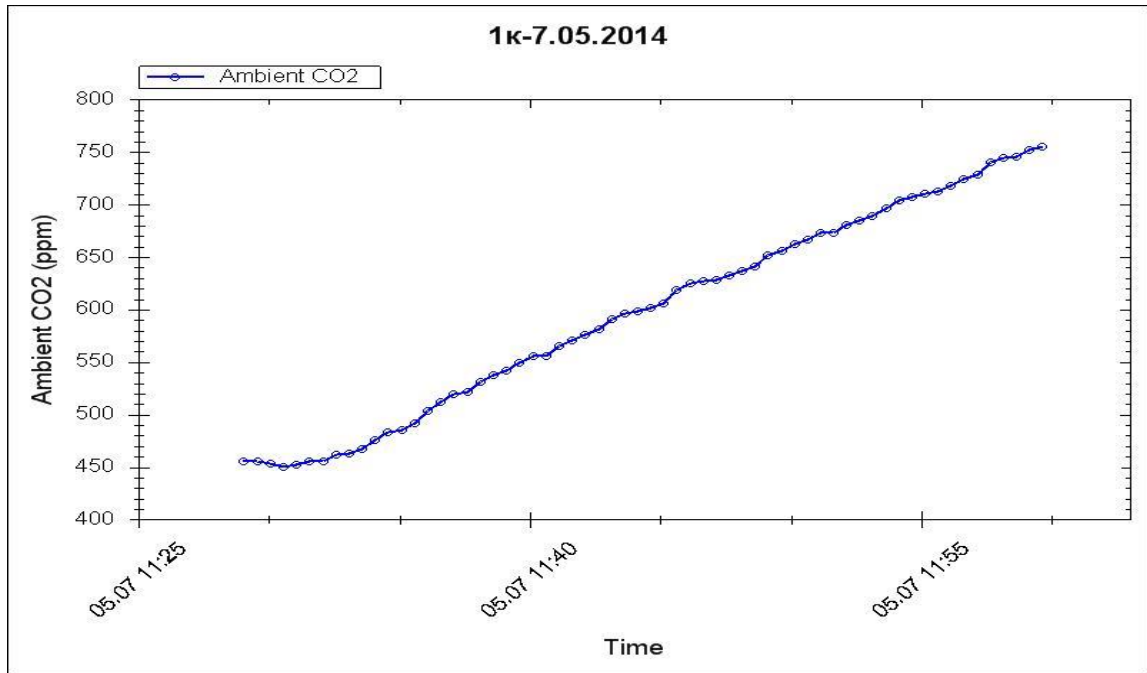


Рис. В 1. Інтенсивність виділення CO_2 на контролі після культивування (перед посівом)

