МОН УКРАЇНИ

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА (УНУС)

Факультет агрономії

Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

«_____»_____2024 р.

Зав. кафедри, к. с.-г.н. доцент

_____Олена ЧЕРНО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ступеня вищої освіти магістр

ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОБРЕННЯ ЛЮЦЕРНИ В УМОВАХ СФГ «СЛАВУТИЧ» ГОЛОВАНІВСЬКОГО РАЙОНУ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 22 м-а
спеціальності 201 Агрономія
БРАГІНЕЦЬ Дмитро Ігорович

Керівник: РАССАДІНА Ірина к.с.-г. н., доцент

Умань – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП……... 4
РОЗДІЛ 1. АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ ПОСІВНОЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОБІЛКОВИХ КОРМІВ (огляд літератури)…….…. 6
1.1. Значення люцерни посівної у кормовиробництві……. 6
1.2. Особливості росту, розвитку та закономірності формування урожаю люцерни посівної 10
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЬ……... 14
2.1. Характеристика сорту люцерни «Планет»…… 14
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 17
3.1. Агрохімічна характеристика реградованих чорноземів та їх вплив на продуктивність люцерни посівної…….. 16
3.2. Вплив погодних умов на вегетацію люцерни посівної у 2023 та 2024 роках……. 17
3.3. Схема досліду……... 20
3.4. Технологія вирощування люцерни в СФГ «Славутич»……... 21
3.5. Методика досліджень за вирощування люцерни…….. 22
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ…… 23
4.1. Динаміка вмісту рухомих форм елементів мінерального живлення рослин у ґрунті……... 23
4.2. Біометричні параметри рослин люцерни…….. 28
4.3. Урожайність і якісні показники зеленої маси люцерни……. 30
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПІСЛЯДІЇ ДОБРИВ НА ПОСІВАХ ЛЮЦЕРНИ…….. 36
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА…….. 39
6.1. Організація умов охорони праці та заходів щодо запобігання виробничим небезпекам під час внесення мінеральних добрив на

посівах люцерни……... 39
6.2. Наслідки екологічних порушень під час використання мінеральних добрив та шляхи їх вирішення……. 41
ВИСНОВКИ……..... 43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..… 45
ДОДАТКИ…….. 52

ВСТУП

Актуальність роботи. В умовах становлення ринкових відносин та фінансової кризи, яка вплинула на сільське господарство України, виникла необхідність створення культурних сіножатей як джерела високопоживних і доступних кормів для тваринництва [1, 2]. Це стимулює пошук альтернативних шляхів підвищення продуктивності сільськогосподарських рослин із мінімальним використанням мінеральних добрив та максимальною реалізацією їх біологічного потенціалу. Основними заходами є вибір оптимального складу травосумішей, застосування біологічно активних речовин, які стимулюють ріст та розвиток рослин, підвищуючи їх продуктивність і якість урожаю в умовах ґрунтозахисного землеробства.

Багато науковців вивчали питання підвищення ефективності використання багаторічних бобово-злакових травосумішей як джерела високобілкового корму та симбіотичного азоту в різних регіонах України (А.В. Боговін, К.П. Ковтун, В.Г. Кургак, П.С. Макаренко, Я.І. Мащак, М.Т. Ярмолюк та ін.) [3–8]. Проте досі не повністю з’ясовані закономірності впливу застосування мінеральних добрив на продуктивність люцерни і її внеску в азотний фонд чорнозему.

Метою роботи є дослідження ефективності застосування мінеральних добрив для люцерни в умовах СФГ «Славутич» Голованівського району Кіровоградської області з метою підвищення продуктивності рослини, її впливу на азотний баланс ґрунту та покращення родючості чорноземів.

Завдання досліджень:

– дослідити вплив мінеральних добрив на врожайність та посівні якості насіння люцерни;

– вивчити зміни вмісту мінерального азоту, рухомих форм фосфору та калію в опідзоленому чорноземі залежно від типів і норм внесених добрив у сівозміні;

– здійснити економічний аналіз ефективності післядії добрив на врожай люцерни.

Наукова новизна. Вперше проведено комплексне дослідження впливу мінеральних добрив на продуктивність люцерни та її внесок у формування азотного балансу чорноземів Голованівського району Кіровоградської області. Встановлено оптимальні дози та способи внесення мінеральних добрив для максимізації врожайності люцерни та покращення якості корму.

РОЗДІЛ 1
АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ ПОСІВНОЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОБІЛКОВИХ КОРМІВ
(огляд літератури)

1.1. Значення люцерни посівної у кормовиробництві

Сьогодні особливе значення має розвиток молочного та м'ясного скотарства. Однак, у період реформування аграрного сектору різко скоротилося поголів'я великої рогатої худоби (ВРХ), що призвело до зменшення виробництва тваринницької продукції, зокрема в скотарстві. Зокрема, з 1991 до 2012 року кількість молочного стада знизилася з 8,4 млн до 2,5 млн голів, що становить 70,2 %, а в великих сільськогосподарських підприємствах кількість корів скоротилася на 85,8 % — з 6,2 до 0,88 млн голів. Основними причинами низької продуктивності молочного комплексу є відсутність високопродуктивних пасовищ, недосконала система утримання тварин і низький генетичний потенціал їх молочної продуктивності. Також спостерігається зниження м'ясної продуктивності тварин: середньодобовий приріст живої маси ВРХ знизився на 45 %, а свиней — на 52 % порівняно з 1990 роком [9, 10].

Таким чином, виробництво продукції скотарства безпосередньо залежить від наявності повноцінних кормів. Одним із ефективних способів збільшення виробництва якісних кормів на кормових угіддях, з одночасним зниженням антропогенного впливу на довкілля та економією енергетичних ресурсів в умовах дефіциту азоту, є застосування біологічних методів інтенсифікації, зокрема використання багаторічних бобових трав як природного джерела симбіотичного азоту [11].

Для оптимального виробництва повноцінних кормів на орних землях, з урахуванням спеціалізації тваринництва, частка багаторічних бобових трав у

структурі посівних площ кормових культур повинна становити 50–55 % залежно від ґрунтово-кліматичних умов [12–14]. Розширення площ під багаторічними бобовими травами дозволяє скоротити потребу в азотних добривах для культур, які вирощуються після них у сівозміні, а також покращити водно-фізичні властивості ґрунту [15].

Багаторічні бобові трави є важливим джерелом сирого протеїну, який краще засвоюється тваринами порівняно зі злаковими культурами і має збалансований амінокислотний склад [16, 17]. Виробництво кормів із збалансованим амінокислотним складом залишається одним із пріоритетних напрямків розвитку кормовиробництва, оскільки сучасні корми не забезпечують достатнього рівня протеїну — його вміст у кормовій одиниці становить лише 80–85 г [18].

Один із головних напрямків інтенсифікації кормовиробництва — підвищення врожайності багаторічних бобових трав, скорочення дефіциту кормового білка, створення високопродуктивних агрофітоценозів та поліпшення родючості і структури ґрунтів [19]. Ці трави відіграють ключову роль у вирішенні проблеми забезпечення кормового білка для різних видів кормів і є невід’ємною частиною біологічного землеробства [20, 21].

У перспективі організація раціональних систем землеробства і кормовиробництва безпосередньо залежить від частки бобових культур у структурі посівних площ, що визначає кількісні та якісні показники, економічну та агроекологічну ефективність польового кормовиробництва [22].

Дослідження показують, що найбільш ефективне використання 1 га кормової площі у невеликих господарствах, які займаються тваринництвом, досягається тоді, коли 48–50 % площі ріллі займають зернові та зернобобові культури, а 50–52 % відводиться під кормові культури, серед яких провідне місце належить багаторічним травам [23].

Серед багаторічних бобових трав найбільш поширеною є люцерна посівна (Medicago sativa L), яку однією з перших почали вирощувати для

кормових цілей [24]. Це надзвичайно цінна бобова культура, широко використовувана для польового травосіяння і поліпшення природних кормових угідь, особливо в зонах Лісостепу і Степу [25]. Популярність люцерни обумовлена її багаторічністю (до 8 років), високою врожайністю зеленої маси (50–60 т/га) і сіна (10–12 т/га і більше), а також високою поживною цінністю та добрим поїданням як у чистому вигляді, так і в суміші зі злаковими травами. Висока кормова цінність люцерни пов'язана з її облистненістю: у фазі бутонізації вона досягає 50–60 %, а у фазі цвітіння – 45–55 % [26].

Люцерна є однією з провідних кормових культур завдяки не лише високій врожайності, але й значній поживності зеленої маси. Її білки належать до фізіологічно активних, на відміну від запасних білків злакових культур [27]. У сухій речовині люцерни, зібраній у фазі бутонізації — початку цвітіння, міститься: сирого протеїну 18–24 %, жиру 2,5–3,5 %, білка 13–17 %, клітковини 20–35 %, безазотистих екстрактивних речовин 35–45 %. Особливу цінність має листя, яке складає 40–50 % врожаю і містить 28–30 % сирого протеїну та 4,2–4,6 % жиру. У сіні люцерни, зібраної у фазі бутонізації, білка до 10 %, а у висушеному листі — до 20 %, що за якістю не поступається білку курячих яєць. 100 кг люцернового сіна містить 52 кормові одиниці, а 100 кг зеленої маси – до 20 кормових одиниць [28].

Люцерна є неперевершеною за кормовою цінністю: в 1 кормовій одиниці її листостеблової маси міститься понад 200 г перетравного протеїну. Її унікальність полягає в біологічних особливостях, що дозволяють багаторічне і багатоукісне використання травостою. Окрім цього, люцерна багата на корисні для тварин поживні речовини, мінерали, амінокислоти і вітаміни. Так, провітамін А (каротин) сприяє правильному обміну речовин, вітамін В1 запобігає захворюванням нервової системи, а вітамін D необхідний для формування кісткової тканини [29].

Люцерна посівна є однією з найбільш продуктивних та енергоефективних культур у польовому кормовиробництві. Вона має

високий біологічний потенціал, який реалізується за умови суворого дотримання технології вирощування. Люцерна є багатофункціональною культурою, що використовується для заготівлі сіна, сінажу, гранул та білкового концентрату [30].

Ця рослина може розвиватися як за ярим, так і за озимим типами, що зумовлюється довжиною світлового дня та середньодобовими температурами. Дослідження В.В. Петкова [31] показують, що за довжини світлового дня 13,5 години та температури 22,1°С люцерна розвивається за ярим типом. При скороченні світлового дня до 12 годин 50 хвилин та температурі 16,5°С рослина набуває озимого типу розвитку.

