

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

№1739 "СК" ОПП 2023.08.31

**ТАНАСЮК СТАНІСЛАВ МИКОЛАЙОВИЧ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет (ННІ) Агробіологічний**

---

УДК 631.5:633.16/.35

**ПОГОДЖЕНО**

**Декан факультету агробіологічний**

\_\_\_\_\_ проф. В.П.Коваленко  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

**Завідувач кафедри ґрунтознавства**

\_\_\_\_\_ проф. В.О.Забалуєв  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему “Оцінка ґрунтових умов і продуктивність сумісних посівів за застосування різних елементів технологій вирощування”**

---

**Спеціальність** \_\_\_\_\_ 201 “Агрономія”

(код і назва)  
(назва)

**Освітня програма «Агрохімія і ґрунтознавство»**

---

**Гарант освітньої програми**

доктор с.-г. наук, професор \_\_\_\_\_

В.О.Забалуєв

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

доктор с.-г. наук, професор \_\_\_\_\_

О.Л.Тонха

**Виконав** \_\_\_\_\_

С.М.Танасюк

**КИЇВ – 2024**



## АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі досліджено вплив різних варіантів удобрення на урожайність сумісних бобових із зерновими посівів (3-х компонентної сумішки) як важливого компоненту екологічної інтенсифікації для сприяння сталому розвитку сільського господарства, оскільки їх міжвидове поєднання веде до кращого використання ресурсів і вищої стабільності врожаю, ніж монокультури. Встановлено, що для формування найвищої продуктивності ячменно-горохової- бобової сумішки і покращення азотного режиму ґрунту рекомендовано висівати сумішку з нормою висіву 144:34:24 шт/м<sup>2</sup> та застосування компосту за нормою азоту (N<sub>50</sub>) або N<sub>25</sub> компост+N<sub>25</sub> аміачна селітра, що призведе до формування найвищої урожайності сумішки 6,57 т/га. Варіанти удобрення мали суттєвий вплив на урожайність кожного компоненту суміші та продуктивність сумішки. В умовах 2024 року застосування вермикомпосту призвело до зменшення продуктивності сумішки несуттєво порівняно з контролем, а порівняно з компостом на 1,24 т/га.

## Зміст

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ЗНАЧЕННЯ СУМІСНИХ ПОСІВІВ У ПОКРАЩЕННІ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ І ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР .....	8
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	28
2.1 Мета і завдання досліджень .....	28
2.2 Об'єкт дослідження.....	29
2.3. Умови проведення досліджень .....	30
2.4. Схема та методики дослідження.....	32
2.5. Агрокліматичні умови проведення досліджень .....	33
РОЗДІЛ 4. ПРОДУКТИВНІСТЬ СУМІСНИХ ПОСІВІВ ЗА ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ .....	36
ВИСНОВКИ.....	49
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	51

## ВСТУП

Зростаючий попит на продовольство на планеті пов'язаний із ростом населення, яке до 2050 року буде становити 9 мільярдів людей, що залежить від стійкості сільськогосподарського виробництва (**van Dijk et al., 2021**) [73]. Тому для вирішення цього завдання за визначенням **Hunter et al., 2017, Putelat et al., 2021** урожайність сільськогосподарських культур повинна підвищитися більш ніж на 70% [26, 52]. Інтенсифікація сільського господарства (тобто вирощування монокультур і надмірне внесення хімікатів) може призвести до деградації землі, зменшення ресурсів прісної води та частих спалахів захворювань, що призведе до нестабільної врожайності.

З цієї причини застосування стійких сільськогосподарських практик може слугувати ефективним інструментом для сталого управління земельними ресурсами, одночасно забезпечуючи вищу продуктивність сільськогосподарських культур на регулярній основі. Сумісне вирощування сільськогосподарських культур – перевірена часом агротехніка, ефективність якої на сьогодні доведена не тільки багаторічним фермерським досвідом, а й науковими знаннями. Використання сучасної сільгосптехніки та інструментів точного землеробства, а також усвідомлення переваг сумісних посівів та правильний підбір сусідніх культур дають змогу підвищити врожайність на полях. Зокрема, змішані та сумісні посіви застосовують з метою економії площі та ресурсів, забезпечення прибутку в разі низької врожайності основної культури, боротьби зі шкідниками, зниження забур'яненості, насичення ґрунту поживними речовинами та з інших причин. Як альтернатива монокультурному землеробству система сумісних посівів (інтеркропінгу) передбачає сусіднє вирощування декількох видів рослин протягом одного сезону на одному полі. Методи спільного вирощування розрізняються за способом розташування сільськогосподарських культур, їхньою густиною, термінами посіву та поєднанням рослин. Так, багаторічні

рослини можуть рости разом з іншими багаторічними чи однорічними, а однорічні – з іншими однорічними. Прикладом поєднання однорічних та багаторічних культур є сумісне вирощування помідорів та часнику. У тропічних регіонах популярним поєднанням багаторічників є кави та банану.

Покривні культури можуть зменшити вплив ерозії ґрунту, поліпшити ефективність використання поживних речовин за рахунок зменшення їх втрат, фіксації азоту та поліпшення якості ґрунту. Для підтримки екосистеми та захисту ґрунту покривні культури висіваються або після збирання врожаю, або одночасно з основною культурою. Застосування покривних культур стало популярним як спосіб зменшення ерозії ґрунту. Міжрядні покривні культури можуть накопичувати більше біомаси, ніж озимі покривні культури, а, отже, мають більший потенціал для зменшення втрат ґрунту. Однак успіх покривних культур залежить від вегетаційного періоду та особливостей вирощуваних сортів.

Найчастіше вирощувані покривні культури поділяються на три основні ботанічні родини: трави (*Тонконогі*), бобові (*Fabaceae*) та рослини з родини Капустяних. Дуже важливо вибрати покривну культуру, яка забезпечувала б усі переваги без негативного впливу на урожайність основної культури. Капустяні можуть поглинати поживні речовини і пригнічувати ріст бур'янів, тоді як такі трави, як овес (*Avena sativa L.*) та жито (*Secale cereale L.*), відомі тим, що поліпшують ґрунт та поглинають поживні речовини. Бобові покривні культури найчастіше використовуються для біологічної фіксації азоту, необхідного для наступної культури. Враховуючи наявні варіанти покривних культур, виробники повинні визначити свої потреби та довгострокові цілі, перш ніж обрати покривну культуру.

Ця практика активно досліджується нашими виробничниками особливо за різних варіантів їх удобрення.

## **РОЗДІЛ 1. ЗНАЧЕННЯ СУМІСНИХ ПОСІВІВ У ПОКРАЩЕННІ РОДЮЧОСТІ ГРУНТУ І ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

За визначенням Waqas et al., 2020, Gross and Glaser, (2021) сусідство декількох видів рослин потребує проведення додаткових технологічних операцій, але приносить гарні результати з поглинання атмосферного CO<sub>2</sub> однак потенціал сільськогосподарських ґрунтів накопичувати більше С, більш відомий як секвестрація С, залежить насамперед від практики землеробства, внесення поживних речовин і кліматичних умов [22, 76].

Виконання продовольчої безпеки за інтенсивних сільськогосподарських технологій на низькородючих ґрунтах є складним завданням, оскільки продуктивність сільськогосподарських культур дедалі більше скорочується через втрату структури ґрунту та швидке зниження органічного вуглецю (SOC) у ґрунті. Таким чином, перехід від традиційної монокультури до спільного вирощування бобових і зернових культур, особливо з інтегрованим удобренням, може підвищити врожайність сільськогосподарських культур з найменшим екологічним слідом.

