

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
Навчально-науковий інститут інноватики,  
природокористування та інфраструктури**

**Кафедра агробіотехнологій**

**НАСТАСЕНКО ІГОР АНАТОЛІЙОВИЧ**

**Вплив добрив і сівозмін на агрофізичні властивості ґрунту**

Спеціальності: 201 – «Агрономія»  
освітньо-професійної програми – «Агрономія»

Кваліфікаційна робота за освітнім ступенем  
«магістр»

Виконав студент групи АГРм-21

Настасенко І.А

---

Науковий  
керівник:

д.с.-г.н. Кривохижа Є. М.

---

Кваліфікаційну роботу допущено до захисту

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023р.

Завідувач кафедри

---

(підпис)

ТЕРНОПІЛЬ – 2023

**Вплив добрив і сівозмін на агрофізичні властивості ґрунту.** Настасенко І. – Кваліфікаційна робота. Кафедра агробіотехнологій. Навчально-науковий інститут інноватики, природокористування та інфраструктури. . – Тернопіль, ЗУНУ, 2023. Кафедра агробіотехнологій ННПІ ЗУНУ. **72 с. текст. час., 14 табл., 9 рис., 90 джерел**

В умовах ФГ “Агротем” Пустомитівського району Львівської області впродовж 2022-2023 рр. виконано дослідження зміни агрофізичних властивостей ґрунту під впливом добрив і сівозмін. Виконані дослідження охопили два типи короткоротаційних сівозмін: зернову (озима пшениця – соя – кукурудза) і плодозмінну (багаторічні трави – пшениця озима – картопля – ячмінь ярий). У рамках обох сівозмін було використано дві різні системи удобрення. Інтенсивна система передбачала внесення з розрахунку на гектар сівозмінної площі 15 т/га гною та мінеральних добрив N90P80K70 для зернової сівозміни і N80P70K80 – для плодозмінної. Альтернативна система включала загортання соломи стерньових попередників та у середньому N50P45K45 для обох сівозмін. Контроль – без внесення добрив.

За результатами дворічного дослідження встановлено, що тип сівозміни та удобрення впливають на кількість водостійких агрегатів у ґрунті. Так, у плодозмінній сівозміні у шарі ґрунту 0-30 см кількість водостійких агрегатів (0,25-10 мм) на 5-6 % переважала кількість водостійких агрегатів ґрунту у зерновій сівозміні.

Сівозміна виявляє значущий вплив на щільність ґрунту, у той час як удобрення, зокрема внесення гною чи побічної продукції, може сприяти покращенню цього показника на конкретних глибинах ґрунту. Щодо шпаруватості ґрунту, то у зерновій сівозміні внесення добрив не суттєво впливає на загальну шпаруватість порівняно до контролю, у плодозмінній сівозміні внесення добрив вносить зміни у шпаруватість ґрунту, і загальна шпаруватість має тенденцію до зростання, особливо на глибинах 10-20 см та 20-30 см.

В обох сівозмінах внесення добрив (незалежно від типу) призводить до підвищення вмісту польової та запасів продуктивної вологи ґрунту у порівнянні

до контролю, найвищі показники спостерігаються в плодозмінній сівоzmіні з удобренням N80P70K80+15 т/га гною – 19,1% та 36,0 мм відповідно у шарі ґрунту 0-30 см.

Крім того, внесення мінеральних добрив та гною виявилось найбільш ефективним для підвищення середньої продуктивності обох сівоzmін. Так, продуктивність зернової сівоzmіни становила 8,1 з.о. т/га у варіанті внесення N90P80K70+15 т/га гною, а плодозмінної – 8,3 з.о. т/га N80P70K80+15 т/га гною.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>Розділ 1. Зміна агрофізичних властивостей ґрунту під впливом добрив та сівозмін (аналітичний огляд літературних джерел)</b> .....	9
1.1. Добрива та їх вплив на агрофізичні властивості ґрунту .....	9
1.2. Взаємозв'язок між сівозміною та агрофізичними властивостями ґрунту	14
1.3. Інтеграція добрив і сівозміни: оптимізація агрофізичних характеристик ґрунту.....	17
<b>Розділ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ...</b>	21
2.1. Загальна характеристика господарства.....	21
2.2. Агриметеорологічні умови виконання дослідження.....	23
2.3. Характеристика ґрунтів господарства.....	26
2.4. Методика виконання дослідження.....	25
<b>Розділ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	32
3.1. Зміни агрофізичних властивостей світло-сірого лісового ґрунту під впливом удобрення та чергування культур.....	30
3.2. Динаміка поживного режиму світло-сірого лісового ґрунту.....	36
3.3. Продуктивність сівозміни залежно від системи удобрення.....	42
<b>Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ</b> .....	47
<b>Розділ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА</b> .....	53
<b>ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ</b> .....	57
<b>БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК</b> .....	59
<b>ДОДАТКИ</b> .....	69
Додаток А. Метеорологічні показники в роки дослідження.....	70
Додаток Б. Агрохімічна характеристика світло-сірого лісового ґрунту.....	71
Додаток В. Гранулометричний склад світло-сірого лісового ґрунту.....	72

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У сучасних умовах зростаючого попиту на продукти харчування та обмежених земельних ресурсів, розвиток наукових підходів до оптимізації використання ґрунту стає важливою складовою сталого розвитку аграрного сектору. Дослідження взаємодії сівозміни та внесення добрив набувають надзвичайної актуальності в контексті існуючих викликів, що постають перед аграрним сектором. Забезпечення продовольством населення, ефективне використання природних ресурсів та досягнення сталого розвитку визначаються як критичні завдання для глобальної спільноти.

Багато науковців вважають, що взаємодія між сівозміною та внесенням добрив відіграє ключову роль у формуванні агрофізичних властивостей ґрунту, що безпосередньо впливає на його родючість. Розуміння цього взаємозв'язку є важливим для розробки оптимальних технологій сільськогосподарського виробництва, спрямованих на досягнення максимальної продуктивності та одночасного збереження природних ресурсів [8, 9-13, 33, 40, 41, 73-81].

**Мета і завдання досліджень.** Мета дослідження полягає у розкритті взаємодії між сівозміною та внесенням добрив, а також їх впливу на агрофізичні властивості ґрунту.

Завдання дослідження:

1. Вивчити вплив добрив і сівозмін на кількість водостійких агрегатів, структуру, щільність і шпаруватість ґрунту.
2. Здійснити оцінку впливу сівозмін та добрив на вміст польової та запаси продуктивної вологи в ґрунті.
3. Проаналізувати вміст гумусових речовин та елементів живлення в ґрунті.
4. Оцінити продуктивність сівозмін залежно від системи удобрення.

**Об'єкт досліджень.** Об'єктом дослідження був світло-сірий лісовий середньосуглинковий ґрунт та його агрофізичні властивості.

**Предмет досліджень.** Предмет дослідження – взаємодія сівозміни та внесення добрив на агрофізичні властивості ґрунту.

**Методи дослідження.** Польовий – закладання досліду в польових умовах для вивчення впливу добрив і сівозмін на агрофізичні властивості ґрунту. Лабораторний – дослідження кількості водостійких агрегатів, структури, щільності, шпаруватості, вмісту польової та запасів продуктивної вологи, а також вміст гумусових речовин та елементів живлення у ґрунті. Крім того, застосовувався статистичний метод для аналізу отриманих даних досліджень.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що дослідження висвітлює вплив взаємодії сівозміни та внесення добрив на агрофізичні властивості ґрунту. Результати підкреслюють роль органічних добрив, зокрема гною та побічної продукції, у покращенні фізичних властивостей ґрунту, що може мати позитивний вплив на його родючість та продуктивність. Дослідження має важливе значення для розвитку ефективних сільськогосподарських практик, спрямованих на збереження та покращення якості ґрунту в умовах сучасного аграрного виробництва.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати дослідження виявили важливі взаємозв'язки між сівозміною та внесенням добрив на агрофізичні властивості ґрунту. Результати дослідження мають важливе практичне значення для сільськогосподарського сектору, сприяючи оптимізації вибору сівозміни, раціональному використанню добрив, управлінню вологою та створенню стійкої системи удобрень для покращення структури ґрунту та продуктивності сівозмін.

**Структура та обсяг магістерської роботи.** Кваліфікаційна робота викладена на 72 сторінках комп'ютерного тексту і складається зі вступу, 5-ти розділів, висновків та пропозицій виробництву, 14 таблиць, 9 рисунків, бібліографічного списку (90 джерел літератури, з яких 23 латиницею), 3 додатків.

# **Розділ 1. ВЗАЄМОДІЯ ДОБРИВ І СІВОЗМІНИ В КОНТЕКСТІ АГРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ: СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ (аналітичний огляд літературних джерел)**

## **1.1. Вплив добрив на агрофізичні властивості ґрунту**

Сьогодення вимагає від сільськогосподарського виробництва не лише високих врожаїв, але й збалансованого та стійкого підходу до використання природних ресурсів. У цьому контексті, важливим є комплексний аналіз впливу добрив і сівозмін на агрофізичні властивості ґрунту [1-5,6-8,11, 26,31,35-49].

Способи ведення сільського господарства та використання добрив суттєво змінилися впродовж останніх десятиліть під впливом розвитку технологій і нових екологічних вимог. Використання добрив може значно покращити врожайність сільськогосподарських культур, а частка впливу добрив на врожайність може становити аж 40 % від усіх факторів (рис.1). Сучасні фермери та агротехнологи працюють над тим, щоб максимізувати врожаї, зменшуючи вплив на довкілля та підтримуючи стійке використання ґрунту.

Агрофізичні властивості ґрунту мають важливе значення для розвитку сільськогосподарських культур. Вони відіграють провідну роль у процесах ґрунтоутворення та впливають на водне, повітряне та мінеральне живлення рослин [2, 3, 6, 11, 12]. Вивчення цих властивостей у контрольованих умовах тривалих досліджень дозволяє визначити оптимальні параметри і властивості ґрунту, а також встановити норми внесення органічних і мінеральних добрив для досягнення підвищення родючості ґрунтів та стабільно високого врожаю сільськогосподарських культур [5, 10, 14].

Щільність ґрунту є ключовою фізичною характеристикою, що впливає на різні аспекти сільськогосподарського виробництва. Цей показник перебуває в межах 1,2-1,4 г/см<sup>3</sup> для різних типів ґрунту [8, 24, 28, 33].

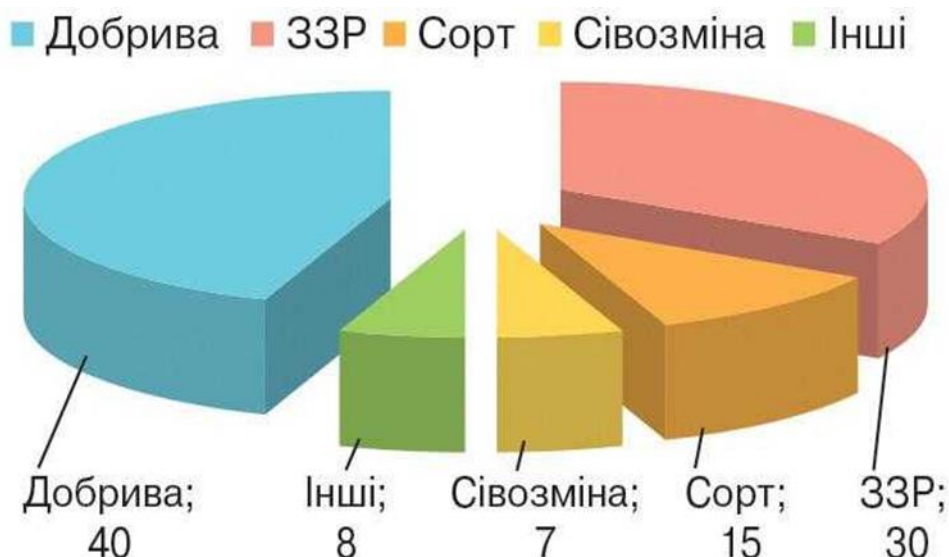


Рисунок 1. – Орієнтовний вплив різних чинників на врожайність у сучасних технологіях вирощування, %

Плужна підшва, утворена внаслідок тривалого сільськогосподарського використання, є важливою ознакою фізичного стану ґрунту. Цей ущільнений шар на межі орного і підорного шарів обмежує адаптивні властивості культур та обмежує їх повітряне та водне живлення [12].

Погіршення агрофізичних властивостей родючості ґрунту є актуальною темою в сучасних дослідженнях як в Україні, так і за її межами. Тому вплив органічних і мінеральних добрив на агрофізичні властивості ґрунту був вивчений у працях різних авторів [21, 22, 25-27, 29].

Зокрема, Б.Б Котвицький встановив, що використання органічних добрив, таких як підстилковий гній і побічна продукція рослинництва, сприяє позитивному регулюванню щільності і пористості ґрунту. Це важливо для забезпечення оптимальних умов для росту рослин та збереження агрофізичних властивостей ґрунту [23].

З іншого боку, С.І. Кудря та Н.А. Кудря зазначають, що при використанні суто мінеральної системи удобрення може спостерігатися деградація ґрунту, особливо внаслідок переущільнення. Плужна підшва, яка утворюється незалежно від системи удобрення, може призводити до ущільнення ґрунту на



глибині підорного шару, що в свою чергу впливає на щільність та пористість. Це може вплинути на водний та поживний режим рослин, зменшуючи їхню продуктивність [26].

Однією з ключових сучасних вимог є збереження та відновлення родючості ґрунту. Добрива відіграють важливу роль у цьому процесі, забезпечуючи рослин необхідними поживними речовинами. Важливим аспектом є вибір добрив та їхнє раціональне використання для уникнення перенасичення ґрунту хімічними елементами.

Враховуючи екологічні аспекти, необхідно також розглядати зменшення використання хімічних засобів. Деякі добрива можуть зменшувати необхідність застосування пестицидів та інших хімічних речовин, що сприяє екологічній стійкості та безпеці продукції.

Системний підхід до агрофізичних властивостей ґрунту включає в себе інноваційні методи та технології. Використання сучасних засобів та моніторингових систем може надати детальний аналіз стану ґрунту, що в свою чергу дозволить ефективніше впливати на його параметри.

Ключовою проблемою є потреба в збалансованому використанні ресурсів, яке сприяє стійкому розвитку агроєкосистеми. Важливо працювати над методами, які не лише забезпечують стабільні врожаї та високу якість продукції в короткостроковій перспективі, але й підтримують ці значення в довгостроковому плані [7,11,13,18,27,31].

Завданням досліджень у цьому напрямку є розробка та впровадження інноваційних рішень, які сприятимуть оптимізації сільськогосподарського виробництва, забезпечуючи сталість та стійкість системи. Вивчення впливу добрив і сівозмін на агрофізичні властивості ґрунту є ключовим етапом у формуванні таких інновацій та удосконаленні сільськогосподарської практики.

Добрива, взаємодіючи з ґрунтом, піддаються трансформації, впливаючи на умови живлення рослин та загальну продуктивність сільськогосподарських культур. Ефективна родючість ґрунту визначається доступністю поживних елементів. Якщо втрати поживних речовин через урожай не компенсуються

добривами чи іншими джерелами, то ґрунт може виснажитися, що негативно впливає на його потенційну та ефективну родючість [29,31,36-39,42-48].

Для досягнення стабільної врожайності та збереження поживних речовин у ґрунті важливо впроваджувати раціональні системи удобрення сільськогосподарських культур. Це сприяє стабільності врожаю, відтворенню поживних резервів та екологічній рівновазі в агроландшафті.

Використання добрив та засобів хімічної меліорації, таких як вапнування та гіпсування, є важливим чинником для поліпшення фізико-хімічних властивостей ґрунту та створення оптимальної реакції ґрунтового розчину. Застосування вапна, зокрема, суттєво впливає на структуру обмінних катіонів, особливо підвищуючи їхню активність.

Наукові дослідження показують, що вапнування сприяє різкому зниженню питомої ваги водню (на 13–20%) і значному збільшенню обмінних форм кальцію і магнію (на 12–18%), особливо при використанні вапна разом із гноєм та мінеральними добривами [49-56,64,66].

Фізико-хімічні властивості ґрунту, крім прямого впливу на врожай сільськогосподарських рослин, також мають непрямий вплив на поживний режим ґрунту, його біологічну активність та перетворення внесених добрив.

Загальний світовий досвід землеробства підтверджує, що мінеральні добрива є потужним інструментом для підвищення врожайності культур і родючості ґрунту. Проте, існують вказівки на те, що високі дози мінеральних добрив можуть призводити до зменшення ємності вбирання поживних речовин, втрати кальцію та погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунтів [14,21,36].