Люцерна посівна – теплолюбна, але одночасно холодостійка культура. Її насіння проростає вже при температурі 2–3°С, оптимальна ж температура для розвитку становить 18–20°С. Сходи люцерни можуть витримувати заморозки до -3–5°С, що дозволяє проводити посіви у ранні строки. Оскільки насіння люцерни має малу масу, для його набухання потрібно багато води, тому важливо висівати його в зволожений ґрунт на невелику глибину [32].

Ця культура характеризується високою зимостійкістю, яка залежить від строків останнього скошування травостою. Запізнення зі скошуванням може призвести до недостатнього накопичення поживних речовин у зимуючих частинах рослини, що знижує її здатність до перезимівлі [33].

Люцерну можна вирощувати як у чистих посівах, так і у сумішках зі злаковими травами. Включення люцерни до складу травосумішок підвищує продуктивність посівів та забезпечує кормову одиницю перетравним протеїном [34–36]. Дослідження показують [37], що в умовах Лісостепу України люцерна є найкращим компонентом у травосумішках, підвищуючи як врожайність, так і якість корму.

Багаторічні дослідження підтверджують конкурентоспроможність люцерни в травостоях із іншими бобовими культурами. Вона є найкращою для створення пасовищ, забезпечуючи приріст живої маси худоби та підвищуючи прибутковість [38].

Окрім високих кормових якостей, люцерна посівна має значне агротехнічне значення. Вона сприяє підвищенню вмісту гумусу в орному шарі ґрунту, знижує кислотність та підвищує вміст рухомих форм фосфору та калію [39].

У низинних районах Закарпаття люцерна забезпечує врожайність сіна від 44 до 52,11 ц/га. Після використання травостою люцерна накопичує значну кількість кореневих решток, які збагачують ґрунт азотом, фосфором та калієм, що еквівалентно внесенню гною [40].

Отже, люцерна є пластичною культурою, яка відіграє провідну роль у вирішенні проблеми забезпечення кормовим білком у тваринництві. Вона сприяє підвищенню родючості ґрунту, що робить її важливим попередником для наступних культур у сівозміні.

1.2. Особливості росту, розвитку та закономірності формування урожаю люцерни посівної

Люцерна посівна у процесі свого філогенетичного розвитку формує кореневу систему, що проникає у ґрунт на глибину 3–5 метрів. Однак використання поживних речовин із глибоких шарів ґрунту, які містять мало елементів мінерального живлення, є недостатньо ефективним [41].

Люцерну слід вирощувати в польових, кормових, ґрунтозахисних сівозмінах та на запільних ділянках. У польових сівозмінах вона використовується протягом 1,5–2 років, а в інших сівозмінах та на запільних ділянках – від 2 до 4 років [42]. Вона досить вимоглива до ґрунтових умов і найкраще росте на чорноземах та каштанових ґрунтах середнього та важкого механічного складу. Також добре розвивається на темно-сірих лісових і бурих ґрунтах. Однак площі з рівнем підґрунтових вод, близьким до 1,5–2,0 м від поверхні, а також важкі глинисті та легко запливаючі ґрунти є непридатними для вирощування люцерни. Надмірне перезволоження та

недостатня кількість повітря на таких ґрунтах спричиняють пошкодження її кореневої системи [43, 44].

Під час розробки системи живлення для люцерни важливо враховувати тривалість її вирощування, вплив післядії мінеральних добрив, а також вимоги до реакції ґрунтового розчину. Хоча люцерна значно підвищує родючість ґрунту, збагачуючи його поживними речовинами, вона добре реагує на внесення добрив [45]. Для утворення 100 центнерів сухої речовини надземної маси люцерна виносить з ґрунту 260 кг азоту, 65 кг фосфору, 150 кг калію та 262 кг кальцію [46].

Найефективніше вносити фосфорні та калійні добрива під оранку у кількості $Р_{90\text{-}120}К_{90\text{-}120}$, які спочатку використовуватимуться покривною культурою, а в наступні роки – рослинами люцерни. Щорічно її доцільно підживлювати фосфором і калієм у кількості $Р_{30\text{-}60}К_{30\text{-}60}$ кг діючої речовини на гектар [47].

За даними В. М. Грицюка [48], фосфорні добрива сприяють розвитку листкової поверхні люцерни, синтезу та накопиченню вуглеводів у коренях зимуючих рослин. Завдяки цьому зрідження травостою зменшується до 9,7–1,6 % порівняно з 34,6–10,5 % у контрольній групі.

М.І. Натяга [49] зазначає, що в умовах Лісостепової зони низькі дози мінеральних добрив малоефективні як для підвищення врожайності покривної культури, так і для збільшення продуктивності люцерни у наступні роки. Тому для посівів тривалого використання доцільно вносити фосфорно-калійні добрива в дозі $Р_{90}К_{90}$ або в поєднанні з 20 т/га гною та $Р_{45}К_{45}$.

Однією з важливих особливостей люцерни є її здатність отримувати значну частину азоту з атмосфери за допомогою бульбочкових бактерій. Однак, за даними деяких дослідників, для формування високого врожаю люцерна здатна забезпечувати себе азотом лише наполовину. Частка фіксованого азоту становить 45–48 % від загального його вмісту в рослинах. Водночас, за твердженнями О. І. Сидоренко, О. В. Тофан, люцерна засвоює з

повітря 65–75 % азоту. Решту вона отримує з ґрунту та добрив [50]. Таким чином, основна частина азоту, що потрапляє в ґрунт через рослинні рештки, засвоюється з повітря.

Одним з обмежувальних факторів для формування високих і стабільних врожаїв люцерни є кисла реакція ґрунту. Вона не лише негативно впливає на самі рослини через підвищений вміст іонів водню та рухомого алюмінію, але й має побічний ефект. Іони водню витісняють кальцій з ґрунтового гумусу, що збільшує дисперсність і рухомість частинок. Насичення мінеральних колоїдів воднем поступово руйнує їх структуру, що пояснює низький вміст колоїдної фракції у кислих ґрунтах. Такі ґрунти характеризуються несприятливими фізико-хімічними властивостями, поганою структурою та низькою ємністю вбирання. Крім того, в кислих ґрунтах пригнічуються важливі мікробіологічні процеси, що значно ускладнює засвоєння поживних речовин [51].

На кислих ґрунтах з pH 4,5–5,0 бульбочкові бактерії припиняють свою активність, що призводить до зниження автотрофного живлення азотом і, відповідно, продуктивності рослин. За pH 5,2 бульбочки утворювалися лише у 12% рослин люцерни [52], тоді як при pH не нижче 5,8 формуються високоврожайні травостої [53, 54]. Оптимальні умови для росту, розвитку та біологічної фіксації азоту забезпечуються при pH 6,5–7,5.

Для підвищення родючості ґрунтів, продуктивності сільськогосподарських культур і ефективності добрив необхідно вапнувати кислі ґрунти, вносячи 1,0–1,5 норми вапна за гідролітичною кислотністю на фоні органічних і мінеральних добрив. Це дозволяє збільшити урожайність на 1,2–1,8 тонни кормових одиниць з гектара [55, 56]. Вапнування знижує рухомість токсичних елементів, таких як алюміній і марганець, що сприяє формуванню бульбочок і підвищує азотфіксацію [57, 58]. Для активного формування бульбочок необхідно підвищувати pH у перші дні росту рослин, коли цей процес найбільш чутливий до кислотності [59].

Вапно зазвичай вносять під оранку в повній дозі (до 10 т/га), яка діє протягом 10–12 років і найбільш ефективна на другий-третій рік після внесення. Іноді повну норму вапна розділяють на кілька прийомів. Знижену дозу вносять поверхнево восени, що забезпечує приріст зеленої маси до 2–3 т/га [60].

Дослідження В.Ф. Петриченка та Г.П. Квітка [29] виявили, що урожайність листостеблової маси люцерни і азотфіксація напряму залежать від кислотності ґрунту. При pH 5,5 накопичення біологічного азоту становить 100 кг/га, при pH 6,0 – 200 кг/га, а при pH 6,5–7,0 – 300–350 кг/га. Урожайність зеленої маси при цьому зростає з 20 до 70 т/га. Тому ґрунти з pH 6,0 і менше потрібно обов'язково вапнувати. Вапнування не лише підвищує урожайність і вміст сухої речовини, але й покращує якість корму, збільшуючи вміст протеїну, жиру, фосфору та зменшуючи вміст клітковини.

Також встановлено, що засвоєння елементів мінерального живлення люцерною залежить від кислотності ґрунту. Чим вище рівень кислотності, тим менше поживних елементів засвоюється кореневою системою [61].

Таким чином, для досягнення високих і стабільних врожаїв зеленої маси та сухої речовини при вирощуванні люцерни посівної необхідно враховувати її біологічні особливості росту і розвитку, особливо в перший рік вегетації. Важливо створити оптимальні умови для формування бульбочкових бактерій та забезпечення їх ефективної симбіотичної діяльності. Це досягається шляхом оптимізації рівня кислотності ґрунту та застосуванням мінерального живлення, що сприятиме кращому засвоєнню поживних речовин. Дотримання цих умов та режимів використання травостою є ключовими для підвищення продуктивності культури.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика сорту люцерни «Планет»

Дослідним сортом була люцерна Планет заявлена селекційною німецькою фірмою «Euro Grass Breeding» і зареєстрована у 2012 р. Рослини середньої висоти, стійкі до вилягання, мають прямостоячий кущ, стебло круглої форми, а за цвітіння центральні листки середньої довжини.

У сорту Планет високий відсоток листкової маси, вона зеленого забарвлення. Листя еліптичне, без воскового нальоту, слабоопушене. Суцвіття – вкорочена китиця, багатоквіткова, циліндричної форми, средньої щільності. Початок цвітіння середній. Квіти темно-фіолетові. Кількість рослин з темними синьо-фіолетовими квітами середня, зі змішаними велика. Насіння нрковидної форми, кутасте, жовтого чи світло-бурого забарвлення, маса 1000 зерен складає близько 2,2 г.

Люцерну Планет висівають ранньою весною або влітку. Вегетаційний період у сорту складає 90–95 діб, він швидко розвивається навесні і після укосу. Після 1-го скошування рослини середньої висоти, а після 2-го – високі. Ця люцерна володіє доброю зимостійкістю і посухостійкістю, характеризується резистентністю до бактеріального в'янення й фомозу, вертицильозу і фузаріозу, поряд з високою та стабільною урожайністю зеленої маси по укосах. Кількість за сезон укосів – 3–4.

Сорт Планет дає високий урожай сухої речовини і протеїну у всіх укосах. Середня продуктивність сухої речовина складає 141 ц/га, а максимальна – 243 ц/га. При цьому вміст в сухій речовині протеїну становить 17,2–19,0 %, клітковини – 32,3 %, Кальцію – 1,4 %, Магнію – 0,22 %. З га посівів можна зібрати 25,6 ц протеїну. Урожайність зеленої маси складає 887–902 ц/га, а сирого протеїну – 29,6–31,0 ц/га.