Дослідженнями Roohi та ін. (2022) за результатами 2-річного польового дослідження з монокультурою вігни та кукурудзи та спільним посівом за різних режимів органіко-неорганічного удобрення встановлено, що кукурудза з проміжними посівами мала значно більший урожай біомаси порівняно з відповідною монокультурою при удобренні комплексним добривом. Однак відмінності в урожайності біомаси гороху між монокультурою та ділянками з проміжними культурами були достовірними за всіх систем удобрення. Перевага врожайності зерна як кукурудзи, так і гороху була значно збільшена за системи проміжних посівів порівняно з монокультурою. Найвищий вплив систем удобрення на вміст органічної речовини мало комплексне мінеральне добриво NPKES, що забезпечило накопичення SOC (0,30 мг С/га рік<sup>-1</sup>). У той же час вплив системи вирощування на С-секвестрацію показав, що змішані посіви

забезпечили найвищу С-секвестрацію (0,17 Мг С/га рік-1) порівняно з монокультурами обох культур. Внесення компосту значно підвищило концентрацію пов'язаного мінералу (МАОС) і органічного вуглецю, пов'язаного з частинками (РАОС), порівняно з неудобреними контрольними ділянками, удобрення NPKES із системою проміжних посівів було найефективнішою комбінацією, що призвело до найбільшого збільшення обох пулів С у ґрунті з часом [56].

За результатами Buvaneshwari et al., 2020, Xu et al., 2020 доведено, що використання мінеральних добрив є найкращою стратегією для покращення доступності поживних речовин у цих низькородючих ґрунтах, хоча це часто відбувається за рахунок низької ефективності використання поживних речовин культурами та деградації ґрунтової структури, що в подальшому призводить до низької якості ґрунту [8, 78].

Прагнення до підвищення врожайності сільськогосподарських культур за дослідженням Tilman, 2020 і кращої якості ґрунту призводить до змішування культур, тобто одночасного вирощування двох або більше культур у змішана послідовність, знову в суперечку, щоб покращити постачання продовольства, здоров'я людей і якість навколишнього середовища [72]. У середньому спільне вирощування може виробляти приблизно на 15–25 % більше продукції на певній поверхні орної землі порівняно з монокультурою. Серед основних зернових культур кукурудза (*Zea mays* L.) є основною продовольчою культурою, яку найчастіше вирощують між собою, особливо в системах землеробства з обмеженими зовнішніми ресурсами та великою фрагментацією землі [41]. Поєднання бобових із зерновими в якості проміжних культур за визначенням Xu et al., 2022, Zhang et al., 2022 може бути важливим компонентом екологічної інтенсифікації для сприяння сталому розвитку сільського господарства, оскільки їх міжвидове сприяння веде до кращого використання ресурсів і вищої стабільності врожаю, ніж монокультури [78]. Зернові бобові є найпопулярнішими проміжними культурами в регіоні Індо-Ганг, головним чином для забезпечення продовольчої безпеки та кращого

джерела доходу для дрібних фермерів. Вігна (*Vigna unguiculata* L.), за визначенням Cullis and Kunert, 2017 також відома як бобова рослина-одиночка, є однією з найбільш занедбаних другорядних культур у глобальних системах землеробства через її обмежене використання та обмеження пропозиції [14]. Незважаючи на його величезний потенціал як багатоцільової культури для задоволення харчових білків і кормів для худоби, досі йому мало приділяли уваги дослідники та промисловість.

Приріст урожайності в системі проміжних посівів за дослідженням Brooker et al., 2015 може бути обмеженим, за інтенсивних норм мінеральних добрив і агрономічних методів [7]. Тому вибір удобрення також має бути ретельно розглянутим, особливо в напівпосушливих регіонах, де низька органічна речовина разом із низькою родючістю є однією з головних перешкод для оптимального виробництва врожаю. У цьому контексті інтеграція органічно-неорганічних матеріалів, таких як компост з мінеральними добривами, може бути ефективним засобом не тільки для покращення доступності поживних речовин, що обмежують врожайність, але також для використання доданої вартості для покращення структури ґрунту та С зберігання. Попередні дослідження Zhang et al., 2020, Zhang et al., 2020, Liu et al., 2021 виявили позитивний вплив внесення органічних добрив на стабільність структури ґрунту та вміст SOC, що свідчить про його важливість у покращенні запасів і стабільності SOC, одночасно нейтралізуючи проблеми деградації землі та викидів CO<sub>2</sub> [40, 86, 87]. Однак вплив різних методів органічно-неорганічного удобрення на запаси С у ґрунті, стабільність агрегатів, секвестрацію SOC та врожайність сільськогосподарських культур у системах проміжного вирощування ще повністю не з'ясовано. З цією метою ми провели короткотермінове (2-річне) випробування комбінації коров'ячого гороху та кукурудзи на основі компосту з органічними та неорганічними добривами, щоб замінити історичні монокультури в деградованій напівпосушливій агроєкосистемі.

Поглинання N– твердою пшеницею значно зросло на 26% у сезоні EXP–A та 21% у сезоні EXP–B під впливом проміжних посівів. Проміжний посів зернових і зернобобових має потенціал для підвищення родючості ґрунту та виробництва сільськогосподарських культур.

Одним із потенційних шляхів у цьому відношенні є впровадження систем проміжних культур. Змішане посів передбачає одночасне вирощування кількох видів сільськогосподарських культур на одній земельній ділянці, з метою підвищення ефективності землекористування та досягнення вищої продуктивності рівні [4]. Крім того, системи комбінування між культурами бобові та зернові культури широко визнані як високоефективні системи землеробства потенціал для оптимізації використання ресурсів, зокрема азоту та води [3]. Крім того, ці системи продемонстрували підвищену стійкість до абіотичних стресових факторів, таких як посуха, і пропонують ефективні стратегії боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами без них використання гербіцидів [8]. Впровадження цієї системи вирощування сільськогосподарських культур має значний вплив на різні процеси трансформації азоту, впливаючи на мікробні процеси, різноманітність та склад громади [11]. Численні дослідження підкреслили, що системи спільного вирощування зернових культур і бобові демонструють підвищену ефективність у використанні поживних ресурсів, зокрема вуглецю (C), азоту (N) і фосфору (P), порівняно зі звичайними монокультурами системи [12]. Система проміжних посівів є однією з найкорисніших практик у рослинництві виробництва, особливо в районах з дефіцитом води та поживних речовин у посушливих і напівпосушливих районах кліматичні зони. Попередні дослідження підтвердили, що такий тип землекористування може призвести до вищі, ніж очікувалося, врожаї завдяки підвищеному використанню поживних речовин у ґрунті та придушенню шкідників [14]. Отже, цей процес призводить до збільшення кількості мікроорганізмів біомаса та покращена поживна цінність у проміжних культурах порівняно з вирощеними в монокультурі.

Зниження продуктивності землі, пов'язане зі зменшенням органічного вуглецю (SOC) і азоту (N) у ґрунті, є серйозною проблемою у монокультурному виробництві ячменю. Система проміжного посіву, що поєднує ячмінь і горох, може допомогти підвищити продуктивність землі, а також зберегти SOC і мінеральний N у ґрунті. Ми вирощували ячмінь як монокультуру та змішували з горохом без добрив у рядах ячмінь:горох 1:1 і 2:1. Як трансляція протягом двох років для спостереження за впливом співвідношення видів і просторової конфігурації на продуктивність землі, біологічну фіксацію та перенесення азоту, накопичення C і N у надземній біомасі, баланс мінерального азоту в ґрунті, валовий фотосинтез екосистеми (GEP) і чисту продуктивність екосистеми (NEP). Для кількісної оцінки фіксації азоту та подальшого перенесення використовувався метод природної кількості  $^{15}\text{N}$ . Польові вимірювання обміну  $\text{CO}_2$  використовували динамічну закриту прозору камеру, підключену до портативного аналізатора  $\text{CO}_2$ .

Змішані культури демонструють вищу продуктивність землі (12–32%) порівняно з монокультурними ділянками, при цьому розташування 2:1 забезпечує найвищі значення загальної продуктивності землі – TLO (5,9 т га<sup>-1</sup>) та коефіцієнта земельного еквівалента – LER (1,32). Проміжний ячмінь продемонстрував вищу біомасу азоту, протеїну зерна та вищі концентрації C у ґрунті порівняно з монокультурним ячменем. Горох, вирощений між культурами, продемонстрував підвищене утворення бульбочок (27–45%) і симбіотичну фіксацію  $\text{N}_2$  (9–17%) порівняно з монокультурним горохом, що призвело до фіксації 60–78 кг N га<sup>-1</sup>. Найвищий рівень N-перенесення (11%) і підвищене накопичення N (тобто на 200% вище, ніж у монокультурного ячменю) у біомасі пагонів спостерігалось при розташуванні 1:1. Однак схема 2:1 накопичувала більший C (196 г C м<sup>-2</sup> рік<sup>-1</sup>, тобто на 53% вище) у біомасі пагонів порівняно з ділянками монокультури ячменю. Компонування 2:1 також показало найбільший NEP, що призвело до найвищого поглинання C у ґрунті при середній денній нормі 229 мг C м<sup>-2</sup> год<sup>-1</sup> (тобто на 10% вище, ніж на ділянках монокультури ячменю). Це дослідження продемонструвало, що посів

ячменю та гороху є ефективною стратегією для підвищення продуктивності землі, якості зерна та біомаси, врожайності N та C, GEP та NEP, і що посів у рядках 2:1 був найпродуктивнішим.