Ефективне землеробство вимагає раціонального управління кругообігом поживних речовин і створення активного балансу за допомогою добрив. Сучасний підхід передбачає не лише забезпечення рослин необхідними елементами живлення, але й позитивний вплив на процеси ґрунтоутворення та стійкість агроecosystem.

При розробці та впровадженні систем відтворення родючості ґрунту важливо враховувати локальні умови регіону, конкретні особливості

агрокультури та планові рівні врожайності. Заходи повинні бути науково обґрунтованими та адаптованими до конкретного контексту.

Я.П. Цвей вказує на покращання агрофізичних властивостей ґрунту при внесенні гною у своїх дослідках. Наприклад, внесення гною у дозі 80 т/га кожні 4-5 років призводило до створення бездефіцитного балансу органічної речовини, зниження щільності на  $0,06 \text{ г/см}^3$  і підвищення вмісту агрономічно цінних агрегатів з 72 до 81% [48-50].

П.С. Заяць провів дослідження, в результаті яких було виявлено, що внесення 1280 т/га гною протягом 27 років знизило щільність ґрунту на 8-10%, тоді як внесення мінеральних добрив привело до її підвищення на 4-5% [18].

Органічні добрива сприяють значному підвищенню запасів гумусу в орному і підорному шарах ґрунту. За дослідженнями, внесення органічних добрив великими дозами істотно збільшує вміст агрономічно цінних агрегатів [78-81]. Наприклад, впродовж 25 років досліджень у Полтавській області внесення органічних добрив збільшувало вміст гумусу, знижувало щільність і підвищувало загальну пористість ґрунту [37,63].

Дія мінеральних добрив на агрофізичні властивості ґрунту залежить від різних факторів. Деякі дослідники вказують на позитивний вплив на врожайність рослин, але інші констатують негативні аспекти. Внесення мінеральних добрив може змінювати фізичні властивості ґрунту не завжди в кращий бік, зокрема, при використанні великих доз фізіологічно кислих добрив [17, 72, 87].

Отже, обидва види добрив – органічні і мінеральні, мають свої переваги і недоліки, а їх використання повинно враховувати різноманітні аспекти агрофізичних властивостей ґрунту.

Загалом, сучасні вимоги до сільськогосподарського виробництва ставлять завдання перед науковцями та фахівцями в області сільського господарства не лише забезпечити високі врожаї, але й зберегти природні ресурси, підтримати екосистему та забезпечити сталість сільськогосподарської діяльності в умовах зростаючих викликів клімату та екології.

Отже, аналіз наукових джерел дозволяє зробити висновок, що внесення мінеральних та органічних добрив має вплив на агрофізичні показники ґрунту. Проте ефективність використання добрив залежить від співвідношення біогенних елементів та їх доз, а також врахування ґрунтово-кліматичних умов.

## **1.2 Вплив сівозмін на агрофізичні властивості ґрунту**

Сівозміна, або чергування культур, є одним з важливих та ефективних методів стійкого землеробства. Вона не лише допомагає уникнути виснаження ґрунту та захворювань рослин, але й покращує його структуру та збільшує родючість. Справедливо вважається, що сівозміна зменшує ризики ерозії та допомагає утримувати поживні речовини у верхньому шарі ґрунту [17, 22, 84].

Сучасне сільське господарство все більше спрямоване на збереження біорізноманіття та екосистем. Добре розпланована сівозміна сприяє різноманіттю культур, що сприяє збалансованому використанню ґрунту та підтримує різноманітність рослин та тварин.

З точки зору змін клімату, важливим є вдосконалення практик сівозміни та вибору культур, які більш стійкі до екстремальних умов. Це може включати в себе вибір рослин, які ефективно використовують воду та стійкі до температурних коливань.

Важливе значення у сільському господарстві має правильний вибір попередників у різноротаційних сівозмінах. Науково обґрунтоване чергування культур сприяє ефективному використанню угідь, оптимальному використанню добрив та реалізації потенційних можливостей рослин. Це також допомагає зменшити забур'яненість, обмежити дію шкідників та хвороб, зменшуючи при цьому використання хімічних препаратів [68,73,79,83].

За даними науковців, сівозміни значно впливають на фізичні властивості ґрунту, такі як структура, будова та щільність. Ці властивості визначають здатність ґрунту до зберігання та поглиблення вологи, а також активізують процеси трансформації поживних речовин. Важливою роль в цьому контексті

має щільність ґрунту, яка визначає інтенсивність мікробіологічної активності та процеси трансформації поживних речовин [32-43].

Щільність ґрунту також впливає на мікробіологічну активність та трансформацію поживних речовин у ґрунті. Оптимальна щільність забезпечує найбільш сприятливі умови для росту культур, в той час як вища щільність може призводити до погіршення умов для їхнього розвитку. Звідси, щільність 1,0-1,3 г/см<sup>3</sup> вважається оптимальною для сільськогосподарських культур [87,89].

Сівозміна також має визначальне значення для підтримки різних аспектів ґрунтового середовища, включаючи фітосанітарний, водний, поживний режими та родючість ґрунту взагалі. Вона впливає на вибір технологій обробітку, характер чергування культур у часі і, як результат, на структуру та щільність ґрунту. Зміна типу сівозміни та вибір конкретних культур у ній визначають ефективність сільськогосподарських операцій та кінцевий фізичний стан ґрунту. Загалом, після культур суцільного способу сівби фізичні властивості ґрунту покращуються порівняно із просапними культурами. Але частота включення просапних культур у сівозміну може впливати на структурно-агрегатний склад ґрунту, зокрема. Так, ряд науковців рекомендують уникати включення просапної культури частіше, ніж один раз за три роки на тому самому полі [6.14,26,90].

Рослини з добре розвинутою кореневою системою і надземними органами, які покривають поверхню ґрунту впродовж тривалого періоду, сприяють поліпшенню його структури. Багаторічні трави та злакові трави відповідають цим вимогам, утворюючи водостійкі агрегати. Довготривала взаємодія ґрунту з цими рослинами призводить до формування стійких агрегатів, особливо під впливом багаторічних трав. Ці стійкі агрегати утворюють водостійкі структури, і дослідження показують, що чим довше ґрунт перебуває під рослинами та чим вищий врожай, тим більше утворюється водостійких агрегатів. А відсутність рослин та інтенсивний обробіток може призвести до погіршення структури ґрунту.

В.В Адамчук та його колеги вказують, що однорічні трави, зокрема бобово-злакові травосуміші, суттєво впливають на структуру ґрунту. Проте,

через короткий період вегетації їхній внесок у формування структури менший порівняно з багаторічними травами. Зернові культури, особливо озимі, виявляють більшу здатність до утворення структури, завдяки тривалому періоду вегетації та розвиненій кореневій системі, яка ефективно захищає поверхню ґрунту восени та навесні [1].

Бобові рослини, можуть збільшувати вміст органічної речовини в ґрунті, що покращує ґрунтову структуру та живлення рослин. Просапні культури, за винятком кукурудзи з її добре розвинутою кореневою системою, менше сприяють поліпшенню структури ґрунту. Автори не пов'язують руйнування структури під просапними культурами з активізацією аеробної мікрофлори, але вказують на можливий вплив невеликої кількості органічних залишків та інтенсивного обробітку ґрунту після них [16-20, 64-67].

Отже, при вирощуванні культурних рослин спостерігаються дві відмінні тенденції: збільшення кількості водостійких агрегатів під впливом багаторічних трав та руйнування структури ґрунту при вирощуванні однорічних культур. Інтенсивність руйнування структури залежить від технології вирощування таких рослин та кількості опадів після їхнього збору. Щоб посилити перший процес, слід прагнути до вирощування високих врожаїв багаторічних трав. Для зменшення руйнування структури ґрунту слід забезпечити повернення органічної речовини в ґрунт після вирощування однорічних культур, введення поживних посівів та обмеження зайвих обробітків ґрунту.

Таким чином, розумний вибір попередників та врахування щільності ґрунту визначають успішність вирощування сільськогосподарських культур та їх вплив на агрофізичні властивості. Сівозміни можуть бути ефективним інструментом для оптимізації агрофізичних властивостей ґрунту та підтримки його родючості. Доцільне планування та розгляд різних культур у сівозмінах може допомогти зберегти та покращити стан ґрунту, збільшити врожайність та знизити негативний вплив на нього.

### **1.3. Інтеграція добрив і сівозміни: оптимізація агрофізичних характеристик ґрунту**

У сучасному сільському господарстві важливим завданням є забезпечення стійкого та ефективного вирощування сільськогосподарських культур. Одним із шляхів досягнення цієї мети є інтеграція добрив та сівозмін в агроекосистему. Ретельний аналіз взаємодії цих двох компонентів може призвести до синергетичного ефекту, що сприяє покращенню агрофізичних властивостей ґрунту, зокрема:

1. Покращення родючості та хімічного складу ґрунту. Використання добрив у відповідних формах та оптимальних дозах є важливим чинником для збільшення плодородності ґрунту. Мікро- та макроелементи, внесені за допомогою добрив, сприяють підвищенню родючості, забезпечуючи рослини необхідними поживними речовинами для оптимального росту та розвитку.

2. Профілактика ерозії ґрунту. Раціональна сівозмінна відіграє ключову роль у профілактиці ерозії ґрунту. Зміна культур, що вирощуються на одному полі протягом року, допомагає уникнути ерозії, оскільки різноманіття рослин зміцнює структуру ґрунту та зменшує втрату верхнього шару під дією води або вітру.

3. Забезпечення відновлення ґрунтової структури. Правильно підібрана сівозмінна сприяє відновленню ґрунтової структури. Крім того, різні культури мають різну кореневу систему, що сприяє покращенню структури ґрунту та збільшенню вмісту органічних речовин.

4. Сприяння стійкому агроекосистемному розвитку. Синергетичний ефект використання добрив і сівозмін допомагає створити стійку агроекосистему. Підтримка родючості ґрунту та його структури є важливим аспектом для забезпечення тривалого вирощування сільськогосподарських культур та уникнення виснаження природних ресурсів.

5. Екологічна ефективність. Спільне використання добрив і сівозмін також сприяє зменшенню викидів забруднюючих речовин, оскільки раціональна сівозмінна дозволяє знижувати потребу у хімічних добривах. Це важливо для збереження екологічної стійкості та здоров'я ґрунтової екосистеми [9,85,89,90].

На основі сучасних досліджень та практичного досвіду розроблені оптимальні стратегії використання добрив і сівозмін:

1. Диференційоване внесення добрив. Оптимальні стратегії передбачають диференційоване внесення добрив в залежності від потреб культур та агрофізичних характеристик ґрунту. Це вимагає врахування агрохімічних властивостей ґрунту, вмісту поживних речовин та потреб рослин у конкретних фазах росту.

2. Використання контрольованого внесення. Однією з оптимальних стратегій є використання контрольованого внесення добрив, що дозволяє точно регулювати кількість та час внесення поживних речовин. Це сприяє уникненню перевищення норм та забезпечує ефективне використання добрив рослинами.

3. Інтеграція з системами поливу. Оптимальні стратегії враховують інтеграцію внесення добрив з системами поливу, що дозволяє оптимізувати розподіл поживних речовин у ґрунті та забезпечити їхнє ефективне використання кореневою системою рослин.

4. Раціональна сівозмінна. Оптимальні стратегії включають в себе також раціональну сівозмінну, за якої враховуються потреби рослин у поживних речовинах та забезпечується оптимальне використання залишків добрив в ґрунті внаслідок вирощування попередніх культур.

5. Моніторинг агроєкосистеми. Оптимальні стратегії передбачають постійний моніторинг агроєкосистеми за допомогою сучасних технологій, таких як сільськогосподарські датчики та системи інформаційної підтримки. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни у властивостях ґрунту та потребах рослин.

6. Екологічно орієнтоване внесення. Оптимальні стратегії враховують також екологічний аспект внесення добрив, спрямовуючись на мінімізацію негативного впливу на ґрунтову структуру та водні ресурси.

Застосування цих оптимальних стратегій базується на наукових дослідженнях та практичному досвіді, забезпечуючи баланс між підвищенням



врожайності та збереженням структури ґрунту для сталого та ефективного сільськогосподарського виробництва [88-90].

Добрива, внесені в раціональних кількостях та відповідних формах, сприяють агрегації частинок ґрунту, що призводить до утворення стабільних ґрунтових гранул та полегшує проникнення води та повітря. Забезпечуючи правильний вміст органічних речовин та оптимальний хімічний склад, агроєкосистема стає менш вразливою до ерозії, утворення водяних потоків та зберігання води в кореневому шарі.

Ряд авторів, зокрема І.А. Шувар, О.А. Цюк, Л.В. Центило, В.І. Мельник та ін. також підкреслюють, що інтеграція добрив і сівозмін допомагає збільшити вміст органічних речовин в ґрунті. Раціональна сівозмінна забезпечує постійне внесення рослинних залишків, а добрива сприяють активізації мікроорганізмів, які розкладають ці залишки, утворюючи органічні речовини [51-52,59-62].

Досягнення оптимальних агрофізичних показників ґрунту прямо впливає на підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Оптимальний вміст поживних речовин та покращена структура ґрунту сприяють кращому поглибленню кореневої системи рослин у ґрунт та активізують процеси фотосинтезу.

Крім того, досягнення оптимальних агрофізичних показників ґрунту є ключовим для забезпечення стійкості сільськогосподарського виробництва. Стійкі агроєкосистеми, засновані на збалансованому використанні добрив та раціональній сівозміні, менш вразливі до кліматичних змін, шкідників та хвороб [81,89].

Збереження природних ресурсів через інтегрований підхід до використання добрив і сівозмін:

1. Зменшення використання хімічних речовин. Інтегрований підхід передбачає розумне та збалансоване використання добрив, що дозволяє зменшити залежність від хімічних речовин. Впровадження органічних та натуральних добрив, а також використання біологічних методів захисту рослин, сприяє зниженню впливу агрохімікатів на довкілля.

2. Ефективне використання ресурсів. Інтегрований підхід включає оптимальне використання ресурсів, враховуючи потреби конкретних культур та властивості ґрунту. Це означає точне дозування добрив, а також раціональне планування сівозміни для оптимізації використання води та поживних речовин.

3. Збереження ґрунтової родючості. Інтеграція добрив і сівозмін допомагає утримувати ґрунтову родючість на високому рівні. Збалансоване внесення поживних речовин та використання рослин, що сприяють утворенню органічних речовин, дозволяє уникнути виснаження ґрунту та забезпечити його тривалу продуктивність.

4. Запобігання забрудненню ґрунтів та водойм. Інтегрований підхід також враховує екологічні наслідки використання добрив та сівозміни. Зменшення хімічного навантаження сприяє запобіганню забрудненню ґрунтів та водойм шкідливими речовинами, що може виникнути при екстенсивному використанні хімічних агрохімікатів.

5. Сприяння сталому розвитку. Інтегрований підхід не лише допомагає уникнути негативного впливу на навколишнє середовище, але й сприяє сталому розвитку сільськогосподарських систем. Забезпечення екологічної стійкості допомагає зберігати природні ресурси для майбутніх поколінь та підтримує економічну стабільність.

Таким чином, до сільськогосподарського виробництва ставляться вимоги розуміння глибоких аспектів впливу добрив і сівозмін на агрофізичні властивості ґрунту. Важливо розглядати не лише конкретні культури чи технології, а й взаємодію цих елементів у системі. А інтеграція добрив і сівозмін є важливим стратегічним кроком вдосконалення агроєкосистем для забезпечення стійкого та продуктивного сільськогосподарського виробництва, з урахуванням екологічних та економічних вимог.

## **Розділ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1 Загальна характеристика господарства**

Фермерське господарство "Агротем" функціонує зосереджуючись на виробництві та реалізації сільськогосподарської продукції з метою здобуття прибутку та розширення виробництва. Господарство самостійно визначає напрями своєї діяльності, організовує виробництво та реалізацію продукції, а також обирає партнерів для економічних зв'язків, включаючи іноземних партнерів.

Основний напрямок діяльності господарства – розведення великої рогатої худоби молочних порід. Крім цього, господарство спеціалізується на вирощуванні зернових, бобових та олійних культур, картоплі, дворічних культур, а також займається змішаним сільським господарством, допоміжною діяльністю у рослинництві, виробництвом олії та тваринних жирів.

