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

ВПЛИВ УДОБРЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 26 м-а
спеціальності 201 Агрономія
ПАЛАМАРЧУК Роман Васильович

Керівники: ЧЕРНО Олена, к.с.-г.н., доцент;
САДОВСЬКИЙ Ігор, викладач

Умань – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП…… 4
РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ СИДЕРАЦІЇ НА РЕЖИМИ ҐРУНТОВИХ УМОВ РОДЮЧОСТІ (огляд літератури)…….…… 6
РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЬ……..... 15
2.1. Ботанічна і біологічна характеристика сидеральних культур…… 15
2.2. Особливості сортів сидеральних культур…… 16
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 17
3.1. Характеристика досліджуваних ґрунтів…….. 17
3.2. Кліматичні умови у роки проведення досліджень…….. 18
3.3. Схема досліду……..……... 21
3.4. Агротехніка вирощування сидеральних культур у досліді…… 21
3.5. Методика проведення досліджень……..... 23
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ……... 24
4.1. Вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті…….……... 24
4.2. Вміст рухомих сполук фосфору…….…….. 27
4.3. Вміст рухомих сполук калію…..…… 29
4.4. Вплив мінеральних добрив на формування густоти посівів сидератів…….. 31
4.5. Висота сидератів…… 34
4.6. Урожайність сидеральних культур залежно від удобрення…….. 35
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ПІД СИДЕРАТИ……...…….. 38
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА …….…….. 42
6.1. Організація умов і заходів з охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив……. 42
6.2. Екологічна безпека та охорона навколишнього природного середовища……..…… 44

ВИСНОВКИ……..... 46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……... 48
ДОДАТКИ……...… 55

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний стан сільського господарства потребує впровадження екологічно безпечних і енергозберігаючих технологій. Однією з перспективних систем є органічне землеробство, яке активно розвивається в Україні і має високий попит як на внутрішньому ринку, так і за кордоном.

Дослідження агроекологічних особливостей органічного землеробства розпочали представники української школи фізичної економії, такі як С. Подолинський і В. Вернадський, і надалі вони були продовжені сучасними науковцями, серед яких В. Горщар, О. Конопльов та інші. Важливе місце в органічному землеробстві відводиться сидеральним культурам. Термін «сидерація», запропонований у XIX столітті французьким ученим Ж. Вілем, означає внесення в ґрунт надземної маси спеціально вирощених рослин для покращення родючості, що перетворює сонячну енергію на природне добриво.

Актуальність теми дослідження впливу удобрення на продуктивність сидеральних культур у Правобережному Лісостепу обумовлена необхідністю підвищення родючості ґрунтів та зниження використання хімічних добрив. Сидеральні культури, що ефективно збагачують ґрунт органічними речовинами та покращують його структуру, відіграють ключову роль в екологічно орієнтованому землеробстві. Правобережний Лісостеп має специфічні ґрунтово-кліматичні умови, які вимагають оптимізації систем удобрення для підвищення продуктивності сидератів. Результати таких досліджень можуть сприяти розвитку сталого агровиробництва, покращенню якості ґрунтів і підвищенню врожайності сільськогосподарських культур в регіоні, що є актуальним у контексті сучасних вимог до екологізації сільського господарства.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є оцінка ефективності різних видів і доз добрив для сидеральних культур на опідзолених важкосуглинкових чорноземах Правобережного Лісостепу.

Завдання дослідження включають:

- оцінку впливу мінеральних добрив на ріст, розвиток та накопичення сухої речовини сидеральних культур;
- аналіз вмісту та засвоєння основних елементів живлення біомасою сидератів залежно від удобрення;
- визначення змін у вмісті органічної речовини ґрунту під впливом зелених добрив;
- оцінку впливу зеленого удобрення на агрохімічні, фізико-хімічні та біологічні показники родючості ґрунту;
- проведення економічної та енергетичної оцінки ефективності удобрення сидеральних парів.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше для умов Правобережного Лісостепу досліджено вплив різних видів і доз мінеральних добрив на формування біомаси однорічних культур для зеленого добрива (редьки олійної, вики ярої, гречки), їх хімічний склад і ключові показники родючості опідзоленого чорнозему. Доведено, що найбільш адаптованими та продуктивними для сидеральних парів в умовах удобрення є вика яра та редька олійна. Подальшого розвитку набули дослідження впливу сидератів на комплекс агрохімічних, фізико-хімічних та біологічних властивостей опідзолених чорноземів.

РОЗДІЛ 1
ВПЛИВ СИДЕРАЦІЇ НА РЕЖИМИ ҐРУНТОВИХ УМОВ РОДЮЧОСТІ
(огляд наукової літератури)

Відмічається [1], що впровадження у рослинництві інтенсивних технологій сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур. Водночас застосування високих норм хімічних засобів та велика кількість міжрядних обробітків ґрунту призводять до зміни агрохімічних, водно–фізичних і біологічних властивостей ґрунтів, надлишкової мінералізації гумусу, суттєвих втрат вологи і біогенних елементів за межі кореневмісного шару, посилення процесів ерозії, тобто до значної деградації ґрунтового покриву.

Підвищити родючість ґрунту і продуктивність агроценозів можливо за комплексного внесення органічних та мінеральних добрив з використанням сидеральних культур на зелене добриво [2].

Вітчизняний і закордонний досвід свідчить, що за сучасних умов ведення землеробства сидерація є важливим агротехнічним заходом багатопланової дії, який дозволяє: поповнювати запаси органічних речовин та азоту в ґрунті [3]; використовувати важкорозчинні сполуки фосфору з нижніх шарів ґрунту [4]; зменшувати невиробничі витрати вологи і поживних речовин внаслідок послаблення процесів інфільтрації з кореневмісного шару ґрунту і підвищувати коефіцієнт використання діючої речовини з добрив і хімічних меліорантів [5]; знижувати процеси водної та вітрової ерозії [6] зменшувати засмічення посівів бур’янами та запобігати ураженню культур хворобами і шкідниками [7]; підвищувати біологічну активність ґрунту [8]; покращувати агрофізичні властивості ґрунту внаслідок розпушування його глибших шарів, а з відмиранням коренів – створення вертикального дренажу [9]; пом’якшувати ґрунтовтому у спеціалізованих сівозмінах [10]; зменшувати

витрати енергетичних і матеріальних ресурсів [11]; підвищувати урожайність сільськогосподарських культур та покращувати якість продукції [12].

Дослідженню ефективності вирощування сидеральних культур у різних ґрунтово– кліматичних умовах України присвячено праці багатьох вітчизняних вчених–теоретиків та практиків: С. В. Бегея, О. М. Берднікова, П. І. Бойка, С. Ю. Булигіна, О. М. Бунчака, В. В. Волкогона, Е. Г. Дегодюка, Н. П. Коваленко, В. М. Сендець– кого, І. А. Шувара та інших [1]. Ними встановлено, що використання сидеральних культур на зелене добриво сприяє збагаченню ґрунту органічними компонентами, азотом, фосфором, калієм і протеїном, що утворюються внаслідок розкладання їх кореневої системи [11, 13]; розпушуванню та поліпшенню структури ґрунту, а також водного і повітряного режимів; поліпшенню здатності до утримання води в ґрунті через збагачення його органічними речовинами; активізації діяльності корисних мікроорганізмів [14, 10]; запобіганню розвитку шкідливих організмів, захищаючи їх від хвороб; пригніченню розвитку бур’янів; приваблению комах, корисних для розвитку сільськогосподарських культур [6]; захисту ґрунту від вивітрювання, перегрівання і розмивання; підвищенню якісного рівня процесу перегнивання компонентів компосту, покращуючи його структуру та збагачуючи склад [7, 15]; зниженню рівня кислотності ґрунту; зменшенню антропогенного і техногенного навантаження на агрофітоценоз; поліпшенню екологічного стану навколишнього природного середовища [8, 16].

Відмічається [17] також, що сидерати – найважливіше джерело постійно відновлюваних середовищних органогенних ресурсів. У разі біологізації землеробства їх слід як культури до створення сприятливих умов розвитку однієї, чи групи культур у сівозміні. Цей підхід досить повно відображає багатофункціональні завдання, які виконують сидерати у сучасному землеробстві:

– підвищують коефіцієнт корисного використання сонячної енергії на 20– 25%;

– оберігають ґрунт від водної та вітрової ерозії; збагачують ґрунт органічною речовиною та біологічним азотом; вивільняють Р, К, Са, Mg з важкодоступних форм у ґрунті і вводять їх у біологічний кругообіг;

– перерозподіляють елементи живлення з нижніх горизонтів на орний шар ґрунту;

– обмежують втрати елементів живлення із промивними водами; покращують фізичні, біологічні та біохімічні властивості ґрунту;

– служать фітомеліорантом на забруднених ґрунтах; пригнічують зростання та розвиток бур'янів; послаблюють фітопатогенну та ентомологічну навантаження на оброблювані рослини; є важливим резервом кормової бази для тваринництва.

У сучасних умовах завдання збереження родючості ґрунту, а разом з ним і збільшення продуктивності та стійкості агрофітоценозів, повинні вирішуватись комплексно, в рамках адаптивно–ландшафтних систем землеробства, які, поряд із відтворенням родючості та захистом ґрунтів від ерозії та дефляції, забезпечують збереження агроландшафтів та екологічну чистоту довкілля людини [18].

У біологічному землеробстві ґрунт розглядається як живий організм із дуже високою чутливістю на хіміко-техногенне втручання. Всі агротехнічні заходи біологічного землеробства сконцентровані на ґрунті, активному догляді за ним, збереженні та поліпшенні родючості. Ґрунт має високий рівень автономності протікають у ній процесів накопичення елементів живлення та його надходження у ґрунтовий розчин, утворюючи ресурс, використовуваний рослинами в критичні періоди зростання та розвитку. Якщо в традиційному землеробстві при розробці систем застосування добрив основний упор роблять на рослину, то в біологічному – на ґрунт з урахуванням її екологічного стану, що забезпечує нормальний перебіг біологічних процесів [19].

Використання сидератів та нетоварних частин урожаю зернових культур для отримання добрив дозволяє компенсувати частину традиційних органічних добрив та у поєднанні з інтенсивною та асоціативною

азотфіксацією сприяє зменшенню діапазону розімкненості круговороту речовин та енергії в агроценозах [20].

При цьому використовується середовищна здатність культур за рахунок повернення органічних речовин у ґрунт з кореневими та пожнивними залишками, а повернення багато в чому здійснюється шляхом імітації взаємодії між ґрунтовим середовищем та агрофітоценозом, подібного до ідентичних процесів у природних умовах [21].

У біологізованих випадках збільшується надходження у ґрунт фітомаси, що імітує опад у природних фітоценозах, а чергування різних за біологією культур – багатокомпонентний характер впливу на ґрунт природних рослинних угруповань, що характеризуються великою кількістю видів [22].

Біологізація також має на увазі розгляд різних питань землеробства через призму екологічного підходу. Застосування екологічної системи землеробства пов’язане з охороною навколишнього середовища, а основою цього є жорстке обмеження застосування пестицидів з урахуванням тривалості періоду інтоксикації та гнучке ставлення до питання про мінеральні добрива з урахуванням оцінки екологічної чистоти навколишнього простору [23].

Розширення використання таких специфічних та екологічно чистих органічних добрив, як солома та зелене добриво, є одним із найважливіших елементів біологічного землеробства, що визначають родючість ґрунту та екологічну ситуацію в агроекосистемах [24].