Проблеми навколишнього середовища, пов'язані з сільським господарством, пов'язані, головним чином, із погіршенням якості ґрунту, води та повітря, що часто виникає внаслідок невідповідних стратегій управління поживними речовинами. Фермери зазвичай використовують хімічно інтенсивну практику для підтримки продуктивності ґрунту в поєднанні з іншими методами управління, які зменшують вміст органічної речовини в ґрунті (SOM), одночасно збільшуючи ерозію ґрунту, підкислення та засолення (Dumanski та ін., 1986). Накопичення органічного вуглецю в ґрунті (SOC) у сільськогосподарських системах наразі перебувають у дисбалансі з навколишнім середовищем, оскільки втрати, пов'язані з розкладанням, перевищують прибутки, пов'язані з додаванням біомаси (Jarecki and Lal, 2003).

Горох (*Pisum sativum* L., *Fabaceae* Lindl.) є однією з найбільш часто використовуваних зернових бобових культур як проміжна культура в системах посіву пшениці або ячменю, що може надати нову можливість для розвитку системи виробництва, яка відповідає як економічним, так і екологічним інтересам.

Диверсифікація сільськогосподарських культур шляхом спільного вирощування має потенціал для зниження глобальних потреб у синтетичних добривах N і, як наслідок, підтримки розвитку більш стійких систем землеробства [20]. Зменшення нових надходжень азоту вимагатиме нових парадигм щодо використання азоту та кругообігу в глобальному виробництві продуктів харчування. Більш ефективне використання азоту та зменшення втрат азоту є ключовими факторами для зменшення введення нового азоту (MEA2005). Ці фактори були і залишаються на вершині глобального порядку денного сільськогосподарських досліджень. Збільшення виробництва продуктів харчування, доступність дешевої викопної енергії для виробництва азотних добрив, збільшення споживання м'яса та відсутність дій щодо

пом'якшення викидів парникових газів (Foley et al. 2011) врівноважили накопичення знань, інновації та політику щодо зменшення втрат азоту та збільшення азоту. ефективність використання. Справжній перехід до закриття сільськогосподарських циклів азоту передбачає перепроєктування систем вирощування сільськогосподарських культур для більш збалансованого використання нового азоту, що базується, головним чином, на покращенні переробки на кількох рівнях, наприклад, від побутових органічних відходів до сільського господарства або між фермами з тваринами чи без них, а також на нових культури та методи удобрення для більш ефективного використання різних джерел азоту, таких як багаторічні зернові культури (Crewsetal. 2016) та диференціальне внесення добрив на основі мінливості в масштабі поля. В даний час для виробництва азотних добрив (включаючи транспортування та зберігання) потрібно від 65 до 100 МДж на кг азотних добрив (Kongshaug 1998; Wood and Cowie 2004) залежно від заводу та типу викопного палива. Це призводить до викидів 2,1–5,5 кг CO<sub>2</sub> еквівалентів на кг–1 N добрива. Таким чином, викиди парникових газів від виробництва азотних добрив можуть становити від 229 до 545 Тг CO<sub>2</sub> екв. Додаткові викиди азотних добрив у вигляді N<sub>2</sub>O відбуваються на сільськогосподарських полях, додаючи до загальних викидів парникових газів 703 Тг CO<sub>2</sub> еквівалента, або 13,4% від загальних викидів парникових газів у сільському господарстві, спричинених виробництвом і використанням азотних добрив (FAOSTAT 2018).

В іншому випадку було показано, що вихід зеленого корму покращився на 61% при використанні суміші насіння сорго та бобових у співвідношенні 80:20 порівняно з іншими пропорціями змішування в експерименті зі спільним посівом лімської квасолі та сорго (Reza et al. 2012). Однак, згідно з дослідженнями, спільне посів бобових культур із зерновими культурами може підвищити якість врожаю та знизити виробництво зернових. Це було переконливо підтверджено в дворічному дослідженні, в якому врожайність кукурудзи, вирощеної в системі проміжного посіву бобових/кукурудзи, була нижчою, ніж урожайність кукурудзи, вирощеної в монокультурі, але загальна

врожайність системи проміжного вирощування зросла завдяки підвищенню врожайності бобових (Khogali) et al. 2011). На основі аналізу хімічного складу та якості годівлі Soe et al. 2022 у своєму дослідженні виявив, що співвідношення кукурудза-звичайна квасоля 25:75 і 50:50 є найбільш прийнятним співвідношенням комбінації серед комбікорму та силосу. За даними Vacchi et al. (2021), трави мали більший середній вміст сухої речовини під час збирання порівняно з бобовими, і значних відмінностей між кожною культурою, вирощеною як проміжні та окремі культури, не спостерігалось ні для трав, ні для бобових. Було виявлено, що в чистих культурах вміст сухої речовини (DMC) статистично еквівалентний і більший у травах, ніж у бобових. Значення для трав коливаються від 178,6 г/кг (для ячменю) до 217,2 г/кг (для райграсу), тоді як значення для бобових коливаються від 152,1 г/кг (для гороху) до 178,3 г/кг (для райграсу). (конюшина). DMC міжкультурної кормової комбінації, яка варіювалася від 165,9 до 194,3 г/кг, не показала помітних коливань. Вміст сирого протеїну (CP) є вирішальним фактором у визначенні якості корму. Поживну цінність кормових культур можна підвищити шляхом змішаного посіву бобових і трав. Je та ін. (2015) продемонстрували, що спільне вирощування N-фіксуючих бобових культур і кукурудзи може підвищити концентрацію протеїну в кормових культурах, окрім зниження концентрації кислотно-детергентної клітковини (ADF) і нейтральної детергентної клітковини (NDF). Подібним чином, багато досліджень показали, що середня кількість сирого протеїну в поодиноких культурах вміст бобових кормів був значно більшим, ніж озимих трав'яних кормів. Порівняно з травами в чистих посівах, наявність бобових у проміжних посівах зазвичай дозволяє покращити якість корму (Sadeghpoura та ін. 2013, Баккі та ін. 2021). Ці висновки підтверджуються Zhang et al. (2022), які виявили, що, порівняно з монокультурою, спільне вирощування істотно підвищує концентрацію CP, знижує концентрацію клітковини нейтрального миючого засобу та клітковини кислотного миючого засобу. Беручи це до уваги, було відмічено, що поєднання

культивування кормових бобових культур із зерновими компенсує поживну цінність зернових, окрім підвищення економічного потенціалу системи..

Продовольчої та харчової безпеки можна досягти шляхом впровадження стійких практик у сільському господарстві та суміжних секторах. Як і продовольчі культури, тваринництво має величезне значення для забезпечення здоровими та поживними продуктами харчування. Протягом останніх років урбанізація, індустріалізація та зростання доходу на душу населення ще більше підвищили попит на продукцію тваринництва. Для успішного тваринництва ефективне управління кормами має вирішальне значення, оскільки витрати на корми складають основну частину витрат на догляд за худобою. Збалансоване харчування для тварин складається з двох основних компонентів: концентрату і комбікорму. Свіжий або зелений корм є обов'язковим компонентом повноцінного харчування худоби. Поєднання бобових і небобових вважається найкращим варіантом для корму, оскільки забезпечує повноцінне харчування, надаючи харчову енергію і білок. Змішані насадження бобових і небобових мають інші важливі переваги для сільськогосподарських угідь, і вони забезпечують багатогранні переваги. Проміжне або змішане вирощування кормових бобових і небобових культур ефективно використовує природні ресурси, зберігає та покращує здоров'я ґрунту, а також забезпечує належну сільськогосподарську практику в напрямку стійкості. Крім того, поєднання бобових і небобових кормів покращує якість кормів і забезпечує збалансований раціон для тварин. У цьому розділі зосереджено увагу на корисних аспектах змішаних насаджень бобових і небобових культур для вирощування на корм для сталого розвитку сільського господарства [46].