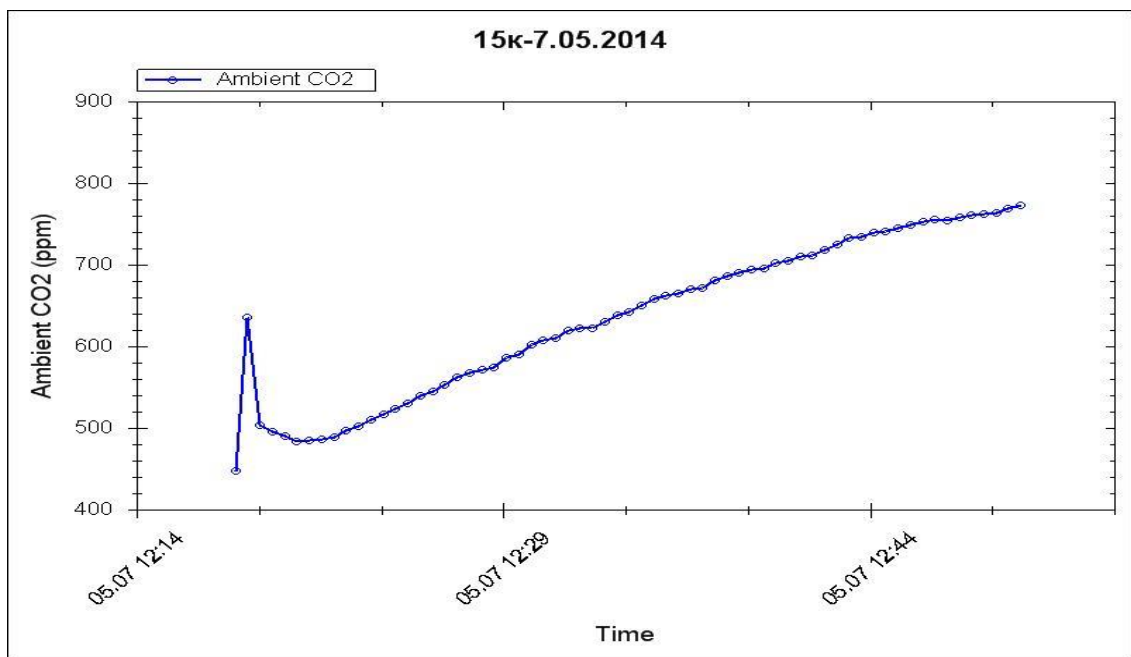


Рис. В 2. Інтенсивність виділення CO_2 після культивування за мінеральної системи удобрення.

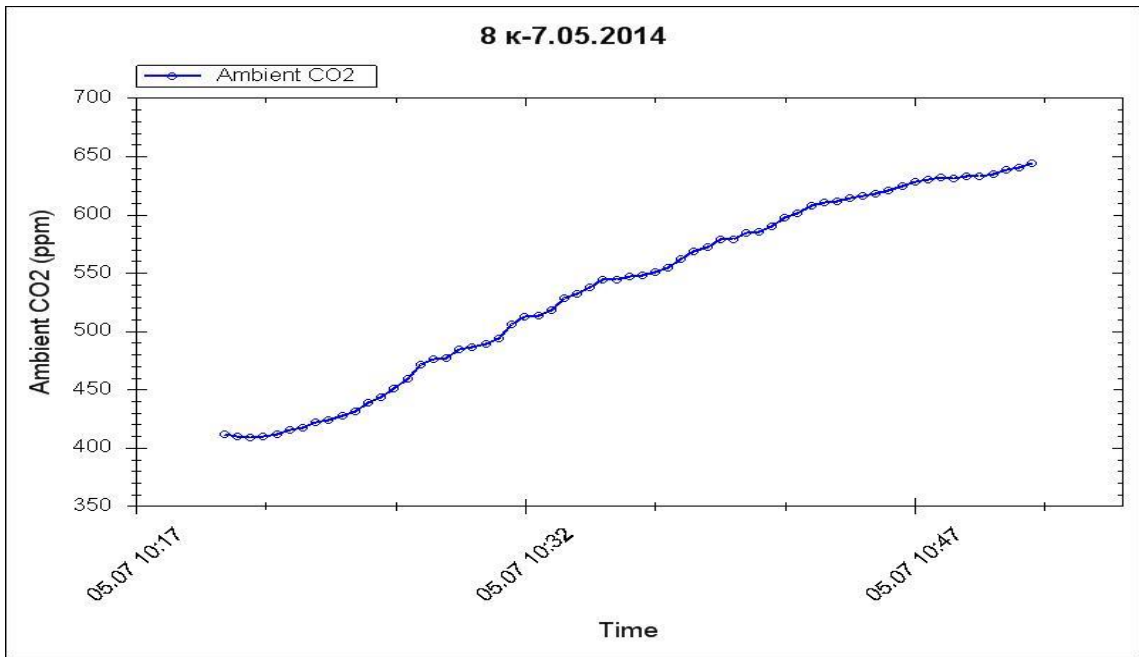


Рис. В 3. Інтенсивність виділення CO_2 після культивації за органо-мінеральної системи удобрення і вапнування