Зелене добриво, будучи дешевим і доступним органічним добривом, служить невичерпним і постійно відновлюваним джерелом азоту та органічної речовини. Багато країнах світу, особливо у Європі, використання зеленого добрива з допомогою проміжних посівів різних культур є невід’ємною частиною сучасних биологизированных систем землеробства. Цінність проміжних сидеральних культур полягає в тому, що вони не займають окремо відведеного для них поля, як, наприклад, сидеральну пару, а використовують для формування врожаю зеленої маси агрокліматичні ресурси теплої пори

року, що залишаються невикористаними основними культурами сівозміни [25].

Сидеральні культури мають значення як елементи екологічно чистого землеробства. Переводячи в органічну форму мінеральні елементи живлення рослин, вони оберігають їх від вимивання та забруднення навколишнього середовища. З іншого боку, надходячи у ґрунтовий розчин у процесі повільного та безперервного розкладання органічної маси протягом усього літнього періоду, поживні елементи не накопичуються у ґрунті у надлишкових кількостях [26].

Проміжні культури служать не лише додатковим джерелом кормів, а й виконують у сівозмінах важливу фітосанітарну та екологічну функцію. Це відбувається, перш за все, тому, що займаючи поля сівозміни в період часу, вільний від обробітку основних культур, вони своїм зеленим покривом захищають ґрунт від ерозії. Відрізняючись від основних культур сівозміни і з біології, і з технології обробітку, проміжні культури посилюють ефект плодозміни, покращуючи фітосанітарний потенціал поля, особливо, якщо вони використовуються як зелене добрива [27].

Органічну речовину зеленого добрива можна розглядати як створюваний у ґрунті резерв усіх необхідних рослинам поживних речовин, який переходить у засвоювану форму не відразу, а поступово, протягом усього вегетаційного періоду, забезпечуючи безперервне зростання та розвиток рослин. Особливо цінним є зелене добриво з бобових культур, здатних збагачувати ґрунт азотом за рахунок фіксації азоту атмосфери бульбочковими бактеріями. У цьому сенсі посів бобових зеленоудобрительных рослин можна назвати живої фабрикою азотних добрив, яка складних машин, лише з допомогою роботи азотфиксирующих мікроорганізмів пов’язує дуже багато вільного азоту повітря на корисну форму органічних сполук ґрунту. Так, при закладенні десяти тонн зеленої маси люпину ґрунт збагачується азотом на 54–56 кг/га, конюшини – на 62, гороху та кормових бобів – на 52, лядвенця

рогатого – на 59 кг/га. Важливо й те, що добриво ґрунту азотом, накопиченим бобовими рослинами, не потребує додаткових витрат [28].

Вивчення впливу ралічних культур на вміст органічної речовини ґрунту в показує, що поряд з багаторічними травами та однорічними культурами можуть залишати значну кількість рослинних залишків. Це дуже важливо особливо в умовах недостатнього зволоження ґрунту, коли обробіток багаторічних трав на богарних ділянках легких ґрунтів економічно недоцільний внаслідок отримання низької врожайності надземної маси. У цьому випадку рослинні залишки однорічних культур є основним джерелом поповнення запасів органічної речовини у ґрунті [29].

Слід зазначити, що залежність між урожаєм та пожнивно–кореневими залишками не є лінійною. Дослідження І.В. Дмитрука, Л.М. Ковальчук [30] показали, що при підвищенні врожаю сільськогосподарських культур під впливом добрив кількість післязбиральних залишків збільшується на 30–40 %, при цьому ставлення їх до основної продукції дещо знижується. Для багаторічних трав при врожаї сіна 20 ц/га на 1 ц сіна припадає 1,2–1,5 ц залишків, понад 50 ц/га лише 0,7–0,8 ц.

За оцінкою М.В. Мельника, В.М. Лободи [31], кількість рослинних залишків всіх польових культур, що надходять у ґрунт, за винятком багаторічних трав, на фоні без внесення органічних добрив недостатньо для відшкодування втрат гумусу при мінералізації його в процесі вирощування врожаю.

Для збереження природного та досягнення розширеного відтворення ґрунтової родючості, що забезпечує стабільне зростання врожайності с.–г. культур, насамперед необхідне внесення органічних добрив у тій чи іншій формі. Тільки вони можуть компенсувати втрати органічної речовини, пов’язані з його мінералізацією та відчуженням з основною та побічною продукцією. Збагачення ґрунту органікою супроводжується активізацією діяльності мікроорганізмів різних груп і ґрунтових тварин, що беруть участь у

процесах її перетворення і визначальних спрямованість процесів формування та підтримки гумусового балансу [32, 33].

Введення в сівозміну проміжних культур на сидерат забезпечувало надходження рослинних залишків на рівні плодозміни, одночасне використання сидерату і соломи підвищувало їх загальну масу більш ніж на 2,5 т/га. При беззмінному обробітку ячменю на фонах мінерального та органо–мінерального живлення відзначалася така сама закономірність у накопиченні загальної кількості органіки, як і в сівозміні, а у варіанті без застосування добрив маса кореневих та пожнивних залишків була найменшою і становила 2,23 т/га , що у 1,7 разу менше, ніж у добривому варіанті, й у 2,3 разу, ніж у варіанті плодозміни [34, 35].

Велике значення мають зелені добрива під час рекультивації вироблених кар’єрів нерудних корисних копалин і забруднених ґрунтів. Наприклад, на забруднених моторними мастилами ділянках добре росте конюшина. Для детоксикації ґрунту висівають тилею трилисткову, буркун і конюшину солодку [36].

По даних Г.М. Господаренко [36] органічну речовину зеленого добрива можна розглядати як створюваний у ґрунті резерв всіх необхідних рослинам поживних рослин, які переходять у засвоювальну форму не відразу, а поступово, впродовж усього вегетаційного періоду, забезпечуючи неперервний ріст та розвиток рослин. Особливо цінним є зелене добриво з бобових культур, здатних збагачувати ґрунт азотом за рахунок фіксації його з атмосфери бульбочковими бактеріями. В цьому сенсі посів бобових зеленоудобрених рослин можна назвати живою фабрикою азотних добрив, які без складних машин, а лише завдяки роботі азотфіксуючих мікроорганізмів зв’язують велику кількість вільного азоту повітря у корисну форму органічних речовин ґрунту. Так, при заробці 10 т зеленої маси люпину ґрунт збагачується азотом на 54–56 кг/га, конюшини – на 62, гороху та кормових бобів – на 52, лядвенцю рогатого – на 59 кг/га. Важливо й те, що удобрений ґрунт азотом, накопиченим бобовими рослинами, не потребує додаткових витрат.

Сидерати мобілізують елементи живлення нижніх шарів ґрунту і переміщують їх в орний шар. Якщо внесення гною – це повернення у ґрунт елементів живлення, що були використані рослинами для створення врожаю, то застосування зеленого добрива – це мобілізація поживних речовин із сонячної енергії, атмосфери та нижніх шарів ґрунту, які мало використовуються [37].

Зелені добрива сприяють відновленню нормального циклу колообігу органічних речовин і азоту в ґрунті. Результати досліджень з використанням мічених ізотопів показали, що при заробці гірчиці білої у вигляді пожнивного сидерата істотно покращилося азотне живлення рослин ячменю і озимих зернових культур, в основному за рахунок підвищення коефіцієнта використання азоту мінеральних добрив на 40–60 %. Збільшення ресурсів додаткових форм азоту не тільки створює сприятливіші умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур, але й зменшує забруднення ґрунту та рослинницької продукції нітратами та іншими шкідливими речовинами, що можуть надходити з мінеральними добривами [38, 39].

Висівати рослини на зелене добрив слід з метою одержання якнайбільшої органічної маси. Отже, вони повинні давати великі врожаї. Зелене добриво зазвичай застосовують на бідних ґрунтах, а тому рослини мають бути невибагливі до ґрунтових умов. Також важливо підібрати таку сидеральну культуру, яка мала б низький коефіцієнт транспірації (для економії ґрунтової вологи), низьку норму висіву (для зниження витрат на насіння) та поряд із формуванням високого врожаю біомаси забезпечувала б ранній термін зароблення її в ґрунт. Суттєвим є те, що сидеральні пару доцільно застосовувати не тільки на бідних піщаних і супіщаних ґрунтах у районах достатнього зволоження (на Поліссі України), а й на важких за гранулометричним складом ґрунтах [40].

З культур, що вирощуються на зелене добриво, особливий інтерес становлять рослини родини капустяних і бобових як найбільш адаптовані для вирощування в різних ґрунтово–кліматичних зонах нашої країни та за

кордоном. Ріпак, гірчиця біла, найбільшою мірою відповідають основним вимогам, що пред'являються до пожнивних культур, завдяки холодостійкості, короткому вегетаційному періоду, здатності інтенсивно нарощувати зелену масу, багату на протеїн, порівняно низькі витрати на їх обробіток і високу адаптивність до ґрунтово–кліматичних умов [41].

Зелені добрива можна розглядати як оптимальніше джерело збагачення ґрунту доступним азотом [42]. Багаті на азот рослинні рештки використовують для подолання дефіциту мінерального азоту [43].

Внесення в ґрунт свіжої органічної речовини стимулює накопичення азоту в мікробній біомасі та є важливою умовою збільшення його потенціально мінералізаційних запасів. Розміри асиміляції мікроорганізмами азотовмісної біомаси багаторазово перевищують його мінералізовану кількість. Внесення фітомаси з вузьким (50) відношенням C : N зумовлює накопичення тільки азоту мікробної біомаси. Засвоєний мікроорганізмами азот фітомаси постійно піддається мінералізації, реіммобілізації та стабілізації [44].

Введення в структуру сівозміни сидерального пару, насиченого культурами–азотфіксаторами, дає змогу на 25–30 % зменшити внесення мінеральних азотних добрив [45]. Так, встановлено, що рівноцінні врожаї картоплі й кукурудзи одержано за внесення $N_{90}P_{90}K_{120}$ і $N_{45}P_{90}K_{120}$ на фоні 30 т/га гною та поєднання останнього з сівбою сидерату (люпин вузьколистий). Реальна економія азотних добрив становить 45 кг/га д. р. [46, 47].

Одним з основних стримувальних чинників широкого впровадження сидеральних парів є проблема вологозабезпеченості ґрунтів [48, 49].

Таким чином, впровадження системи сидерації в землеробстві підвищує рівень продуктивності сільськогосподарських культур, забезпечує відновлення родючості ґрунтів і сприяє екологічній стабільності агроценозів.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ботанічна і біологічна характеристика сидеральних культур

Редька олійна належить до сімейства капустяних і має потужний корінь, що проникає на глибину понад 1 метр. Рослина досягає висоти 80–150 см, з порожнистим стеблом та опушеним листям. Квіти мають білий або світло-фіолетовий колір, а плід – стручок із 6–8 насінинами. Насіння рожево-коричневе, масою 1000 насінин 9–12 г. Редька швидко росте і стійка до холоду, витримує приморозки до -5°С, а в період цвітіння – до -8°С. Її використовують як сидеральну і медоносну культуру. Повторне відростання після укосу дає до 150 ц/га зеленої маси за оптимальних умов.

Вика яра – однорічна бобова рослина з добре розвиненою кореневою системою і тонким стеблом до 1 метра заввишки, яке схильне до вилягання. Листя складається з 5–8 пар дрібних листочків, закінчується вусиками. Квіти переважно червоно-фіолетового кольору, а плоди – боби з 7–9 насінинами, які легко розтріскуються при достиганні. Маса 1000 насінин становить 40–60 г. Вика є холодостійкою і вологолюбною рослиною з вегетаційним періодом від 75 до 130 днів, залежно від сорту та умов вирощування.