Важливим напрямком господарства також є переробка молока. У господарстві 150 корів ірландської джерсейської та гольштинської порід, молоко яких має високий вміст жиру та ідеально підходить для вироблення сиру. Добова норма молока від однієї корови становить 20 літрів. Господарство варить різні види твердих сирів, таких як гауда, моцарела, сулугуні з пліснявою. Частина молока реалізують на розлив, в тому числі компанії "Галичина".

Географічно, господарство розташоване у східній частині Пустомитівського району в зоні Лісостепу, південній частині Львівської Галицько-Волинської западини, яка входить до складу Східно-Європейської платформи. Відстань до районного центру м. Пустомити становить 25 км, а до Львова - 17 км (Рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Місце розміщення фермерського господарства «Агротем»

Площа всіх земель господарства складає 174 гектари, з яких 2 гектари призначені під ферми для корів та овець. Рілля займає основну частину загальної земельної площі господарства – 98,8%, що становить 172 гектари (Табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Експлікація земельних угідь ФГ «Агротем»

Назва угідь	Площа, га	У відсотках (%) до	
		загальної площі	с/г угідь
Всього земель	174,0	100	-
В т.ч. с.-г. угідь	172,0	98,8	100
з них: рілля	166,0	95,4	96,5
сінокоси	2,5	1,4	1,5
пасовища	3,5	2,0	2,0

У господарстві "Агротем" вирощують різноманітні сільськогосподарські культури. Серед них є озимий ріпак, пшениця озима, ячмінь ярий, картопля, кукурудза, соя та багаторічні трави (Табл.2.2).

Таблиця 2.2 – Структура посівних площ ФГ «Агротем»

№ п\п	Культура	Площа, га	%
1.	Загальна посівна площа	166	100,00
2.	Зернові, всього	59	35,5
	пшениця озима	41	24,7
	ячмінь ярий	18	10,8
3	Озимий ріпак	40	24,1
4	Картопля	30	18,1
5	Соя	15	9,0
6	Кукурудза	12	7,2
7	Багаторічні трави	10	6,0

З наданих даних видно, що зернові культури складають найбільш значущу частину загальної структури посівних площ, становлячи 38,0%. Серед цих культур особливе місце займають озимі зернові: озима пшениця та жито, які вирощують на площі 41 гектарів та 18 гектарів відповідно. Великі площі також відведено під озимий ріпак – 40 гектарів, що становить 36,1% від загальної структури посівних площ. Кукурудзу вирощують на площі 23 гектари. Соя та багаторічні трави займають менші площі, а саме 12 гектарів та 10 гектарів відповідно.

## 2.2 Агрометеорологічні умови виконання дослідження

Клімат є ключовим фактором, який визначає умови для сільськогосподарського виробництва на території господарства, що розташована в зоні західного Лісостепу України, і характеризується помірно континентальним кліматом. Зими є м'якими, з нестійкими морозами, частими таненнями снігу. Літо виявляється теплим і, часто, дощовим. Весна та осінь можуть бути затяжними.

Зима розпочинається наприкінці листопада, а стійкий сніговий покрив формується приблизно наприкінці грудня чи на початку січня. Середні температури коливаються від  $-4,3^{\circ}\text{C}$  у січні до  $+18^{\circ}\text{C}$  влітку. Річні опади становлять у середньому 675-711 мм, зі сніговим покривом висотою 18-25 см. Річки в межах господарства відносяться до басейнів Західного Бугу та Дністра, і дощі основною мірою впливають на річковий стік, при меншому внеску снігу та підземних джерел.

Для оцінки можливості вирощування різних культур чи поширення шкідників використовують суми активних і ефективних температур. У зоні Лісостепу суми активних температур складають  $2980^{\circ}\text{C}$  при  $+5^{\circ}\text{C}$ ,  $2645^{\circ}\text{C}$  при  $+10^{\circ}\text{C}$  і  $2005^{\circ}\text{C}$  при  $+15^{\circ}\text{C}$ . Суми ефективних температур вище наведених значень становлять відповідно  $1955^{\circ}\text{C}$ ,  $1035^{\circ}\text{C}$  і  $3400^{\circ}\text{C}$ .

Надлишок опадів над випаровуванням сприяє позитивному водному балансу, що корисно впливає на всі сільськогосподарські культури. Суша може негативно впливати на ріст рослин, включаючи картоплю.

Аналіз отриманих даних про середньодобову температуру атмосферного повітря та суму атмосферних опадів протягом періоду дослідження вказує на те, що у певні періоди спостерігалися не значне відхилення від середньорічних показників обох параметрів. Так у 2022 році та 2023 році найбільші відхилення за температурами були відзначені у січні та березні, коли середні місячні показники перевищували середньобагаторічні. Також у 2022 році спостерігалось перевищення середніх багаторічних показників температури впродовж червня-серпня, а в 2023 році – у липні-жовтні.

Щодо кількості опадів, то впродовж 2022 та 2023 років загальна кількість опадів була в межах середніх багаторічних показників, іноді навіть їх перевищувала, проте періоди дощів чергувались із їх відсутністю. У 2022 році найбільше опадів випало у квітні – 68,6 мм, вересні – 135,8 мм, листопаді – 82,5 мм та грудні – 75,2 мм, а в 2023 році: у червні – 107,8 мм та у липні – 120 мм (рис. 2.3, 2.4).

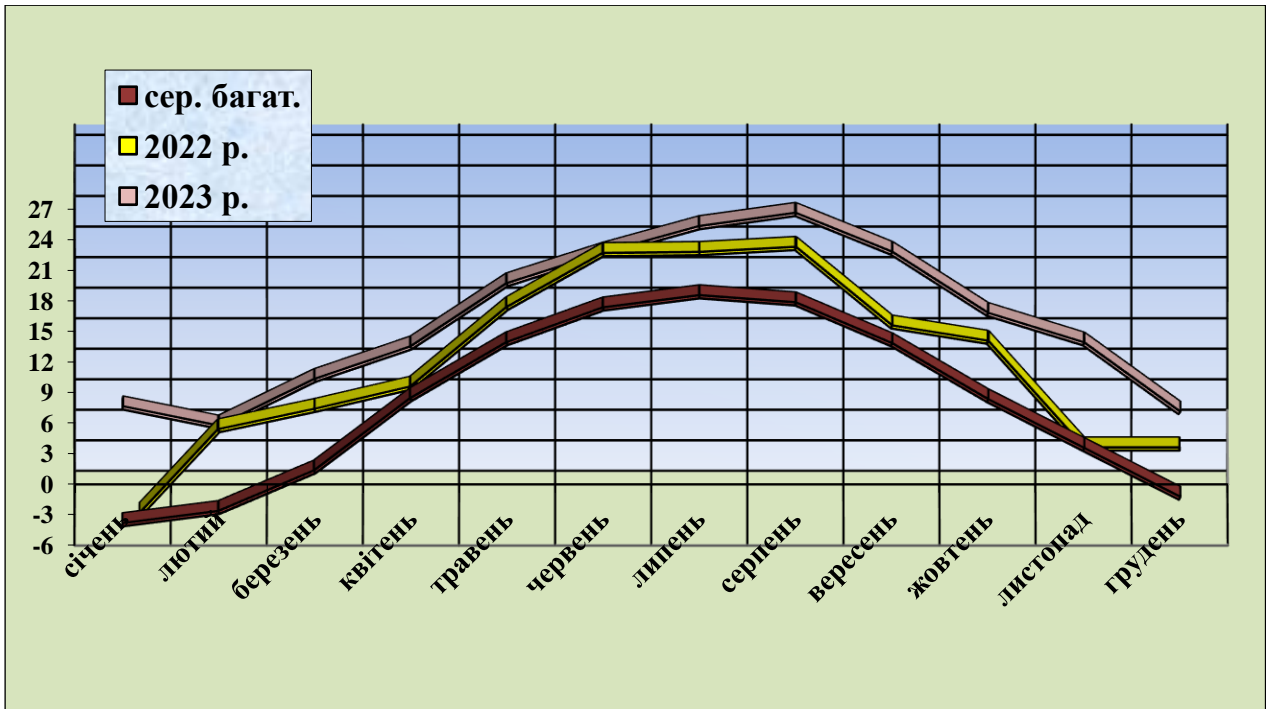


Рисунок 2.2 – Середньомісячна та багаторічна температура повітря (за даними Львівської метеостанції),<sup>0</sup>C

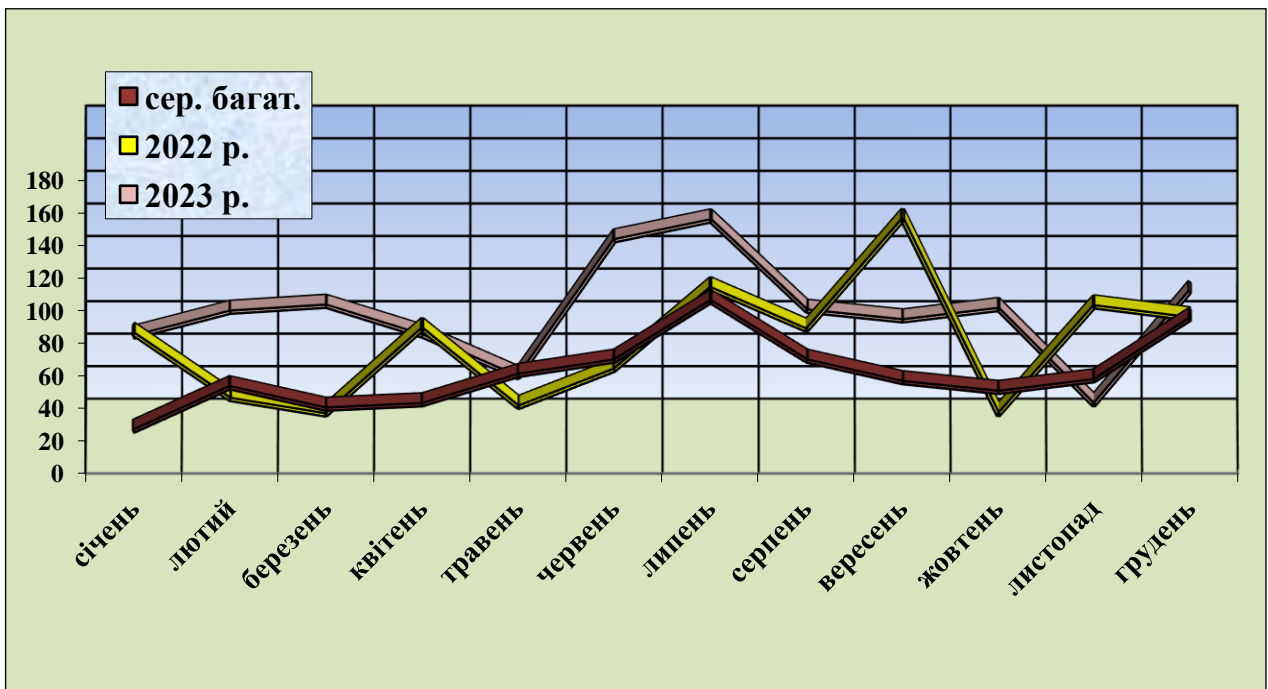


Рисунок 2.3. – Кількість атмосферних опадів і розподіл їх по місяцях (за даними Львівської метеостанції), мм

Загалом можна стверджувати, що кліматичні умови в зоні виконання дослідження сприяють отриманню значних врожаїв основних сільськогосподарських культур.

### **2.3 Характеристика ґрунтів господарства**

Рослинність відіграє ключову роль серед факторів, що впливають на процеси ґрунтоутворення. Вона має провідне місце, оскільки відповідає за основне нагромадження органічної маси у ґрунтах, залучаючи до цього процесу мікроорганізми. У зоні західного Лісостепу значна частина земель розорана, і лісовий покрив займає 15,3 тисяч гектарів, утворюючи основні породи, такі як дуб, бук, сосна та граб.

Ґрунтовий покрив даної зони виявляється досить різноманітним через неоднорідні умови природи, які суттєво вплинули на процеси ґрунтоутворення. Тут поширені мало- і середньогумусні типові чорноземи, опідзолені чорноземи, темно-сірі ґрунти, а також сірі та ясно-сірі лісові ґрунти.

На господарстві в основному наявні світло-сірі лісові ґрунти, що сформувалися внаслідок поєднання дернового, підзолистого та лесиважного процесів ґрунтоутворення. Це виявляється в морфогенетичній будові ґрунту через комбінацію гумусонакопичення у верхній частині та елювіально-ілювіальною диференціацією товщі ґрунту. Дерновий процес під впливом широколистяної рослинності протікає інтенсивніше, збільшуючи потужність гумусованої товщі порівняно з ґрунтами під мішаними лісами.

Лесиваж призводить до посилення диференціації ґрунтового профілю за вмістом мулу, при цьому руйнування мінеральної частини ґрунту не відбувається. Морфогенетичну будову профілю світло-сірого лісового ґрунту описано на основі розрізу, відібраного на дослідній ділянці на слабко хвилястому вододілі. Глибина розрізу становить 140 см, потужність гумусового горизонту – 33 см, глибина появи карбонатів – 130 см, а плями оглеснення виявлені на глибині 136 см.



Профіль цілинного світло-сірого лісового ґрунту:

1. HEop – горизонт гумусово-елювіального процесу, який характеризується світло-сірим кольором. Структура цього шару є дрібногрудкуватою, з ледь помітним пластинчастим розшаруванням агрегатів. Ґрунт легкосуглинковий, ущільнений, з присипкою SiO<sub>2</sub>. У цьому шарі виявлені корінці рослин, ходи ґрунтової фауни, та копроліти. Перехід до наступного горизонту (HEp/op) чітко визначається за глибиною оранки.
2. HEp/op – гумусово-елювіальний підорний горизонт. З точки зору морфології, він подібний до горизонту, що розташований вище, і має щільну грудкувато-пластинчасту структуру. Перехід до наступного горизонту (Eh) відрізняється ясністю забарвлення та щільністю.
3. Eh – слабогумусований елювіальний горизонт, який відрізняється світлішим забарвленням у порівнянні з гумусовим шаром. Він має пластинчасту структуру, щільність, свіжість та легкосуглинковий характер. Значна кількість присипки SiO<sub>2</sub>, наявність корінців рослин і хід комах підкреслюють його морфологічні особливості. Перехід до наступного горизонту (I) визначається чіткістю зміни кольору та щільністю.
4. I – ілювіальний шар, який має темно-буре забарвлення і горіхувато-призматичну структуру, особливість якої проявляється у верхній частині. Ґрунт вологий, дуже щільний та має середньосуглинковий склад. У верхній частині спостерігається присипка SiO<sub>2</sub> та колоїдне лакування на гранях агрегатів, а також наявність коренів рослин і кротовин. Перехід до наступного горизонту (Ip) відбувається поступово.
5. Ip – ілювіальний шар, який має буре забарвлення і призматичну структуру. Ґрунт щільний і має середньосуглинковий склад. На гранях агрегатів спостерігається колоїдне лакування та плівки R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Перехід до наступного горизонту (Pk/gl) відбувається поступово.
6. Pk/gl – ґрунтотворна порода може бути охарактеризована як лесоподібний суглинок палевого-жовтого кольору. Вона має безструктурну структуру, є свіжою та ущільненою, а також містить легкосуглинкові частинки та

карбонати. У нижній частині цього ґрунту можна спостерігати вохристі плями оглеєння (Табл.2.3, Додаток Б).

Таблиця 2.3 – Основні фізичні характеристики світло-сірого лісового ґрунту

Генетичний горизонт	Глибина, см	Щільність будови, г/см <sup>3</sup>	Щільність твердої фази, г/см <sup>3</sup>	Загальна шпатуватість, %
HE <sub>op</sub>	0-25	1,19	2,11	53,78
HE <sub>п/ор</sub>	26-33	1,20	2,34	52,62
Eh	34-50	1,28	2,61	48,65
I	55-67	1,42	2,68	43,29
Ip	95-107	1,39	2,61	41,76
Pk/gl	116-125	1,50	2,56	40,15

#### 2.4 Методика виконання дослідження

Експериментальні дослідження проведено на території Фермерського господарства "Агротем", що знаходиться в Пустомитівському районі Львівської області впродовж 2022-2023 років. За цей час проведено польові дослідження, лабораторні аналізи та спостереження за фенологічними особливостями на полях господарства.

У досліді вивчали вплив добрив (Фактор А) і сівозмін (Фактор В) на агрофізичні властивості ґрунту.