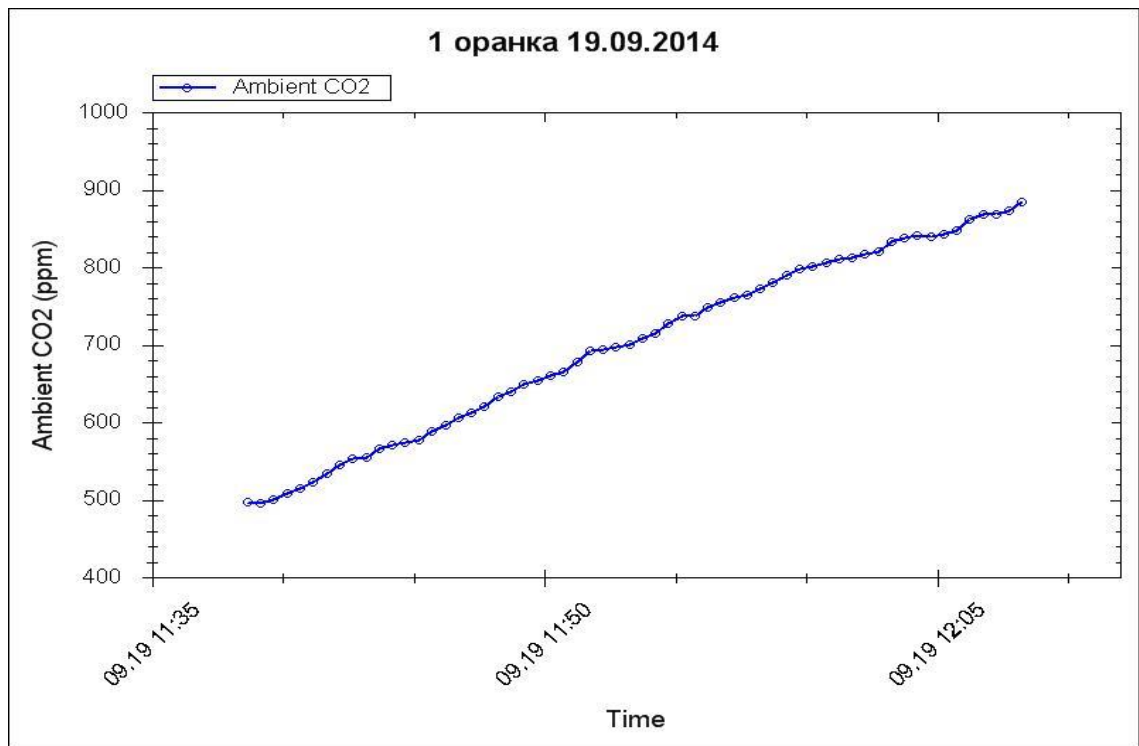


Рис. В 4. Інтенсивність виділення CO_2 після зяблевої оранки (контроль)