Гречка звичайна (Fagopyrum esculentum) – однорічна трав'яниста рослина родини гречкових, з кореневою системою, що проникає в ґрунт на 90–100 см. Стебло гілкується, досягає висоти 40–110 см, має поздовжні ребра. Листя серцеподібне, а суцвіття розташовані на верхівках та бокових гілках. Плід – тригранний горішок довжиною 4–7 мм. Маса 1000 плодів залежить від сорту і становить 20–45 г. Гречка росте на ґрунтах із pH 5–7, потребує стабільного температурного режиму, краще росте при 20°С і вимагає багато вологи під час цвітіння.

2.2. Особливості сортів сидеральних культур

Редька олійна. Сорт «Слобожанська». Оригінатор: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Зареєстрований у 2020 році. Сорт середньостиглий, стійкий до посухи, осипання та вилягання. Ураження хворобами низьке. Листя світло-зелене, з ліроподібною формою і слабким опушенням. Суцвіття — рихла китиця з квітами білого і світло-фіолетового кольору. Стручки міцні, з гострим кінцем, не розтріскуються при достиганні. Середня врожайність — 15,2–16,8 ц/га. Вміст жиру — 36,5%, білка — 28,0%. Укісна стиглість настає через 50–55 днів після сівби. Післяукісні посіви формують до 320 ц/га зеленої маси з високим вмістом протеїну та мінеральних речовин. Зелена маса добре поїдається тваринами і покращує фізико-хімічні властивості ґрунту.

Вика яра. Сорт «Оберіг». Оригінатор: Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла. Зареєстрований у 2021 році для Полісся і Лісостепу. Сорт середньоранній, підходить для укісно-зернового вирощування. Тривалість вегетаційного періоду — 85–90 днів, укісна стиглість настає через 45 днів. Продуктивність: зелена маса — 35–45 т/га, сіно — 8–10 т/га, насіння — 3,0–3,7 т/га. Відзначається високою стійкістю до хвороб і розтріскування бобів, добре переносить посуху.

Гречка. Сорт «Поліська 2». Оригінатор: Інститут землеробства НААН України. Зареєстрований у 2019 році. Рослини висотою 90–95 см, маса 1000 зерен — 28–30 г. Сорт середньостиглий, з вегетаційним періодом 80–85 днів. Стійкий до осипання та вилягання, має високу стійкість до ураження хворобами. Урожайність — 20,5–35,0 ц/га, що на 3–5 ц/га вище порівняно зі стандартними сортами. Вихід крупи — до 75%, вміст білка — 16,0%. Рекомендовані строки сівби: кінець квітня – початок травня, норма висіву при широкорядному способі сівби — 60–65 кг/га.

РОЗДІЛ 3
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика досліджуваних ґрунтів

Досліди проводилися на важкосуглинковому чорноземі опідзоленому, сформованому на лесі. Глибина гумусового профілю цього ґрунту становить 80–90 см при вмісті гумусу 3,1 %. Реакція ґрунтового розчину слабокисла (pHсол = 5,6–6,0), гідролітична кислотність знаходиться в межах 1,5–2,5 смоль/кг ґрунту, ступінь насиченості основами складає 85–93 %. В обмінних катіонах приблизно 80 % припадає на кальцій. Чорнозем опідзолений займає близько 18 % території Лісостепу України і найбільш поширений на Правобережжі.

Рельєф дослідного поля являє собою вирівняне підвищене плато з пологими (2–3°) схилами південно-східної та північно-західної експозицій. Глибина залягання підземних вод становить 22–24 м, тому вони не впливають на будову і властивості ґрунту, а також на водоспоживання сільськогосподарських культур.

Морфологічні особливості окремих генетичних горизонтів чорнозему опідзоленого важкосуглинкового мають такі характеристики:

- **Не (0–45 см)** – гумусний, слабкоелювіальний горизонт темно-сірого кольору з білуватим відтінком кременистої присипки. Орний шар має пилувато-грудочкову структуру, слабко ущільнений, підорний – грудочкувато-зернисто-горіхуватий, щільний. Перехід поступовий, помітний за зміною структури, складу і кольору.
- **Нрі (45–70 см)** – гумусний, слабкоілювіальний горизонт темно-сірого кольору з буруватим відтінком, рівномірно гумусований, дрібно-грудочкувато-горіхуватої структури, щільний, з кременистою присипкою, наявні червоточини та кротовини. Перехід поступовий.

- **PIh (70–105 см)** – порода слабкоілювіальна, слабогумусована, сіро-бурого кольору, крупно-горіхуватої структури, яка частково переходить у горіхувато-призматичну з глибиною. На поверхні агрегатів і вертикальних тріщин помітний блиск від колоїдів R_2O_3. Перехід поступовий.
- **Pi(h) (105–135 см)** – порода слабкоілювіальна, з окремими карманами та потьоками гумусу, буро-палевого кольору, грудочкувато-стовпчастої структури. На вертикальних стінках агрегатів присутня іржаво-бура плівка R_2O_3 з характерним блиском. Горизонт щільний, місцями пронизаний кротовинами, перехід хвилястий, добре помітний.
- **Рк (135 см і глибше)** – материнська порода, лес палевого і темно-палевого кольору, дрібнозернистої структури, нещільний. Карбонати присутні у вигляді прожилок, міцелію і дрібних скупчень, наявні сліди землерийок.

  Лінія скипання карбонатів розташована на глибині 135–140 см.

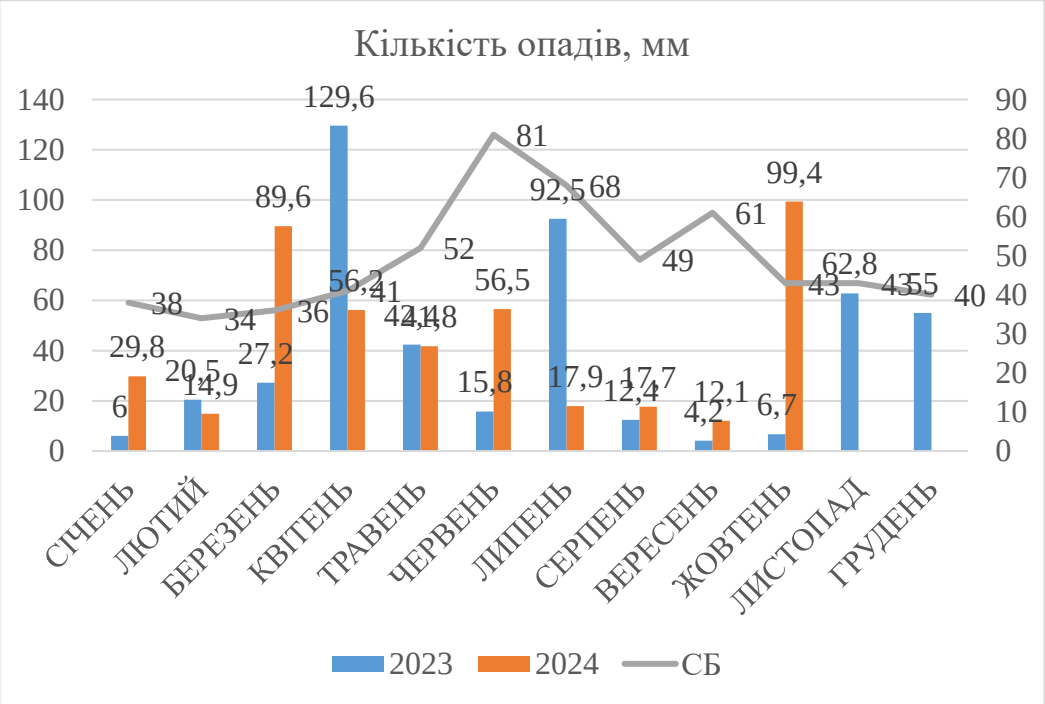
Таким чином, чорнозем опідзолений важкосуглинковий на дослідному полі Уманського національного університету садівництва відзначається високою родючістю і при належному рівні агротехнологій здатний забезпечувати отримання стабільних і високих урожаїв адаптованих сортів і гібридів сільськогосподарських культур.

3.2. Кліматичні умови у роки проведення досліджень

Кліматичні умови та характеристики ґрунту є ключовими факторами, що безпосередньо впливають на ріст і розвиток рослин. Саме вони мають постійний та визначальний вплив на врожайність сільськогосподарських культур. Для досягнення високих урожаїв необхідно враховувати біологічні особливості рослин, розуміти вплив зовнішніх факторів та вміло керувати умовами живлення. Упродовж 2023–2024 років було проведено дослідження з

метою оцінки ефективності рівня мінерального живлення та впливу добрив на продуктивність сидеральних культур.

Показники температури повітря, кількості опадів та їх багаторічні середні значення були отримані за результатами спостережень метеостанції в м. Умань і наведені в рисунках 2.1 і 2.2.



Примітка: СБ – середній багаторічний показник

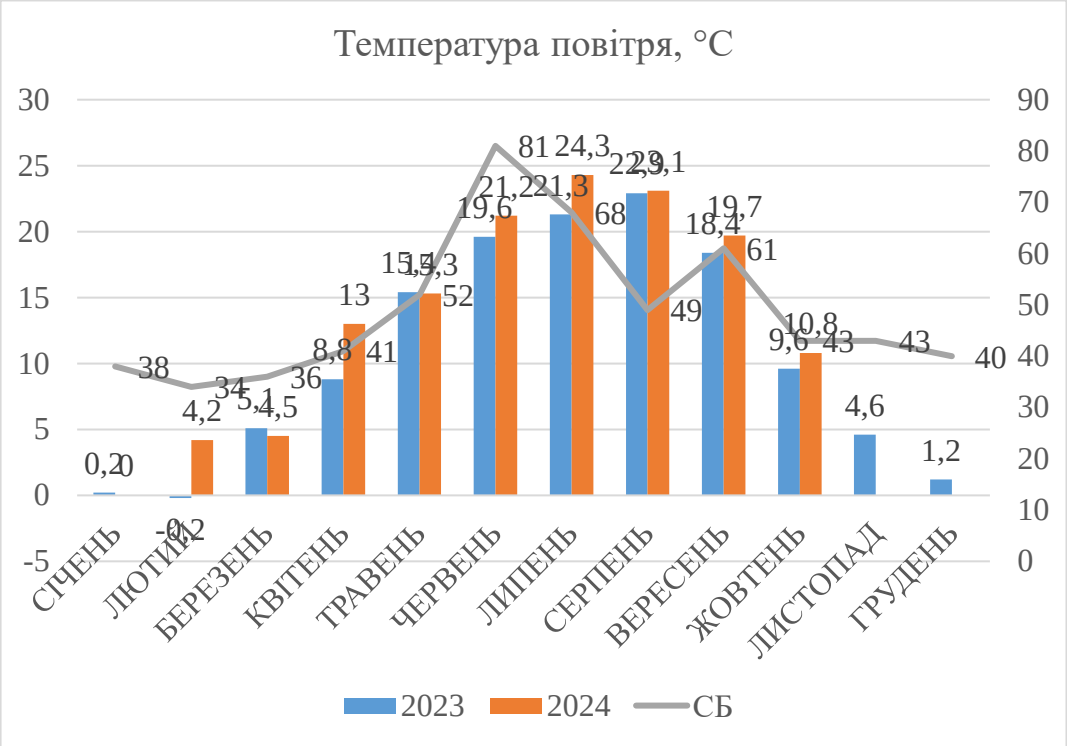
Рис. 2.1 Кількість опадів у період проведення досліджень (за даними метеорологічної станції «Умань»)

У 2023 році спостерігався значний обсяг опадів у травні (89,6 мм) та червні (52 мм), що сприяло початковому росту рослин. У липні кількість опадів зменшилася до 15,8 мм, а в серпні вона була ще меншою – 17,9 мм. У вересні й жовтні рівень опадів залишався досить низьким (12,1 мм і 6,7 мм відповідно). Такий дефіцит вологи в другій половині вегетаційного періоду негативно вплинув на ріст і розвиток культур.