Результати дослідження Jevtic та ін., 2023 показали, що коливання врожайності за екстремальних коливань кліматичних умов можна зменшити за допомогою культивування інтеркропінг. Показники захворювання листковою іржею та борошнистою росою значною мірою залежали від типу вирощування. Зв'язки між рівнями патогенної інфекції та показниками врожайності не були прямими і сильно залежали від потенціалу врожайності сортів. Зміни

врожайності, ТКВ і сирого протеїну, а також їх співвідношення під час вирощування між культурами були специфічними для сортів і, отже, не були однаковими серед усіх зернових культур, які піддавалися однаковим агроекологічним умовам [35].

Традиційне землеробство монокультур забезпечує високі врожаї, але також призводить до забруднення навколишнього середовища, ерозії ґрунту та стійкості до хвороб до пестицидів [1,2]. Крім того, екстремальні коливання кліматичних умов були пов'язані з викидами CO<sub>2</sub> в результаті використання та виробництва азотних добрив [3,4]. За оцінками, 13,4% від загального обсягу парникових газів, що викидаються сільськогосподарською промисловістю, спричинено виробництвом і використанням азотних добрив [5]. Інтерес до вирощування зернових і бобових проміжних культур зріс разом із зростанням попиту на розвиток агропромислового комплексу. -екосистеми, які можуть поєднувати високу продуктивність сільськогосподарських культур із зниженими рівнями введення [6,7]. Інтегровані системи землеробства (IAFS) були запроваджені як альтернатива системам інтенсивного землеробства, і вони базувалися на концепціях інтегрованого виробництва (IP) [4,8,9]. Концептуальна основа інтелектуальної власності була вперше опублікована в 1993 році Комісією ІОВС з настанов і схвалення інтелектуальної власності та була визначена таким чином: «система ведення сільського господарства, яка виробляє високоякісні продукти харчування та інші продукти, використовуючи природні ресурси та регулюючі механізми для заміни забруднюючих ресурсів та безпечне стійке землеробство» [10]. Як рішення для збереження агроекосистем було запропоновано диверсифікацію агроекосистем шляхом збільшення кількості вирощуваних видів [11–14].

Доведено, що спільні посіви бобових і зернових культур є багатообіцяючим інструментом для збільшення землекористування за рахунок більшого захоплення світла та отримання додаткових поживних речовин [15-18]. Вважалося, що взаємодоповнюваність використання джерел N компонентами проміжних культур має велике значення, особливо там, де

мінеральний N є обмеженим ресурсом [2]. Крім того, сприятливий вплив проміжних посівів на контроль бур'янів, стійкість до вилягання, стабільність урожаю, зерно концентрація протеїну та боротьба зі шкідниками та хворобами були повідомлені в порівнянні з вирощуванням однієї культури [2,11,19–27]. Боротьба з найважливішими патогенами в зернових культурах, такими як збудники борошнистої роси та іржі, викликає велике занепокоєння у вирощуванні зернових культур. Передбачається, що втрати врожаю озимої пшениці, спричинені борошнистою росю, сягатимуть до 45% [28], тоді як захворювання іржею можуть спричинити зниження врожаю до 60% або більше серед генетичних колекцій, які використовуються як фенотипові платформи для тестування стійкості/сприйнятливості до хвороб [29].

Вплив суміші (1:1) хімічних і органічних азотних (N) добрив на якість врожаю та ефективність використання азотних добрив залишається незрозумілим. Результати показали, що врожайність і надземне накопичення азоту як сої, так і кукурудзи збільшувалися із застосуванням добрив. Урожайність значно позитивно корелювала з надземним накопиченням азоту та ефективністю використання добрив, виміряною за допомогою часткової продуктивності азоту (NPP), азотної агрономічної ефективності (NAE) і коефіцієнта відновлення азотних добрив (NFRR). Вміст білка мав тенденцію до збільшення, а вміст олії мав тенденцію до зниження при застосуванні (ChemF + OrgF) у сої. Обробка (ChemF + OrgF) мала найнижчий вміст крохмалю в кукурудзі. Не було суттєвої різниці в індексі врожаю азоту між обробками, тоді як NPP, NAE та NFRR були найвищими для застосування хімічних азотних добрив і значно зменшилися з додаванням органічних азотних добрив. Ми робимо висновок, що суміш (1:1) хімічних і органічних азотних добрив підвищила врожайність насіння та якість кукурудзи, але тільки врожайність насіння сої.

Змішування культур є традиційним способом посіву, яким постійно займаються сільськогосподарські вчені, багато досліджень присвячено цій темі в усьому світі [1,2,3]. Попередні дослідження показали, що переваги проміжних

посівів полягають в основному в наступному: (i) пригнічення росту бур'янів завдяки меншому проникненню сонячного світла порівняно з монокультурами [4,5]; (ii) покращення врожайності та якості (наприклад, протеїну, олії та крохмалю) [6,7,8]; (iii) покращення поглинання поживних речовин культурами та ефективності використання азоту шляхом сприяння міжвидовим зв'язкам [9,10,11]. Попередні дослідження показали, що спільні посіви Gramineae–Leguminosae, особливо сої та кукурудзи, є найбільш широко використовуваним способом спільного посіву у світі [12]. Понад 70% систем проміжних культур, що використовуються в Китаї, включають бобові культури [13,14]. Кукурудза, будучи виснажливою культурою, забирає з ґрунту достатню кількість поживних речовин, і виникає потреба включати в систему посіву ґрунтопоповнювальні культури (бобові). Отже, система проміжного посіву бобових кукурудзи є більш життєздатним варіантом для сталого сільського господарства [44].

Азот є важливим поживним елементом в екосистемах сільськогосподарських угідь і необхідним елементом для росту рослин, який бере участь у фізіологічній та метаболічній діяльності рослин [15]. Невідповідне застосування азотних добрив не тільки збільшує екологічні витрати та забруднення від сільськогосподарського виробництва, але й знижує ефективність використання азоту [16]. Оптимізація управління азотом у поєднанні з відповідною системою посадки може зменшити внесення хімічних добрив [17,18]. Зменшення використання хімічних добрив у поєднанні з органічними добривами є новим заходом для забезпечення високої врожайності та здоров'я ґрунту та потребує додаткових досліджень [19]. Органічне добриво містить низку необхідних елементів для росту культур і може підвищити ефективність використання азоту, а також урожайність і якість [20,21].

Отже, важливо оптимізувати співвідношення між рядками рослин кукурудзи/сої в сільськогосподарських екосистемах. Раніше ми виявили, що посів двох рядів солодкої кукурудзи з чотирма рядками сої (S2B4) був найкращим зразком серед кількох моделей співвідношення міжрядь з точки

зору переваг урожайності та викидів N<sub>2</sub>O (Tang et al., 2017), що свідчить про те, що посів S2B4 модель була більш стійкою та екологічною.

З точки зору кількості застосованого азоту залишається невідомим, скільки добрив підходить, якщо врахувати баланс між продуктивністю врожаю та захистом навколишнього середовища. Для вивчення грибкових угруповань арбускулярної мікоризи на полях кукурудзи та сої в різних областях і екосистемах використовувалися різні рівні внесення азоту. Обсяг азотних добрив використовувався від 0 до 300 кг га<sup>-1</sup> для вивчення впливу методів обробітку ґрунту, включаючи сівозміну або проміжне посів, на спільноти АМФ у довгострокових випробуваннях (Baltruschat та ін., 2019; Jeske та ін., 2018). ; Tian et al., 2013; Zhu et al., 2016), у яких зазвичай використовували від 120 до 165 кг га<sup>-1</sup> (Baltruschat et al., 2016; Zhu et al., 2016). Однак найбільш підходяща концентрація азотного добрива також була непослідовною. Отже, рівні внесення азотних добрив, застосовані до поля, заслуговують на розгляд. Більше того, у Південному Китаї субтропічний клімат підходить для посіву кукурудзи та сої з високими витратами та високою врожайністю протягом двох сезонів на рік, і це ідеальне місце для вивчення варіацій поля в системі спільного посіву кукурудзи та сої. Таким чином, у цьому дослідженні 360 кг га<sup>-1</sup> азотних добрив було застосовано як звичайне азотне добриво (на основі місцевих сільськогосподарських методів у Південному Китаї), а 300 кг га<sup>-1</sup> азотних добрив було застосовано як зменшене азотне добриво для вивчення його ефекту про різноманіття, склад і будову арбускулярних мікоризних грибів.