Виконані дослідження охопили два типи короткоротаційних сівозмін: зернову (озима пшениця – соя – кукурудза) і плодозмінну (багаторічні трави – пшениця озима – картопля – ячмінь ярий). У рамках обох сівозмін було використано дві різні системи удобрення. Інтенсивна система передбачала внесення з розрахунку на гектар сівозмінної площі 15 т/га гною та мінеральних

добрив N90P80K70 для зернової сівозміни і N80P70K80 – для плодозмінної. Альтернативна система включала загортання соломи стерньових попередників та у середньому N50P45K45 для обох сівозмін. Контроль – без внесення добрив.

Дослідження ґрунту було виконано відповідно до встановлених стандартних методик. Зокрема, визначення кількості лабільного гумусу здійснювалось за методом Єгорова (згідно з ДСТУ 4732:2007); визначення вмісту водорозчинного гумусу проводилося за методом Тюріна з модифікацією Сімакова (згідно з ДСТУ 4731:2007); вміст легкогідролізного азоту – за методом Корнфілда (згідно з ДСТУ 7863:2015); рухомий фосфор та обмінний калій аналізувалися за методом Кірсанова (згідно з ДСТУ 4405:2005).

Також досліджувались водно-фізичні характеристики ґрунту з шарів 0-10, 10-20 і 20-30 см, зокрема, визначення щільності будови ґрунту проводилося за методом Н.А. Качинського (відповідно до ДСТУ ISO 11272:2001), аналіз структурно-агрегатного складу – за методом М. І. Саввінова (відповідно до ДСТУ 4744:2007), визначення вмісту водотривких структурних агрегатів – за методом І. М. Бакшеева, вологість ґрунту вимірювалася термостатно-ваговим методом (відповідно до ДСТУ ISO 11465:2001), шпаруватість (пористість) ґрунту – пікнометричним методом, а вміст продуктивної вологи визначався розрахунковим методом.

Дослід був закладений із трьома повтореннями. Ділянки у варіантах розміщено систематично. Площа облікової ділянки у досліді становила 70 м<sup>2</sup>, а розмір посівної площі – 280 м<sup>2</sup>.

Оцінку ефективності використання сівозмін та удобрення виконували з використанням методичних вказівок, які були розроблені вченими О.К. Медведовським і П.І. Іваненком. Отримані результати обробляли статистично з використанням дисперсійного аналізу та комп'ютерної програми Microsoft Office.

### **Розділ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **3.1. Зміни агрофізичних властивостей світло-сірого лісового ґрунту під впливом удобрення та чергування культур**

Умови для успішного росту сільськогосподарських культур визначаються структурою, гранулометричним складом та фізичними характеристиками ґрунту. Гранулометричний склад є стійкою ознакою ґрунту, формування якої відбувається у процесі ґрунтотворення і залежить від властивостей ґрунтотворної породи та внутрішніх процесів у самому ґрунті. За гранулометричним складом вивчений світло-сірий лісовий опідзолений ґрунт характеризується грубопилувато-легкосуглинковою структурою. Вміст фракції фізичної глини у горизонті НЕор становить 26,96 % (Додаток В). За глибиною спостерігається збільшення вмісту фізичної глини в ілювіальному горизонті – до 37,4%, що свідчить про прояв підзолистого процесу у формуванні ґрунту. Вміст мулу змінюється від 9,44 % у горизонті НЕор до 22,10 % у горизонті І, а потім знову зменшується в ґрунтоутворюючій породі. В загальному серед гранулометричних фракцій переважає фракція крупного пилу (частинки 0,05-0,01 мм), вміст якої у профілі коливається від 56,91 % до 62,19 %.

Взаємодія крупного пилу та мулу сприяє створенню структури ґрунту, а мулиста фракція сприяє формуванню його вбирній здатності. При цьому наявність піщаної фракції, хоч і невелика, але зменшує негативний вплив пилу, покращуючи аерацію та водопроникність ґрунту.

Важливо зазначити, що ґрунти з добре сформованою водостійкою структурою мають меншу щільність, зберігаються в розпушеному стані тривалий час, не схильні до заливання та не утворюють поверхневу кірку. На основі виконаних досліджень ми визначили відповідний розподіл водостійких агрегатів (Табл.3.1).

Таблиця 3.1 – Вплив сівозміни та удобрення на кількість водотривких (0,25-10 мм) агрегатів у світло-сірому ґрунті (середнє за 2022-2023 рр.), %

Сівозміна/удобрення	Шар ґрунту, см			
	0-10	10-20	20-30	0-30
<i>Зернова</i>				
Контроль	68	54	43	55
N90P80K70+15 т/га гною	73	63	52	63
N50P45K45+ побічна продукція	71	62	49	61
<i>Плодозмінна</i>				
Контроль	69	52	45	56
N80P70K80+15 т/га гною	78	68	55	67
N50P45K45+ побічна продукція	75	66	56	66

З отриманих результатів аналізу випливає, що різні сівозміни та удобрення ґрунту впливають на кількість водостійких агрегатів. Так, у плодозмінній сівозміні у шарі ґрунту 0-30 см кількість водостійких агрегатів (0,25-10 мм) на 5-6 % переважала кількість водостійких агрегатів ґрунту у зерновій сівозміні.

Крім того, виявлено чітку тенденцію до зменшення кількості водостійких агрегатів вглиб ґрунтових шарів – в середньому серед досліджуваних варіантів від 68-78 % у шарі 0-10 см до 43-57% у шарі 20-30 см.

Загальною тенденцією є те, що внесення органічних добрив сприяє збільшенню кількості водотривких агрегатів у ґрунті, що може мати позитивний вплив на його структуру та родючість. Вплив сівозміни також враховується, де плодозмінна сівозміна виявляється більш ефективною в цьому контексті.

Фізичний стан ґрунту оцінюється за його щільністю. Щільність структури ґрунту змінюється внаслідок обробітку у просторі та в часі, особливо динамічно в гумусних горизонтах, де вплив антропогенних і зовнішніх факторів є найвиразнішим. Крім того, щільність ґрунту залежить від різноманітних факторів і може значно коливатися у межах одного типу ґрунту. Характер

використання ґрунту суттєво впливає на цей показник, і особливо помітно це при використанні ґрунтів під ріллею, що часто призводить до ущільнення поверхневого шару і утворення плужної підшви.

В досліджуваному ґрунті спостерігається значне збільшення щільності будови у шарі 0-10 см (1,15 г/см<sup>3</sup>) до шару 20-30 см (1,37 г/см<sup>3</sup>) (Табл. 3.2).

Також встановлено, що сівозміна має вагомий вплив на щільність ґрунту, тоді як удобрення, зокрема внесення гною чи побічної продукції, може допомагати покращити даний показник ґрунту на певних глибинах. За загальною тенденцією внесення органічних добрив може виявитися корисним для зменшення щільності ґрунту та поліпшення його фізичних властивостей.

Таблиця 3.2 – Вплив сівозміни та удобрення на показник щільності світло-сірого ґрунту (середнє за 2022-2023 рр.), г/см<sup>3</sup>

Сівозміна/удобрення	Шар ґрунту, см			
	0-10	10-20	20-30	0-30
<i>Зернова</i>				
Контроль	1,16	1,24	1,35	1,25
N90P80K70+15 т/га гною	1,17	1,24	1,34	1,25
N50P45K45+ побічна продукція	1,18	1,26	1,35	1,26
<i>Плодозмінна</i>				
Контроль	1,15	1,20	1,33	1,23
N80P70K80+15 т/га гною	1,16	1,21	1,35	1,24
N50P45K45+ побічна продукція	1,15	1,22	1,37	1,25

Отже, враховуючи взаємодію сівозміни та внесення добрив, можна зробити висновок, що обидва фактори відіграють важливу роль у формуванні структури ґрунту, а їх комбіноване використання може мати комплексний ефект на фізичні властивості ґрунту.

З отриманих даних шпаруватості ґрунту можна визначити наступні патерни впливу сівозміни та удобрення на загальну шпаруватість ґрунту:

### 1. Зернова сівозміна:

- Внесення добрив (N90P80K70+15 т/га гною або N50P45K45+ побічна продукція) не суттєво впливає на загальну шпаруватість ґрунту в порівнянні до контролю.
- Шпаруватість ґрунту залишається в межах близьких значень для усіх варіантів, що може свідчити про стабільність цього показника в умовах зернової сівозміни.

### 2. Плодозмінна сівозміна:

- Внесення добрив (N80P70K80+15 т/га гною або N50P45K45+ побічна продукція) вносить певні зміни у шпаруватість ґрунту, залежно від глибини. Загальна шпаруватість має тенденцію до зростання.
- Порівняно до контролю, внесення гною і побічної продукції може впливати на збереження або навіть підвищення шпаруватості ґрунту, особливо на глибинах 10-20 см та 20-30 см (Табл. 3.3).

Отже, враховуючи ці результати, можна зробити висновок, що внесення добрив може бути більш детермінованим фактором у формуванні шпаруватості ґрунту в порівнянні із сівозміною, особливо в системі плодозмінної сівозміни.

Родючість ґрунту формується комплексом взаємопов'язаних чинників, з яких велике значення мають водні властивості. Вода в ґрунті відіграє вирішальну роль у практично всіх фізичних і хімічних процесах, вона є потужною транспортною системою, що визначає переміщення речовин. Процеси утворення гумусу і хімічні реакції відбуваються виключно у водному середовищі. Недостатність вологоспоживання зменшує позитивний вплив добрив, обробітку ґрунту та інших агротехнічних методів.

Таблиця 3.3 – Вплив сівозміни та удобрення на загальну шпаруватість ґрунту (середнє за 2022-2023 рр.), %

Сівозміна/удобрення	Шар ґрунту, см			
	0-10	10-20	20-30	0-30
<i>Зернова</i>				
Контроль	56,0	53,4	48,7	52,7
N90P80K70+15 т/га гною	56,4	54,2	47,9	52,8
N50P45K45+ побічна продукція	56,0	53,4	48,7	52,7
<i>Плодозмінна</i>				
Контроль	56,2	53,0	48,6	52,6
N80P70K80+15 т/га гною	57,4	54,9	48,9	53,7
N50P45K45+ побічна продукція	56,1	53,4	47,1	52,2

Збереження запасів вологи у сівозмінах представляє собою динамічний показник, що залежить від складу та співвідношення культур, їх фаз розвитку, рівня удобрення, загальної кількості опадів та їх розподілу впродовж вегетаційного періоду, а також температурного режиму.

Результати спостережень різних авторів, а також наші дворічні дослідження, свідчать про те, що глобальні зміни клімату стають все більш відчутними з плином часу. У останні роки було виявлено недостатню кількість вологи у ґрунті, що негативно впливає на ріст, розвиток та загальну продуктивність культурних рослин (Табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Вміст польової (%) та запаси продуктивної вологи (мм) в ґрунті (середнє за 2022-2023 рр.)

Сівозміна/удобрення	Шар ґрунту, см	%	мм
<i>Зернова</i>			
Контроль	0-10	18,1	31,4
	10-20	18,4	36,2
	20-30	18,9	37,2
	0-30	18,5	34,9



N90P80K70+15 т/Га гною	0-10	18,4	31,8
	10-20	18,8	37,1
	20-30	19,3	37,9
	0-30	18,8	35,6
N50P45K45 + побічна продукція	0-10	18,2	31,6
	10-20	18,6	36,5
	20-30	18,9	37,4
	0-30	18,6	35,2
<i>Плодозмінна</i>			
Контроль	0-10	18,5	31,6
	10-20	18,9	37,0
	20-30	19,0	37,5
	0-30	18,8	35,4
N80P70K80+15 т/Га гною	0-10	18,7	32,3
	10-20	19,2	37,3
	20-30	19,5	38,4
	0-30	19,1	36,0
N50P45K45+ побічна продукція	0-10	18,6	32,0
	10-20	19,0	37,1
	20-30	19,3	38,1
	0-30	19,0	35,7

Додатковий аналіз впливу сівозмін та удобрень на запаси продуктивної вологи в ґрунті свідчить, що обидві сівозміни (зернова та плодозмінна) із внесенням добрив (незалежно від типу) показують поліпшення вмісту польової та запасів продуктивної вологи порівняно до контролю. Проте, важливо відзначити, що ці показники були найвищі в плодозмінній сівозміні з удобренням N80P70K80+15 т/Га гною.

### 3.2. Динаміка поживного режиму світло-сірого лісового ґрунту

Високий вміст гумусу є ключовим фактором для плодючості ґрунту, оскільки в ньому зосереджено майже 98% ґрунтового азоту, 60% фосфору, 80% сірки та більшість мікроелементів. Гумус виступає основним резервуаром для збереження поживних речовин та є важливим джерелом енергії для більшості ґрунтових мікроорганізмів. Цей органічний матеріал сповільнює процеси вимивання поживних речовин з кореневмісного шару ґрунту та підвищує ефективність мінеральних добрив.

З точки зору живлення, рухомі органічні речовини є особливо важливими, оскільки вони створюють сприятливі умови для росту і розвитку рослин, сприяючи формуванню їх продуктивності. Лабільні й водорозчинні форми гумусу також взаємодіють у фізико-біохімічних процесах, пов'язаних із фотосинтезом, диханням і обміном речовин.

Для оцінки ефективності сівозмін та добрив, а також вибору кращої сівозміни, важливо враховувати не тільки кількість агрегатів і хімічний склад ґрунту, але й зміни в гумусовому стані. Результати наших досліджень вказують на те, що вищі значення нестабільних гумусових речовин спостерігалися у обох сівозмінах, де застосовувалася інтенсивна система удобрення. Так, при внесенні N90P80K70+15 т/га гною у зерновій сівозміні вміст лабільного гумусу у шарі ґрунту 0-30 см становив 419,6 мг/100 г ґрунту, а водорозчинного – 15,28 мг/100 г ґрунту, а при внесенні N80P70K80+15 т/га гною у плодозмінній сівозміні – 428,8 мг/100 г ґрунту та 16,08 мг/100 г ґрунту відповідно (Табл. 3.5).

Також можна відзначити, що внесення гною та побічної продукції сприяє збільшенню лабільного та водорозчинного гумусу в ґрунті, зокрема в глибших його шарах. Враховуючи ці аспекти, можна зробити висновок про важливість впровадження ефективних систем сівозмін та раціонального використання органічних добрив для поліпшення якості ґрунту та підвищення врожайності культур.

Таблиця 3.5 – Динаміка змін нестабільних гумусових речовин, мг/100 г ґрунту (середнє за 2022-2023 рр.)

Сівозміна/удобрення	Форми гумусу							
	лабільний				водорозчинний			
	шар ґрунту, см							
	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
<i>Зернова</i>								
Контроль	339,5	301,7	287,2	309,5	12,13	11,21	10,82	11,39
N90P80K70+15 т/га гною	431,3	421,8	405,6	419,6	19,07	13,91	12,87	15,28
N50P45K45+ побічна продукція	411,8	389,2	364,7	388,6	16,75	12,54	11,89	13,73
<i>Плодозмінна</i>								
Контроль	347,4	321,3	309,6	326,1	13,12	11,97	11,19	12,09
N80P70K80+15 т/га гною	451,3	424,7	410,4	428,8	20,89	14,14	13,21	16,08
N50P45K45+ побічна продукція	428,5	418,3	379,6	408,8	17,81	13,43	12,37	14,54

При розробленні моделей ефективної родючості ґрунтів велике значення мають показники, які вказують на поживний режим. Рухомі форми основних елементів живлення є ключовим фактором, який впливає безпосередньо на рослини.

Дослідження змін динаміки вмісту і трансформації поживних речовин в короткотривалих сівозмінах показали, що оптимальне забезпечення рухомими формами азоту, фосфору і калію досягалося за умови інтенсивної органо-мінеральної системи удобрення.

У середньому за роки досліджень як в зерновій, так і у плодозмінній сівозмінах вміст легкогідролізного азоту в шарі ґрунту 0-30 см становив 98,1-131,9 мг/кг ґрунту, рухомих форм фосфору і обмінного калію – відповідно 107,3-133,5 та 98,2-119,1 мг/кг ґрунту. У випадку альтернативної системи удобрення (внесення N50P45K45+побічна продукція), вміст основних елементів був на 4-6 % менший порівняно до інтенсивної системи удобрення за обох типів сівозмін (Табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Поживний режим ґрунту у шарі 0-30 см, мг/кг ґрунту (середнє за 2022-2023 рр.)

Показник родючості	Сівозміна					
	Зернова			Плодозмінна		
	контроль	N90P80K70+ 15 т/га гною	N50P45K45+ побічна продукція	контроль	N80P70K80+ 15 т/га гною	N50P45K45+ побічна продукція
N	98,1	131,4	124,4	97,2	123,9	121,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	85,3	91,8	88,6	88,4	94,5	91,4
K <sub>2</sub> O	98,2	116,5	111,3	99,7	119,1	112,7

Дослідження світло-сірого лісового ґрунту свідчить про позитивний вплив мінеральних азотних добрив на азотний режим.