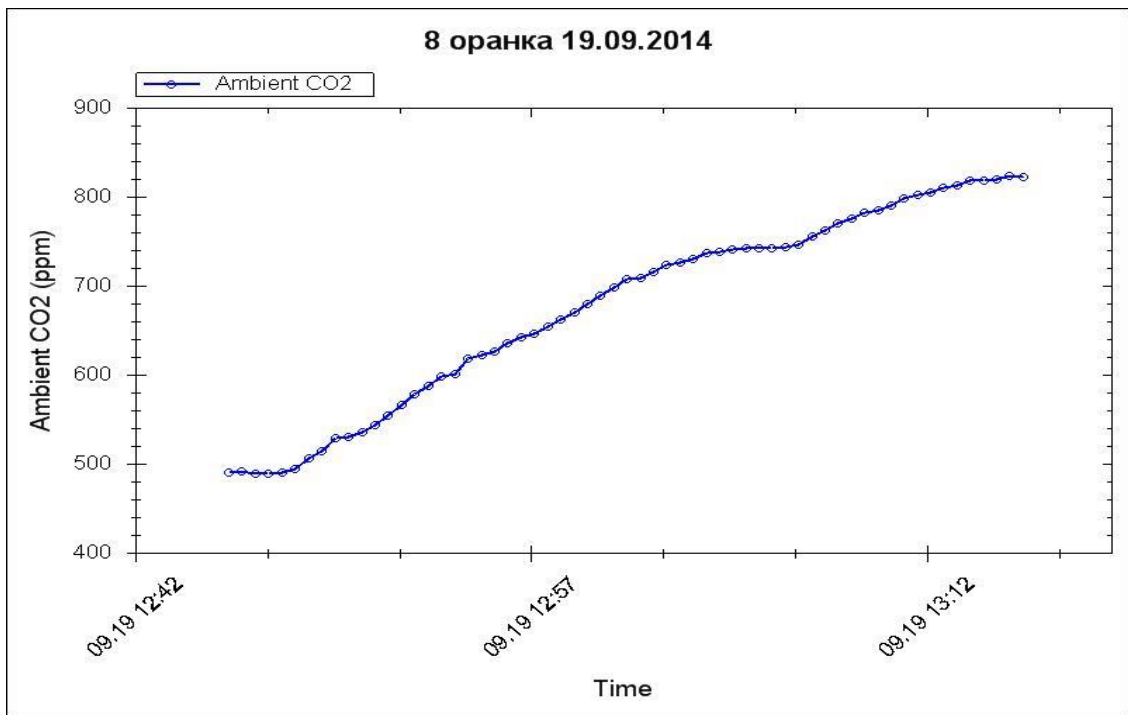


Рис. В 5. Інтенсивність виділення CO₂ після зяблевої оранки (органомінеральна система удобрення і вапнування)

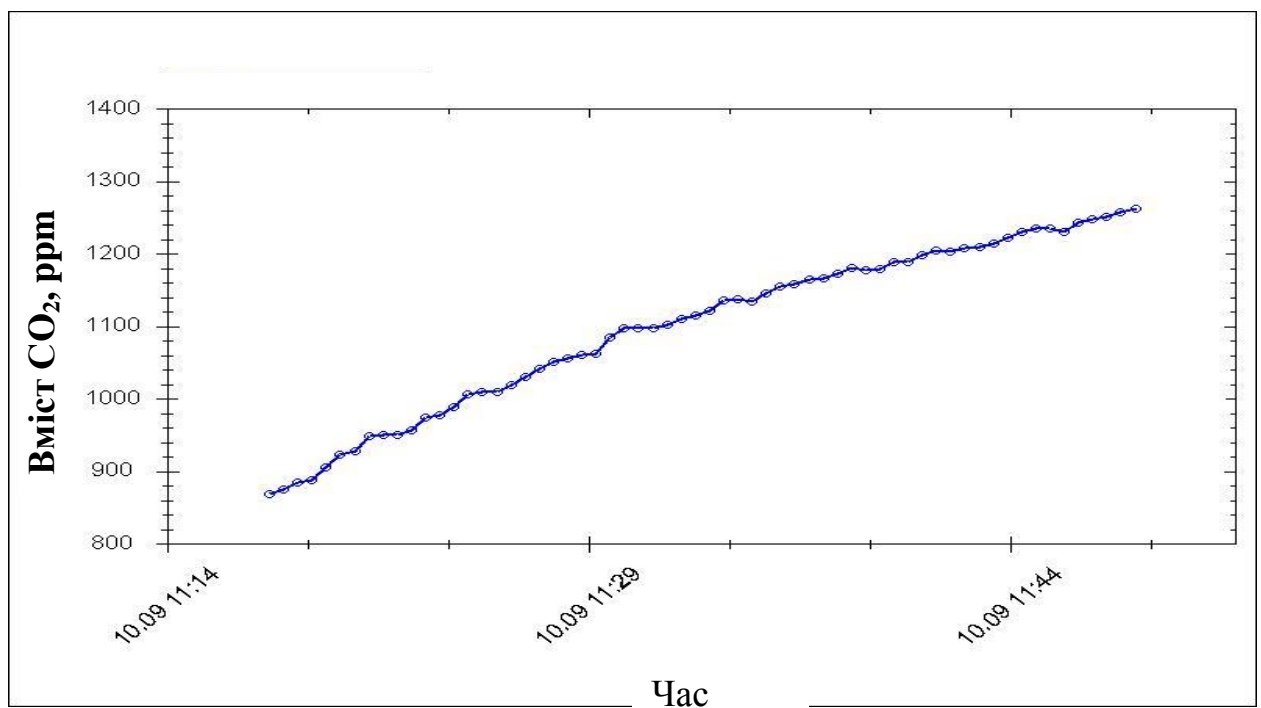


Рис. В 6. – Інтенсивність виділення CO₂ при мінеральній системі удобрення (I = 13,3 ppm/хв)