У цьому дослідженні було проведено польовий експеримент тривалістю чотири з половиною роки (загалом 9 сезонів врожаю), щоб оцінити вплив взаємодії між культурами цукрової кукурудзи та сої зі зменшеним застосуванням азоту на різноманітність та склад арбускулярної мікоризної грибкової спільноти. у ризосферних ґрунтах, коренях і насипних ґрунтах за допомогою високопродуктивного секвенування (платформа Illumina MiSeq). Гіпотеза цього дослідження полягала в тому, що проміжне посів і зменшення азоту може

стимулювати різноманіття та склад арбускулярних мікоризних грибів, де основні фізичні та хімічні фактори ґрунту, що впливають на грибні спільноти арбускулярної мікоризи, можуть бути пов'язані з елементом N. Цілі цього дослідження полягали в наступному: (1) визначити відмінності в різноманітності та складі арбускулярної мікоризної спільноти грибів у коренях і ґрунті між системами проміжних культур і монокультурами з використанням трьох різних рівнів удобрення та (2) визначити, чи різноманітність і структура арбускулярної мікоризної грибної спільноти пов'язана з рівнем запліднення N.

Вирощування зернових і бобових збільшує надходження азоту (N) від біологічної азотфіксації (BNF) і покращує використання добрив і ґрунтового азоту, що часто призводить до вищого вмісту азоту в зерні та вищої продуктивності на одиницю площі землі порівняно з монокультурами. Попередні дослідження показали, що ці ефекти більш відчутні за умов низького вмісту азоту в ґрунті та добриві порівняно з високою доступністю азоту, і існує потреба оцінити поглинання азоту на критичних етапах розвитку рослин, щоб визначити час внесення азоту для максимального поглинання та використання ефективність. Мета цього дослідження полягала в оцінці продуктивності проміжних посівів гороху та ячменю порівняно з монокультурами при 0 кг N га-1 (0 N) і 100 кг N га-1 (100 N). У 2017 році було впроваджено план експерименту з розділеною ділянкою з горохом (*Pisum sativum*) підшовою (SC горох), ячменем (*Hordeum vulgare*) підшовою (SC ячмінь) і горохово-ячменним проміжним посівом (IC total) як основними ділянками та 100 Застосування азоту двома порціями по 50 кг азоту на га-1 через 30 і 60 днів після появи сходів як підділянки в межах основних ділянок. Коефіцієнт земельного еквівалента (LER), заснований на врожайності сухої речовини зерна (GDM) у проміжних посівах гороху та ячменю (IC total), був вищим (1,14 при 0 N і 1,10 при 100 N), що вказує на 10–14% більшу радіацію, ефективність використання поживних речовин і води порівняно з монокультурами та на 4% більша ефективність використання ресурсів при 0 N порівняно з 100 N; це продемонструвало більшу загальну продуктивність між посівами порівняно з монокультурами. Обробка

100 N зменшила GDM у SC гороху та гороху в проміжних культурах (IC горох) і суху речовину зерна N (GDMN) і збільшила GDM та GDMN у SC ячмені та ячмені в проміжних культурах (IC ячмінь). Проміжний посів збільшив вміст азоту в зерні і, отже, вміст білка в зерні при обробці 0 N і 100 N. Найвищий врожай азоту в добривах, % азоту, отриманого з добрив (%NDFF), і % ефективності використання азоту (%NUE) були досягнуті в SC ячменю, а потім за IC загальним, що вказує на те, що проміжне посів покращило ґрунт і використання добрив у порівнянні з SC горохом. Горох IC збільшив % азоту, отриманого з атмосфери (%NDFA) з 67,9% у гороху SC до 70,1% у гороху IC. IC total збільшив частку %NDFF, %NDFS і %NDFA порівняно з SC горохом, що вказує на значну перевагу міжсівних посівів завдяки комплементарності компонентів видів за умов обмеженого постачання азоту в полі.

Спільне вирощування культур – це одночасне вирощування принаймні двох або більше сільськогосподарських культур на одній землі для підвищення врожайності та ефективності використання ресурсів у порівнянні з практикою одноразового вирощування [1,2]. Численні польові дослідження задокументували вищу продуктивність у зернових і бобових культурах: наприклад, горох-ячмінь [3], квасоля-ячмінь [4], люпин-ячмінь [5], горох-пшениця [6], кукурудза-соя [7], і боби-пшениця. Численні польові дослідження задокументували вищу продуктивність у зернових і бобових культурах: наприклад, горох-ячмінь [3], квасоля-ячмінь [4], люпин-ячмінь [5], горох-пшениця [6], кукурудза-соя [7], а також комбінації бобів і пшениці [8]. Зернові та бобові культури доповнюють один одного в отриманні ресурсів, особливо джерел азоту, а бобові культури, які вирощують між собою, отримують більше азоту з атмосфери, ніж бобові, які вирощуються як єдина культура [7,9–11]. Це значною мірою пов'язано зі здатністю бобових отримувати атмосферний N за допомогою біологічної азотфіксації (BNF) [12], тоді як зернові культури особливо добре отримують N із ґрунту та джерел добрив [13]. Ця взаємодоповнюваність схиляє злаки до отримання азоту з ґрунту, тим самим виснажуючи його та змушуючи бобові фіксувати джерела атмосферного азоту

для свого використання. Загалом зернові культури ростуть швидше на початку сезону і часто є більш конкурентоспроможними щодо доступності N у ґрунті. Таким чином, внесення азотних добрив загалом зменшує частку бобових у проміжних культурах, оскільки сприяє засвоєнню N зерновими та переважанню над бобовими [14]. У разі спільного посіву бобові змушені більше покладатися на BNF для задоволення своїх потреб у азоті через конкуренцію з боку зернових компонентів [11,13]. Кілька недавніх метааналізів підтвердили, що проміжне посівне середовище постійно збільшує BNF у бобових культур і збільшує поглинання азоту ґрунтом зерновими культурами [13,14]. На підтвердження цього також було проведено декілька досліджень про сідну культуру злакових і бобових у Данії [6,15–22]. повідомили про підвищення врожайності та ефективність використання ресурсів у системах проміжних культур. Дослідження в інших країнах також показали цю тенденцію, наприклад Dordas et al. [23] у Франції повідомили про підвищення врожайності з вищим вмістом сирого протеїну в проміжних посівах гороху та вівса, Sobkowicz і 'Sniady [24] у Польщі показали підвищений вміст білка в проміжних посівах, а Danso et al. [2] в Ісландії повідомили, що поглинання азоту пероатом було вищим у проміжних культурах гороху та вівса, ніж у монокультурі вівса. Крім того, час і кількість внесення добрив впливають на динаміку використання, що сприяє підвищенню ефективності використання та продуктивності проміжних культур [25–28]; Тому надзвичайно важливо оцінити поглинання азоту в різні терміни внесення добрив для проміжних і односівних культур, щоб підвищити ефективність використання добрив. Азот (N) є основним фактором, що обмежує досягнення вищої врожайності в органічних і звичайних системах виробництва [29]. Це призвело до надмірного внесення азотних добрив, що збільшує втрати від вимивання в ґрунтові води та вивільняє реакційноздатні форми похідних азоту в атмосферу, спричиняючи несприятливий вплив на навколишнє середовище за межі поля та ферми. Ця неефективність потребує методів управління, які зменшують застосування азотних добрив і підвищує ефективність використання азоту рослинами для розробки систем сталого землеробства,

мінімізуючи екологічні та економічні наслідки. Щоб оптимізувати кількість N, що застосовується у виробничих системах, необхідна оцінка поглинання N на критичних етапах розвитку культури, щоб визначити кількість внесення та час для максимального поглинання та ефективності використання. У цьому дослідженні наша гіпотеза полягає в тому, що проміжні культури, як за нормальних ( $100 \text{ кг га}^{-1}$ ), так і за низьких ( $0 \text{ кг га}^{-1}$ ) умов добрива N, вироблятиме більшу загальну суху речовину (TDM), % азоту, отриманого з атмосфери (%NDFa), зерно N% і врожайність зерна порівняно з монокультурні системи через міжвидову комплементарність між ячменем і горохом. Мета полягала в тому, щоб оцінити продуктивність і використання азоту в проміжних посівах гороху та ячменю в порівнянні з посівами підшви гороху та ячменю при обробці  $0 \text{ кг N га}^{-1}$  і  $100 \text{ кг N га}^{-1}$  через 30 і 60 днів після сходів (DAE).