Сорт часто обирають за основний компонент травосумішей сінажного призначення. ЄВРОГРАСС рекомендує вирощувати люцерну Планет у зоні Лісостепу та Степу.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВИРОЩУВАННЮ.

Посів проводять на глибину 2 см, як правило в березні, при першій можливості виходу в поле. Передпосівна підготовка – створення дрібногрудучкуватої структури грунту. Додаткове прикотковування після посіву – ефективне. Норма висіву 20 кг/га. Як правило насіння люцерни має масу тисячі насінин 2 г. Орієнтир 8–10 млн. рослин/га.

ПІДЖИВЛЕННЯ.

До посіву проводять з розрахунку мінімум по 30 кг/га фосфору і 30 кг/га калію в діючій речовині. Обробка бульбочковими бактеріями рекомендується. При цьому азотний компонент тукосуміші повинен бути по можливості невисоким, щоб не пригнічувати життєдіяльність азотфіксуючих бактерій. Поле бажано підготувати з осені.

ЗАХИСТ.

При відсутності злакових бур’янів – Базагран, або його аналог (д.р. бентазон) тільки в перший рік, в фазі 1–2 трійчастих листків культури. При надмірній засміченості поля бур’янами застосовується грунтовий гербіцид (наприклад Трефлан). Перший укіс виконується з висотою зрізу 8–10 см., другий і третій укоси в фазі бутонізації при висоті зрізу 7–8 см. Четвертий укіс не пізніше ніж за 35–40 днів до кінця вегетації за висоти зрізу 10–12 см. Щороку ранньою весною рекомендовано проводити підживлення з нормою 30 кг/га фосфору і 30 кг/га калію в діючій речовині. Тривалість ефективного використання посіву складає 4 роки.

РОЗДІЛ 3
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Агрохімічна характеристика реградованих чорноземів та їх вплив на продуктивність люцерни посівної

У 2023–2024 вегетаційному році в СФГ «Славутич», що розташоване в селі Перегонівка, Голованівського району Кіровоградської області (зона Лісостепу Правобережного), були проведені польові дослідження продуктивності люцерни посівної. Дослідні ділянки розміщені на реградованих чорноземах, які характеризуються специфічною структурою та високим рівнем родючості.

Реградовані чорноземи є результатом змін у ґрунтовому профілі, які відбуваються через тривале сільськогосподарське використання та зміну природної рослинності з лісової на трав'яну. Ці ґрунти утворюються на межі чорноземів опідзолених і типових та можуть мати різний рівень реградації. Залежно від глибини залягання карбонатів, виділяють три основні типи:

1. **Слабореградовані** – карбонати накопичуються в нижній частині профілю.
2. **Середньореградовані** – карбонати розміщуються в середній частині профілю.
3. **Сильнореградовані** – карбонати знаходяться у верхньому горизонті.

Морфологічно реградовані ґрунти відрізняються більш темним забарвленням через підвищений вміст гумусу (3,5–5,5 %) і покращену гумусованість. Вони мають карбонатну цвіль у нижній частині ілювіального горизонту, що сприяє зменшенню його щільності та покращенню структури. Насичення кальцієм позитивно впливає на ґрунтові властивості: знижується кислотність, покращується аерація, зростає водостійкість агрегатів, активізується мікробіологічна активність. У результаті таких змін родючість

реградованих ґрунтів підвищується на 5–15 балів у порівнянні з опідзоленими ґрунтами.

Ці ґрунти мають високу продуктивність і сприятливі умови для вирощування різних сільськогосподарських культур, включаючи люцерну посівну. Згідно з даними агрохімічного аналізу, вміст гумусу в ґрунтах становить 3,8 %, що свідчить про добре забезпечення азотом, фосфором і калієм. Вміст фосфору (P_2O_5) у ґрунті – 14,0 мг на 100 г, азоту (N/NO_3) – 2,3 мг на 100 г, а калію (K_2O) – 14,3 мг на 100 г. Значення pH становить 6,5, що вказує на нейтральне середовище, сприятливе для більшості сільськогосподарських культур.

Таким чином, ґрунти в господарстві є родючими, з високим потенціалом для вирощування люцерни посівної, що підтверджується стабільними показниками агрохімічних властивостей і хорошою аерацією, яка сприяє активній мікробіологічній діяльності.

3.2. Вплив погодних умов на вегетацію люцерни посівної у 2023 та 2024 роках

Погодні умови 2023 року мали значний вплив на вегетацію люцерни посівної, оскільки ця культура потребує певних кліматичних умов для оптимального росту, зокрема достатньої кількості вологи та помірних температур.

2023 рік характеризувався помірними температурами, з теплим літом і м'якою зимою. Середня температура впродовж вегетаційного періоду (квітень – жовтень) коливалася в межах від +9.9 °C у квітні до +23.6 °C у серпні. У травні, коли люцерна активно розвивається після весняного старту, середня температура становила +16.3 °C, що є сприятливим для її росту. Літні місяці (червень-серпень) характеризувалися високими температурами (до +37.2 °C у серпні), що могло викликати стрес у рослин за відсутності достатньої кількості вологи.

Ключовим фактором для росту люцерни є кількість опадів, які у 2023 році були нерівномірно розподілені. Найбільша кількість опадів випала у квітні (60.2 мм) та жовтні (64.4 мм), що позитивно вплинуло на початок і завершення вегетаційного періоду. Водночас, у критичний для росту люцерни літній період (червень – серпень) кількість опадів була помірною – 42.5 мм у червні, 44.6 мм у липні та 34.3 мм у серпні. У вересні випало лише 3 мм опадів, що могло вплинути на зниження вологості ґрунту і створити стресові умови для рослин (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика погодних умов 2023 року

Місяць	**Середня температура**	**Максимальна температура**	**Мінімальна температура**	**Опадів всього**	**Максим. глибина снігу**
1.2023	-0.3 °	13°	-11.5°	5 мм	0.7 см
2.2023	-0.7 °	+9°	-11.8°	26.4 мм	5 см
3.2023	+5.5 °	+19.3°	-5.1°	26.2 мм	1 см
4.2023	+9.9 °	+19.8°	+2°	60.2 мм	-
5.2023	+16.3 °	+27.8°	+2.2°	16.6 мм	-
6.2023	+20.4 °	+33.3°	+6.7°	42.5 мм	-
7.2023	+22 °	+33.5°	+13°	44.6 мм	-
8.2023	+23.6 °	+37.2°	+13.6°	34.3 мм	-
9.2023	+19.1 °	+30.2°	+7.1°	3 мм	-
10.2023	+12.3 °	+27.1°	-1.6°	64.4 мм	-
11.2023	+4.9 °	+17.6°	-6.8°	106.7 мм	9 см
12.2023	+1.5 °	+11.2°	-7°	42.7 мм	10 см

Загалом погодні умови 2023 року були відносно сприятливими для вегетації люцерни. Достатня кількість опадів навесні сприяла доброму старту вегетаційного періоду, а тепла погода і помірна кількість опадів улітку підтримували активний ріст культури. Однак, відсутність значних опадів у вересні та сильні вітри в жовтні могли створювати певні виклики для завершення вегетації. Тому в таких умовах для досягнення високих врожаїв було б доцільно застосовувати системи зрошення або проводити агротехнічні заходи для збереження вологи в ґрунті.

Погодні умови 2024 року мали важливий вплив на вегетацію люцерни посівної, з огляду на температурний режим і опади.

У 2024 році температури були вищими за середньорічні показники, особливо в літні місяці. З початком вегетаційного періоду у квітні середня температура досягла +14.4 °C, що є сприятливим для активного росту люцерни. У травні середня температура склала +16.2 °C, що також відповідало оптимальним умовам для продовження вегетації. Літо видалося досить спекотним, особливо в липні, коли максимальна температура досягла +38.6 °C, що призводило до теплового стресу у рослин за відсутності достатньої кількості вологи.

Нерівномірний розподіл опадів був однією з головних проблем 2024 року. Хоча в березні і квітні кількість опадів була достатньою (53.7 мм у березні та 52.1 мм у квітні), далі вегетаційний період проходив під умовами дефіциту вологи. У травні випало всього 5.8 мм опадів, а в червні, коли люцерна потребує найбільшої кількості вологи, опадів було лише 17.2 мм. Особливо критичними стали липень і вересень, коли опади склали відповідно 3.1 мм і 3.3 мм. Такі умови викликати посуху, що негативно впливало на ріст люцерни, особливо в період активного набору біомаси (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика погодних умов 2024 року

Місяць	**Середня температура**	**Максимальна температура**	**Мінімальна температура**	**Опадів всього**	**Максим. глибина снігу**
1.2024	-1.6 °	+8.8°	-15.1°	46.3 мм	13 см
2.2024	+3.5 °	+10.9°	-4.5°	24.3 мм	0.7 см
3.2024	+4.7 °	+23.2°	-6.2°	53.7 мм	7 см
4.2024	+14.4 °	+28.1°	+1.6°	52.1 мм	-
5.2024	+16.2 °	+29.4°	+3.4°	5.8 мм	-
6.2024	+22.7 °	+32.4°	+12.8°	17.2 мм	-
7.2024	+26.1 °	+38.6°	+15.2°	3.1 мм	-
8.2024	+24.3 °	+35.7°	+11.8°	12 мм	-
9.2024	+22.2 °	+33.2°	+12.8°	3.3 мм	-

Загалом, погодні умови 2024 року можна охарактеризувати як складні для вегетації люцерни посівної. Весняний період був сприятливим завдяки помірним температурам і достатній кількості опадів, що забезпечило хороший старт вегетації. Однак влітку, через високу температуру і дефіцит опадів, рослини переживали стресові умови, що призвело до зниження врожайності. Сильний вітер у вересні та обмежені опади у другій половині вегетаційного періоду також погіршили ситуацію.

Для підвищення продуктивності люцерни за таких погодних умов важливо було б використовувати системи зрошення або застосовувати агротехнічні заходи для збереження вологи в ґрунті.

3.3. Схема досліду

Об’єктом дослідження є люцерна сорту «Пленет», яку вирощували на різних фонах живлення, створених шляхом внесення різних доз мінеральних добрив. Метою досліду було оцінити вплив збільшених норм добрив на ріст, розвиток та продуктивність люцерни.

Схема досліду

1. Контроль (без добрив);
2. $N_{20}P_{20}K_{20}$;
3. $N_{30}P_{30}K_{30}$;
4. $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Дослідження проводили на посівних ділянках площею 33 м², обліковою площею 20 м². Кожен варіант досліду повторювали чотири рази, з використанням методу розщеплених ділянок для більш точного порівняння результатів.