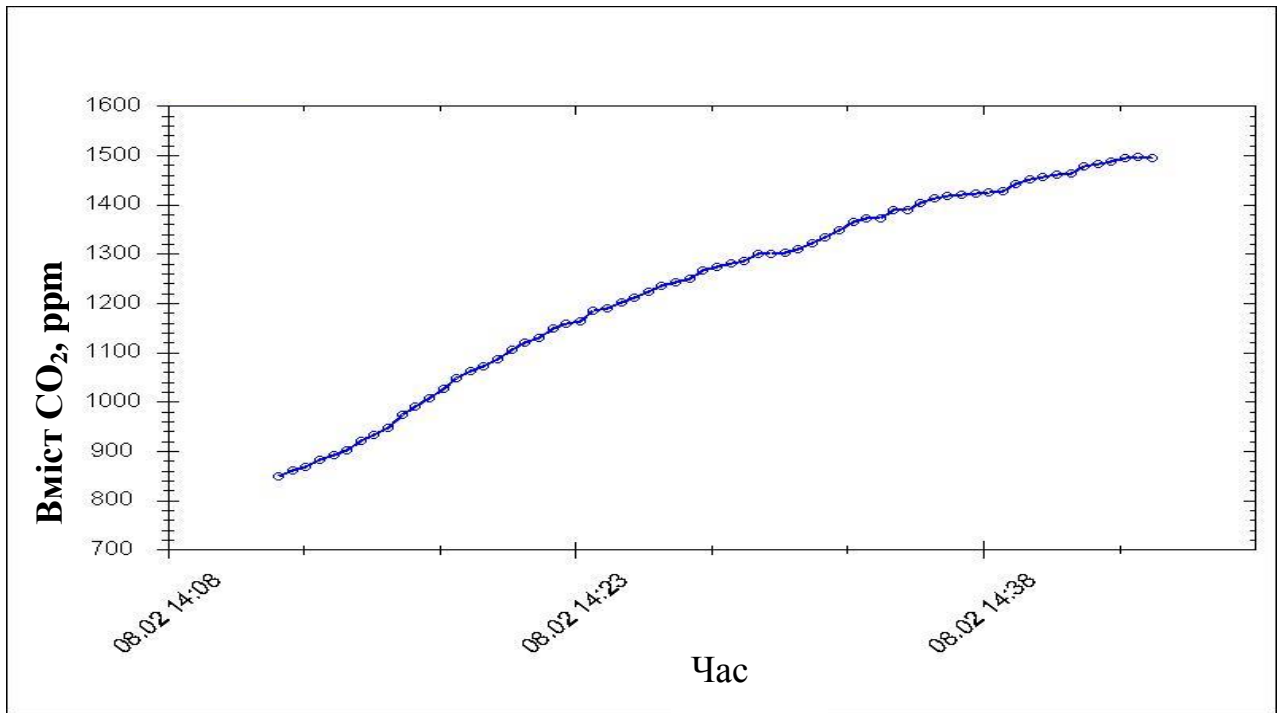


Рис. В 7. – Інтенсивність виділення CO₂ при мінеральній системі удобрення на фоні вапнування (t 28 °C, $I = 22,0$ ppm/хв)