Щоб підвищити самозабезпеченість Європи джерелами білка, необхідною умовою є збільшення виробництва рослинного білка. Мінливість урожайності є однією з головних проблем при вирощуванні білкових культур. У зв'язку з цим спільне посів зернових і бобових може запропонувати рішення, оскільки добре збалансовані системи проміжного посіву менш схильні до коливань врожайності. Таким чином, у цьому дослідженні вплив (i) поєднання виду/генотипу, (ii) густоти посіву між культурами та (iii) режиму добрив оцінювали в умовах Бельгії (Північно-Західної Європи) протягом трьох років (тобто 2020–2021, 2021–2021). сезони 2022 та 2022–2023 років). Стосовно комбінацій видів, озимий ячмінь x озимий горох, озима пшениця x озима квасоля та озиме тритикале x озима квасоля, було помічено, що найефективніша комбінація змінювалася від року до року залежно від переважаючих погодних умов. Знижена щільність посіву (тобто  $130 \text{ насінин/м}^2$  для зернового партнера та  $20 \text{ насінин/м}^2$  у випадку бобів або  $40 \text{ насінин/м}^2$  у випадку гороху) була достатньою для досягнення конкурентоспроможної врожайності за переважаючих умов. Інокуляція комерційними штамами *Rhizobium* не призвела до підвищення врожаю. Підживлення однією або двома фракціями азоту суттєво підвищило загальний урожай за рахунок підвищення врожайності

зернового партнера; однак, як наслідок, зменшилася частка бобових у суміші. Підсумовуючи, можна констатувати, що за допомогою досліджуваних злаково-бобових комбінацій можна досягти конкурентоспроможної врожайності та якісного виходу протеїну при зменшеному внесенні добрив.

Урожайність зерна цих зернових культур була збільшена втричі за останні десятиліття, щоб задовольнити потреби ринку [37] в результаті покращення зародкової плазми та інтенсивних методів управління, таких як збільшення надходжень добрив, води та агрохімікатів. Щоб досягти підвищеної врожайності зерна без шкоди для навколишнього середовища, необхідно дотримуватися сталого управління всіма факторами виробництва в часі та просторі. Незважаючи на те, що впровадження систем вирощування культур із включенням покривних культур можливо, оскільки це забезпечує кілька переваг і прибутків для фермерів, їх впровадження пов'язане з різними проблемами, які сповільнюють їх поширення в агроєкосистемі. У літературі є різні та суперечливі результати щодо впливу покривних культур на врожайність зерна основної культури. Заміна пустого пара покривними культурами може визначати негативний [38], нейтральний [39] і позитивний [40] вплив на кінцеву врожайність сільськогосподарських культур [41]. Крім того, вплив покривних культур на подальшу врожайність сільськогосподарських культур повідомлялося в різних країнах, регіони [42–44], кліматичні умови [40], властивості ґрунту [40,43,44], тип покривної культури [43] та методи ведення сільськогосподарства [40,43,44]. Насправді, з одного боку, є дослідження, які повідомляють про важливість покривних культур для забезпечення широкого спектру екосистемних послуг, що призвело до великої реакції наступних товарних культур з точки зору врожайності та її якості, навіть якщо ці дані піддаються багатьом розбіжностям. і суперечливі результати, особливо коли покривні культури тестуються в районах, які характеризуються мінливістю клімату, тобто в посушливих районах.

Таким чином, увесь біологічно активний теплий період восени на полі присутня різноманітна флора, яка підтримує життєдіяльність мікроорганізмів

різних груп. Це забезпечить краще покриття ґрунту, засвоєння добрив, акумуляцію азоту та карбону з повітря. Також корені цих рослин після відмирання створять природні каналці в землі, якими буде проводитись донизу вода, переміщуватимуться дощові черв'яки та корені самого ріпаку.

Після загибелі взимку біологічна маса сумісних рослин залишиться на поверхні та буде поступово розкладатись, віддаючи акумульовані речовини ріпаку. Тобто і навесні з початком теплого сезону на полі діятиме сапрофітна мікрофлора, яка розкладає органічні рештки відмерлих рослин. Порада від Йорка Баєра - не залишайте поле порожнім, якщо прагнете підняти його біологічну активність. Це подібно до годівлі худоби, коли ви пів року годуєте тварин збалансованим раціоном, а потім на кілька місяців припиняєте годувати. Вся накопичена раніше мікрофлора вимре, акумульовані азот та карбон мінералізуються і вивітряться. Це майже те саме, коли б ви внесли на поле добрива і нічого на ньому не посіяли цього року – марна витрата ресурсів і втрата потенціалу, який ви вже сформували [96].

Тому, для пізніх ярих посівів сійте рано навесні покривні культури, як амарант, які встигнуть до прогрівання ґрунту за 2 місяці набрати певну вегетативну масу та акумулювати багато азоту і вуглецю. Потім можна знищити цей посів, висіяти основну культуру, а після її збирання чи одночасно з ним знову засіяти поле покривними культурами, що ростимуть і акумулюватимуть поживні речовини до настання морозів.

Таким чином, ці агроекологічні аспекти слід брати до уваги слід ретельно розглянути складність управління покривними культурами. Щоб вивчити вплив покривних культур на врожайність зернових, застосування мета-аналізу на основі підтверджених даних різних географічно розподілених польових досліджень має численні переваги порівняно з дослідженнями на окремих ділянках. Таким чином, мета-аналіз може надати кращий опис і більш переконливі докази [45] впливу присутності КК в агроecosystemі. Крім того, цей аналіз дає можливість дослідити, за яких методів ведення сільського господарства, клімату та ґрунтових умов системи покривних культур можуть

призвести до покращення врожайності зерна. Хоча на сьогоднішній день існує багато досліджень, які намагаються розглянути вплив покривних культур на агроєкосистеми, доступну інформацію важко узагальнити через мінливість і нестабільність різних агрокліматичних умов, прогалин, пов'язаних із впливом використання покривних культур на різні зернові культури, що вирощуються в різних системах виробництва та погодно-кліматичних умовах на основі останніх даних, наведених у бібліографії. Основна мета поточного дослідження полягає в тому, щоб заохотити перехід до більш стійкого виробництва зернових культур із покривними культурами, які наразі використовуються в Європі.

## **РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1 Мета і завдання досліджень**

Дослідна програма спрямована на вивчення впливу різних елементів технології вирощування сумісних посівів (3-х компонентних посівів) на ґрунтові умови, урожайність культур.

Головні завдання цього дослідження наступні:

- Оцінити вплив ґрунтових умов (текстура, вологість та реакція середовища ґрунту) на врожайність сумісних посівів;
- Вивчити вплив різних аспектів технології вирощування, а саме видів добрив на врожайність сумісних посівів;
- Порівняти врожайність та якість ячменя, бобів, гороху в сумісних посівах за різними технологічними елементами;
- Розроблення рекомендацій для сільськогосподарських виробників щодо оптимальних методів вирощування сумісних посівів в залежності від конкретних ґрунтових умов.

Ці завдання спрямовані на глибоке розуміння взаємозв'язку між ґрунтовими умовами і технологіями вирощування сумісних посівів, а також на розробку практичних рекомендацій, які допоможуть підвищити продуктивність та стабільність сільськогосподарського виробництва.