Внаслідок інтенсивного азотного удобрення у зерновій сівозміні зафіксовано збільшення вмісту легкогідролізованого азоту в ґрунті порівняно до контролю як у інтенсивній системі удобрення, так і у альтернативній. Це призвело до позитивного балансу лужногідролізованого азоту в орному шарі ґрунту (0-30 см) (рис.3.1).

Також слід зазначити, що вміст азоту збільшився в зерновій сівозміні на 7,5 мг/кг ґрунту порівняно до плодозмінної. Це пояснюється високою нормою

внесення азотних добрив у зерновій сівозміні, де сумарно під озиму пшеницю, сою та кукурудзу внесено біля 300 кг д.р. азоту.

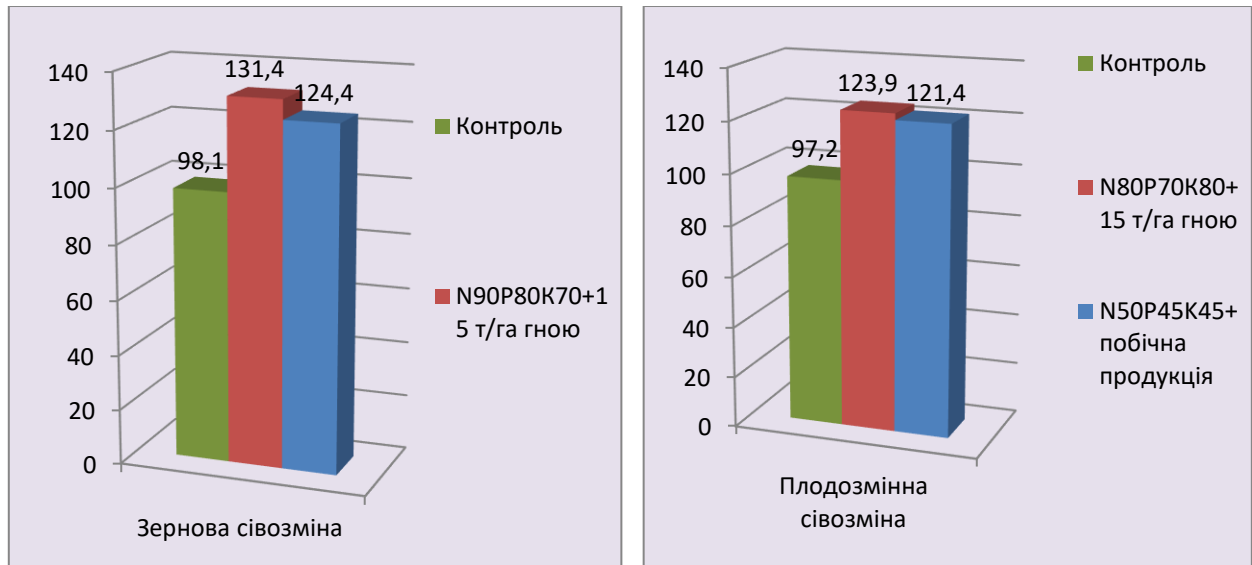


Рисунок 3.1. – Вміст лужногідролізованого азоту у шарі ґрунту 0-30 см залежно від системи удобрення та сівозміни, мг/кг ґрунту (середнє за 2022-2023 рр.)

Наявність легкозасвоюваного фосфору в ґрунтах визначається як ключовий показник їхньої родючості. Високий вміст доступного фосфору сприяє підвищенню урожайності культур, робить рослини більш стійкими до стресових умов, прискорює процеси дозрівання та поліпшує якість вирощених продуктів [55, 59].

Забезпечення рослин оптимальною кількістю доступного фосфору сприяє розвитку кореневої системи, зміцнює її розгалуження та проникнення в глибші горизонти. Результати досліджень підтверджують, що доступність фосфатів для рослин суттєво залежить від характеристик ґрунтового розчину, гранулометричного складу, вмісту органічних речовин, складу ґрунтово-вбирного комплексу, активності мікроорганізмів, кількості вологи в ґрунті та інших факторів [9, 28, 30].

Слід відзначити, що рослини найбільш ефективно засвоюють водорозчинні дигідрофосфати ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ), тоді як гідрофосфати ( $\text{CaHPO}_4$ ), розчинні в слабких кислотах, є менш доступними.

У виконаному дослідженні в обох сівозмінах (зернова та плодозмінна), застосування добрив (особливо поєднання органічних та мінеральних) призвело до значного збільшення вмісту рухомих форм фосфору порівняно до контролю. Це свідчить про позитивний вплив добрив на доступність фосфору для рослин у світло-сірому лісовому ґрунті (рис. 3.2).

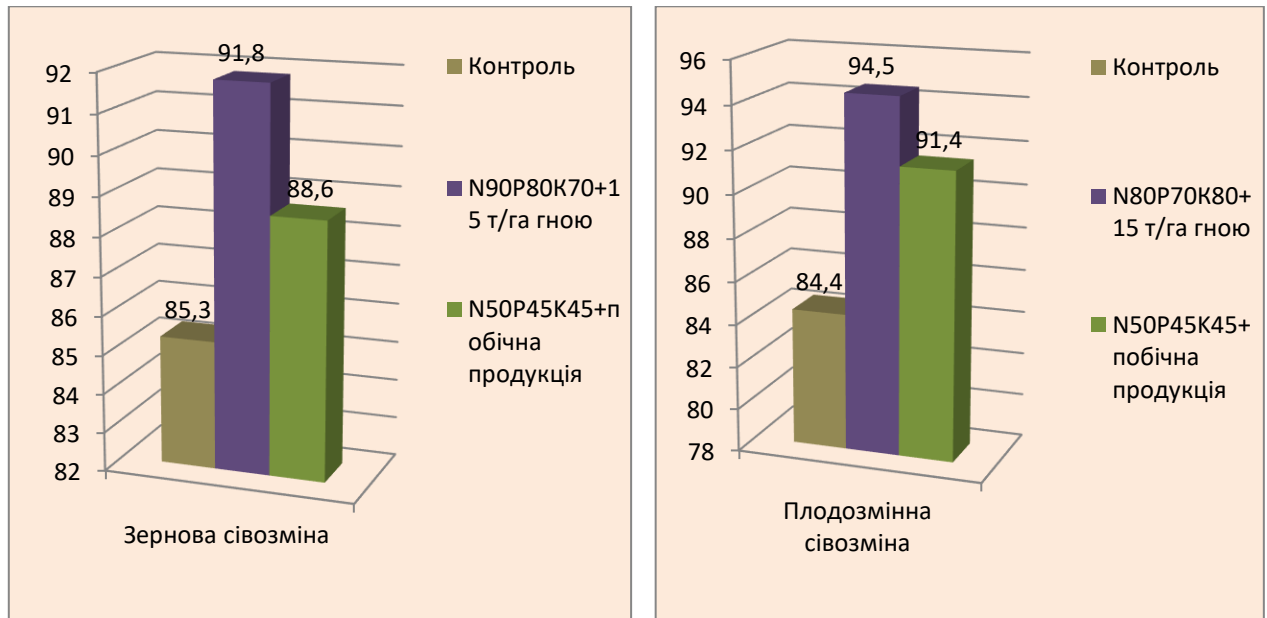


Рисунок 3.2. – Вміст рухомих форм фосфору у шарі ґрунту 0-30 см залежно від внесення добрив та сівозміни, мг/кг ґрунту (середнє за 2022-2023 рр.)

Головним джерелом калію в ґрунті є мінерали силікатів, зокрема польові шпати та гідрослюди. Оскільки майже весь склад мінеральної частки ґрунту складається з первинних і вторинних мінералів, головним чином силікатів, загальний вміст калію вважається достатнім. Кількість калію в ґрунті зростає зі збільшенням вмісту фізичної глини в гранулометричному складі.

Однак встановлення конкретного зв'язку між реально доступними для рослин сполуками калію та їх валовими запасами є складним завданням. Хоча обмінні форми калію є важливим джерелом для рослин, вони нестабільні через високу здатність до міграції. Сполуки водорозчинного калію, які не використовуються рослинами, можуть легко переміщуватися у нижчі ґрунтові

горизонти або виноситися підземними водами, особливо в умовах промивного водного режиму

В ґрунті обох сівозмін вміст обмінного калію у варіантах із внесенням добрив коливався від 111,3 до 119,1 мг/кг, що, за класифікацією Кірсанова, вважається підвищеним вмістом, проте у варіантах без внесення добрив, вміст обмінного калію характеризувався значно нижчими показниками (рис. 3.3).

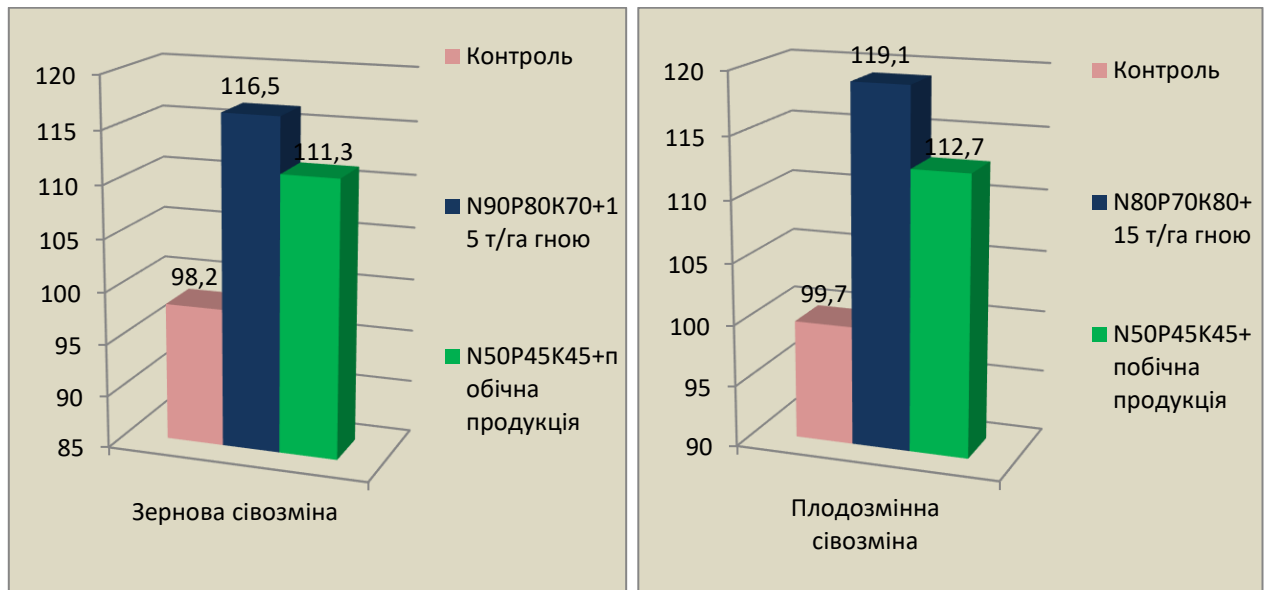


Рисунок 3.3. – Вміст обмінного калію у шарі ґрунту 0-30 см залежно від внесення добрив та сівозміни, мг/кг ґрунту (середнє за 2022-2023 рр.)

Крім того, у зерновій сівозміні вміст обмінного калію збільшився найбільше під впливом N90P80K70+15 т/га гною (116,5 мг/кг) порівняно з контрольним варіантом (98,2 мг/кг). У плодозмінній сівозміні найвищий вміст обмінного калію спостерігається за внесення N80P70K80+15 т/га гною – 119,1 мг/кг, порівняно до контролю – 99,7 мг/кг. Таким чином, результати вказують на позитивний вплив внесення добрив на вміст обмінного калію у ґрунті.

Отже, недостатня кількість добрив у сівозмінах може призвести до зменшення вмісту необхідних елементів живлення в ґрунті та виснаження його ресурсів. Така ситуація може мінімізувати потенціал для здорового зростання рослин та погіршити якість ґрунту. Як результат, врожайність та якість сільськогосподарських культур можуть стати об'єктом негативного впливу

внаслідок неефективного управління добривами. Крім того, недостатня кількість добрив уможливорює порушення рівноваги між поживними речовинами, що може вплинути на фізико-хімічні властивості та структуру ґрунту.

### 3.3. Продуктивність сівозміни залежно від системи удобрення

Оцінка ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур здійснюється з урахуванням агротехнічних та економічних аспектів. Агротехнічна ефективність визначається перш за все показниками продуктивності культури або сівозміни. Продуктивність сівозміни відображає вплив всієї системи технологічних заходів, які безпосередньо впливають на всі аспекти вирощування культури. Зацікавленість у високому агротехнічному впливі систем удобрення, обробітку ґрунту та попередника на підвищення продуктивності ґрунту призводить до підвищеної продуктивності кожної окремої культури та сівозміни в цілому. Таким чином, продуктивність є ключовим критерієм агротехнічної ефективності сівозміни та технології вирощування.

Продуктивність культур сівозміни нерозривно пов'язана з продуктивністю ґрунтів та системи удобрення в технологіях вирощування. Для порівняння продуктивності культур в сівозміні використовували коефіцієнти переведення врожайності в зернові одиниці за методикою Гревцова В.Д.

У наших дослідженнях продуктивність сівозміни залежала від типу сівозміни та удобрення. Середня продуктивність сівозмін значно зросла при внесенні добрив та гною. Так, у зерновій сівозміні, яка включала в себе 100% зернових культур, найменша урожайність зернових одиниць становила у середньому 5,5 т/га у варіанті контролю, а найбільша – 8,1 т/га – у варіанті інтенсивної системи внесення добрив (N90P80K70+15 т/га) (Табл. 3.7).

Таблиця 3.7. – Продуктивність зернової сівозміни залежно від внесення добрив (у середньому за 2022-2023 рр.)



Культура	Продуктивність культури	
	урожай, т/га	зернових одиниць, т/га
контроль		
озима пшениця	3,8	6,9
соя	2,4	2,4
кукурудза	7,1	7,1
середнє на сівозміну, т/га	-	5,5
N90P80K70+15 т/га гною		
озима пшениця	6,1	11,0
соя	3,5	3,5
кукурудза	9,7	9,7
середнє на сівозміну, т/га	-	8,1
N50P45K45+ побічна продукція		
озима пшениця	5,3	9,6
соя	3,1	3,1
кукурудза	8,6	8,6
середнє на сівозміну, т/га	-	7,1

Урожайність культур при внесенні N90P80K70+15 т/га гною в сівозміні була високою, завдяки внесенню значних норм мінеральних добрив. Кукурудза виявилася найбільш продуктивною в цьому контексті, її продуктивність становила у середньому за роки досліджень 9,7 з.о. т/га.

У плодозмінній сівозміні внесення NPK та гною призвело до значного підвищення продуктивності усіх культур у порівнянні до контролю. Варто відзначити, що багаторічні трави виявилися дуже продуктивними в усіх варіантах сівозміни, а продуктивність картоплі та ячменю ярого зросла на 16-30 % та на 26-45 % відповідно при внесенні добрив (Табл. 3.7).

Таблиця 3.8. – Продуктивність плодозмінної сівозміни залежно від внесення добрив (у середньому за 2022-2023 рр.)

Культура	Продуктивність культури	
	урожай, т/га	зернових одиниць, т/га
контроль		
багаторічні трави	80,1	12,8
пшениця озима	4,0	4,0
картопля	14,6	3,2
ячмінь ярий	4,2	4,2
середнє на сівозміну, т/га	-	6,1
N80P70K80+15 т/га гною		
багаторічні трави	110,5	17,7
пшениця озима	5,2	5,2
картопля	19,2	4,2
ячмінь ярий	6,1	6,1
середнє на сівозміну, т/га	-	8,3
N50P45K45+ побічна продукція		
багаторічні трави	100,3	16,0
пшениця озима	4,5	4,5
картопля	16,6	3,7
ячмінь ярий	5,3	5,3
середнє на сівозміну, т/га	-	7,4

Аналізуючи продуктивність обох сівозмін, можна встановити кілька ключових висновків:

### 1. Внесення добрив та гною позитивно впливає на урожайність

- В обох сівозмінах внесення NPK та гною призвело до значного підвищення продуктивності різних культур. Це свідчить про ефективність добрив і позитивний вплив гною на родючість ґрунту.