Фосфорні й калійні добрива у вигляді простого гранульованого суперфосфату (19,5 %) та калімагнезії (28 %) вносили восени під час основного обробітку ґрунту. Аміачну селітру (34,5 %) використовували при

передпосівній культивації для забезпечення рослин азотом, необхідним для активного початкового росту.

3.4. Технологія вирощування люцерни в СФГ «Славутич»

На дослідних ділянках люцерну висівали після кукурудзи на зерно. Для підготовки ґрунту проводили дискування на глибину 10–12 см і оранку на 27–30 см, щоб забезпечити краще проникнення кореневої системи в глибші шари ґрунту. Восени вносили фосфорні та калійні добрива: простий гранульований суперфосфат (19,5 %) та калімагнезію (28 %). Передпосівну культивацію супроводжували внесенням аміачної селітри (34,5 %). Важливим фактором було розміщення люцерни на полі, вільному від бур'янів, що сприяло отриманню високих урожаїв та збереженню сходів.

Висів проводили у третій декаді квітня із нормою 16–18 кг/га або 8–9 млн схожих насінин/га. Оскільки насіння люцерни має тверду оболонку, за тиждень до посіву його піддавали скарифікації, механічно пошкоджуючи оболонку для прискорення проростання. Сіяли рядковим способом, загортаючи насіння на глибину 2–3 см. Завдяки достатній вологості ґрунту та холодостійкості культури, сходи люцерни з'являлися швидко, при температурах 5–6°С. Відомо, що сходи здатні витримувати заморозки до -5–6°С, а дорослі рослини – до -25°С.

Збирання зеленої маси проводили поетапно, на фазі бутонізації методом прямого комбайнування. Висота зрізу встановлювалася на рівні 7–8 см від землі, що сприяло швидшому відростанню рослин та збереженню бруньок. Після зрізання люцерна відновлювалася завдяки гілковим брункам нижнього ярусу або брункам зони кущення. Упродовж сезону проводили три укоси: перший – під час бутонізації, другий – наприкінці липня – на початку серпня, а третій – наприкінці серпня – на початку вересня. Такий режим дозволяв люцерні накопичити достатній запас поживних речовин для успішної перезимівлі.

3.5. Методика досліджень за вирощування люцерни

У польовому (стаціонарному) досліді проводилися фенологічні спостереження, а також детальні обліки та аналізи ґрунтових і рослинних зразків. Основним завданням досліджень було визначення впливу різних норм мінеральних добрив на ріст і розвиток люцерни, зокрема за допомогою аналізу вмісту рухомих форм елементів мінерального живлення після кожного укосу.

Відбір ґрунтових проб здійснювали за допомогою ґрунтового бура з діаметром склянки 5 см. Проби відбирали на різних глибинах для оцінки вмісту елементів мінерального живлення в різних горизонтах ґрунту. У лабораторних умовах виконували аналізи за загальноприйнятими методиками:

- **Загальний азот** визначали за методом Кельдаля (ГОСТ 13496.4-93).
- **Амонійний азот (N-NH4)** визначали колориметричним методом із використанням реактиву Несслера (ГОСТ 26489-85).
- **Нітратний азот (N-NO3)** визначали колориметрично з використанням дисульфофенолової кислоти (ГОСТ 26488-85).
- **Рухомий фосфор** визначали колориметричним методом за Чириковим (ГОСТ 26204-91).
- **Обмінний калій** визначали пламенометричним методом у тій же витяжці, що й фосфор.
- **Масову частку протеїну** в рослинах визначали за ГОСТ 13496.4-93.

Для оцінки **економічної ефективності** проведених досліджень використовували такі показники, як врожайність люцерни, собівартість продукції та прибуток від реалізації.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Динаміка вмісту рухомих форм елементів мінерального живлення рослин у ґрунті

Внесення добрив є ефективним методом підвищення доступності елементів живлення для рослин у ґрунтах, і це підтверджено багатьма дослідженнями. Встановлено, що добрива, внесені під люцерну, мають позитивний вплив на її врожайність як у рік внесення, так і в наступні роки. Зі зростанням кореневої системи ця післядія проявляється ще виразніше, оскільки люцерна має глибоку кореневу систему, здатну акумулювати поживні речовини і покращувати структуру ґрунту.

Дослідження показують, що система "ґрунт–рослина–добриво" дозволяє краще зрозуміти динаміку важливих елементів, таких як азот, фосфор і калій, що впливає на поживний режим ґрунту і загальну продуктивність люцерни. Мінеральні добрива, завдяки своєму багатому складу, сприяють активізації біохімічних процесів у ґрунті, що підвищує вміст доступних для рослин сполук і загальну родючість ґрунту.

Дослідження в СФГ «Славутич» також показали, що навіть після внесення добрив під попередні культури сівозміни, їх вплив зберігається на наступні культури. Наприклад, вміст мінерального азоту ($N\text{-}NO_3$ + $N\text{-}NH_4$) в шарі ґрунту 0–20 см на посівах люцерни варіював від 9,0 мг/кг на ділянках без добрив до 14,2 мг/кг при застосуванні $N_{40}P_{40}K_{40}$. Внесення добрив у дозах $N_{20}P_{20}K_{20}$ і $N_{30}P_{30}K_{30}$ також істотно підвищувало рівень азоту, досягаючи 13,0 мг/кг (на 41 %) і 13,4 мг/кг (на 47 %) відповідно, що свідчить про дуже високий рівень вмісту азоту в ґрунті (табл. 3).

Таблиця 3

Динаміка вмісту мінерального азоту ($N\text{-}NO_3 + N\text{-}NH_4$) в шарі ґрунту 0–20 см під посівами люцерни, що вирощується під покровом ячменю ярого (2023–2024 рр.), мг/кг

Варіант досліду	Місяць		
	Квітень (сходи)	Червень (збирання ячменю ярого)	Серпень (1 укіс)
Без добрив (контроль)	9,0	12,3	13,2
$N_{20}P_{20}K_{20}$	13,0	16,0	16,3
$N_{30}P_{30}K_{30}$	13,4	18,0	17,6
$N_{40}P_{40}K_{40}$	14,2	18,5	18,3
$НІР_{05}$	*0,5*	*0,6*	*0,6*

Крім того, після збирання ячменю ярого вміст мінерального азоту зріс у всіх варіантах досліду. На ділянках без добрив цей показник становив 12,3 мг/кг, тоді як при внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ рівень азоту збільшився до 18,0 і 18,5 мг/кг відповідно. Це можна пояснити тим, що зниження поглинання азоту ячменем дозволяє його накопичення в ґрунті.

Після першого укосу люцерни вміст мінерального азоту у верхньому шарі ґрунту (0–20 см) незначно збільшився порівняно з періодом після збору ячменю. На ділянках без добрив цей показник досяг 13,2 мг/кг, тоді як післядія $N_{20}P_{20}K_{20}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ забезпечила підвищення рівня азоту до 16,3; 17,6 і 18,3 мг/кг, що відповідно на 23 %, 33 % і 38 % більше за контроль.

Важливо відзначити, що крім мінеральних добрив, для люцерни важливим є і правильний баланс макро- та мікроелементів у ґрунті. Застосування комплексних добрив, що містять магній, сірку і кальцій, додатково сприяє підвищенню якості врожаю та стійкості рослин до стресових умов, таких як посуха або низькі температури.

Таким чином, внесення добрив не тільки збільшує вміст поживних речовин у ґрунті, але й сприяє підвищенню загальної продуктивності люцерни та її здатності покращувати родючість ґрунту.

У перші 20–25 діб після проростання люцерни фосфор є критично важливим для формування потужної кореневої системи та активного росту молодих рослин. Однак, оскільки люцерна неефективно засвоює важкорозчинні форми фосфатів, важливо забезпечити наявність доступних сполук фосфору в ґрунті на ранніх стадіях її розвитку. Регулярна діагностика ґрунту, зокрема визначення рівня рухомих сполук фосфору, дозволяє своєчасно коригувати систему удобрення. Мінеральні фосфати є основним джерелом поповнення фосфору, а їхня рухома форма забезпечує оптимальні умови для росту та розвитку люцерни, що особливо важливо в початковий період її вегетації.

Упродовж сезону вміст рухомих сполук фосфору у ґрунті змінюється, залежно від поглинання його рослинами та мікробіологічної активності в ґрунті. Дослідження показали, що після збирання попередніх культур, зокрема ярого ячменю, відбувається значне підвищення доступного фосфору, особливо при внесенні мінеральних добрив. Ця післядія добрив наявна упродовж всього періоду вегетації люцерни.

Зокрема, вміст рухомого фосфору в ґрунті на початку вегетації люцерни у шарі 0–20 см був найнижчим у контрольному варіанті (43,5 мг/кг), але зростав до 50,3; 51,2 і 55,6 мг/кг після внесення добрив $N_{20}P_{20}K_{20}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ відповідно, що перевищувало контроль на 15; 16 і 27 %. До моменту збирання ярого ячменю кількість рухомого фосфору значно збільшувалася. У варіантах із внесенням добрив рівень фосфору досягав 124,1 ($N_{20}P_{20}K_{20}$), 122,0 ($N_{30}P_{30}K_{30}$) та 128,5 мг/кг ($N_{40}P_{40}K_{40}$), що суттєво перевищувало контрольні показники. Це підвищення можна пояснити зменшенням споживання фосфору ячменем, що сприяло його накопиченню в ґрунті (табл. 4).

Таблиця 4

Динаміка вмісту рухомих сполук фосфору (P_2O_5) в шарі ґрунту 0-20 см під посівами люцерни, (2023–2024 рр.), мг/кг

Варіант досліду	Місяць		
	Квітень (сходи)	Червень (збирання ячменю ярого)	Серпень (1 укіс)
Без добрив (контроль)	43,5	86,7	67,2
$N_{20}P_{20}K_{20}$	50,3	124,1	87,2
$N_{30}P_{30}K_{30}$	51,2	122,0	97,1
$N_{40}P_{40}K_{40}$	55,6	128,5	102,6
$НІР_{05}$	*2,0*	*4,6*	*3,5*

До збирання ячменю кількість рухомого фосфору значно зростала: на контролі – 86,7 мг/кг, а у варіантах із добривами досягала 124,1 ($N_{20}P_{20}K_{20}$), 122,0 ($N_{30}P_{30}K_{30}$) та 128,5 мг/кг ($N_{40}P_{40}K_{40}$). Після першого укосу люцерни вміст рухомого фосфору дещо знижувався у всіх варіантах, але залишався вищим порівняно з контролем: 87,2; 97,1 і 102,6 мг/кг при застосуванні $N_{20}P_{20}K_{20}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ відповідно.