У 2024 році кількість опадів була помірною в квітні (36 мм), але значно зросла в травні (129,6 мм), що забезпечувало рослини достатньою кількістю вологи на ранніх етапах росту. У червні та липні кількість опадів також була

відносно високою (56,5 мм і 68 мм відповідно), що сприяло кращому розвитку культур у середині вегетаційного періоду. В серпні та вересні кількість опадів значно зменшилася (17,7 мм і 4,2 мм), що створило умови для стресу через нестачу вологи. У жовтні ситуація знову покращилася, коли кількість опадів зросла до 61 мм.

За час досліджень зафіксовано підвищення температурного режиму порівняно з середньобагаторічним показником (рис. 2.2).



Примітка: СБ – середній багаторічний показник

Рис. 2.2 Температура повітря в період проведення досліджень (за даними метеорологічної станції «Умань»)

Температурний режим у 2023 році був сприятливим для росту сидеральних культур. У червні та липні середня температура становила 21,2°C і 24,3°C відповідно, що є оптимальними умовами для розвитку більшості рослин. У вересні та жовтні температура поступово знижувалась (19,7°C і 10,8°C), що відповідало природному закінченню вегетації.

Температурний режим у 2024 році був близьким до умов 2023 року, з високими температурами в червні та липні (19,6°C і 22,3°C). В серпні

температура була найвищою (23,1°C), а в вересні і жовтні почалося поступове зниження (18,2°C і 9,6°C відповідно), що відповідало завершенню вегетаційного періоду.

Отже, погодні умови у 2024 році були загалом сприятливішими для росту сидеральних культур через більшу кількість опадів у критичні місяці (травень та червень). У 2023 році спостерігався значний дефіцит опадів влітку, що могло знизити врожайність. Температурні умови в обидва роки були близькими до оптимальних для вирощування гречки, вики ярої та редьки олійної.

3.3. Схема досліду

Експериментальна частина роботи з оцінки ефективності різних доз і видів мінеральних добрив під сидеральні пари проводилась у короткотерміновому досліді. У якості зеленого добрива висівали редьку олійну сорту «Слобожанська» з нормою висіву 20 кг/га, вику яру сорту «Оберіг» – 150 кг/га, та гречку сорту «Поліська 2» – 150 кг/га. Контролем виступав чистий пар. Добриво для кожної культури вносилося за наступною схемою:

1. Контроль – без добрив;
2. $P_{40}K_{40}$;
3. $N_{40}K_{40}$;
4. $N_{40}P_{40}$;
5. $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Такий вибір культур обумовлений їх належністю до різних біологічних груп, що дозволяє оцінити їхній різний вплив на родючість ґрунту та врожайність наступних культур. Вибрані культури також сприяють розширенню сівозміни, підвищенню її біорізноманіття та, за необхідності, можуть розірвати зерновий ланцюг у сівозміні.

Площа дослідної ділянки становила 36 м² (3,6 м х 10 м), облікова площа — 25 м² (2,5 м х 10 м). Розміщення ділянок було послідовним, а повторність дослідів – триразовою.

3.4. Агротехніка вирощування сидеральних культур у досліді

Сівбу сидератів проводили на початку квітня – середину травня, зважаючи на особливості кожної культури. Використовували сучасну рядкову сівалку Amazone D9, яка забезпечує рівномірне розподілення насіння. Попередником сидератів була озима пшениця. Насіння капустяних культур перед сівбою обробляли інсектицидним протруйником Cruiser 350 FS (4 л/т) для захисту від шкідників, таких як чорна блішка.

На стадії цвітіння та плодоутворення гречки, цвітіння і початку формування бобів у вики ярої та стручків у капустяних культур сидерати скошували у другій декаді червня – першій декаді липня з використанням мульчувальника Kuhn RM 400. Зелену масу заробляли в ґрунт за допомогою оборотного плуга Kverneland EO85, що забезпечує глибину обробітку 25–27 см. Протягом літа і початку осені ґрунт підтримували у стані напівпару.

Згідно зі схемою дослідження, використовували такі сучасні мінеральні добрива: аміачну селітру, гранульований суперфосфат та калій хлористий. Під сидерати фосфорні та калійні добрива вносили розкидним способом за допомогою розподільника Amazone ZA-TS під основний обробіток, азотні добрива — під передпосівну культивацію за допомогою культиватора Horsch Terrano. Компенсуючі дози фосфорних і калійних добрив вносили перед сівбою озимої пшениці, а азотні добрива — підживленням розкидним способом ранньою весною.

3.5. Методика проведення досліджень

Для визначення основних агрохімічних показників ґрунту відбирали зразки з глибини 0–60 см з інтервалом через кожні 20 см. Відповідно до програми досліджень, у науковій лабораторії масових аналізів (свідоцтво № А 06–203 в) та на кафедрі агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва проводили такі аналізи:

- Визначення вмісту нітратного азоту ($N{-}NO_3^-$) і амонійного азоту ($N{-}NH_4^+$) у ґрунті згідно з ДСТУ 4729 [50].
- Визначення рухомих сполук фосфору та калію за модифікованим методом Чирикова згідно з ДСТУ 4115 [51].

Обліки, спостереження та якісні аналізи рослин проводили відповідно до наступних методик:

- Вимірювання висоти рослин здійснювали за допомогою мірної лінійки, площу листкової поверхні визначали методом висічок, схожість та густоту стояння – за загальноприйнятими методиками [52].
- Фітомасу сидератів обліковували методом пробних майданчиків у чотириразовій повторності з подальшим зважуванням.
- Кількість кореневих решток у ґрунті визначали за методом Труханівського [53]. Основна маса кореневої системи зосереджена на глибині 0–40 см, де і проводили оцінку їх кількості, враховуючи обсяг відмерлих коренів (20 % від маси решток) та кореневих виділень (10 % від маси кореневих решток).

Економічну ефективність перенесення частини мінеральних добрив з підживлення пшениці під сидерати розраховували за загальноприйнятими методиками, враховуючи витрати за технологічними картами та ціни IV кварталу 2024 року.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті

Сидерати, або зелене добриво, – це рослини, які швидко нарощують зелену масу і вирощуються для подальшого заорювання в ґрунт, що служить джерелом органічної речовини і азоту для рослин і ґрунтових мікроорганізмів. Такі культури допомагають захистити ґрунт від вивітрювання та мінералізації органічних речовин, зменшують вимивання поживних речовин у глибші шари, утримуючи їх у верхньому родючому шарі ґрунту [54].

Азот, який сидеральні культури використовують із ґрунту для нарощування біомаси, не вичерпується: після їх заорювання він повертається в ґрунт, підвищуючи вміст органічної речовини та азоту, подібно до природного балансу азоту у цілинних ґрунтах [55].

Як видно з таблиці 1, вміст нітратного азоту (NO_3^-) зменшується по профілю ґрунту, але залишається вищим у верхньому орному шарі (0–20 см). Це обумовлено перемішуванням ґрунтових шарів при заорюванні сидеральних культур та підвищеною мінералізацією органічної речовини в цьому шарі, де була внесена свіжа фітомаса сидератів із низьким співвідношенням N : C. У шарі 20–40 см переважають кореневі рештки, які мають вищий коефіцієнт N : C порівняно з надземною масою.

Вміст NO_3^- після сидеральних парів у шарі 0–20 см був вищим на 15–50 % порівняно з чистим паром, залежно від культури сидерата та внесення добрив. Найменший вміст NO_3^- спостерігався у варіанті без добрив, тоді як внесення добрив під вику яру та редьку олійну збільшувало цей показник на 2–6 % і 10–15 % відповідно.

Вирощування гречки як сидерату покращувало вміст NO_3^- у підорному шарі (20–40 см) лише за внесення повного мінерального добрива ($N_{40}P_{40}K_{40}$),

досягаючи рівня чистого пару. У варіантах без добрив та із застосуванням $P_{40}K_{40}$ вміст NO_3^- зменшувався на 10–20 %. Інші варіанти удобрення забезпечували стабільний рівень NO_3^-, майже ідентичний чистому пару.

Таблиця 1

Вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті після різних парів та їх удобрення перед сівбою пшениці озимої (2023–2024 рр.)

Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Чистий пар	Сидеральний пар		
			Редька олійна	Вика яра	Гречка
			вміст азоту мінеральних сполук, мг/кг ґрунту		
Без добрив (контроль)	0–20	9,5 18,9	10,7 19,8	11,6 21,3	10,4 21,7
	20–40	8,5 17,6	7,8 20,7	8,5 21,2	7,3 18,4
$P_{40}K_{40}$	0–20		11,6 22,5	11,4 23,1	10,7 22,3
	20–40		9,8 22,6	8,5 19,9	8,3 20,2
$N_{40}K_{40}$	0–20		12,1 23,8	12,3 24,6	10,9 23,5
	20–40		9,5 21,4	8,9 20,9	8,5 20,1
$N_{40}P_{40}$	0–20		12,4 24,4	12,8 25,1	11,0 24,0
	20–40		9,3 21,9	9,2 21,6	8,7 20,8
$N_{40}P_{40}K_{40}$	0–20		12,6 24,8	13,0 25,5	11,2 24,5
	20–40		9,4 22,0	9,3 21,9	8,8 21,1

Примітка. Над рискою – вміст $N–NO_3^-$, під рискою – $N–NH_4^+$.

Вміст амонійного азоту ($N\text{-}NH_4^+$) зростав при внесенні мінеральних добрив у сидеральних парах. На контрольному варіанті без добрив цей показник становив 18,9–21,7 мг/кг ґрунту у верхньому шарі, тоді як у варіанті з $N_{40}P_{40}K_{40}$ досягав 25,5 мг/кг. У підорному шарі вміст $N\text{-}NH_4^+$ після

сидеральних парів збільшувався на 5–30 %, досягаючи 22,0 мг/кг у варіанті $N_{40}P_{40}K_{40}$. Найвищий вміст амонійного азоту в підорному шарі спостерігався після редьки олійної, незалежно від варіанта удобрення, або був майже ідентичний рівню в орному шарі.

Сидеральні пари за удобрення підвищували вміст $N\text{-}NH_4^+$ у ґрунті на 5–40 % у верхньому шарі та на 3–25 % у підорному порівняно з чистим паром. Редька олійна без добрив та за внесення $P_{40}K_{40}$ зменшувала вміст $N\text{-}NH_4^+$ у верхньому шарі на 1–2 % порівняно з чистим паром, тоді як повне добриво забезпечувало максимальний ефект.

Таким чином, до сівби озимої пшениці мінеральні добрива у поєднанні з сидеральними культурами сприяли значному підвищенню вмісту мінеральних сполук азоту в ґрунті, перевищуючи показники чистого пару.

Визначено, що вміст азоту мінеральних сполук у грунті після різного удобрення сидеральних парів перед посівом озимої пшениці були більшими, ніж за умов незайнятого пару (табл. 2).

Таблиця 2

Запаси азоту мінеральних сполук ($N\text{–}NO_3^-$ + $N\text{–}NH_4^+$) в шарі ґрунту 0–40 см після різних парів та удобрення перед сівбою пшениці озимої (2023–2024 рр.)