### 2. Різна відповідь культур на добрива

- У зерновій сівозміні найбільший приріст урожайності відзначений у кукурудзи, а у плодозмінній – у картоплі, ячменю ярого та багаторічних трав. Це може бути пов'язано з особливостями поживного режиму кожної культури та їхньою взаємодією з добривами.

### 3. Багаторічні трави є продуктивним елементом сівозміни

- Багаторічні трави проявили високу продуктивність. Це може бути

важливим аспектом, адже використання багаторічних трав у сівозміні є ефективним стратегічним кроком для збереження та покращення родючості ґрунту. Їхній потенціал полягає в стабілізації ґрунту, запобіганні ерозії, фіксації азоту та сприянні загальній продуктивності. Багаторічні трави виступають не лише як елемент сівозміни, але й як ключовий фактор у збалансованому та стійкому сільськогосподарському виробництві, сприяючи здоров'ю ґрунту та якості врожаю.

#### 4. Ефективність різних варіантів добрив

- Внесення мінеральних добрив та 15 т/га гною виявилось більш ефективним для підвищення середньої продуктивності обох сівозмін у порівнянні з N50P45K45 та побічною продукцією.

Загалом, обидві сівозміни вказують на те, що раціональне використання добрив та гною може значно підвищити продуктивність сільськогосподарських культур, забезпечуючи стійку та ефективну агропродовольчу систему (Рис. 3.4, 3.5).

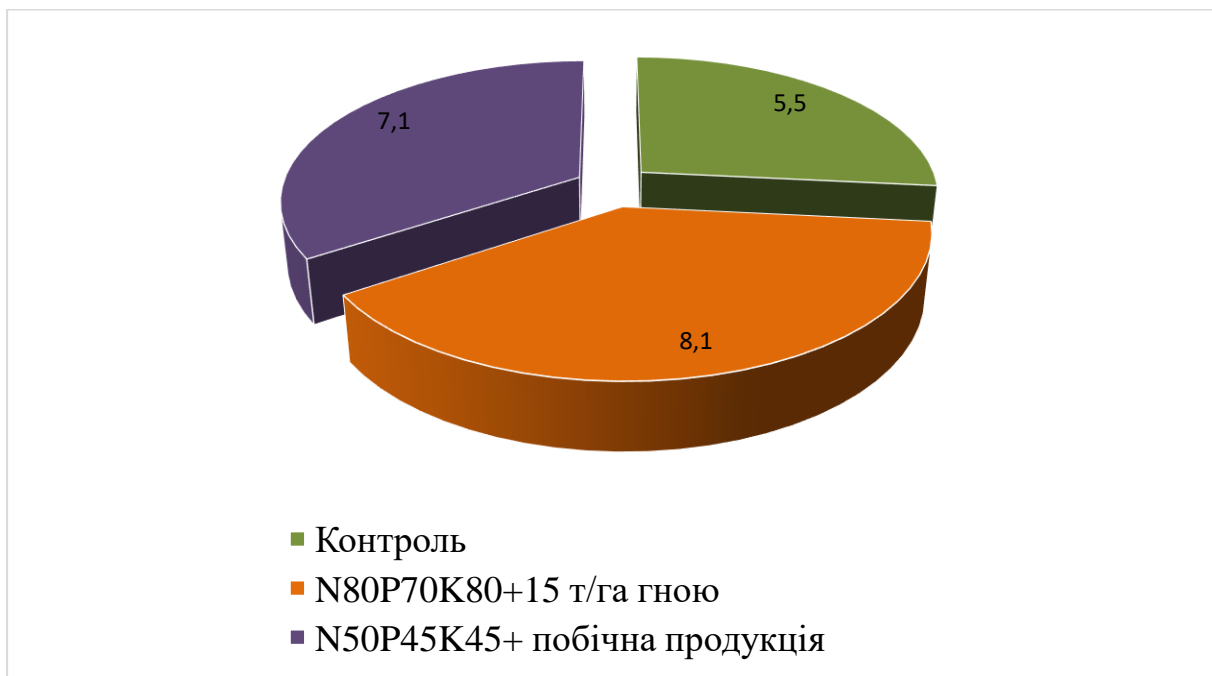


Рисунок 3.4. – Продуктивність зернової сівозміни залежно від внесення добрив, зернові одиниці т/га

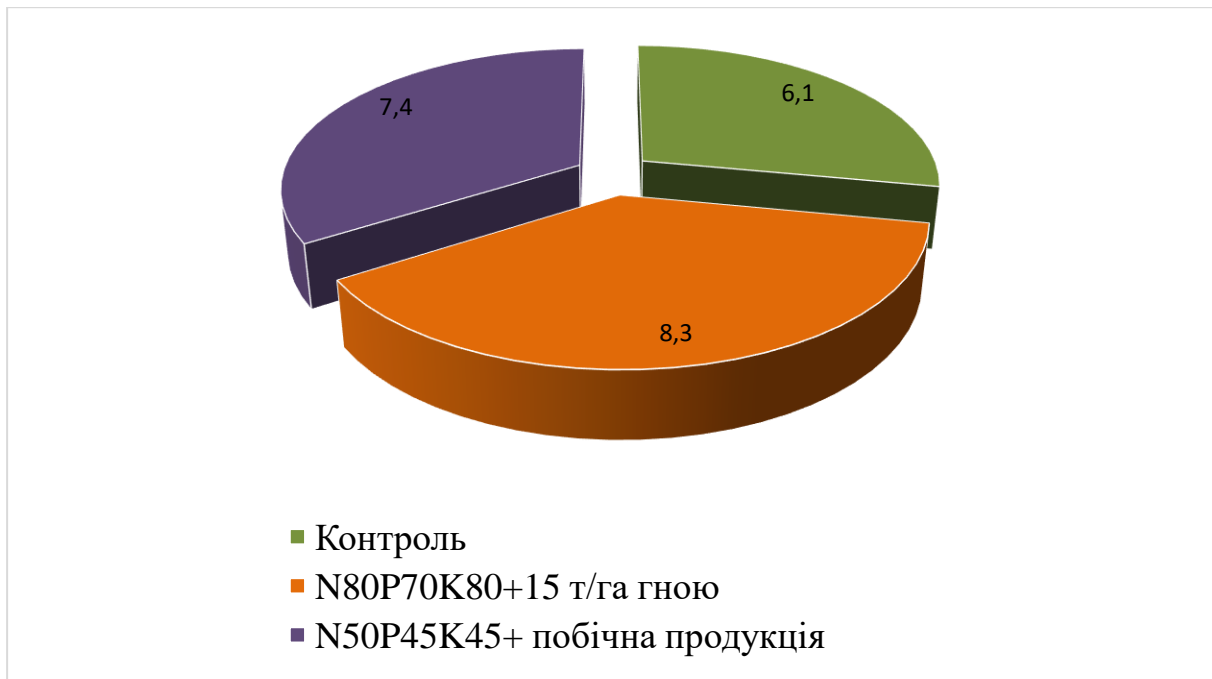


Рисунок 3.5. – Продуктивність плодозмінної сівозміни залежно від внесення добрив, зернові одиниці т/га

Таким чином, інтенсивність сільськогосподарського використання ґрунту має значний вплив на його продуктивність і, відповідно, на продуктивність сівозміни. Добре збалансована система добрив, оптимальне використання побічної продукції, а також врахування вимог різних сільськогосподарських культур дозволяють ефективно використовувати ресурси ґрунту. Однак важливо також враховувати сталий підхід до використання ґрунтових ресурсів, щоб уникнути їхнього виснаження та забезпечити сталість агропродовольчої системи в майбутньому.

## **Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ**

**Аналіз стану охорони праці на господарстві.** Ведення сільського господарства, зокрема вирощування рослинної продукції, пов'язане з рядом специфічних технологічних операцій та використанням хімічних речовин, що може створювати потенційну загрозу здоров'ю працівників. Тому на кожному господарстві вельми важливо дотримуватися законодавства про охорону праці та забезпечувати безпечні умови праці.

Основні вимоги щодо організації охорони праці на підприємствах різних форм власності і напрямків діяльності визначені законом "Про охорону праці" та відповідними нормативно-правовими документами. Згідно із цими нормами, ключовими принципами охорони праці є пріоритет життя та здоров'я працівників, повна відповідальність власника за створення безпечних умов праці, соціальний захист працівників у випадку нещасних випадків та повне відшкодування збитків.

У ФГ "Агротем" існує посада інженера з охорони праці, який спільно з керівником підприємства та головним агрономом відповідає за створення безпечних умов праці. Йому доручено виявлення та усунення можливих причин виробничого травматизму, розробка профілактичних заходів для уникнення травм. Всі працівники господарства забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту та проходять відповідні інструктажі перед початком робіт, особливо під час польових робіт.

Аналіз даних щодо виробничого травматизму та професійних захворювань на господарстві за 2022-2023 роки підтверджує відсутність нещасних випадків та травм, пов'язаних з умовами праці серед працівників протягом цього періоду.

**Покращення умов праці, техніки безпеки та протипожежної безпеки при вирощуванні озимої пшениці.** Для ефективного вирощування сільськогосподарських культур необхідно проводити ряд технологічних операцій, пов'язаних як із підготовкою ґрунту, так і із посівом насіння та подальшим доглядом за рослинами. Однак важливо враховувати, що виконання

цих агротехнічних заходів може призвести до травматичних ситуацій, тому дотримання правил безпеки має велике значення.

Небезпеки можуть виникати через використання сільськогосподарської техніки, що супроводжується ризиком травм та тілесних ушкоджень, а також при використанні мінеральних добрив та засобів захисту рослин, що може викликати отруєння та захворювання. Під час виконання будь-яких технологічних операцій необхідно впевнитися, що на полі відсутні сторонні особи.

З метою запобігання небезпечним ситуаціям, до роботи в полі повинні допускатися лише справні машини, обладнані всіма необхідними агрегатами, механізмами, приладами, сигналізацією та захисними загородами. Робоче місце обслуговуючого персоналу повинно бути обладнане сидінням із запобіжним поясом, підніжною дошкою, упором для ніг та забезпечувати захист від шуму та пилу. Перед початком роботи необхідно перевірити справність тракторів та інших машин. Керування причіпним плугом слід здійснювати лише з кабіни трактора, а робочі органи ротаційних культиваторів та фрез мають бути обладнані захисними кожухами. Під час підготовки дискових борін до роботи необхідно перевірити кріплення, регулювати положення чистиків, змащувати підшипники та встановлювати кут атаки дискових батарей. Очищення робочих органів машин від ґрунту та рослинних залишків слід виконувати лише на розворотних смугах з вимкненим двигуном.

Більшість робіт з догляду за посівами проводяться під час руху агрегатів, що вимагає високої концентрації механізаторів. Тому швидкість руху техніки повинна бути обмежена до 5 км/год. Важливо також враховувати погодні умови, особливо в спекотні літні дні, для запобігання перегріванню працівників. Рациональне планування режиму роботи та відпочинку може включати виконання більшості робіт в ранішні та пізні години, коли інтенсивність сонячного випромінювання менше. У найспекотніші години дня (12-18 год.) виконання польових робіт є нецільовим. Одяг працівників повинен забезпечувати комфорт, бути повітропроникним та добре вбирати вологу, а на

голови слід мати головний убір. У період осінньо-весняних робіт слід уникати переохолодження, правильно підбираючи одяг і взуття.

При вирощуванні сільськогосподарських культур потенційно небезпечними факторами є використання мінеральних добрив та отрутохімікатів. Важливо враховувати, що негативний вплив цих речовин на здоров'я працівників може виникнути не лише при безпосередньому застосуванні, але і через неправильне зберігання та транспортування.

Мінеральні добрива та засоби захисту рослин можуть викликати професійні захворювання та мати токсичний вплив на органи дихання та шкіру. Важливо відзначити, що, порівняно з пестицидами, токсичний вплив мінеральних добрив менший.

Зберігання хімічних препаратів вимагає дотримання правил безпеки, зокрема, наявність спеціального складу на території господарства. Отрутохімікати повинні бути зберігатися в непошкоджених заводських тарах, а мінеральні добрива – окремо, у непошкоджених мішках. Тара для пестицидів повинна мати відповідне позначення та попереджувальні смуги. Склад, де зберігають засоби хімізації, повинен бути обладнаний протипожежною сигналізацією та засобами для гасіння пожеж.

Транспортування мінеральних добрив та пестицидів повинно відбуватися таким чином, щоб уникнути їхнього розвіювання дорогою. Заборонено перевозити одночасно отрутохімікати, людей, харчові продукти та воду.

Робота з отрутохімікатами має обмежену тривалість, залежно від їхньої токсичності. Оптимальний час для проведення робіт – ранок і вечір, а внесення мінеральних добрив та пестицидів слід виконувати за безвітряної погоди, щоб уникнути рознесення отруйних речовин вітром.

Заборонено вносити засоби захисту рослин під час дощу, оскільки опади можуть знизити їхню ефективність та сприяти міграції забруднювачів у води. Також важливо дотримуватися заходів для збереження корисних комах-запилювачів, забороняючи обробку посівів пестицидами під час цвітіння рослин.

Працівники, що працюють із засобами хімізації, повинні дотримуватися правил безпеки, утримуватися від паління та приймання їжі під час роботи. Для відпочинку та обіду в польових умовах слід використовувати спеціальні пересувні вагончики або накриття.

Перед початком робіт на полі всі працівники обов'язково проходять інструктаж з техніки безпеки. Працівники, які відповідають за охорону праці, регулярно перевіряють наявність засобів індивідуального захисту, спецодягу, аптечок і т. д.

Оскільки мінеральні добрива та засоби хімічного захисту рослин часто вважаються легкозаймистими та вибухонебезпечними речовинами, сільськогосподарські підприємства повинні дотримуватися строгих правил пожежної безпеки. Розташовуючи машини, паливно-мастильні матеріали та отрутохімікати, важливо уникати контактування або близького розташування з легкозаймистими речовинами. Приміщення для зберігання пожежонебезпечних речовин мають бути чистими, без накопичення зайвих предметів, обладнані працюючою сигналізацією та засобами для гасіння пожеж.

Велику увагу слід приділяти технічній справності машин і обладнання, оскільки іскри, що можуть виникнути при наявності несправностей, можуть стати причиною пожежі. Також працівники повинні дотримуватися основних правил безпеки, не палити та уникає використання відкритого вогню в заборонених місцях, забезпечуючи тим самим запобігання виникненню пожеж.

**Захист населення від надзвичайних ситуацій.** Актуальність проблеми природно-техногенної безпеки населення країни і її території в останні роки обумовлена тривожною тенденцією числа небезпечних явищ, промислових аварій та катастроф, які призводять до значних матеріальних втрат, пошкодження здоров'я та загибелі людей. У зв'язку з цим зростає роль цивільного захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій різного походження.

У ФГ "Агротем" приділяється належна увага питанням цивільного захисту в разі виникнення надзвичайних ситуацій. Об'єкти на території господарства,



такі як автошляхи, залізничні шляхи, склади мінеральних добрив та пестицидів, можуть становити потенційну небезпеку. Створено штаб цивільної оборони та інші формування для захисту населення та територій від надзвичайних ситуацій.

Плани ліквідації аварій та евакуації розроблені, а необхідні матеріально-технічні засоби закуплені. Навчання населення проводиться з метою уникнення паніки та ефективної реакції на надзвичайні ситуації. Важливе значення приділяється також охороні праці, забезпеченню працівників засобами індивідуального захисту та проведенню регулярних інструктажів.

Аналізуючи стан охорони праці у ФГ "Агротем", можна визнати, що адміністрація фермерського господарства вдосконалює систему цивільного захисту для забезпечення безпеки своїх працівників та населення. У цій системі передбачено ряд служб та підрозділів, які мають важливе призначення:

1. Служба оповіщення і зв'язку вчасно інформує керівництво господарства, працівників та громадян про надзвичайні ситуації та загрозу їх виникнення.
2. Медична служба забезпечує готовність та комплектування медичних груп для надання допомоги в разі надзвичайних подій.
3. Служба охорони громадського порядку та служба енергопостачання забезпечують безперебійне постачання газу, тепла та електроенергії на об'єкти господарства.
4. Аварійно-технічна служба відповідає за підвищення стійкості інженерного обладнання, локалізацію та ліквідацію аварій на комунальних об'єктах.
5. Служба сховищ і укриттів спільно з транспортною службою організовує евакуацію та укриття населення та бере участь в рятувальних операціях.

Для підвищення готовності цивільної оборони та підвищення рівня захисту населення господарства від надзвичайних ситуацій, рекомендується регулярно проводити навчання персоналу з питань цивільного захисту і систематично перевіряти технічний стан та правильність експлуатації потенційно небезпечних об'єктів на території господарства.