Отже, упродовж сезону під посівами люцерни першого року життя, вирощуваної під покровом ярого ячменю, вміст рухомого фосфору в шарі 0–20 см збільшується. Це обумовлено зменшенням темпів засвоєння фосфору рослинами та покращенням умов для мікробіологічних процесів у ґрунті. Важливим фактором є позитивна післядія внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ норм мінеральних добрив.

Опідзолені чорноземи мають особливий мінералогічний склад і багаті калієм. За дослідженнями О. В. Нікітіної [62], валовий вміст калію в цих ґрунтах становить 2,0–2,5 %, проте рослини можуть використовувати лише невелику його частину, яка має агрономічну цінність. У чорноземах калій потенційно доступний у більшій кількості, ніж азот і фосфор, основними

його джерелами є обмінні та водорозчинні форми. У сприятливих агрометеорологічних умовах калій може фіксуватися ґрунтом, що знижує його доступність для рослин. Фіксований калій слугує резервом для рухомої та водорозчинної форм.

Аналіз експериментальних даних показав високий рівень забезпеченості чорнозему рухомими сполуками калію, але це не скасовує необхідності використання калійних добрив. Дослідження засвідчили, що застосування різних норм мінеральних добрив збільшує вміст рухомих сполук калію у ґрунті. Так, у шарі ґрунту 0–20 см під час сходів люцерни без добрив вміст рухомого калію становив 96,6 мг/кг. Після внесення добрив цей показник зростав, досягаючи максимальних значень 156,3 і 166,0 мг/кг за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ відповідно. Внесення $N_{20}P_{20}K_{20}$ збільшувало вміст калію до 125,9 мг/кг (табл. 5).

Таблиця 5

Динаміка вмісту рухомих сполук калію (K_2O) в шарі ґрунту 0-20 см під посівами люцерни, (2023–2024 рік), мг/кг

Варіант досліду	Місяць		
	Квітень (сходи)	Червень (збирання ячменю ярого)	Серпень (1 укіс)
Без добрив (контроль)	96,6	90,8	87,1
$N_{20}P_{20}K_{20}$	125,9	112,1	104,2
$N_{30}P_{30}K_{30}$	156,3	163,5	150,0
$N_{40}P_{40}K_{40}$	166,0	175,2	161,1
HIP_{05}	*5,5*	*5,4*	*5,0*

Під час збирання ячменю в цьому ж шарі ґрунту без добрив кількість рухомого калію становила 90,8 мг/кг. Застосування $N_{20}P_{20}K_{20}$ підвищувало цей показник на 21,3 мг/кг, внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ – на 72,7 мг/кг, $N_{40}P_{40}K_{40}$ – на 84,4 мг/кг.

Отже, вміст рухомих форм калію під люцерною залежав від раніше застосованих добрив. Найбільший ефект спостерігався при використанні $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ норм повного мінерального добрива.

4.2. Біометричні параметри рослин люцерни

Люцерна здатна відновлювати й підвищувати родючість ґрунту, але це можливо лише за сприятливих умов для її росту. Вчені вважають, що рослина починає розвиватися з одного стебла, яке виростає з насіння, а нові пагони формуються з бруньок на кореневій шийці. Кожне стебло живе до одного року, а при багатократному косінні – лише кілька тижнів. Після відмирання пагонів частина кореневої системи також відмирає, а нові пагони стимулюють утворення бічних коренів. Для повноцінного розвитку люцерни важливе значення мають добрива, які забезпечують рослини необхідними поживними елементами і сприяють збільшенню врожайності.

Дослідження показали, що добрива значно впливають на врожайність люцерни. Найбільш виражений ефект спостерігався при застосуванні подвійних і потрійних норм мінеральних добрив. Зафіксовано, що висота рослин на контролі (без добрив) була найнижчою – 28,3 см. При внесенні $N_{20}P_{20}K_{20}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ висота рослин збільшувалася на 7,9 см, 14,2 см і 17,8 см відповідно. Аналогічну закономірність спостерігали й щодо маси рослин: на контролі вона становила 4,5 г/рослину, а після внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ збільшувалася до 5,9 г і 6,3 г/рослину відповідно.

Окрім висоти та маси рослин, важливими біометричними показниками є облистяність та густота стояння. У контрольних варіантах досліду облистяність становила 42,7 %, тоді як при застосуванні $N_{30}P_{30}K_{30}$ вона підвищувалася до 52,0 %, а при $N_{40}P_{40}K_{40}$ – до 55,9 %. Густота стояння рослин на контролі склала 98,0 рослин/м², а після внесення добрив кількість рослин зростала: при $N_{30}P_{30}K_{30}$ – до 130,1 рослин/м², а при $N_{40}P_{40}K_{40}$ – до 133,5 рослин/м².

Таблиця 6

Вплив післядії мінеральних добрив на ріст рослин люцерни, 2023–2024 рр.

Показник	Варіант досліду				HIP_{05}
	Без добрив (контроль)	$N_{20}P_{20}K_{20}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{40}P_{40}K_{40}$	
Висота рослин, см	28,3	36,2	42,5	46,1	*1,3*
Маса однієї рослини, г	4,5	5,4	5,9	6,3	*0,2*
Облистяність, %	42,7	50,4	52,0	55,9	*1,4*
Вміст сухої речовини, %	20,9	20,9	22,9	21,8	*0,9*
Густота стояння рослин, шт/м^2	98,0	118,7	131,2	132,3	*2,4*

Показник облистяності (кількість листків на рослині у відсотках) зростав зі збільшенням доз внесених добрив. На контролі цей показник був найнижчим – 42,7 %, тоді як при внесенні $N_{20}P_{20}K_{20}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ він підвищувався до 50,4 %, 52,0 % і 55,9 % відповідно. Це свідчить про те, що добрива позитивно впливають на загальну життєздатність та продуктивність рослин люцерни, стимулюючи утворення більшої кількості листя, що важливо для накопичення біомаси та поліпшення якості корму.

Густота стояння рослин, що також є ключовим показником, була найнижчою на контролі — 98,0 шт/м², що свідчить про недостатнє живлення рослин без застосування добрив. Однак, при внесенні добрив $N_{20}P_{20}K_{20}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ густота рослин значно зросла, досягнувши 118,7, 131,2 та 132,3 шт/м² відповідно. Це підвищення густоти стояння забезпечує більше рослин на одиницю площі, що сприяє збільшенню загального врожаю зеленої маси.

Вміст сухих речовин у рослинах люцерни також був тісно пов'язаний із рівнем мінерального живлення. На контролі вміст сухої речовини був

найнижчим, тоді як у варіантах із добривами він варіювався у межах 20,9–22,9 %. Це вказує на те, що покращене мінеральне живлення сприяє збільшенню кількості поживних речовин у рослинах, що підвищує їхню кормову цінність.

Крім того, дослідження показали, що застосування добрив позитивно впливає на інші біометричні параметри рослин, такі як висота та маса. Зокрема, найкращі результати були зафіксовані при внесенні норм $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$, що свідчить про оптимальне забезпечення рослин поживними елементами. Висота рослин при застосуванні цих норм була значно вищою порівняно з контролем, а маса рослин збільшувалася відповідно на 31 % і 40 %.

Отже, найбільшу позитивну дію на ріст і розвиток люцерни мали варіанти з внесенням норм $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$, що дозволило суттєво покращити біометричні показники рослин і забезпечити вищу врожайність та якість кормової маси. Це підкреслює важливість правильно підібраної системи удобрення для досягнення високих результатів у вирощуванні люцерни.

4.3. Урожайність і якісні показники зеленої маси люцерни

2023 рік в Україні характеризувався помірними опадами та відносно стабільними температурами, що позитивно вплинуло на врожайність люцерни. У Кіровоградській області влітку було достатньо опадів, що сприяло активному нарощуванню зеленої маси. Урожайність зеленої маси люцерни могла досягати 700–800 ц/га на родючих чорноземах за належного догляду.

Погодні умови 2024 року в регіоні мали певні відмінності. Через недостатню кількість опадів у червні та липні, а також більш спекотне літо, деякі аграрії повідомляли про зниження врожайності. Незважаючи на ці виклики, врожайність люцерни на реградованих чорноземах залишалася

досить високою. Середній показник коливався в межах 600–700 ц/га, що все ще є добрим результатом для цієї культури.

Мінеральні добрива, що вносяться під культури сівозміни, підвищують вміст елементів живлення рослин у ґрунті, що також сприяє збільшенню продуктивності люцерни першого року життя, яка вирощується під покровом ячменю ярого (табл. 7).

Таблиця 7

Залежність урожайності зеленої маси люцерни, вирощеної під покровом ячменю ярого, від норм мінеральних добрив, (2023–2024 рр.)

Варіант досліду	Урожайність, т/га	Приріст	
		т/га	%
2023 рік			
Без добрив (контроль)	6,46	–	–
$N_{20}P_{20}K_{20}$	6,93	0,47	7,3
$N_{30}P_{30}K_{30}$	7,42	0,96	14,9
$N_{40}P_{40}K_{40}$	7,91	1,45	22,4
HIP_{05}	*0,49*	–	–
2024 рік			
Без добрив (контроль)	4,49	–	–
$N_{20}P_{20}K_{20}$	5,99	1,50	33,4
$N_{30}P_{30}K_{30}$	6,48	1,99	44,3
$N_{40}P_{40}K_{40}$	6,70	2,21	49,2
HIP_{05}	*0,30*	–	–
Середнє за 2023–2024 рр.			
Без добрив (контроль)	5,48	–	–
$N_{20}P_{20}K_{20}$	6,46	0,98	17,9
$N_{30}P_{30}K_{30}$	6,95	1,47	26,8
$N_{40}P_{40}K_{40}$	7,31	1,83	33,4

У 2023 році сприятливі погодні умови призвели до отримання високого

врожаю зеленої маси. На ділянках без добрив урожайність склала 6,46 т/га. Внесення $N_{20}P_{20}K_{20}$ збільшило її на 0,47 т/га (7,3 %), а за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ прибавка склала 0,96 т/га (14,9 %). Максимальний приріст урожайності відбувся за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ — 1,45 т/га (22,4 %). Хоча збільшення норми добрив до $N_{40}P_{40}K_{40}$ дало найвищий урожай, різниця між врожайністю при $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ була невеликою (НСР05 = 0,49 т/га), що свідчить про обмежену ефективність додаткового збільшення добрив.

У 2024 році менш сприятливі погодні умови знизили урожайність зеленої маси люцерни. На контролі без добрив отримано 4,49 т/га, тоді як внесення $N_{20}P_{20}K_{20}$ дало прибавку 1,50 т/га (33,4 %). Урожайність при $N_{30}P_{30}K_{30}$ зросла на 1,99 т/га (44,3 %), а максимальний приріст спостерігався при $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 2,21 т/га (49,2 %). Проте, як і в 2023 році, підвищення норми добрив до потрійної не дало значного приросту врожайності (НСР05 = 0,30 т/га).