Варіант удобрення	Чистий пар	Сидеральні пари		
		Редька олійна	Вика яра	Гречка
	запаси мінерального азоту, кг/га			
Без добрив (контроль)	131	142	150	139
$P_{40}K_{40}$		160	151	148
$N_{40}K_{40}$		160	160	151
$N_{40}P_{40}$		163	165	155
$N_{40}P_{40}K_{40}$		165	167	157

У варіанті досліду без внесення мінеральних добрив запаси мінерального азоту в шарі ґрунту 0–40 см становили 139–1150 кг/га залежно від використаного сидерального пару. Внесення 40 кг/га д. р. NPK підвищувало запаси мінерального азоту ($N–NO3^-$ + $N–NH4^+$) на 1–23 кг/га, залежно від культури: зростання складало 18–23 кг/га для редьки олійної, 1–17 кг/га для вики ярої та 1–4 кг/га для гречки.

У варіанті з внесенням $N_{40}P_{40}K_{40}$ запаси мінерального азоту збільшувалися на 17–23 кг/га, що відповідало приросту на 11–16 % порівняно з контрольним варіантом без добрив. Це пояснюється активізацією ґрунтової біоти, яка сприяє трансформації органічного азоту в мінеральну форму. Діяльність біоти також покращує утримання вологи в ґрунті та збагачує його органічними речовинами в результаті сидерації, що позитивно впливає на агрохімічні властивості ґрунту.

4.2. Вміст рухомих сполук фосфору

Сприятливий фосфатний режим ґрунту є важливою умовою ефективного застосування добрив, оскільки забезпечує належне живлення рослин [56]. Як зазначає Б. С. Носко [57], для досягнення високої продуктивності культур необхідно підтримувати вміст рухомого фосфору на рівні 140–160 мг/кг ґрунту. Такий рівень можна утримувати протягом тривалого часу за рахунок застосування збалансованих агротехнічних заходів, зокрема вирощування сидератів. Сидерати сприяють збагаченню верхнього (0–40 см) шару ґрунту рухомими сполуками фосфору, що може зберігатися впродовж 4–5 років після їх приорювання.

Дослідження показали, що використання сидерального пару перед посівом озимої пшениці значно покращує фосфатний режим ґрунту. Так, за середніми даними за 2023–2024 роки, вміст рухомого фосфору в орному шарі зростав на 4–14 мг/кг порівняно з незайнятим паром, залежно від виду добрив та вирощуваної культури (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті після різних парів та їх удобрення перед сівбою пшениці озимої (2023–2024 рр.)

Варіант удобрення	Чистий пар	Сидеральний пар		
		Редька олійна	Вика яра	Гречка
	вміст рухомих сполук фосфору (P_2O_5), мг/кг			
Без добрив (контроль)	120 86	124 88	124 89	128 94
$P_{40}K_{40}$		129 93	130 94	132 98
$N_{40}K_{40}$		124 89	125 90	129 94
$N_{40}P_{40}$		128 92	129 95	133 98
$N_{40}P_{40}K_{40}$		128 94	130 96	134 99

Примітка. Над рискою – вміст у шарі ґрунту 0–20 см, під рискою – вміст у шарі ґрунту 20–40 см.

Найменший приріст фосфору в ґрунті (3–7 %) спостерігався у варіанті без внесення добрив. Застосування різних комбінацій мінерального добрива в дозі 40 кг/га діючої речовини дозволяло підтримувати вміст P_2O_5 на рівні 124–133 мг/кг ґрунту. Найвищі показники вмісту P_2O_5 – 128–134 мг/кг – були отримані у варіанті з внесенням $N_{40}P_{40}K_{40}$, що на 7–12 % перевищувало результати незайнятого пару. Аналогічний рівень забезпечення ґрунту фосфором спостерігався при внесенні лише азотних і фосфорних добрив у дозі 40 кг/га, що пов'язано з активною мінералізацією органічних речовин у ґрунті незайнятого пару та підйомом фосфатів із глибших горизонтів кореневими системами сидератів.

Внесення добрив у сидеральних парах підвищувало вміст P_2O_5 у верхньому шарі ґрунту (0–20 см) на 3–7 % порівняно з варіантом без удобрення. Крім того, вміст P_2O_5 у цьому шарі був вищим, ніж у підорному, у

всіх досліджуваних варіантах. Це пояснюється генетичними особливостями ґрунту та інтенсивністю мінералізаційних процесів у верхньому горизонті, де зосереджена більша кількість органічної речовини та доступніших форм поживних елементів.

4.3. Вміст рухомих сполук калію

У процесі живлення рослин калій відіграє ключову роль, забезпечуючи регуляцію багатьох фізіологічних процесів. Рослини першочергово засвоюють рухомі форми калію з ґрунтового розчину, потім – обмінний калій, і лише з розвитком кореневої системи, збільшенням її поглинаючої здатності та зростанням потреби у цьому елементі залучаються необмінні форми калію. Така поступовість забезпечує рослинам доступ до цього елементу навіть у періоди активного росту та розвитку [58].

Водорозчинний калій легко засвоюється рослинами, оскільки входить до складу легкорозчинних солей органічних і мінеральних кислот. Він може переходити у ґрунтовий розчин завдяки взаємодії з водою як із ґрунтово-вбирного комплексу (ГВК), так і з кристалічних решіток калієвмісних мінералів. Проте його вміст у більшості ґрунтів є досить обмеженим і становить лише 0,02–0,06 % від загального вмісту калію, що підкреслює важливість підтримання ґрунтового калійного балансу шляхом внесення добрив і сидератів [58].

Калій у ґрунті постійно мігрує: з материнської породи він переміщується у верхні гуміфіковані горизонти завдяки рослинності, яка засвоює цей елемент кореневою системою. Рослини поглинають калій із різних форм, формуючи постійний цикл його повернення в ґрунт через залишки органічної маси. Аналогічна закономірність була виявлена і в наших дослідженнях (табл. 4), де відмічено тісний зв’язок між вмістом калію в різних горизонтах ґрунту та його доступністю для рослин.

Таблиця 4

Вміст рухомих сполук калію в ґрунті після різних парів та удобрення перед сівбою пшениці озимої (2023–2024 рр.)

Варіант досліду	Чистий пар	Сидеральний пар		
		Редька олійна	Вика яра	Гречка
	вміст рухомих сполук калію в ґрунті (K_2O), мг/кг			
Без добрив (контроль)	121 96	124 110	121 108	129 114
$P_{40}K_{40}$		131 117	131 117	136 123
$N_{40}K_{40}$		131 117	130 116	138 124
$N_{40}P_{40}$		127 113	126 112	135 121
$N_{40}P_{40}K_{40}$		133 118	131 117	141 128

Примітка. Над рискою – вміст у шарі ґрунту 0–20 см, під рискою – вміст у шарі ґрунту 20–40 см.

Вміст K_2O в ґрунті після сидеральних парів значною мірою залежав від виду сидератів та внесення мінеральних добрив. У неудобреному варіанті він був найнижчим – 121 мг/кг у досліджуваних шарах ґрунту. Внесення NP_{40} (по 40 кг/га діючої речовини азоту та фосфору) суттєво не впливало на вміст K_2O в орному шарі. Проте застосування комбінацій NK та PK у тій самій нормі підвищувало вміст K_2O на 6–8 %. Максимальний приріст калію спостерігався у варіанті з внесенням повного мінерального добрива ($N_{40}P_{40}K_{40}$), де вміст K_2O зростав на 8 % порівняно з неудобреним ґрунтом. Загалом, після сидеральних парів вміст рухомого калію в орному шарі ґрунту був на 8–18 % вищим, ніж у варіанті з незайнятим паром.

Подібні закономірності дії добрив на вміст K_2O спостерігалися і в горизонті 20–40 см. У цьому шарі показники варіювали в межах 114–128 мг/кг

залежно від виду сидератів та норм внесених мінеральних добрив. Використання сидеральних парів сприяло збагаченню підорного шару ґрунту калієм: його вміст був на 13–24 % вищим порівняно з незайнятим паром.

Такий розподіл калію пояснюється активним поглинанням його кореневими системами сидератів із глибших горизонтів і перенесенням у верхні шари ґрунту після їх розкладання. Крім того, внесення мінеральних добрив, особливо азотних і калійних, активізувало мінералізацію органічних сполук, що сприяло переходу калію у доступні для рослин форми.

Використання сидеральних парів у поєднанні з мінеральними добривами є ефективною стратегією підвищення вмісту рухомого калію у ґрунті. Це забезпечує не лише покращення родючості ґрунту, але й створює оптимальні умови для живлення наступних сільськогосподарських культур, підвищуючи їх продуктивність.

4.4. Вплив мінеральних добрив на формування густоти посівів сидератів

Схожість насіння є важливою фізіологічною характеристикою, яка значно впливає на розвиток рослин і формування їх урожайності. Польова схожість залежить як від виду культури, так і від технологічних умов вирощування. Наприклад, за сівби 6 млн схожих насінин на гектар польова схожість для гречки становить 68 % [59], для редьки олійної – 36–44 % [48], а для вики ярої – 54–97 % [44].

Подальший розвиток рослин і формування проростків безпосередньо залежать від енергії проростання та початкової схожості насіння. Результати досліджень свідчать, що фактор удобрення суттєво впливає на повноту сходів та густоту посівів сидеральних культур (табл. 5).

Таблиця 5

Вплив мінеральних добрив на формування густоти посівів сидератів (2018–2019 рр.)

Варіант досліду		Повно-та сходів, %	Густота рослин, шт/м^2		Коефіцієнт виживання рослин
Удобрення	Культура		на період сходів	перед зароблянням	
Без добрив (контроль)	Редька олійна	72,8	146	121	0,81
	Вика яра	92,7	186	156	0,82
	Гречка	63,2	316	264	0,82
$P_{40}K_{40}$	Редька олійна	75,1	151	125	0,83
	Вика яра	94,8	190	157	0,83
	Гречка	64,9	326	271	0,83
$N_{40}K_{40}$	Редька олійна	74,0	146	121	0,82
	Вика яра	94,1	189	152	0,81
	Гречка	68,3	343	280	0,82
$N_{40}P_{40}$	Редька олійна	76,5	154	125	0,81
	Вика яра	95,6	192	157	0,82
	Гречка	68,3	343	281	0,82
$N_{40}P_{40}K_{40}$	Редька олійна	78,1	158	123	0,78
	Вика яра	96,9	195	156	0,81
	Гречка	69,7	347	283	0,81

Середні показники повноти сходів за два роки залежно від удобрення були такими: редька олійна – 72,8–78,1 %; вика яра – 92,7–96,9 %; гречка – 63,2–69,7 %.

Внесення різних видів і норм мінеральних добрив підвищувало польову схожість насіння на 5–8 %, що сприяло формуванню рівномірних і густих сходів. Це підкреслює важливість оптимізації удобрення для покращення стартового розвитку рослин, що в результаті забезпечує підвищення продуктивності сидеральних культур.

Густота сходів сидеральних культур залежить від багатьох факторів, серед яких важливе місце посідають погодно-кліматичні умови, норми висіву, морфологічні особливості культур та рівень живлення ґрунту. За даними 2023–2024 років, внесення мінеральних добрив під сидеральні культури сприяло підвищенню густоти сходів до 146–347 шт/м² порівняно з 146–316 шт/м² на неудобрених ділянках.

Найменший приріст густоти спостерігався за внесення 40 кг/га діючої речовини (д. р.) фосфорно-калійних добрив (PK): для редьки олійної – +2,6 %, для вики ярої – +2,1 %, для гречки – +2,8 %.

Натомість внесення повного мінерального добрива (NPK) у дозі 40 кг/га д. р. забезпечувало значне підвищення густоти сходів: редька олійна – +6,7 %, вика яра – +4,2 %, гречка – +10,0 %.