Для поліпшення умов рослинництва слід:

1. Проводити регулярні інструктажі з питань техніки безпеки та вести належну документацію.
2. Збільшити фінансування на охорону праці, надання інструкційного матеріалу та надійних індивідуальних засобів захисту.
3. Оновлювати плакати та інформаційний матеріал, що стосуються охорони праці.
4. Регулярно обговорювати питання техніки безпеки на зібраннях трудового колективу та укладати колективні угоди.

## Розділ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

**Охорона ґрунтового покриву.** Впродовж останнього століття сільськогосподарське виробництво істотно впливає на ґрунт та його покрив, змінюючи природні процеси ґрунтотворення. Людина використовує різні методи обробітку ґрунту, вносить меліоранти, добрива та засоби захисту рослин, а також вилучає частину врожаю. Цей вплив охоплює всі фази ґрунту, змінюючи його фізичні, фізико-хімічні та біологічні характеристики.

Зміна фізико-хімічних властивостей агрогенних ґрунтів включає в себе зменшення вмісту гумусу, зміну його якісного складу та зміни реакції середовища. Дегуміфікація відбувається через нераціональне землеробство та недостатню кількість органічних решток, що вносяться в ґрунт. Застосування органічних добрив, сидеральних культур та заорювання рослинництва може відновити баланс гумусу.

Використання великих кількостей мінеральних добрив на підзолистих ґрунтах може впливати на гумус, зокрема збільшуючи вміст фульво-кислот. З іншого боку, органо-мінеральна система удобрень сприяє збільшенню гумінових кислот.

Внесення великих норм добрив може також призводити до забруднення ґрунту шкідливими хімічними сполуками, особливо азотними. Надлишок добрив призводить до накопичення нітратів у ґрунті, які можуть легко мігрувати у водні джерела, забруднюючи їх. Змінюється також склад та кількість мікроорганізмів, а також спостерігається розвиток патогенної мікрофлори під впливом добрив.

Фосфорні та калійні добрива вважаються менш шкідливими для навколишнього середовища, оскільки вони виявляють меншу рухливість і, практично не потрапляють до ґрунтових вод. Змивання цих добрив може траплятися в областях, де відбувається значна водна ерозія. Небезпечний вплив цих добрив виявляється у накопиченні у ґрунті шкідливих речовин, таких як

фтор, кадмій, цинк, свинець, ртуть, які увіходять до їхнього складу у вигляді домішок або баласту.

Для уникнення забруднення ґрунтів внаслідок використання добрив, важливо чітко дотримуватися рекомендованих норм внесення, обирати найбільш оптимальні форми та час їх застосування. Комбінування мінеральних добрив із органічними сприяє збалансованому живленню ґрунту. З метою зниження втрат азоту рекомендується вносити азотні добрива частинами або використовувати їх для підживлення культур з метою оптимізації їхнього використання.

Забруднення ґрунту також виникає через застосування пестицидів, що можуть пригнічувати активність ґрунтових організмів та порушувати різноманіття популяцій. Для зменшення негативного впливу пестицидів на довкілля, важливо вибирати препарати з високою вибірковою токсичністю для конкретних груп шкідників. Використання речовин у формі гранул та мікрогранул дозволяє більш точно контролювати витрати діючої речовини.

Додатково, слід впроваджувати науково обґрунтовані системи сівозмін, дотримуватися оптимальних термінів та норм висіву, а також проводити агротехнічні заходи для догляду за посівами. Це може зменшити кількість шкідливих організмів та, відповідно, скоротити потребу у використанні пестицидів.

**Охорона водних ресурсів.** За останнє десятиліття стало актуальним питання забруднення поверхневих та підземних вод, оскільки у багатьох регіонах виникає дефіцит води, придатної для вживання людиною. Сільське господарство виступає джерелом забруднення через тваринницькі комплекси та стоки з полів, які виносять частину отрутохімкатів. Забруднюючі речовини поділяються на отруйні, забруднюючі та супутні, при цьому супутні речовини мають менший негативний вплив, змінюючи абіотичні показники водного середовища, такі як температура та рівень кислотності.

Найбільша загроза для водних ресурсів виникає внаслідок змивання азоту та фосфору з полів. Фосфор, зокрема, сприяє евтрофікації водойм, і сільське господарство вносить приблизно 8% загальної кількості фосфору в гідросферу.

Боротьба з процесами водної ерозії є важливим завданням для зменшення забруднення водою фосфором.

Для збереження водних ресурсів від забруднення важливо уникати розорювання ґрунтів біля річкових берегів, визначати санітарні зони між угіддями та водоймами, уникати розташування складів пестицидів надто близько до водоймищ. Додаткові заходи включають насадження лісосмуг та боротьбу з водною та вітровою ерозією.

У ФГ "Агротем" вживають заходів для запобігання забрудненню водних об'єктів, включаючи очищення тари та спецодягу, водовідведення після миття техніки та будівництво складів для отрутохімікатів на відстані від водойм.

**Охорона атмосфери.** Проблема забруднення атмосферного повітря виникає внаслідок антропогенної діяльності, особливо у сільському господарстві. Хоча лише невелика частка забруднюючих речовин (5-10%) походить безпосередньо від сільськогосподарської діяльності, її негативний вплив виявляється через пилове забруднення та використання хімічних препаратів.

Основною причиною забруднення повітря є неналежне використання засобів захисту рослин та добрив, особливо рідкого синтетичного та технічного аміаку. Навіть за дотримання технології внесення хімічних препаратів, повітря піддається забрудненню тонкодисперсними частинками хімічних сполук та азотом у газоподібній формі.

Азот у повітрі може виходити як з азотних добрив, так і безпосередньо з ґрунту, але до 24% азоту втрачається при внесенні добрив, що залежить від різних факторів. Забруднення повітря також може виникати під час внесення добрив та обробітку посівів пестицидами, а також від машинно-тракторного парку.

Щоб зменшити забруднення атмосфери, важливо проводити сільськогосподарські роботи у відповідні технологічні терміни та уникати розорювання земель біля водойм. Насадження лісосмуг, створення зелених зон, особливо навколо машинно-тракторного парку, може допомогти зменшити

негативний вплив. Крім того, важливо враховувати погодні умови та погодні фактори під час застосування хімічних препаратів. Актуалізація транспортного складу господарства може бути ефективним заходом, але це може бути витратним за теперішніх економічних умов.

**Охорона флори та фауни та примноження біорізноманіття.** Негативний вплив сільського господарства на рослинний і тваринний світ переважно виникає через використання добрив та засобів захисту рослин, які містять компоненти, що можуть бути токсичними для живих організмів. Особливо це стосується важких металів, радіонуклідів та інших токсичних речовин, які можуть потрапляти в ланцюг живлення та викликати захворювання у тварин та людей.

Для захисту флори та фауни від негативного впливу хімічних препаратів у досліджуваному господарстві було введено ряд заходів, таких як контроль за нормами витрат добрив та пестицидів, введення хімічних препаратів у відповідних термінах із залученням найбільш сприятливих погодних умов, вибір менш токсичних препаратів, та використання мікробіологічних препаратів для боротьби з комахами-шкідниками без шкоди для птахів.

Проте, минулі осушувальні меліорації призвели до негативного впливу на різноманітність флори та фауни, змінивши водний режим та рослинні формації. Тому важливим заходом для охорони рослинного та тваринного світу є подвійне регулювання водного режиму території.

З метою позитивного впливу на біорізноманіття на території господарства, важливо проводити консервацію та відновлення деградованих земель, збільшувати площу зелених насаджень, використовувати ґрунтозахисні системи землеробства та зменшувати хімічне навантаження на ґрунт.

## ВИСНОВКИ

В умовах ФГ “Агротем” Пустомитівського району Львівської області впродовж 2022-2023 рр. виконано дослідження зміни агрофізичних властивостей ґрунту під впливом добрив і сівозмін. Виконані дослідження охопили два типи короткоротаційних сівозмін: зернову (озима пшениця – соя – кукурудза) і плодозмінну (багаторічні трави – пшениця озима – картопля – ячмінь ярий). У рамках обох сівозмін було використано дві різні системи удобрення. Інтенсивна система передбачала внесення з розрахунку на гектар сівозмінної площі 15 т/га гною та мінеральних добрив N90P80K70 для зернової сівозміни і N80P70K80 – для плодозмінної. Альтернативна система включала загортання соломи стерньових попередників та у середньому N50P45K45 для обох сівозмін. Контроль – без внесення добрив.

У результаті дослідження встановлено, що тип сівозміни та удобрення впливають на кількість водостійких агрегатів у ґрунті. Зокрема, у плодозмінній сівозміні у шарі ґрунту 0-30 см кількість водостійких агрегатів (0,25-10 мм) на 5-6 % переважала кількість водостійких агрегатів ґрунту у зерновій сівозміні.

Сівозміна виявляє значущий вплив на щільність ґрунту, у той час як удобрення, зокрема внесення гною чи побічної продукції, може сприяти покращенню цього показника на конкретних глибинах ґрунту. Щодо шпаруватості ґрунту, то у зерновій сівозміні внесення добрив не суттєво впливає на загальну шпаруватість порівняно до контролю, у плодозмінній сівозміні внесення добрив вносить зміни у шпаруватість ґрунту, і загальна шпаруватість має тенденцію до зростання, особливо на глибинах 10-20 см та 20-30 см.

Крім того, в обох сівозмінах внесення добрив (незалежно від типу) призводить до підвищення вмісту польової та запасів продуктивної вологи ґрунту у порівнянні до контролю, найвищі показники спостерігаються в плодозмінній сівозміні з удобренням N80P70K80+15 т/га гною – 19,1% та 36,0 мм відповідно у шарі ґрунту 0-30 см.

Варто зазначити, що внесення мінеральних та органічних добрив виявилось найбільш ефективним для підвищення середньої продуктивності обох сівозмін. Так, продуктивність зернової сівозміни становила 8,1 з.о. т/га у варіанті внесення N90P80K70+15 т/га гною, а плодозмінної – 8,3 з.о. т/га N80P70K80+15 т/га гною.

Таким чином, враховуючи взаємодію між сівозміною та внесенням добрив, можна стверджувати, що обидва ці фактори відіграють важливу роль у формуванні структури ґрунту. Комбіноване їх використання може мати комплексний ефект на агрофізичні властивості ґрунту, сприяючи його покращенню та оптимізації сільськогосподарського виробництва.

### **ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

Таким чином, в умовах ФГ “Агротем” Пустомитівського району Львівської області на світло-сірих лісових ґрунтах з метою покращення агрофізичних властивостей ґрунту запропоновано впроваджувати плодозмінні сівозміни із комбінованим внесенням мінеральних та органічних добрив. Це сприятиме не лише збільшенню кількості водостійких агрегатів та покращенню щільності й структури ґрунту, але й підвищенню середньої продуктивності сівозміни.



## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Адамчук В.В., Литвинюк Л.К., Бойко А.Л. та ін. До проблеми органічного землеробства Екологічні науки. 2019. № 2(25). С. 72-88.
2. Артюх Т.М., Безсмертна О.В., Мельник Д.В. Проблеми та перспективи розвитку ринку картоплі в Україні з врахуванням зональної спеціалізації галузі. Економіка та суспільство. Випуск №39. 2022. С. 35-44.
3. Бегей С.В., Шувар І.А. Екологічне землеробство: підручник. Львів: Новий Світ 2000, 2012. 432 с
4. Бегей С.В., Шувар І.А. Проміжні посіви в інтенсивному землеробстві /навч. посібник/ Львів, 1992. 104 с.
5. Безпека життєдіяльності / Пістун І. П., Піщенко В. Ф., Березовецький А. П. Львів: Світ, 1995. 228с.
6. Біологічний азот та його значення в землеробстві України / С. П. Танчик та ін. Органічне виробництво: освіта і наука: зб. тез II всеукр. наук.- практ. конф. (Київ, 31 жовт. 2019 р.). Київ, 2019. С. 64–66.
7. Бойко П.І, Коваленко Н.П. Науково-інноваційні аспекти сівозмін в Україні. Вісник аграрної науки. 2021. № 5. С. 24-28.
8. Бойко П.І., Бородань В.О., Коваленко Н.П. Екологічно збалансовані сівозміни – основа біологічного землеробства. Вісник аграрної науки. 2015. № 2. С. 9-13.
9. Гангур В.В., Сахацька В.М. Мікробіологічна активність ґрунту за різних способів обробітку. Вісник ПДАА. 2019. № 4. С. 13-19.
10. Городиська І.М., Терновий Ю. В., Чуб А.О. Роль біологічних препаратів у органічному землеробстві. Збалансоване природокористування. 2018. № 2. С. 54–58.
11. Гудзь В. П. Адаптивні системи землеробства: підручник / В.П. Гудзь, І.А. Шувар, А.В. Юник, І.П. Рихлівський, Ю.Г. Міщенко. К.: „Центр учбової літератури”. 2-є вид. перероб. та доп., 2014. 336с.
12. Гудзь В.П. Землеробство / В. П. Гудзь, І. Д. Примак, С. П. Танчик, І. А. Шувар. Підручник. К.: ЦУЛ. 3-тє вид. перероб. та доп., 2014. 480с.

13. Гудзь В.П. Вплив сидерату і способів основного обробітку ґрунту на об'ємну масу та водоспоживання посівів картоплі / В. П. Гудзь, Ю. Г. Міщенко, В. І. Прасол, Л.В. Муха, В. Г. Дідора, Р. Б. Кропивницький. Наукові доповіді Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України: електрон. журн. 2011. № 1 (23). Режим доступу: <http://nd.nubip.edu.ua/2011-1/11krbcsp.pdf>. 2223-1609 .
14. Гудзь В.П., Шувар І.А. Наукові аспекти систем землеробства. Навч. посібник. В. ФОП Корзун Д. Ю., 2014. 330с.
15. Гудзь В.П., Шувар І.А., Данік В.В. Ущільнені посіви для сталих агроценозів в Україні: навч. посібник Вінниця: ТОВ „Нілан ЛТД”, 2014. 256с.
16. Дегодюк Е.Г., Літвінова О.А., Ярмоленко Є.В., Дмитренко О.В. Вплив органічних добрив на родючість сірого лісового ґрунту. Агроекологічний журнал. 2019. № 2. С. 31–35.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
18. Заяць П.С. Вплив способів основного обробітку на щільність складення сірого лісового ґрунту в ланці зерно-просапної сівозміни. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2018. Вип. 4. С. 11–20.
19. Іванишин В.В. Біологізація землеробства в Україні: реалії та перспективи /науково-виробниче видання; за заг. ред. В. В. Іванишина та І. А. Шуvara / В.В. Іванишин, М.В. Роїк, І.А. Шувар, Л.В. Центи́ло, В.М. Сендецький, О.М. Бунчак, Н. М. Колі́сник та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 284с.
20. Іващенко О. О. Бур'яни в агроценозах. Київ : Світ, 2002. 236 с.
21. Камінський В.Ф., Гангур В.В. Винос поживних речовин сільськогосподарськими культурами різноротаційних сівозмін лівобережного Лісостепу. Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН».2018. Вип. 3. С. 3–10.
22. Коденська М.Ю., Сегеда С.А. Закономірності розвитку аграрно-промислового виробництва та ефективність його функціонування. Економіка АПК. 2018. № 6. С. 30–39.

23. Котвицький Б.Б. Ефективні системи удобрення в сівозмінах західних Полісся та Лісостепу України. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2007. С. 76.
24. Кропивницький Р.Б. Вплив способів основного обробітку ґрунту та елементів біологізації на продуктивність картоплі в умовах правобережного Полісся України: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата с.-г. наук: спец. 06.01.01 «Загальне землеробство» / Р. Б. Кропивницький. Київ, 2013. 21 с.
25. Кудря С.І. Продуктивність короткоротаційної сівозміни з різними бобовими культурами на чорноземі типовому. Вісник аграрної науки. 2020. № 1. С. 13-18.
26. Кудря С.І., Кудря Н.А. Продуктивність різних короткоротаційних сівозмін та їх вплив на окремі агрофізичні показники родючості чорнозему типового. Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Ґрунтознавство. Харків: ПП «Стиль-Іздат», 2018. Кн. 1. С.143–145.
27. Кудря С.І. Вплив гідротермічних умов на агрофізичні властивості чорнозему типового та продуктивність сівозмін у системі органічного землеробства. Меліорація і водне господарство. 2020. № 2. doi:10.31073/mivg202002-250. С. 70–80.
28. Кудря С.І. Продуктивність короткоротаційної сівозміни з різними бобовими культурами на чорноземі типовому. Вісник аграрної науки. 2020. № 1(802). С.13-18.
29. Матвійчук Б. В., Матвійчук Н. Г. Біологічна активність ясно-сірого лісового ґрунту за різних систем удобрення картоплі. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство». Київ : ВП «Едельвейс», 2018. Вип. 1 (94). С. 15-20.
30. Матвійчук Н. Г. Вплив чинників екологічного землеробства на формування продуктивності картоплі. Наукові читання – 2013 : наук.-теорет. зб. Житомир : ЖНАЕУ, 2013. Т. 1. С. 226–228.
31. Методика біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів /Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П.. К.: ЗАТ „Нічлава”, 2003.320с.