Аналізуючи середні результати за 2023–2024 роки, можна побачити, що на контролі без добрив урожайність становила 5,48 т/га. Внесення $N_{20}P_{20}K_{20}$ підвищило врожайність на 0,98 т/га (17,9 %), $N_{30}P_{30}K_{30}$ – на 1,47 т/га (26,8 %), а максимальний приріст врожайності (1,83 т/га або 33,4 %) спостерігався при внесенні $N_{40}P_{40}K_{40}$, з урожаєм 7,31 т/га.

Отже, застосування мінеральних добрив значно підвищує врожайність люцерни першого року життя, однак збільшення норми добрив понад подвійне дозування не завжди є економічно доцільним через незначну різницю у врожайності між подвійною і потрійною нормами.

Дослідження показали, що післядія мінеральних добрив не тільки збільшувала врожайність, а й покращувала якість отриманого корму (табл. 8).

Якість корму оцінюється за вмістом сирого білка за 20-бальною шкалою: при вмісті 15 % і більше сирого білка (у перерахунку на суху речовину) корм отримує 20 балів; 14,9–12,7 % — 16 балів; 12,6–11,7 % — 12 балів; 11,6–9,9 % – 9 балів; 9,8–8,3 % – 6 балів; 8,2–6,1 % – 3 бали; менше ніж 6 % – 0 балів.

Таблиця 8

Вплив післядії мінеральних добрив на якість зеленої маси люцерни першого року життя, вирощуваної під покровом ячменю ярого (2023-2024 рр.)

Варіант досліду	Сирий білок,		Бал
	%	До контроля, +/– %	
Без добрив (контроль)	11,1	–	9
$N_{20}P_{20}K_{20}$	13,0	1,9	16
$N_{30}P_{30}K_{30}$	14,9	3,8	20
$N_{40}P_{40}K_{40}$	15,3	4,2	20
$НІР_{05}$	*1,4*	–	–

За результатами досліджень вміст сирого білка на контролі (без добрив) становив 11,1 %, що відповідає 9 балам за шкалою якості. Внесення одинарної норми $N_{20}P_{20}K_{20}$ підвищило цей показник до 13,0 %, що відповідає 16 балам. Застосування подвійної норми $N_{30}P_{30}K_{30}$ сприяло збільшенню вмісту сирого білка до 14,9 %, що дозволяє оцінити корм у 20 балів. Найвищий вміст білка (15,3 %) спостерігався при внесенні потрійної норми $N_{40}P_{40}K_{40}$, і цей варіант також отримав максимальну оцінку в 20 балів. Значення $НІР_{05}$ для цього досліду склало 1,4 %, що свідчить про істотну різницю між варіантами.

Таким чином, внесення мінеральних добрив суттєво підвищує вміст сирого білка в зеленій масі люцерни, а внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ забезпечує найвищу якість корму.

Одним із важливих показників ефективності мінеральних добрив є білкова продуктивність посівів, яка залежить від активності симбіотичної азотфіксації у бобових культур (табл. 9).

Таблиця 9

Вплив післядії мінеральних добрив на збір білка в зеленій масі люцерни першого року життя, вирощуваної під покровом ячменю ярого, 2023–2024 рр.

Варіант досліду	Збір білка, кг/га	Приріст до контроля	
		кг/га	%
Без добрив (контроль)	36,2	–	–
$N_{20}P_{20}K_{20}$	71,6	35,7	96
$N_{30}P_{30}K_{30}$	82,8	46,7	225
$N_{40}P_{40}K_{40}$	88,6	52,7	242
$НІР_{05}$	*14,0*	–	–

Результати досліджень показали, що найменший збір білка спостерігався на ділянках без внесення добрив – 36,2 кг/га, що можна вважати базовим показником. Внесення мінеральних добрив істотно збільшувало цей показник: за післядії одинарної норми добрив ($N_{20}P_{20}K_{20}$) збір білка підвищився на 35,7 кг/га, або на 96 % порівняно з контролем, і склав 71,6 кг/га. Подвійна норма добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$) забезпечила приріст білка на 46,7 кг/га (225 %), довівши загальний збір до 82,8 кг/га. Максимальний результат був отриманий за внесення потрійної норми добрив ($N_{40}P_{40}K_{40}$) – 88,6 кг/га, що на 52,7 кг/га (242 %) більше, ніж на контрольних ділянках.

Ці результати показують пряму залежність між рівнем мінерального живлення і білковою продуктивністю. Підвищення врожайності люцерни, а отже, і збільшення збору білка, значною мірою залежить від умов вегетації, зокрема від наявності сприятливих погодних умов, що активізують процеси симбіотичної азотфіксації. Завдяки цьому рослини отримують більше біологічно доступного азоту, що сприяє інтенсивнішому синтезу білка.

Аналізуючи дані за два роки досліджень, можна зробити висновок, що застосування мінеральних добрив у системі сівозміни не лише підвищує врожайність, але й покращує якість одержаної продукції. Найбільш

ефективними виявилися подвійні та потрійні норми добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$), які забезпечили максимальний збір білка і високу якість зеленої маси люцерни. В середньому врожайність люцерни на цих варіантах досягала 6,95–7,31 т/га, що перевищувало контрольні варіанти на 1,47–1,83 т/га, а якість корму за вмістом білка оцінювалася в 20 балів, що відповідає найвищим стандартам якості кормів.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПІСЛЯДІЇ ДОБРИВ НА ПОСІВАХ ЛЮЦЕРНИ

Мінеральні добрива, їхні норми та види є одними з найважливіших чинників підвищення ефективності виробництва зеленої маси люцерни. Раціональне використання добрив у сівозміні не лише збільшує продуктивність ріллі, але й покращує поживний режим ґрунту для наступних культур, зокрема люцерни. Підвищення ефективності виробництва продукції рослинництва є основою агроекономіки, яка враховує різноманітні ґрунтово-кліматичні умови, а також появу сортів і гібридів культур із вищим потенціалом врожайності.

Удосконалення агротехнічних підходів та систем удобрення є важливим фактором для підвищення рентабельності агровиробництва. Особливо це стосується посівів люцерни, яка відіграє ключову роль у сівозміні та збагаченні ґрунту органічними речовинами. Мінеральні добрива не тільки стимулюють ріст рослин, але й впливають на післядію на наступні культури, забезпечуючи їм кращі умови для розвитку. Оптимізація доз внесення добрив дозволяє знизити виробничі витрати і збільшити ефективність використання ґрунтових ресурсів.

З цієї точки зору, для оцінки економічної ефективності післядії мінеральних добрив при вирощуванні люцерни першого року життя під покровом ячменю ярого використовувалися такі показники: врожайність (ц/га), вартість продукції (грн), виробничі витрати (грн), чистий дохід (грн), рівень рентабельності (%).

Оцінка цих показників дозволяє визначити економічний результат наукових досліджень та досягти максимального ефекту з площі ріллі за мінімальних витрат. Врахування балансу між підвищенням урожайності та витратами на добрива є вирішальним для досягнення стійкого та економічно

вигідного виробництва. Завдяки правильному підходу до використання добрив, можна досягти не тільки короткострокових успіхів у вигляді високих врожаїв, але й тривалого підвищення родючості ґрунтів, що є основою успішної аграрної діяльності в майбутньому.

Урожайність зеленої маси люцерни, вирощуваної на реградованому чорноземі, варіюється, і її величина визначається післядією норм мінеральних добрив (табл. 10).

Таблиця 10

Економічна ефективність застосування мінеральних добрив на посівах люцерни (середні показники за 2023–2024 рр.)

Показники	Без добрив (контроль)	$N_{20}P_{20}K_{20}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{40}P_{40}K_{40}$
Урожайність з 1 га, т	5,48	6,46	6,95	7,31
Матеріально-грошові витрати на 1 га, грн.	17500	24100	27400	30700
Вартість валової продукції, грн/га	32800	38760	41700	43860
Умовно-чистий прибуток, грн/га	15380	14660	14300	13160
Рівень рентабельності, %	88	61	52	43

Застосування мінеральних добрив підвищує врожайність люцерни. Найнижчий показник урожайності спостерігається на контролі (без добрив) – 5,48 т/га. При внесенні добрив у варіанті $N_{20}P_{20}K_{20}$ урожайність зростає до 6,46 т/га, а максимальна врожайність – 7,31 т/га – досягається при застосуванні $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Витрати на вирощування люцерни значно збільшуються зі збільшенням

норм добрив. Без добрив вони складають 17 500 грн/га, але при внесенні $N_{40}P_{40}K_{40}$ витрати зростають до 30 700 грн/га, що на 75 % більше, ніж на контролі.

Вартість валової продукції також збільшується разом із врожайністю. На контролі цей показник складає 32 800 грн/га, тоді як максимальне значення – 43 860 грн/га – спостерігається при використанні $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Прибуток, як і рентабельність, знижується зі збільшенням норм добрив. Хоча $N_{40}P_{40}K_{40}$ дає найвищу врожайність, чистий прибуток на цьому варіанті становить лише 13 160 грн/га, тоді як без добрив він сягає 15 380 грн/га. Це свідчить про те, що витрати на добрива знижують чистий прибуток.

Найвищий рівень рентабельності спостерігається на контролі (без добрив) – 88 %. При внесенні $N_{20}P_{20}K_{20}$ рентабельність знижується до 61 %, і далі продовжує знижуватися до 43% при використанні $N_{40}P_{40}K_{40}$.

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Організація умов охорони праці та заходів щодо запобігання виробничим небезпекам під час внесення мінеральних добрив на посівах люцерни

Використання мінеральних добрив вимагає спеціальних знань, оскільки неправильне їх застосування може призвести до отруєнь, загибелі корисних організмів і забруднення навколишнього середовища. Основою для попередження шкідливих впливів є правильна організація робіт.

Небезпечні ситуації, що виникають при внесенні мінеральних добрив і можуть призвести до нещасних випадків або професійних захворювань, часто пов’язані з порушенням взаємодії між людиною та виробничим середовищем. Причинами можуть бути недостатня кваліфікація, використання невідповідної техніки або неправильна організація робочого процесу. Це призводить до надмірних фізичних зусиль або недостатнього використання можливостей працівників. Крім того, машини можуть втрачати надійність, створюючи небезпечні умови, що загрожують аваріями, травмами та зниженням продуктивності.

Перед початком робіт необхідно визначити загальні вимоги охорони праці та розподілити відповідальність за їх виконання. Конкретні заходи безпеки повинні бути чітко визначені й піддаватися регулярній оцінці.