Подібний вплив удобрення спостерігався й у період перед заорюванням сидеральних культур у ґрунт, що свідчить про стабільну ефективність добрив у формуванні густоти посівів.

Застосування мінеральних добрив, водночас, дещо знижувало коефіцієнт виживання рослин. На контрольних ділянках без добрив цей показник становив 0,81–0,82 залежно від культури, тоді як за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 0,78. Найкращий коефіцієнт виживання (0,83) забезпечувало застосування добрив у дозі 40 кг/га д. р. фосфорно-калійних (PK), яке також сприяло підвищенню густоти посівів на 1–5 % порівняно з контрольним варіантом.

Застосування мінеральних добрив позитивно впливає на густоту сходів сидеральних культур, проте оптимальним для забезпечення як високої густоти, так і коефіцієнта виживання є внесення фосфорно-калійних добрив у дозі 40 кг/га д. р.

4.5. Висота сидератів

Висота травостою є одним із ключових показників, що характеризує стан онтогенезу рослин. Її значення значною мірою визначається як біологічними особливостями культур, так і рівнем забезпеченості рослин мінеральним живленням (табл. 6).

Таблиця 6

Висота сидератів перед скошуванням залежно від видів і норм мінеральних добрив (2023–2024 рр.)

Варіант досліду	Сидерат		
	Редька олійна	Вика яра	Гречка
	висота рослин, см		
Без добрив (контроль)	92	76	72
$P_{40}K_{40}$	98	87	80
$N_{40}K_{40}$	105	89	85
$N_{40}P_{40}$	108	91	89
$N_{40}P_{40}K_{40}$	115	93	91

На висоту сидеральних культур по-різному впливали компоненти повного мінерального добрива. Найбільший вплив мали азотні добрива, внесені у дозі 40 кг/га діючої речовини. Порівняно з фосфорно-калійним фоном, вони збільшували висоту рослин на 13–16 % залежно від культури. Фосфорні добрива підвищували цей показник на 5–10 %, тоді як калійні добрива мали найменший вплив.

Серед досліджуваних сидеральних культур, незалежно від норм внесення добрив, найвищі рослини формувала редька олійна завдяки особливостям її біологічного типу, тоді як найнижчі рослини спостерігалися у гречки.

4.6. Урожайність сидеральних культур залежно від удобрення

Погодні умови суттєво впливали на формування врожайності сидеральних культур, зокрема на процеси сходження, росту та нагромадження фітомаси. У 2023 та 2024 роках травень і червень характеризувалися дефіцитом опадів, який негативно позначився на розвитку рослин. Так, у ці місяці кількість опадів становила лише 58,5 мм у 2023 році та 98,3 мм у 2024 році, що значно менше багаторічної норми (133 мм). Цей дефіцит вологи зумовив зміни у ростових процесах і скорочення тривалості вегетаційних фаз. Зокрема, різке настання теплої погоди спричиняло інтенсивне зростання температур, що також впливало на ритми розвитку рослин (табл. 7).

Встановлено, що урожайність фітомаси вики ярої та гречки в середньому за 2023–2024 роки залишалася відносно стабільною, що свідчить про їхню адаптивність до мінливих умов. Однак зміни у тривалості фаз вегетації відзначалися зменшенням часу, необхідного для повного циклу розвитку культур. Це зумовлювалося як специфічними біологічними особливостями рослин, так і впливом агротехнічних заходів, включаючи удобрення.

Крім того, рівень накопичення фітомаси сидеральних культур значною мірою залежав від поєднання погодних умов із біологічними якостями культур і системою удобрення. На варіантах із внесенням добрив спостерігалося краще збереження рослинного покриву в умовах посухи, що сприяло збільшенню врожайності. Азотні добрива забезпечували активніший ріст рослин, тоді як фосфорні та калійні підтримували їхню стійкість до несприятливих факторів середовища.

Погодні умови травня–червня 2023 та 2024 років суттєво впливали на формування врожаю сидеральних культур, змінюючи тривалість вегетаційного періоду та інтенсивність накопичення фітомаси. Водночас завдяки правильному вибору культур та системи удобрення вдалося зберегти

стабільні врожаї та забезпечити ефективне використання сидеральних культур у сівозміні.

Таблиця 7

Урожайність фітомаси сидератів перед зароблянням в ґрунт залежно від удобрення

Варіант досліду		Рік дослідження		Середнє за два роки
Удобрення (чинник А)	Культура (чинник В)	2023	2024	
		урожайність фітомаси, т/га		
Без добрив (контроль)	Редька олійна	30,5	31,2	30,9
	Вика яра	22,8	23,4	23,1
	Гречка	18,0	18,6	18,3
$P_{40}K_{40}$	Редька олійна	33,8	34,5	34,2
	Вика яра	29,7	30,4	30,1
	Гречка	21,2	21,8	21,5
$N_{40}K_{40}$	Редька олійна	37,0	37,8	37,4
	Вика яра	30,1	30,9	30,5
	Гречка	23,0	23,7	23,4
$N_{40}P_{40}$	Редька олійна	40,8	41,6	41,2
	Вика яра	32,5	33,3	32,9
	Гречка	25,2	26,0	25,6
$N_{40}P_{40}K_{40}$	Редька олійна	43,9	44,6	44,3
	Вика яра	33,5	34,3	33,9
	Гречка	25,8	26,7	26,3
$НІР_{05}$	*2023 р.*	*А – 1,73; В – 1,50; АВ –4,01*		
	2024 р.	*А – 1,40; В – 1,18; АВ –3,15*		

Згідно з даними таблиці 7, застосування мінеральних добрив позитивно впливало на збільшення фітомаси сидеральних культур. Зокрема, використання калійних і фосфорних добрив у дозі $P_{40}K_{40}$ сприяло приросту фітомаси: у редьковому пару – на 3,3 т/га, у виковому – на 7,0 т/га, а у гречаному – на 3,2 т/га. Ще більш значне підвищення утворення зеленої маси

спостерігалося при поєднанні азотних добрив з фосфорно-калійними. У варіанті з внесенням азоту на фоні $P_{40}K_{40}$ (доза $N_{40}P_{40}K_{40}$) середній приріст фітомаси за два роки становив: для редьки олійної – 13,4 т/га, для вики ярої – 10,8 т/га, а для гречки – 8,0 т/га.

Важливим є те, що зі збільшенням проективного покриття ґрунту рослинами, а також із наростанням фітомаси та висоти рослин інтенсивність дефляції зменшується [60]. Таким чином, застосування мінеральних добрив, сприяючи підвищенню густоти рослин, їхньої висоти та врожайності зеленої маси, також забезпечує поліпшення проективного покриття ґрунту.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ПІД СИДЕРАТИ

Раціональне використання орних земель та підтримка родючості ґрунтів є важливим завданням, що потребує впровадження ефективних підходів до їх використання й охорони. На основі наукового і практичного досвіду сформувалася необхідність забезпечення стійкості агроландшафтів і економічно обґрунтованих методів збереження родючості ґрунтів. Це включає впровадження екологічно безпечних систем землекористування, що відповідають принципам сталого розвитку [61].

Одним із ключових аспектів землекористування є економічна ефективність добрив. Органічні добрива мають ряд переваг у порівнянні з мінеральними. Вони характеризуються доступністю та нижчою вартістю, забезпечують тривалий ефект завдяки пролонгованій дії, сприяють покращенню структури ґрунту і його родючості. Органічні добрива позитивно впливають на екосистему, сприяючи відновленню природних процесів у ґрунті та його здатності до саморегуляції [62].

Водночас мінеральні добрива, хоч і здатні підвищувати врожайність, мають обмеження. Їх висока вартість, що зростає з кожним роком, створює економічні труднощі. Довготривале використання виключно мінеральних добрив виснажує ґрунт, знижуючи його природну здатність до самовідновлення.

Оптимальним рішенням є комбінування мінеральних добрив із сидератами, або зеленими добривами. Такий підхід дозволяє досягти високих показників врожайності, зменшити витрати у порівнянні з використанням лише мінеральних добрив, покращити структуру ґрунту, забезпечити його збереження та відновлення. Застосування сидератів сприяє підтримці вологості ґрунту, ефективному використанню поживних речовин і

поступовому відновленню його природної родючості. Це також відкриває можливості для поступового переходу до органічного землеробства, зменшуючи залежність від мінеральних добрив [63].

Висока економічна ефективність сидеральних культур обумовлена їх здатністю оптимізувати витрати на землеробство, покращувати використання ґрунтової вологи та поживних речовин. Комплексний підхід до землекористування, що передбачає використання органічних добрив, сидератів і мінімізацію використання мінеральних добрив, є ключовим для забезпечення економічної ефективності, екологічної стійкості та довготривалого збереження родючості орних земель [64].

Перенесення частини добрив, призначених для озимої пшениці, під сидеральні культури має значну економічну ефективність (табл. 8). З урахуванням цін на IV квартал 2024 року, вартість 1 т продукції становила 3600 грн, що дозволило оцінити чистий дохід та рівень рентабельності різних варіантів удобрення.

На вирощування озимої пшениці витрати, без урахування вартості добрив, були однакові для всіх попередників і складали 5151 грн/га. На утримання чистого пару витрати були найнижчі — 3566–5090 грн/га, у той час як вирощування сидеральних культур підвищувало витрати: для редьки олійної — на 4296–4833 грн/га, вики ярої — на 4296–4889 грн/га, гречки — на 4296–4845 грн/га.

Залежно від варіанта удобрення, чистий дохід значно варіювався: для редьки олійної найвищий чистий дохід спостерігався у варіанті $N_{40}P_{40}K_{40}$ і становив 11617 грн/га, що забезпечило рівень рентабельності 86 %. Для вики ярої максимальний чистий дохід отримано у тому ж варіанті ($N_{40}P_{40}K_{40}$) — 11471 грн/га, з рентабельністю 74 %. Гречка мала найнижчі показники економічної ефективності: чистий дохід у найкращому варіанті ($N_{40}P_{40}K_{40}$) досягнув лише 9328 грн/га, а рівень рентабельності склав 62 %.

Таблиця 8

Економічна ефективність перенесення частини мінеральних добрив, призначених для пшениці озимої під сидерат, 2023–2024 рр.

Варіант досліду: внесено під		Сидерат	Вартість врожаю, грн/га	Витрати на 1 га, грн				Чистий дохід, грн/га	Рівень рентабельності, %
				Всього	у тому числі пов'язані з:				
сидерат	пшеницю озиму				утриман-ням парів	застосуван-ням добрив	вирощуванням пшениці озимої		
Без добрив (конт-роль)	$N_{80}P_{60}K_{60}$	Редька олійна	16878	13017	3570	4296	5151	3861	30
		Вика яра	19113	14962	5515	4296	5151	4151	28
		Гречка	17614	14523	5076	4296	5151	3091	21
$P_{40}K_{40}$	$N_{80}P_{20}K_{20}$	Редька олійна	19336	13145	3566	4428	5151	6191	47
		Вика яра	22783	15211	5516	4544	5151	7572	50
		Гречка	21054	14736	5064	4521	5151	6318	43
$N_{40}K_{40}$	$N_{40}P_{60}K_{20}$	Редька олійна	22844	13414	3562	4701	5151	9430	70
		Вика яра	23594	15339	5515	4673	5151	8255	54
		Гречка	22159	14873	5080	4642	5151	7286	49
$N_{40}P_{40}$	$N_{40}P_{20}K_{60}$	Редька олійна	24155	13456	3559	4746	5151	10699	80
		Вика яра	25470	15445	5510	4784	5151	10025	65
		Гречка	23324	14958	5072	4735	5151	8366	56
$N_{40}P_{40}K_{40}$	$N_{40}P_{20}K_{20}$	Редька олійна	25157	13540	3556	4833	5151	11617	86
		Вика яра	27019	15548	5508	4889	5151	11471	74
		Гречка	24414	15086	5090	4845	5151	9328	62

Порівнюючи види удобрення, можна побачити, що використання добрив $P_{40}K_{40}$ під редьку олійну та вику яру, а також $N_{40}P_{40}$ під гречку сприяє значному збільшенню чистого доходу: на 220–760 грн/га порівняно з варіантом чистого пару.