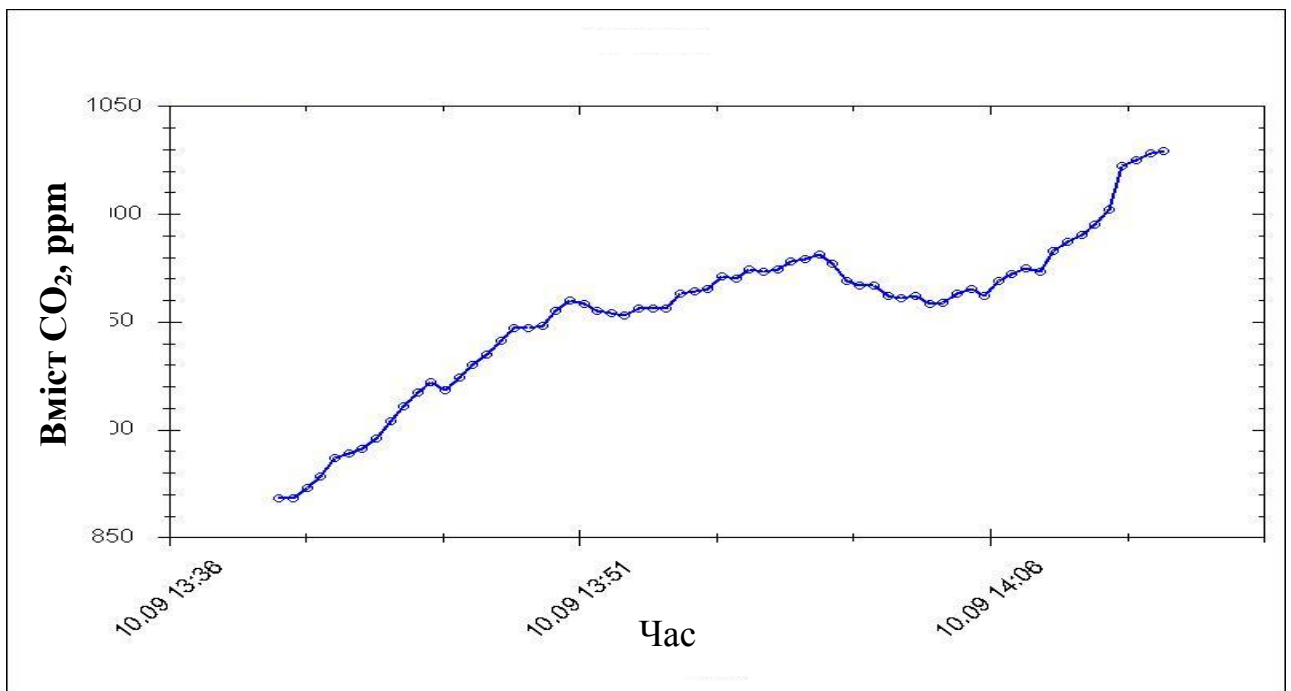


Рис. В 8. – Інтенсивність виділення CO₂ при мінеральній системі удобрення на фоні вапнування ($I = 6,33$ ppm/хв)



2016 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Проректор Львівського національного
 аграрного університету з наукової роботи,
 Д.с.н., професор Яців І. Б.



2016 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи

Германович Ольги Мирославівни

«Емісія діоксиду карбону ґрунтом за різних систем удобрення і вапнування в агробіогеоценозах Опілля» у ТзОВ «Агро Фрутіка Бишків», що знаходиться за адресою: с. Бишків, вул. Центральна, 17 Жовківського району, Львівської області

Ми, що нижче підписалися, головний агроном ТзОВ «Агро Фрутіка Бишків» Кобринець І. В. з однієї сторони і представник Львівського національного аграрного університету Германович О. М., здобувач кафедри екології та біології з другої сторони, склали даний акт про те, що за результатами дисертаційних досліджень Германович О. М. запроваджено технологію підвищення родючості та біопродуктивності кислих ясно-сірих лісових ґрунтів, яка базується на комплексному використанні у короткотривалій зерно-просапній сівозміні органо-мінеральної системи удобрення з внесенням 10 т/га сівозмінної площі гною, $N_{65}P_{68}K_{68}$ на фоні використання доз вапна, розрахованих за кислотно-основною буферністю, що становить 2,5 т/га $CaCO_3$.

Впровадження технології забезпечило отримання високої продуктивності гектара сівозмінної площі – 5,78 т/га зернових одиниць, окупність гривні затрат 2,6-3,0 грн, умовно чистий прибуток – 890-960 грн/га та рівень рентабельності 48,8 %.

Водночас використання пропонованої органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування забезпечило покращення агрохімічних та фізико-хімічних властивостей ґрунту та стабільність функціонування агроєкосистеми.

Розробка впроваджена на площі 55 га.

Головний агроном:

Кобринець І. В.

Здобувач:

Германович О. М.



Львівський національний
аграрний університет

01-35-03-944
24.08.2016р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
здобувача кафедри екології та біології
Львівського національного аграрного університету
Германович Ольги Мирославівни

Видана здобувачу кафедри екології та біології Германович О. М. про те, що результати наукових досліджень за темою дисертації «Емісія діоксиду карбону ґрунтом за різних систем удобрення і вапнування в агробіогеоценозах Опілля» використовуються у навчальному процесі Львівського національного аграрного університету для читання лекцій і проведення практичних занять у дисциплінах «Моніторинг стану навколишнього середовища» та «Агроекологія» студентам факультету агротехнологій і екології.

Проректор з наукової роботи
д.е.н., в.о.професора



Яців І. Б.