Основними складовими безпеки праці є:

– використання безпечного обладнання;

– впровадження безпечних технологічних процесів;

– організація робіт з дотриманням вимог безпеки.

Логічне моделювання ризиків допомагає виявляти потенційні небезпеки. Нехтування технікою безпеки або правилами експлуатації техніки може призвести до виникнення небезпечних ситуацій, які можуть спричинити матеріальні та людські втрати. Основні небезпечні умови (НУ), що виникають при внесенні добрив, включають:

–відсутність кваліфікованого персоналу для налаштування техніки (НУ1);

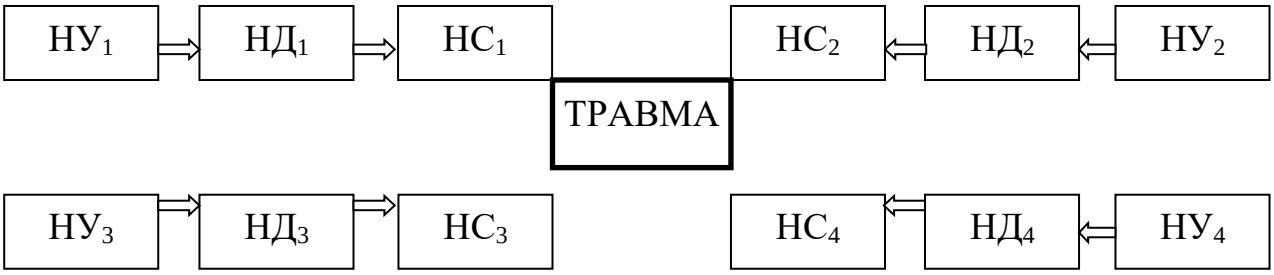
– недостатня підготовка працівників з охорони праці (НУ2);

– відсутність захисних щитків на рухомих частинах техніки (НУ3);

– недотримання правил експлуатації сільськогосподарської техніки (НУ4).

Ці умови призводять до небезпечних дій (НД), таких як ремонт техніки з працюючим двигуном (НД1), потрапляння працівників у робочу зону (НД2) або перевантаження механізмів (НД4). Поєднання небезпечної умови та дії може спричинити аварійну ситуацію, наприклад, наїзд техніки (НС1), або поломку механізмів (НС4).

Графічне зображення моделі виробничих небезпек.



Для запобігання травмам під час роботи з добривами необхідно:

- забезпечувати працівників спеціальним одягом;
- використовувати відремонтовану техніку;
- проводити регулярні інструктажі з охорони праці.

Таким чином, уникнути травм можна лише шляхом запобігання виникненню небезпечних умов, дій і ситуацій.

6.2. Наслідки екологічних порушень під час використання мінеральних добрив та шляхи їх вирішення

Охорона навколишнього середовища при застосуванні мінеральних добрив є надзвичайно важливим питанням, оскільки неправильне їх використання може призвести до значного погіршення якості ґрунтів, водних ресурсів та повітря. З огляду на інтенсивне виробництво сільськогосподарської продукції, широке застосування мінеральних і органічних добрив, пестицидів та гербіцидів створює екологічні виклики, які потребують невідкладних рішень.

Застосування великих доз мінеральних добрив може призвести до забруднення ґрунтів, річок і водойм, що особливо небезпечно для джерел питної води. Однією з найбільших проблем є вимивання нітратів у ґрунтові води, що не лише погіршує якість води, але й може впливати на здоров'я людей і тварин. Виникає також загроза накопичення токсичних речовин у рослинах, що погіршує якість сільськогосподарської продукції.

Забруднення навколишнього середовища відбувається через кілька основних причин:

1. Недотримання технологій транспортування, зберігання і внесення добрив. Порушення на будь-якому з цих етапів призводить до потрапляння небезпечних речовин у повітря, воду або ґрунт.
2. Неправильне співвідношення добрив у сівозмінах та культурах. Використання занадто великих доз добрив призводить до їх неефективного засвоєння рослинами і накопичення в ґрунті.
3. Деградація структури ґрунту. Часте та надмірне використання добрив без належного агротехнічного контролю може зруйнувати ґрунтові агрегати, спричиняючи його ерозію.
4. Невідповідна якість хімічних засобів. Деякі добрива містять важкі метали та інші токсичні речовини, що призводить до забруднення ґрунтів і водних систем.

5. Застосування непридатних для удобрення матеріалів. Відходи промисловості, осади стічних вод або мул можуть містити токсичні речовини, які небезпечні для навколишнього середовища.

6. Забруднення атмосфери. Під час виробництва та транспортування добрив можливі викиди шкідливих газів, що сприяє забрудненню повітря.

Великі дози добрив призводять до накопичення біогенних елементів (нітрати, фосфати) у природних водах, що може викликати евтрофікацію водойм. Це призводить до надмірного розмноження водоростей, зниження рівня кисню у воді та загибелі риби й інших водних організмів.

Забруднення продукції нітратами також становить ризик для здоров'я людей. Плоди й овочі, вирощені на таких ґрунтах, можуть містити небезпечні концентрації нітратів, що спричиняють отруєння та розвиток хвороб.

1. Удосконалення технологій внесення добрив. Необхідно застосовувати диференційовані підходи до удобрення, що враховують тип ґрунту, кліматичні умови та потреби культур.

2. Застосування органічних і біологічних добрив як альтернативи або в комплексі з мінеральними, що сприяє збереженню родючості ґрунтів і зменшенню екологічного навантаження.

3. Моніторинг стану ґрунтів та водних ресурсів. Регулярний контроль за вмістом нітратів, фосфатів та важких металів у ґрунті й воді допоможе вчасно реагувати на забруднення.

4. Розробка екологічних стандартів і нормативів для забезпечення безпечного використання добрив на державному рівні.

Забезпечення екологічної безпеки України потребує комплексного підходу, що поєднує світовий досвід, наукові дослідження і вдосконалення законодавчої бази.

ВИСНОВКИ

1. Для отримання високих і стабільних врожаїв люцерни необхідно враховувати її біологічні особливості, особливо в перший рік вегетації. Важливо створити оптимальні умови для формування бульбочкових бактерій та їх ефективної діяльності. Це досягається шляхом регулювання кислотності ґрунту та застосування мінеральних добрив, що покращує засвоєння поживних речовин. Дотримання цих умов є ключовим для підвищення продуктивності культури.

2. Внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню вмісту мінерального азоту в шарі ґрунту 0–20 см порівняно з варіантом без добрив. Найбільший вплив на вміст азоту мали подвійні та потрійні норми комплексного мінерального добрива.

3. Динаміка вмісту рухомих сполук фосфору в шарі ґрунту 0–20 см під посівами люцерни першого року життя під покровом ячменю ярого свідчить про його збільшення від літа до осені. Особливо відчутний ефект спостерігався за внесення одинарних, подвійних і потрійних норм мінеральних добрив, що призвело до збільшення вмісту фосфору відповідно на 87,2; 97,1 і 102,6 мг/кг.

4. Вміст рухомих сполук калію в ґрунті значно залежав від норм мінеральних добрив, внесених раніше в сівозміні. Найбільший ефект спостерігався за застосування подвійної ($N_{30}P_{30}K_{30}$) та потрійної ($N_{40}P_{40}K_{40}$) норм добрив, а також від впливу добрив, внесених під інші культури сівозміни.

5. Вміст сухої речовини в усіх удобрених варіантах досліду коливався в межах 20,9–22,9 %, причому з поліпшенням умов мінерального живлення спостерігалося його зменшення. Найбільш помітний вплив на процеси росту мали подвійні та потрійні норми комплексного мінерального добрива.

6. Мінеральна система удобрення позитивно вплинула на покращення умов мінерального живлення рослин, що в свою чергу сприяло збільшенню врожайності та покращенню якості продукції. У контрольному варіанті було отримано 5,48 т/га зеленої маси люцерни, тоді як при використанні подвійних і потрійних норм добрив урожайність зросла до 6,95 і 7,31 т/га. Найвищий вміст сирого білка в зеленій масі спостерігався також у цих варіантах – 14,9 і 15,3%.

7. Хоча використання мінеральних добрив підвищує врожайність та вартість валової продукції, максимальний рівень рентабельності (88 %) спостерігається без внесення добрив. Найменш вигідним є варіант $N_{40}P_{40}K_{40}$, де рентабельність знижується до 43 %, хоча врожайність і валова продукція є найвищими. Це свідчить про те, що економічно найвигіднішим є обмежене використання добрив, щоб зберегти баланс між витратами та прибутком.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Котяш У. О. Продуктивність довготривалих лукопасовищних угідь за різних погодних умов. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. Л., 2009. Вип. 51, Ч. ІІ. С. 56–63.

2. Лупенко Ю. О., Ходаківська О. В., Нечипоренко О. М. Стан і тенденції розвитку сільського господарства в структурі національної економіки України. Наукові горизонти, 2022, Том 25, № 6, 2022 121-128. https://doi.org/10.48077/scihor.25(6).2022.121-128 1

3. Боговін А.В. Роль лучних бобових трав в підвищенні продуктивності культурних пасовищ. Вісник с.-г. науки. 1975. №7. С.53–58.

4. Боговін А.В., Кургак В. Г. Біологічна роль бобових у підвищенні продуктивності лучних агроекосистем та нагромадження ними симбіотичного азоту. Землеробство. 1994. Вип. 69. С. 7–14.

5. Кургак В. Г. Вплив багаторічних трав на якість корму сіяних лук та родючість ґрунту. Вісник аграрної науки. 2000.Спец. випуск, травень. С. 54–58.

6. Макаренко П.С. Векленко Ю.А. Створення і використання культурних пасовищ на орних землях центрального Лісостепу в умовах природного зволоження. Корми і кормовиробництво. Вінниця. 2004. Вип. 54. С. 14–20.

7. Мащак Я. І., Тригуба І. Л. Вплив складу травосумішок та мінерального удобрення на поживну цінність лучних кормів. Корми і кормовиробництво. К., 2011. Вип. 70. С. 117–123.

8. Ярмолюк М. Т., Зінчук М. П., Польовий В. М. Культурні пасовища в системі кормовиробництва. Рівне. Волинські обереги. 2003. 292с.

9. Петриченко В. Ф. Обґрунтування технології вирощування кормових культур та енергозбереження в польовому кормовиробництві. Вісник аграрної науки. 2003. № 10. С. 6–10.

10. Петриченко В. Ф., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., та ін. Оптимізація систем кормовиробництва в Південному Степу України: науково-методичний посібник. Херсон: Айлант, 2013. 156 с.

11. Довідник по сіножаттях і пасовищах. [Боговін А.В., Макаренко П.С., Кургак В.Г. та ін.]; за ред. А.В. Боговіна. К.: Урожай. 1990. 208 с.