Результатом дослідження є:

- Встановлення впливу окремих елементів технології вирощування: Дослідження виявляє, як різні добрива впливають на продуктивність сумісних посівів та властивості ґрунту.
- Визначення оптимальних технологічних рішень: Дослідження виявляє найбільш ефективні елементи технологій вирощування для конкретних умов, що дозволяє аграріям обирати найкращі методи для своїх господарств.
- Розробка рекомендацій: На основі отриманих даних розробляються конкретні рекомендації для аграріїв, щодо вибору культур, оптимальних методів вирощування та планування діяльності з урахуванням ґрунтових умов.

- Сприяння покращенню сільськогосподарського виробництва: Результати можуть бути використанні для вдосконалення аграрних практик, підвищення продуктивності та впровадження нових методів і технологій.

Загальна мета дослідження – підвищення продуктивності та стабільності сільськогосподарського виробництва через глибоке розуміння впливу ґрунтових умов і технологічних елементів на сумісні посіви, а також надання практичних рекомендацій аграріям.

## **2.2 Об'єкт дослідження**

Дослідження проводилось в 2024 році у ВП НУБІП України «Агрономічна дослідна станція» Київська область, Васильківського району, село Пшеничне.

Об'єктом дослідження є сумісні посіви сільськогосподарських культур та ґрунт. Сумісні посіви відносяться до агрономічної практики, де дві або більше різні культури вирощуються на одній і тій же земельній ділянці в один і той же вегетаційний сезон. Об'єктом дослідження передбачається вивчення впливу ґрунтових умов і різних елементів технологій вирощування на продуктивність та якість сумісних посівів.



*Рис.2.1. Демонстративне фото дослідної ділянки.*

В рамках дослідження вивчаються сумісні посіви ячменю, гороху і кормових бобів. Основна увага зосереджена на тому, які культури взаємодіють між собою на одній ділянці та як ця взаємодія впливає на врожайність і якість кожної з культур.

Таким чином, об'єкт дослідження включає в себе самі сумісні посіви, їх взаємодію з ґрунтовими умовами та різними аспектами технологій вирощування з метою розуміння оптимальних умов та практик для досягнення максимальної продуктивності в сільському господарстві.

### 2.3. Умови проведення досліджень

Агрономічна дослідна станція знаходиться на відстані 55 км від міста Київ, 3 км від Київ-Одеса транспортної магістралі, та 21 км від Васильків залізничної станції. Площа всіх сільськогосподарських угідь господарства складає 1056 га, з яких 934,5 га становить рілля. В основному спеціалізація підприємства є вирощування технічних та зернових культур. Характеристика території прилеглих угідь та полів господарства має рельєф слабо хвилястий з незначними пониженням, завдяки чому надлишкова волога накопичується. Поля та прилеглі угіддя знаходяться в Білоцерківський або Північний, агроґрунтовий район Лісостепу.



Для Васильківського району характерні такі типи ґрунтів:

#### Чорноземи

- Чорноземи неглибокі лісостепові на лесових породах
- Чорноземи неглибокі слабогумусовані та малогумусні
- Чорноземи глибокі на лесових породах
- Чорноземи глибокі слабогумусовані
- Чорноземи глибокі малогумусні

Родючі ґрунти на даних землях створювались завдяки луговим та лугово-степових рослин. Грубо пилюватий легкосуглинковий лес є ґрунтоутворюючою породою ґрунтів господарства, він містить до 10% карбонатів кальцію. Лесовидний суглинок на пониженнях є ґрунтоутворюючою породою. Такий ґрунт характерний для лугових та чорноземно-лугових ґрунтів, що мають з вмістом карбонатів кальцію до 20 % та з більшим рівнем оглеєння. На території підприємства ґрунти чорноземного типу. В основному це глибокий чорнозем з гумусовим забарвленням 85-95 см, на жаль гумус не накопичився у великій кількості, та відбулось утворення в орному горизонті чорнозему з низьким вмістом гумусу.

Отже, ґрунтовий покрив Агрономічної дослідної станції складається з кількох ґрунтових видів, але один із основних є чорнозем типовий мало гумусний крупнопилувато-середньосуглинковий за гранулометричним складом. Особливостями цих ґрунтів є добрі механічні і фізичні якості, склад має велику кількість поживних елементів, що дає можливість для сприятливого вирощування культурних рослин. Підґрунтові води на підвищених місцевостях розташовані на глибині 5-10 м, а на пониженнях ділянках залягають біля поверхні або на глибині до 4 м. В основному атмосферні опади формують водний режим території.

Вологість стійкого в'янення ґрунту, який у рівноважному стані становить 10,8 %, а щільність -1,15-1,24 г/см. Вологість розриву капілярів становить 20%, а польова вологоємність у ґрунті в шарі 30-45 см – 43%, а у шарі 0-30 см – 38,5, максимальна гігроскопічність – 7,47%, загальна щільність – 53-56%, недоступна вологість для рослин – 10%.

За вмістом легкогідролізованого азоту ґрунт відноситься середньозабезпеченого обмінного калію та малозабезпеченого рухомого фосфору.

## 2.4. Схема та методики дослідження.

Схема дослідження наведена у таблиці 2.1. і полягала у порівнянні органічних і мінеральних добрив. Розглянемо більш детально ці варіанти:

1. Без добрив. У цьому варіанті ґрунт не піддається внесенню жодних добрив. Це дозволяє визначити базові показники врожайності та якісні характеристики культур в умовах природної родючості ґрунту без впливу додаткових джерел поживних речовин.

2. Варіант-  $N_{50}$ -аміачна селітра де вноситься 50 кг азоту у формі аміачної селітри на гектар. Аміачна селітра є одним із найпоширеніших азотних добрив, яке швидко розкладається в ґрунті і забезпечує рослини доступним азотом, що сприяє активному росту та підвищенню врожайності.

3. Варіант-  $N_{50}$ -компост. Внесення 50 кг азоту на гектар у вигляді компосту. Компост є органічним добривом, яке покращує структуру ґрунту, збільшує його водоутримуючу здатність і забезпечує рослини поступовим надходженням поживних речовин, зокрема азоту.

4. Варіант-  $N_{25}$  компост+ $N_{25}$  мінеральне добриво. У цьому варіанті поєднується 25 кг азоту з компосту та 25 кг азоту з мінеральних добрив. Така комбінація дозволяє поєднати позитивні властивості органічного та мінерального добрив для забезпечення збалансованого живлення рослин.

5. Варіант- $N_{50}$ -вермикомпост. Використовується 50 кг азоту на гектар у формі вермикомпосту -продукту переробки органічних відходів за допомогою дощових черв'яків. Вермикомпост збагачує ґрунт корисними мікроорганізмами та підвищує його родючість.

6. Варіант-  $N_{25}$ -вермикомпост+ $N_{25}$  мінеральне добриво. Поєднання 25 кг азоту з вермикомпостом та 25 кг азоту з мінеральних добрив. Це дозволяє збалансувати швидкодіючі мінеральні добрива та повільнодіючі органічні компоненти, покращуючи довготривалу родючість ґрунту та врожайність.

Таблиця 2.1. Схема дослідження

Варіант	Тип добрива	Вміст азоту в оргдобриві	Фізична вага органічного добрива, кг/га	Фізична вага мін частини, кг/га
T1	без добрив	-	-	-
T2	N <sub>50</sub> - аміачна селітра (34,4)			145
T3	N <sub>50</sub> - компост	2,4	2400	
T4	N <sub>25</sub> компост + N <sub>25</sub> мін добриво	2,4	1200	72,5
T5	N <sub>50</sub> - Вермикомпост	1,13	4400	
T6	N <sub>25</sub> вермикомпост + N <sub>25</sub> мін добриво	1,13	2200	72,5

Вміст елементів живлення у вермикомпості наступний: N 1,12%, P 2,2%, K 0,94% і C 16,8%.

Параметри посіву наведено в таблиці 2.2.

Варіант	Норма висіву (кількісна, шт/м <sup>2</sup> )			Густота стояння (сходи)			Польова схожість, %		
	Ячмінь	Горох	Боби	Ячмінь	Горох	Боби	Ячмінь	Горох	Боби
T1	144	34	24	124	30	23	86,1	88,2	95,8
T2	144	34	24	126	31	22	87,5	91,2	91,7
T3	144	34	24	130	28	23	90,3	82,4	95,8
T4	144	34	24	127	29	23	88,2	85,3	95,8
T5	144	34	24	126	28	22	87,5	82,4	91,7
T6	144	34	24	124	30	23	86,1	88,2	95,8

Сіяли сівалкою Клен із міжряддями 12,5 см.