Особливо вигідним був варіант $N_{40}P_{40}K_{40}$ під редьку олійну та озиму пшеницю, який забезпечив найвищий рівень рентабельності — 86 %. Для бобових культур (вики ярої) дохід був на 84–975 грн/га вищим, ніж для хрестоцвітих (редьки олійної).

Вирощування гречки на зелене добриво демонструвало нижчі показники економічної ефективності, забезпечуючи рівень рентабельності в межах 20–56 %, залежно від варіанта удобрення.

Таким чином, перенесення частини добрив із озимої пшениці під сидерати є економічно виправданим заходом, особливо за вирощування редьки олійної чи вики ярої з використанням повного комплексу мінеральних добрив ($N_{40}P_{40}K_{40}$).

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Організація умов і заходів з охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив

Забезпечення здорових і безпечних умов трудової діяльності в Україні вимагає кардинальних змін у ставленні суспільства до питань охорони праці. Це включає підвищення рівня обізнаності та освіти посадових осіб, спеціалістів усіх рівнів і всього населення країни. Для ефективного вирішення проблеми охорони праці необхідна належна підготовка фахівців у цій сфері. Професійна освіта відіграє ключову роль у формуванні знань, умінь і навичок, необхідних для безпечної діяльності, зокрема в управлінні, проєктуванні нових технологій і виконанні виробничих операцій [65].

Значна кількість нещасних випадків на виробництві обумовлена порушеннями технологічного процесу, недотриманням дисципліни, невиконанням вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів, неналежною організацією робочих місць і робіт, а також ігноруванням засобів індивідуального захисту. Серед інших факторів – недостатня механізація, незадовільний стан виробничого обладнання та недоліки у навчанні персоналу [66].

Розуміння специфіки виробничих технологій є ключовим у визначенні особливостей виникнення виробничих небезпек. Сучасні підходи, такі як метод логічного моделювання потенційних аварій, травм і захворювань, дозволяють розробити ефективну систему управління безпекою виробничих процесів. Така система орієнтована на швидке виявлення небезпек, їх глибокий аналіз і усунення ще до появи травмонебезпечних або катастрофічних ситуацій.

Причинно-наслідкові зв’язки відіграють вирішальну роль у формуванні небезпечних ситуацій. Кожна випадкова подія чи явище на виробництві пов’язані між собою та можуть створювати конкретну небезпечну ситуацію, яка потребує системного підходу до аналізу та управління.

Приклад моделі виробничих небезпек наведено на процесі внесення мінеральних добрив:

1. Небезпечні умови (НУ):
    - НУ1: Недостатня кваліфікація працівників під час налаштування машин.
    - НУ2: Кришка ящика для добрив не герметизована.
    - НУ3: Відсутність захисних щитків на рухомих частинах обладнання.
2. Небезпечні дії (НД):
    - НД1: Механізатор не вимикає двигун або обертові елементи машини.
    - НД2: Працівник працює без індивідуальних засобів захисту (респіратор, спецодяг).
3. Небезпечні ситуації (НС):
    - Під час роботи пари мінеральних добрив потрапляють у дихальні шляхи оператора, що може призвести до опіків або отруєнь.



Вивчення умов і процесів формування надзвичайних ситуацій, а також їх моделювання та оцінка є важливими етапами управління ризиками на виробництві. Аналіз і прогнозування таких ситуацій дозволяють:

1. Передбачити можливі надзвичайні ситуації – шляхом розрахунку ймовірності їх виникнення. Це включає врахування причинно-наслідкових зв’язків між небезпечними умовами, діями та ситуаціями.

2. Розробити ефективні заходи з профілактики – завдяки точним даним про фактори ризику та потенційні наслідки. Це дозволяє впроваджувати попереджувальні дії ще до виникнення небезпеки.
3. Мінімізувати втрати – як людські, так і матеріальні, знижуючи ризики травм, аварій і пошкодження обладнання.

6.2. Екологічна безпека та охорона навколишнього природного середовища

Охорона навколишнього природного середовища – це комплексна система заходів, спрямованих на збереження, раціональне використання та відновлення природних ресурсів і простору, включно з космічним, з метою забезпечення екологічної рівноваги, поліпшення якості довкілля та створення умов для сталого розвитку.

Ця діяльність охоплює раціональну охорону:

- Атмосфери – контроль за викидами шкідливих речовин, зменшення парникових газів, збереження озонового шару.
- Гідросфери – раціональне використання водних ресурсів, попередження їх забруднення відходами виробництва, очищення стічних вод.
- Надр – ефективне використання мінерально-сировинної бази, рекультивацію земель після добувної діяльності.
- Екологічна утилізація відходів – розробка технологій знешкодження токсичних речовин та їх безпечного захоронення.

Досягнення екологічної рівноваги також вимагає контролю над впливами:

- шумового забруднення,
- іонізуючого випромінювання,
- електромагнітних полів.

Вимоги до екологічної безпеки у виробництві. Підприємства, установи, організації та громадяни зобов'язані:

1. *Дотримуватися правил поводження з хімічними речовинами.* Транспортування, зберігання і використання засобів захисту рослин, стимуляторів росту, мінеральних добрив і токсичних препаратів повинно виключати їх негативний вплив на довкілля.
2. *Контролювати рівень забруднення.* Вміст небезпечних речовин у природному середовищі та продуктах харчування не має перевищувати нормативно допустимих рівнів, що встановлені законодавством.
3. *Розробляти заходи безпеки для нових хімічних речовин.* При створенні нових препаратів необхідно визначати допустимі рівні їх вмісту у воді, повітрі, ґрунті, а також методи утилізації відходів [67].

Екологічні вимоги до виробництва, зберігання, транспортування, використання і утилізації токсичних речовин регламентуються нормативними документами, розробленими на основі висновків оцінки впливу на довкілля. Такі документи погоджуються з центральними органами виконавчої влади, що відповідають за екологічну безпеку та санітарне благополуччя населення.

Пестициди та агрохімікати: регулювання та безпечне використання. Список пестицидів і агрохімікатів, дозволених для використання в Україні, а також регламенти їх застосування затверджуються в установленому законодавством порядку. Щорічні оновлення цього переліку враховують нові дані про безпеку та ефективність хімічних речовин.

Рекомендації для покращення екологічної безпеки

1. Впровадження екологічно чистих технологій. Використання альтернативних джерел енергії та зменшення обсягів відходів.
2. Підвищення екологічної свідомості населення. Освітні програми для підприємців і громадян.
3. Розширення моніторингу довкілля. Використання сучасних систем аналізу забруднень для прогнозування ризиків.

Дотримання цих принципів дозволить значно знизити негативний вплив людської діяльності на природне середовище, забезпечити збереження екосистем і сприяти сталому розвитку.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження довели, що використання сидеральних культур у поєднанні з мінеральними добривами значно підвищує вміст мінеральних сполук азоту, фосфору та калію в ґрунті порівняно з незайнятим паром. Найвищі показники родючості досягаються за внесення повного комплексу добрив ($N_{40}P_{40}K_{40}$), що забезпечує оптимальний баланс елементів живлення у верхньому (0–20 см) і підорному (20–40 см) шарах. Сидерати, зокрема редька олійна та вика яра, сприяють збагаченню ґрунту органічними речовинами та активізації мінералізаційних процесів, покращуючи агрохімічні властивості ґрунту. Такі підходи створюють стійкі умови для вирощування озимої пшениці, підвищуючи її продуктивність та економічну ефективність сільськогосподарського виробництва.

2. Застосування мінеральних добрив значно покращує польову схожість насіння та густоту посівів сидеральних культур, сприяючи рівномірності й оптимальному стартовому розвитку рослин. Найкращі результати у підвищенні густоти сходів (+6,7 % для редьки олійної, +4,2 % для вики ярої, +10,0 % для гречки) спостерігалися за внесення повного мінерального комплексу ($N_{40}P_{40}K_{40}$). Водночас фосфорно-калійні добрива ($P_{40}K_{40}$) забезпечували найвищий коефіцієнт виживання (0,83) при збереженні позитивного впливу на густоту сходів. Таким чином, оптимізація внесення добрив дозволяє досягти як високої густоти посівів, так і ефективного виживання рослин, що є важливим фактором для підвищення продуктивності сидеральних культур.

3. Дослідження впливу мінеральних добрив на сидеральні культури показали, що їхнє застосування сприяє значному покращенню основних показників: висоти рослин, урожайності зеленої маси та густоти посівів. Азотні добрива в дозі 40 кг/га забезпечували найбільший приріст висоти (13–16 %), а також активний розвиток фітомаси, особливо в поєднанні з фосфорно-калійними добривами. Найвищу урожайність зеленої маси отримано у варіанті $N_{40}P_{40}K_{40}$, де приріст становив до 13,4 т/га для редьки олійної, 10,8 т/га для вики ярої та 8,0 т/га

для гречки. Висота рослин була найбільшою у редьки олійної (115 см), а найменшою у гречки (91 см). Застосування мінеральних добрив не тільки підвищує продуктивність сидератів, але й забезпечує ефективне покриття ґрунту, що мінімізує ризик дефляції та покращує умови для наступних культур у сівозміні.

4. Раціональне використання орних земель та підтримка родючості ґрунтів потребують впровадження комплексних агротехнічних заходів, зокрема комбінованого використання сидератів і мінеральних добрив. Дослідження показали, що перенесення частини добрив, призначених для озимої пшениці, під сидеральні культури є ефективною стратегією. Найвищий чистий дохід і рівень рентабельності досягнуто у варіанті з повним комплексом добрив ($N_{40}P_{40}K_{40}$): для редьки олійної — 11617 грн/га (рентабельність 86 %), для вики ярої — 11471 грн/га (74 %).

Використання сидератів покращує структуру ґрунту, зберігає вологу, оптимізує витрати та сприяє стійкому землеробству. Найкращі економічні результати забезпечують редька олійна та вика яра, тоді як гречка показує відносно нижчу рентабельність (до 62 %). Таким чином, поєднання сидератів із добривами сприяє не лише підвищенню економічної ефективності, але й довготривалому збереженню родючості ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кривенко А.І. Ефективність нагромадження органічної маси сидеральних культур залежно від обробітку ґрунту в південному Степу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2018. Вип. 3. С. 66–72.

2. Коваленко Н.П. Історичні аспекти зародження і розвитку наукових знань про сидеральні сівозміни. Сільський господар. Львів, 2012. №11–12. С. 27–33.

3. Lewis D.V. Cellulase in Nereis virens / D.V. Lewis, P.J. Whitney. Nature. 2003. №5167. P. 603–604.

4. Potter J.F., Levin P., Anderson R.A. Metabolism. 1995. 204 p.

5. Korschens M. Zwischen fruchtanbau zur Futternutzung und Gründung – ein Beitrag zur Steigerung der Boden Fruchtbarkeit. Feldwirtschaft. 1993. №8. P. 361–367.

6. Бегей С.В., Шувар І.А. Екологічне землеробство. Львів: Новий світ 2000, 2007. 432 с.