12. Концепція розвитку кормовиробництва в Україні на 2012 – 2015 роки [В.Ф. Петриченко, О.В. Корнійчук, А.О. Бабич та ін.]. Вінниця: Інститут кормів та сільського господарства Поділля., 2012. 12 с.

13. Петриченко В. Ф. Наукові основи сталого розвитку кормовиробництва в Україні. Корми і кормовиробництво. Вінниця: Вид.-во «Тезис». 2003. Вип. 50. С. 3–10.

14. Петриченко В. Ф. Теоретичні основи інтенсифікації кормовиробництва в Україні. Вісник аграрної науки. 2007. № 10. С. 19–22.

15. Петриченко В. Ф. Обґрунтування технології вирощування кормових культур та енергозбереження в польовому кормовиробництві. Вісник аграрної науки. 2003. № 10. С. 6–10.

16. Луківництво в теорії і практиці. Я. І. Мащак [та ін.]. Львів: Сполом, 2005. 295 с.

17. Мащак Я. І., Любченко Л. М. Рівень симбіотичної азотфіксації на лучних агроценозах. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. "Землеробство XXI століття – проблеми та шляхи вирішення" (Чабани, 1999 р.) / УААН, Інститут землеробства. К. : [б. в.], 1999. С. 96–97.

18. Демидась Г. І., Івановська Р. Т., Коваленко В. П., Малинка Л. В. Показники органогенезу і продуктивність люцерни посівної залежно від строку сівби та покривної культури. Корми і кормо виробництво. Вінниця.: 2010. Вип. 66. С. 183–188.

19. Багаторічні трави в інтенсивному кормовиробництві: [Б. С. Зінченко, П. Т. Дробець, Й. І. Мацьків та інші]; за ред. Б. С. Зінченка. К.: Урожай. 1991. 192 с.

20. Петриченко В. Ф., Квітко Г. П. Польове травосіяння в системі конвеєрного виробництва кормів в Україні. Вісник аграрної науки. № 3. 2004. С. 30–32.

21. Петриченко В. Ф. Наукові основи адаптивного кормовиробництва в Україні. Вісник аграрної науки. № 1. 2004. С. 5–10.

22. Глущенко Д. П. Ефективність оптимізації інтенсивного кормовиробництва. Корми і кормовиробництво. Вінниця: СПД Данилюк В. Г. 2008. Вип. 60. С. 155–162.

23. Гусєв М. Г., Яворський С. В., Севідов О. Ф. Наукові розробки і основні напрями збільшення виробництва кормів на зрошуваних землях південного регіону України. Корми і кормовиробництво. Вінниця: Діло. 2006. Вип. 57. С. 99–104.

24. Жарінов В. І., Клюй В. С. Люцерна. 2-ге вид., Перероб. і доп. К.: Урожай, 1990. 320 с.

25. Кургак В. Г. Лучні агрофітоценози. К.: ДІА, 2010. 374 с.; іл

26. Організація кормової бази і виробництво кормів. І. П. Проскура, Г. П. Квітко, П. С. Макаренко, В. І. Остапов та ін.; За ред. І. П. Проскури. К.: Урожай, 1982. 232 с.

27. Багаторічні бобові трави як основа природної інтенсифікації кормовиробництва. Г. І. Демидась, Г. П. Квітко, О. П. Ткачук, Н. Я. Гетман та ін.; за ред. проф. Г. І. Демидася, Г. П. Квітка. К. : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2013. 322 с.

28. Рабинович В. М., Жаринов В. І. Люцерна. К.: «Урожай», 1973. С. 316.

29. Петриченко В. Ф., Квітко Г. П. Люцерна з новими якостями для культурних пасовищ. К.: Аграрна наука. 2010. 96 с.

30. Квітко Г. П. Вплив агроекологічних умов і технологічних прийомів на продуктивність люцерни посівної в Лісостепу. Корми і кормовиробництво. К.: Урожай, 1999. Вип. 46. С. 55–65.

31. Петков В. В. Зимове виживання рослин люцерни при нетиповопізньому посіві. Корми і кормовиробництво. Вінниця.: 2008. № 62. С. 9–14.

32. Колесников С. В., Мазур О. Ф., Мойсеєнко В. С. Високобілкові кормові культури. Ужгород: Карпати. 1985. 56 с.

33. Голобородько С. П., Влащук А. М. Оптимізація енергетичних витрат при використанні інтегрованого захисту насіннєвої люцерни від бур'янів у південному Степу України при зрошенні. Корми і кормовиробництво. 2003. Вип. 51. С. 62–63.

34. Дудченко В. І., Риковський В. Я., Харчук А. С., Мороз О. С. Продуктивність травостою багаторічних трав залежно від видового складу травосумішок в умовах західного Полісся України. Корми і кормо виробництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Ред. кол.: В.Ф. Петриченко (відп. ред.). Вінниця. 2004. Вип. 54. С. 66–68.

35. Кургак В. Г., Гаркуша С. П. Значення сортів і сортосумішок багаторічних трав у підвищенні продуктивності сіяних луків. Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. К.: Нора–Прінт. 1997. № 1. С. 26–28.

36. Малинка Л. В. Біохімічний склад урожаю бобово-злакових травостоїв. Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН / Ред. кол.: В. Ф. Сайко (відп. ред.). К.: ВД «Екмо». 2004. № 1. С. 105–108.

37. Кургак В. Г., Лук'янець О. П. Продуктивність різнотипних лучних травостоїв на орних землях Лісостепу залежно від систем удобрення і режимів використання. Корми і кормовиробництво. 2004. Вип. 54. С. 29–35.

38. Макаренко П. С., Ковтун К.П., Векленко Ю. А. Вплив багаторічних бобових трав та інокуляції на формування бобово-злакових агрофітоценозів. Корми і кормовиробництво. Вінниця.: Діло, 2006. Вип. 56. С. 71–75.

39. Бабич А. О. Кормові і лікарські рослини в XX–XXI століттях. Київ: Аграрна наука. 1996. С. 124–208.

40. Колесников С. В., Мазур О. Ф., Мойсеєнко В. С. Високобілкові кормові культури, Ужгород: Карпати. 1985. 56 с.

41. Сніговий В. С., Важов В.М. Продуктивність люцерни в агроценозі. Кишинів: Штіінця, 1989. 186 с.

42. Подобєд Л. І. Перспективні напрямки удосконалення кормовиробництва в Україні. Корми і кормовиробництво. К.: Урожай, 2002. Вип. 48. С. 3–7.

43. Жарінов В. І., Клюй В. С. Люцерна. - 2-ге вид., Перероб. і доп. К.: Урожай, 1990. 320 с.

44. Жарінов В. І., Клюй В. С. Люцерна. К.: Урожай, 1983.

45. Білоножко М. А. Рослинництво: інтенсивна технологія вирощування польових і кормових культур. К.: Вища школа, 1990. 292 с.

46. Багаторічні бобові трави / За ред. Б. С. Зінченка. 2-е вид., перероб. і доп. К.: Урожай, 1985. 136 с.

47. Жарінов В. І., Малець І. Ф. Люцерна на корм та насіння. Х. «Прапор», 19 с.

48. Грицюк В. М. Вплив добрив на стійкість люцерни проти зрідження. Кормовиробництво, К.: Урожай. 1975. Вип. 3, С. 68–72.

49. Натяга М. І. Ефективний прийом підвищення продуктивності люцерни. Корми і кормовиробництво. К.: Аграрна наука, 1980. Вип. 10. С. 6–9.

50. Сидоренко О. І., Тофан О. В. Особливості живлення люцерни в умовах зрошення півдня України. Проблеми та перспективи розвитку зрошуваного землеробства на півдні України: матер. проф.-виклад. та студ. наук. конф. агроном. ф-ту / відп. ред. В. О. Ушкаренко. Херсон: ХДАУ, 2003: присвяч. 100-р. від дня народж. проф. С. Д. Лисогорова. С. 56–57.

51. Осінній М. Г., Томашова О. Л. Вплив обробітку ґрунту та удобрення на забур’яненість та продуктивність озимої пшениці після люцерни в умовах зрошення. Зрошуване землеробство. Інститут

землеробства південного регіону УААН. Херсон: Айлант, 2006. Вип. 46. С. 51–56.

52. Pijnenborg Jan. W.M., Lie T.A. Zehnder A.J.B. Inhibition of nodulation of lucerne (Medicago sativa L.) by calcum depletion in an acid soil. Plant and Soil. 1990. N 1. P. 31–39.

53. Грицюк В. М. Вплив добрив на стійкість люцерни проти зрідження. Кормовиробництво, К.: Урожай. 1975. Вип. 3, С. 68–72.

54. Гусєв М. Г., Яворський С. В., Севідов О. Ф. Наукові розробки і основні напрями збільшення виробництва кормів на зрошуваних землях південного регіону України. Корми і кормовиробництво. Вінниця: Діло. 2006. Вип. 57. С. 99–104.

55. Яцентюк Р. В. Вапнування кислих ґрунтів: основа підвищення їх родючості. Агроном. 2010. № 3. С. 168–169.

56. The Rhizobiaceae. Molecular Biology of Model Plant-Associated Bacteria. [Edited by H. P. Spaink, A. Kondorosi, P. J.Hooykaas]. London: Khrwer Academic Publishers, 1998. 568 p.

57. Andrew C.S., Hegarty M.P. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and for temperate legume species. Aust. J. Agric. Res. 1969. Vol. 20. P. 687–696 (№ 13).

58. Brauer D., Ritchey D., Belesky D., Effects of Lime and calcium on Root Development and Nodulation of Clovers. Crop Sciense. 2002. Vol. 42. P. 1640–1646.

59. Walworth J. L., Sumner M. E. Alfalfa response to lime, phosphorus, potassium, magnesium, and molybdenum on acid ultisols. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 1990. P. 67–172.

60. Pijnenborg Jan. W.M., Lie T.A., Zehnder A.J.B. Nodulation of lucerne (Medicago sativa L.) in an acid soil pH dinamics in the rhizosphere of seeding growing in rhizotrons. Plant and Soil. 1990. N 2. P. 161–168.

61. G. R. Buss, Lutz J. A., Hawkins Jr. G. W. Effect of soil pH and plant genotype on element concentration and uptake by alfalfa. Crop Science. 1975. Vol. 15. p 614–617.

62. Нікітіна О. В. Вплив тривалого застосування добрив на вміст калію і магнію у чорноземі опідзоленому. Агрохімія і ґрунтознавство: спецвипуск до IX з'їзду УТГА (30 червня – 4 липня 2014 р., м. Миколаїв). Х., 2014. Кн. 2. С. 273–275.

ДОДАТКИ