32. Методичні підходи до визначення комплексного впливу основних складових системи землеробства на продуктивність агрофітоценозів і родючість ґрунту / П. І. Бойко, та ін. Землеробство: міжвід. темат. наук. зб. 2016. Вип. 1. С. 10–21.
33. Моделі системного управління потенціалом родючості ґрунтів (на прикладі Харківської і Волинської областей); за ред. С.А. Балюка, Р.С. Трускавецького. Харків: Стильна типографія, 2018. 116 с.
34. Основні програмні питання і методичні рекомендації з вивчення сівозмін у стаціонарних дослідках / Л. І. Шиліна, П. Д. Гринчук, М.М. Єрмолаєв, Д.В. Літвінов. Київ, 2008. 32 с.
35. Охорони праці в галузях сільського господарства: Навчально-методичний комплекс. Навчальний посібник для підготовки спеціалістів ступеня «магістр» для всіх напрямів підготовки /М.М.Сақун, І.В.Москалюк, О.О.Атрашкова; А.М. Яковенко; за редакцією Сақуна М.М. Одеса: Видавництво «ВМВ», 2019. 458 с.
36. Плішко А. А., Майстренко М. І. Охорона сільськогосподарських угідь від забруднення. К.: Урожай, 1985. 160 с.
37. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві. Монографія. Рівне: Волинські обереги, 2007. 320 с. 20.
38. Порозинський Д. Все про пожнивні рештки. Агроном. 2020. № 3(69). С. 36–39.
39. Сайко В.Ф. Використання на удобрення побічної продукції рослинництва в Україні. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство». К.: ВД «ЕКМО», 2009. Випуск 81 С.3-9.
40. Сайко В.Ф. Землеробство на шлях до ринку. К., 1997. 48 с. 22. Сологуб Ю. І. Продуктивність сівозмін за умов альтернативного землеробства. Вісник аграрної науки. 1999. N8. С. 81-82.
38. Сақун М.М., Нагорнюк В.Ф. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур. Одеса : Видавництво, 2009. 184 с.
39. Системи удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку ХХІ століття: монографія / за ред.: С. А. Балюка, М. М. Мірошніченка. Київ: Альфа-стевія, 2016. 400 с.

40. Сівозміни та родючість чорнозему Лівобережного Лісостепу: монографія / Демиденко О. В. та ін.; за ред. О. В. Демиденка. Сміла, 2019. 483 с.
41. Сова О. Агрогенна трансформація гумусового стану чорноземів опідзолених Сянсько-Дністерської височини. *Вісник Львівського університету. Серія : Географічна*. 2013. Вип. 41. С. 295-302.
42. Солома, післяжнивні рештки і сидерати – агротехнологічні елементи біологізації сучасного землеробства: монографія / [Іванишин В.В., Шувар І.А., Бахмат М.І., Сендецький В.М. та ін.]; За заг. ред. І. А. Шувара, В. М. Сендецького. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2020. 292 с.62.
43. Телегуз О.В., Кіт М.Г. Агроекологічна оцінка ґрунтів : монографія. Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. 257 с.
44. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія / Тіщенко Л. М. та ін.; за ред. Л. М. Тіщенка. Харків: ХНТУСГ, 2015. 273 с.
45. Турак О.Ю., Березовська Т. П. Вплив мінеральних добрив на формування кислотно-основного стану дерново-підзолистого ґрунту за різноглибинного обробітку [Електронний ресурс]. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Агрономія і біологія*. 2013. Вип. 11. С. 67-70.
46. Удобрення польових культур при інтенсивних технологіях вирощування / Б. С. Носко, В. Ф. Сайко, Г. Р. Пікуш та ін.; За ред. А.Я. Буки, Г.Г. Дуки. К.: Урожай. 1990. 208 с.
47. Фурман В.М., Олійник О.О., Солодка Т.М., Яцкова В. Моніторинг гумусового стану ґрунтів Сарненського району Рівненської області [Електронний ресурс]. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. : Сільськогосподарські науки*. 2015. Вип. 1. С. 189-194. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnuvgrp\\_sg\\_2015\\_1\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnuvgrp_sg_2015_1_21) (дата звернення: 27.03.2021)
48. Цвей Я.П., Петрова О.Т., Климчик С.М. Баланс елементів живлення в сівозмінах Лісостепу. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2008. Вип. 129., С. 239-244.

49. Цвей Я.П., Іваніна В.В., Петрова О.Т, Добовий Ю.П. Вплив тривалого внесення добрив на калійний режим чорнозему типового в різноротаційних сівоzmінах. Вісник аграрної науки. 2013. №4. С. 17-20.
50. Цвей Я.П., Іваніна Р.В., Сенчук С.М. Поживний режим чорнозему вилугуваного та продуктивність зернової ланки за тривалого удобрення сівоzmіни. Вісник аграрної науки. 2020. № 3. С. 5-12.
51. Цюк О. А., Центило Л. В., Мельник В. І. Зміни агрофізичних властивостей чорнозему типового під впливом застосування добрив і обробітку ґрунту. Наукові доповіді НУБіП України. 2021. Вип. 5. doi: 10.31548/dopovidi2021.05.007
52. Цюк О.А. Продуктивність ріллі зерно-просапної сівоzmіни Лісостепу під впливом екологізації землеробства. Вісник ХНАУ. 2008. N4. С. 75-78.
53. Чабан В. І., Подобед О. Ю. Баланс мікроелементів в інтенсивних сівоzmінах степової зони України // Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони : електронна версія 2014. № 6. С. 22-25. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg\\_2014\\_6\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2014_6_6)
54. Чмель О.П., Круподеря Ю.О., Бондар І.М. Сидерація як альтернатива органічним добривам і засіб збільшення продуктивності агроценозів [Електронний ресурс]. Вісник ХНАУ. Серія : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання. 2019. № 2. С. 35-44. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau\\_roslyn\\_2019\\_2\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_roslyn_2019_2_6) (дата звернення: 23.11.2019)
55. Шевченко М.С., Лебідь Е.М., Десятник Л.М. Продуктивність науково обґрунтованих сівоzmін у зоні Степу. Збірник наукових. праць. ННЦ «Інститут землеробства НААН», 2015 Вип.1. С.7-12.
56. Шевчук Р.В., Ровна Г.Ф., Кириєнко Г.С. Продуктивність озимого ріпаку залежно від різних рівнів удобрення. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2014. Вип. 56(2). С. 108–114. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt\\_2014\\_56\(2\)\\_\\_19](http://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2014_56(2)__19). (дата звернення: 14.07.2020).
57. Шевель І.В. Вплив добрив культур у сівоzmіні, фонів удобрення та обробітку ґрунту на баланс в зрошуваному чорноземі. Вісник аграрної науки. 2002. № 7. С. 65–68.

58. Шувар І.А. Виробництво і використання органічних добрив: монографія / І.А. Шувар, О.М. Бунчак, В.М. Сендецький, та ін.; За заг. ред. І. А. Шувара. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 596с.
59. Шувар І.А. Сидерати в сучасному землеробстві: науково-виробниче видання: монографія / І. А. Шувар, О.М. Бердніков, В.М. Сендецький, та ін.; За заг. ред. І. А. Шувара. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015.156 с.
60. Шувар І.А. Біологізація технології вирощування картоплі в Західному регіоні України: Зб. наук. праць Львів: Львів. ДСГІ, 1995. С. 68-70.
76. Шувар І.А. Гербологія: термінологічний словник-довідник /І. А. Шувар. Львів: ПП „Арал,, 2007. 180с.
62. Шувар І.А. Екологічні основи зниження забур'яненості агрофітоценозів. Львів: Новий Світ, 2008.496 с.
63. Ярошко М., Бреммер К. Кислотність ґрунтів та їх вплив на живлення рослин. Агроном. 2013. № 1(39). с. 30–33.
64. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда : ДСТУ 7863:2015. [Чинний від 2016-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. III, 6 с.
65. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT) : ДСТУ ISO 10390:2007. [Чинний від 2009–10–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 13 с.
66. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004. [Чинний від 2005–07–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.
67. Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464:2006, IDT) : ДСТУ ISO 11464:2007. [Чинний від 2009–10– 01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 18 с. 82. Й
68. Austenfeld F. Zur Phytotoxizität von Nickel – und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei Phaseolus vulgaris L. Z. Pflanzenernähr, und Bodenkunde. 1979. bd 142, H 6. S. 769-777.
69. Baker D., Chesnin L. Chemical monitoring of soil for environmental quality animal and health. Advances in Agronomy. 1975. Vol. 27. P. 306–366.
70. Burden Franck R., Mckelvie I., Forstner U. Environmental Monitoring Handbook. 2007. 1100 p.

71. Busch David E., Trexler Joed C. *Monitoring Ecosystems. Interdisciplinary Approaches for Evaluating Ecoregional Initiatives.* Island Pr. 2002. 447 p.
72. Bussler W. The Importance of “balanced fertilizers” with 12 mineral nutrients for higher yields of adequate quality. *Pontif. acad. sci. ser. Varia.* 1983. № 3. part 1. P. 501–523.
73. Ellmer F., Baumecker M., Merbach I. *Nutritional and environmental research in the 21st Century – the value of long-term field experiments.* Halle-Wittenberg, 2002. 114 p.192.
74. Eriksson J.E. Factors influence of pH, soil type and time on adsorption and uptake by plants of Cd added to the soil. *Water Air Soil Pollut.* 1989. V 48. № 3. P. 317–335.
75. Ernst W. H. O. *Decontamination or consolidation of metal-contaminated soils by biological means. Heavy metals. Problems and solutions.* Heidelberg, Berlin : Springer-Verlag, 1995. P. 141–149.
76. Gardea-Torresdey J. L., Polette L., Arteaga S. Determination of the content of hazardous heavy metals on *Larrea tridentata* grown around a contaminated area. *Proceedings of the Eleventh Annual EPA Conf. On Hazardous Waste Research.* Albuquerque; NM., 2011. P. 660.
77. *Heavy Metal Contamination in Vegetables, Soil and Water and Potential Health Risk Assessment / [A. Hamid, H. Riaz, S. Akhtar, S. Ahmad]. AmericanEurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 2016. Vol. 16, № 4. P. 786–794.
78. Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plants.* 4th ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. 548 p.
79. Kubat J., Novakova J., Simon T. *Conservation Agriculture, Organic Farming and GM crops in Czech Republic.* Report D. 1.1 A 10. KASSA Project. CIRAD, France, 2006. P. 1-20.
80. Langley I.A., Heady E.O., Olson K.D. The macro implications of a complete transformation of US agricultural production to organic farming practices. *Agricultural ecosystems Environment.* 1983. Vol. 10. № 4. P. 323-338.
81. Macák M., Candráková E., Ďaloví'c I., Prasad P.V.V., Farooq M.; KorczykSzabó, J., Ková'cik, P., Šimanský, V. The influence of different fertilization strategies on the



- grain yield of field peas (*Pisum sativum* L.) under conventional and conservation tillage. *Agronomy* 2020, 10, 1728.
82. Mills L. J., Parker G. R. Effect of Soil Cd Addition on Germination of Native Plant Species. *Plant and Soil*. 1980. Vol. 54. № 27. P. 243-247.
83. Meagher R. B. Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *Curr Opin in Plant Biol*. 2000. № 3. P. 153-162.
84. Spatial distribution and source identification of heavy metals in surface soils in a typical coal mine city, Lianyuan, China. [J. Liang, Ch. Feng, G. Zeng et al.]. *Environmental Pollution*. 2017. Vol. 225. P. 681-690.
85. Sepiedeh Z., Mohammad N., Hamid R. T. M., Hossein Z. Effect of zinc and sulfur foliar applications on physiological characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water deficit stress. *International Journal of Biosciences*. 2014. № 5 (12). P. 87–96
86. Szczygielski M., Snarska K. 2004. Zdrowotność i plonowanie wybranych odmian żyta ozimego uprawianego w dwóch technologiach. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 44 (2): 1135–1137.
87. Tolon-Becerra, A.; Tourn, M.; Botta, G.F.; Lastra-Bravo, X. Effects of different tillage regimes on soil compaction, maize (*Zea mays* L.) seedling emergence and yields in the eastern Argentinean Pampas region. *Soil TillageRes*. 2011, 117, 184-190.
88. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals / [M. Jaishankar, T. Tseten, N. Anbalagan et al.]. *Interdisciplinary Toxicology*. 2014. Vol. 7, № 2. P. 60-72.
89. Wojciechowski W. 2009. Plonowanie żyta ozimego w różnych zmianowaniach. *Fragmenta Agronomica* 26 (2): 176-182.
90. Wójcik P. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2004. № 12: S. 201-218.

**ДОДАТКИ**



## Додаток А

## Метеорологічні показники в роки дослідження (за даними метеостанції м. Львів)

Рік досліджень	Місяці												Сума за рік	Середньомісячна
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
	Середня температура повітря, °С													
2022	-8	2.1	4.1	6.3	14.1	19.4	19.5	20	12.3	10.8	0.3	0.3	8.4	-8
2023	1.9	0	4.6	7.8	14	17	19.6	20.9	17.1	11.1	8.2	1.4	10.3	1.9
Середня багаторічна	-4.7	-3.5	0.5	7.6	13.1	16.5	17.7	17	13	7.5	2.7	-2.1	–	7,1
Кількість опадів, мм														
2022 р.	65.7	25.6	16	68.6	20.6	43.6	93.6	68	135.8	15.8	82.5	75.2	711	–
2023 р.	48.6	63.9	67.6	49.3	23.6	107.8	120	64.6	58.6	65.6	6.6	76.2	752.4	–
Середня багаторічна	21.3	48.1	34.9	37.6	55.6	64.5	100.9	64.5	51.2	45.2	52.4	90.1	666.3	–

## Додаток Б

## Агрохімічна характеристика світло-сірого лісового ґрунту

Генетичний горизонт	Глибина, см	Гумус %	рН <sub>c</sub>	Гідролітична кислотність	Сума ввібраних основ	Ступінь насичення основами, %	Рухомі форми		
							N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
				<i>ммоль/100г ґрунту</i>			<i>мг/кг ґрунту</i>		
HE <sub>ор</sub>	0–25	2,01	5,34	3,83	8,58	69,1	118	93	122
HE <sub>п/ор</sub>	25–33	1,42	5,13	3,61	6,48	64,2	112	85	110
Eh	33–40	0,43	4,92	2,87	4,03	58,4	88	74	86
I	58–68	0,34	4,71	1,67	7,35	81,5	-	55	71
Ip	95–105	-	5,09	1,25	10,12	89,0	-	-	-

## Додаток В

## Гранулометричний склад світло-сірого лісового ґрунту

Генетичний горизонт	Глибина відбору зразка, см	Гігроскопічна волога, %	Розмір частинок, мм, кількість, %						Сума частинок менше 0,01мм, %	Назва ґрунту за гранулометричним складом
			Фізичний пісок			Фізична глина				
			Пісок		Пил		Мул			
			1 – 0,25	0,25 – 0,05	0,05 – 0,01	0,01 – 0,005	0,005 – 0,001	<0,001		
HE <sub>op</sub>	0–25	1,4	0,20	10,56	62,08	6,16	11,12	9,88	27,16	грубопилувато-легкосуглинковий
HE <sub>п/ор</sub>	25–33	1,6	0,20	7,60	63,68	7,84	7,80	12,88	28,52	грубопилувато-легкосуглинковий
Eh	33–40	1,7	0,00	8,24	62,84	5,76	7,48	15,68	28,92	грубопилувато-легкосуглинковий
I	58–68	1,9	0,20	2,56	60,24	6,88	8,64	21,48	37,00	грубопилувато-середньосуглинковий
Ip	95–105	2,0	0,20	8,00	57,72	3,12	9,36	21,60	34,08	грубопилувато-середньосуглинковий
Pk/gl	117–127	2,2	0,20	9,32	57,12	3,80	8,68	20,88	33,36	грубопилувато-середньосуглинковий