7. Бойко П.І., Сайко В.Ф. Сівозміни у землеробстві України: рекомендації. К.: Аграрна наука, 2002. 146 с.

8. Бойко П.І. Біологічна та екологічна роль сівозмін у землеробстві .К.: Знання, 1990. 48 с.

9. Morris B.W., MacNeil S.A., Hardisty C.A. Trace Elem. Morris,. Ned. Biol. 1999. №13. P. 57–61.

10. Бойко П.І., Коваленко Н.П. Як правильно вибрати та використати сидерат. Пропозиція. 2017. №1. С. 104–107.

11. Коваленко Н.П. Становлення та розвиток науково-організаційних основ застосування вітчизняних сівозмін у системах землеробства (друга половина XIX – початок XXI ст.): монографія.. К.: Нілан-ЛТД, 2014. 490 с.

12. Ruschmann G. Uber Antibiosen und Symbiosen von Bodenoranischen und ihre Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit Regen wum Symbiosen und Anabiosen. Asker und Pflanzenbau. 1996. №2. P. 201–218.

13. Бердніков А.М. Зелене добриво – біологізація землеробства, урожай. Чернігів: Чернігівське НВО Еліта, 1992. 192 с.

14. Волкогон В.В. Біологічні аспекти родючості ґрунтів. Вісник ХНАУ. 2011. №1. С. 29–36.

15. Шувар І.А., Бунчак О.М., Сендецький В.М. Виробництво та використання органічних добрив: монографія. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 596 с.

16. Дегодюк Е.Г., Булигін С.Ю. Культура сидерації. К.: Аграрна наука, 2013. 80 с.

17. Онищенко О.А., Тихонов А.М., Коваленко Л.Д. Використання сидератів у землеробстві України. Агрохімічний журнал. 2014. № 3. С. 15–22.

18. Мельник М.В., Онищенко О.А. Адаптивно-ландшафтне землеробство: наукові основи і практичні аспекти. Наукові праці Інституту землеробства НААН України. Київ: ІЗ НААН, 2015. С. 135–138.

19. Москаленко В.М., Григоренко В.П. Основи біологічного землеробства в умовах України. Київ: Аграрна наука, 2016. С. 115–119.

20. Тараненко Л.П., Мельничук М.Д. Біологічне землеробство в Україні: наукові основи і практичне впровадження. Вісник аграрної науки, 2018, № 6. С. 89–93.

21. Сидоренко О.М., Козаченко Т.О. Управління родючістю ґрунтів в адаптивно-ландшафтних системах. Агрохімічний журнал, 2019, № 3. С. 76–81.

22. Коваленко В.О., Лобода Н.П. Роль органічного землеробства в збереженні екологічної чистоти ґрунтів України. Органічне землеробство і агроекологія, 2020, № 4. С. 169–178.

23. Мельник М.В., Васильківський С.П. Екологічні аспекти біологізації землеробства. Вісник аграрної науки, 2018, № 12, С. 42–47.

24. Рижук С.М., Кравченко Л.П. Органічні добрива в системах екологічного землеробства. Органічне виробництво та агроекологія, 2019, № 3, С. 21–28.

25. Сергієнко О.М., Бондаренко О.І. Ефективність використання зелених добрив у сільському господарстві України. Агроекологічний журнал, 2020, № 2, С. 15–23.

26. Ковальчук Л.О., Петренко Т.А. Зелені добрива в біологізованих системах землеробства. Науковий вісник Національного аграрного університету, 2021, № 4, С. 32–38.

27. Тимошенко В.В., Литвин Д.С. Сучасні тенденції біологізації землеробства: перспективи для України. Вісник аграрної науки, 2020, № 5, С. 55–62.

28. Гордієнко І.В., Кравчук О.М. Роль бобових культур у збагаченні ґрунту органічними сполуками азоту. Вісник аграрної науки, 2019, № 4, С. 35–42.

29. Костогриз П.В., Кравчук С.А. Основи сівозміни на чорноземах України. Київ: Наукова думка, 2008. – 176 с.

30. Дмитрук І.В., Ковальчук Л.М. Сівозміни у сільському господарстві України: теорія та практика. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. – 204 с.

31. Мельник М.В., Лобода В.М. Сівозміна як фактор збереження родючості ґрунтів у центральному регіоні України. Журнал «Агроекологія», 2016, № 5, С. 18–25.

32. Руденко М.П., Гаврилюк М.М. Вплив органічних добрив на динаміку органічного вуглецю у чорноземах Лісостепу України. Вісник аграрної науки, 2015, № 4, С. 45–52.

33. Петренко О.С., Ковальчук О.М. Агроекологічні функції органічної речовини ґрунту: роль сидератів і соломи. Агроекологічний журнал, 2017, № 2, С. 33–40.

34. Загороднюк В.В., Ткаченко О.П. Органічне землеробство: вплив на органічний вуглець та екологічні функції ґрунту. Органічне виробництво і агроекологія, 2016, № 3, С. 55–64.

35. Литвиненко О.М., Корнієнко Н.І. Роль сидератів у збереженні органічної речовини та підвищенні родючості дерново-підзолистих ґрунтів. Журнал «Ґрунтознавство», 2018, № 6, С. 48–57.

36. Господаренко Г.М., Лисянський О.Л. Сидерати — резерв відтворення родючості ґрунту. Агробізнес сьогодні. URL: http://agro-business.com.ua/ahrarni-kultury/item/628- syderaty-rezerv-vidtvorennia-rodiuchosti-gruntu.html.

37. Гуменюк Л.В., Кравченко О.М. Вплив сидератів на мобілізацію поживних елементів у ґрунті та забезпечення азотного живлення рослин. Журнал «Агроекологія», 2017, № 3, С. 28–35.

38. Сидоренко О.П., Бондаренко С.М. Використання зелених добрив у відновленні колообігу органічних речовин та азоту в агроекосистемах України. Вісник аграрної науки, 2018, № 5, С. 41–49.

39. Тарасенко М.В., Павлюк І.М. Роль пожнивних сидератів у покращенні ґрунтових умов для зернових культур. Агрохімічний журнал, 2019, № 2, С. 33–42.

40. Кузьменко Т.А., Зубкова І.В. Зелене добриво на Поліссі: відновлення родючості ґрунтів та підвищення врожайності. Органічне виробництво і агроекологія, 2020, № 4, С. 27–34. – Досліджується ефективність сидеральних парів на бідних піщаних і супіщаних ґрунтах Полісся України та вплив зелених добрив на підвищення вмісту органічної речовини.

41. Литвиненко О.М., Михайленко І.П. Використання культур родини капустяних та бобових як сидератів у різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України, 2019, № 6, С. 15–23.

42. Azam F., Malik K. A., Sajjad M. I. Transformation in soil and availability to plans of 15N applied as inorganic fertilizer and legume residues. Plant and Soil. 1985. V. 86. P. 3–13.

43. Kuo S., Sainju U. M. Nitrogen mineralization and availability of mixed leguminous and non-leguminous cover crop residues in soil. Biol. Fertil. Soils. 1998. V. 26. P. 346–353.

44. Гордієнко М.П., Сорокіна Т.В. Накопичення азоту мікробною біомасою в процесі розкладання рослинних залишків на сірих лісових ґрунтах України. Вісник аграрної науки, 2015, № 8, С. 15–22.

45. Писаренко В. М. Основні напрями інтегрованого захисту рослин в умовах органічного землеробства. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2008. № 4. С. 14– 18.

46. Зінченко О.І., Мельничук І.М. Вплив сидеральних культур на родючість ґрунтів і сучасні технології їх використання. Агроекологічний журнал, 2018, № 4, С. 29–37.

47. Ковальчук В.М., Левченко О.М. Розкладання органічних залишків і накопичення азоту в ґрунті при застосуванні сидеральних культур. Органічне виробництво і агроекологія, 2017, № 6, С. 43–51.

48. Слободянюк П.В., Микитюк О.П. Сидеральні культури в системах сучасного землеробства: біологічні та агрономічні аспекти. Журнал «Ґрунтознавство», 2019, № 2, С. 18–27.

49. Серединський С. М., Борщак І. С. Критерії відбору сидеральних культур для Західного Лісостепу. Агроекологічний журнал. 2007. № 4. С. 52–56.

50. ДСТУ 4729 : 2007. Якість ґрунту. Визначення нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. [Чинний від 2008–01–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 14 с. (Національний стандарт України).

51. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова: ДСТУ 4115 : 2002. [Чинний від 2003-01-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 9 с. (Національний стандарт України).

52. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

53. Труханівський, В.М. Методика визначення кореневих залишків у ґрунті для умов України. Агрохімія і ґрунтознавство. Київ: УААН, 1976. Вип. 3. С. 45–52.

54. Польовий В. М., Шевчук О. В. Вміст мінерального азоту в ґрунті та продуктивність буряків цукрових залежно від систем удобрення // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія». – 2013. Вип. 11 (26). С. 218–221.

55. Носко Б. С. Азотний режим ґрунтів і його трансформація в агроекосистемах. Харків: «Міськдрук», 2013. 130 с.

56. Іваніна В. В., Шиманська Н. К., Мазур Г. М. Заходи біологізації у формуванні фосфатного режиму чорнозему типового // Вісник аграрної науки. 2013. № 12. С. 21–24.

57. Носко Б. С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. К.: Урожай, 1990. 224 с.

58. Носко Б. С. Агрогенна еволюція калійного фонду ґрунтів // Агрохімія і ґрунтознавство : між. темат. наук. зб. Спец. вип. Книга 1. Пленарні доповіді. Харків: ТОВ «Смугаста типографія», 2014. С. 115–120.

59. Танчик С. П., Орловський Р. М. Продуктивність гречки залежно від норм висіву на дерново-підзолистих грнутах Прикарпаття України // Наукові допові НУБіП. 2009. № 2 (14). URL: http://nd.nubip.edu.ua/2009-2/09ormsps.pdf (дата звернення: 03.05.2014).

60. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні: монографія / за ред. С. А. Балюка та Л. Л. Товажнянського. Харків : НТУ «ХПІ», 2010. 460 с.

61. Радзій В. Ф. Підходи до оптимізації використання і охорони земель // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвід. тем. наук. зб. Спец. вип. Книга 3. Харків: ТОВ «Смугаста типографія», 2014. С. 61–63.

62. Прасол В. І., Міщенко Ю. Г., Давиденко Г. А. Розробка сидеральної системи удобрення для умов Північно-Східного Лісостепу України // Зб. наук. пр. Уманського державного аграрного університету (спеціальний випуск): Біологічні науки і проблеми рослинництва. Умань, 2003. С. 808–813.

63. Цандур М. О. Енергетична та економічна ефективність мінімізованого обробітку ґрунту і різних видів пару в умовах південного степу України // Наукові праці: Науково-методичний журнал. Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. П. Могили, 2008. Т. 82. Вип. 69. Екологія: Сучасний стан родючості ґрунтів та шляхи її збереження. С. 134–138.

64. Салтановська О. П. Зміна родючості сірого лісового ґрунту Правобережного Лісостепу за різної інтенсивності його використання та сидерації: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : 06.01.03. Київ, 2011. 22 с.

65. Охорона праці [Електронний ресурс] / В. М.Москальова, В. А. Батлух, С. Л. Кусковець, В. Ф. Филипчук. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: http://pidruchniki.com/1329030538995/bzhd/osnovi_promislovoyi_bezpeki.

66. Катренко Л. А., Кіт Ю. В., Пістун І. П. Охорона праці. Суми: ВТД Університетська книга, 2003. 496 с.

67. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / За ред. Є.Г. Дегодюка, К.: Урожай, 1992. 317 с.

ДОДАТКИ