## 2.5. Агрокліматичні умови проведення досліджень

Агрономічна дослідна станція знаходиться в Лісостепу, а клімат зони в якому розташоване господарство помірно-континентальний, з сумою активних

температур 1170,6 С, з сумою ефективних температур 2092,3 °С и середньодобовою температурою повітря 5-8 °С. Влітку найвища температура може досягати до 43 °С, а взимку найнижча може опускатись до мінус 36 °С. Весною середня температура повітря тримається на +7-8 °С. З температурою вище +5°С період становить 215-220 днів, а з тривалість періоду з температурою повітря вище +10°С складає 155-190 днів.

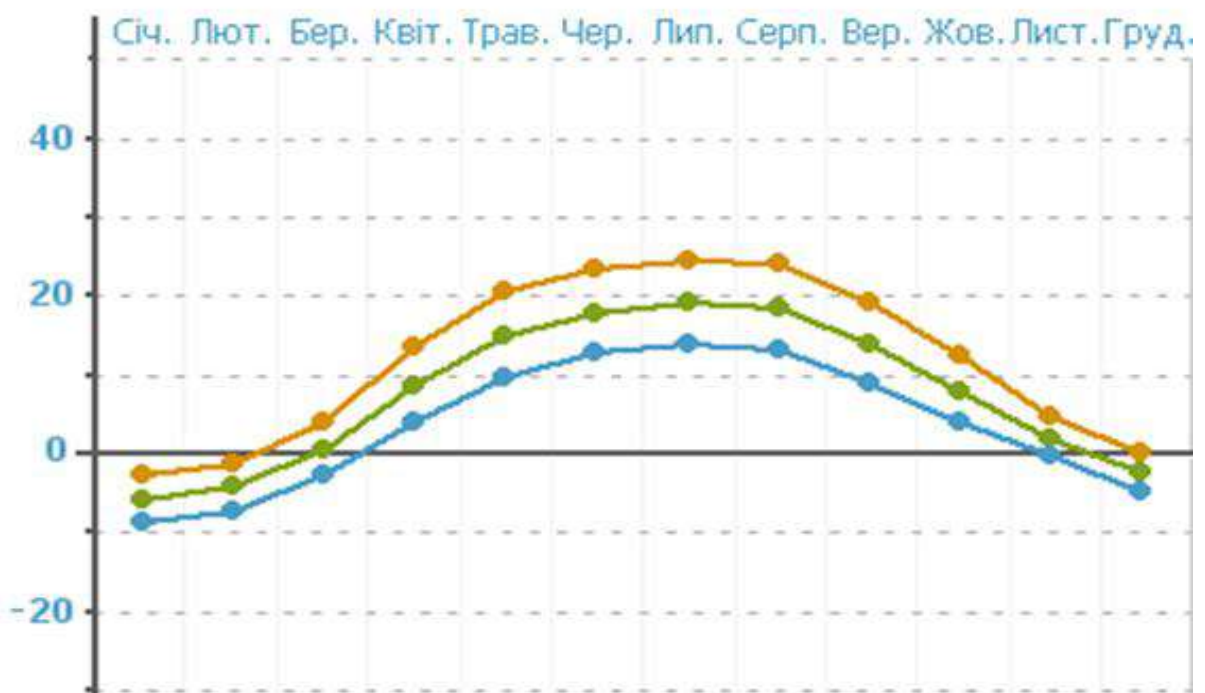
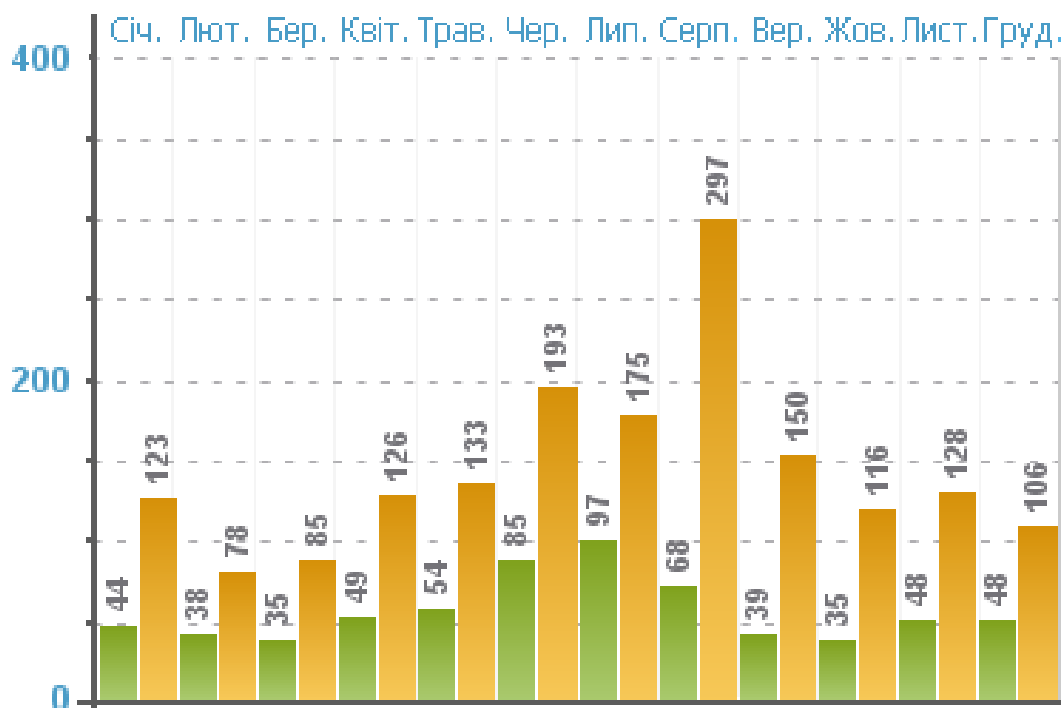


Рис. 2.2. Середня місячна і річна температура повітря в рік проведення досліджень(°С)

Отже, на даному графіку 2.2 показано коливання середньомісячної температури і річної температури повітря, зробивши висновки, можна зазначити, що на Агрономічній дослідній станції за даними спостереження метеостанції середньомісячна температура повітря в січні становило -2,3 °С. В цьому році зима відзначилась нестабільністю в температурному режимі. Періоди температури дуже часто коливались вище и нижче 0°С, але взагалі зима пройшла дуже теплою промерзання ґрунту не досягло помітки 25 см.

В лютому місяці за даними спостереження метеостанції середньомісячна температура повітря лютого складала -3,7°С. Показники температури в даному

місяці мають вищі за кліматичну норму в зоні Лісостепу. Взагалі в лютому в першій декаді середня температура була нижчою, але далі відбулося потепління. Началась метеорологічна весна, тобто середньодобова температура піднялось більше 0°C. Дата першого перевищення 10 °С відбулось 25 лютого.



Графік 2.3 Середня місячна і максимальна кількість опадів (мм) з поправками на змочування

Таким чином, при аналізі даного графіку 2.3 можна зазначити, що найбільше опадів випало в серпні 297 мм, що становить приблизно 45% кліматичної норми. А найменше випало в жовтні та березні 35 мм. В деяких днях сніговий покрив склав до 14 см, а відносна вологість повітря до 87 %.

Отже, кліматичні умови року були не стандартні та значно посушливі.

## РОЗДІЛ 4. ПРОДУКТИВНІСТЬ СУМІСНИХ ПОСІВІВ ЗА ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ

В даній роботі розглянуто дослід сумісного посіву ячменю, гороху і кормових бобів за різних технологій вирощування. Варіанти дослідів наступні: Без добрив, N<sub>50</sub>-аміачна селітра, N<sub>50</sub>-компост, N<sub>25</sub> компост+N<sub>25</sub> мінеральне добриво, N<sub>50</sub>-вермикомпост, N<sub>25</sub>-вермикомпост+N<sub>25</sub> мінеральне добриво.

Результати дослідження, представлені у таблиці 3.1, яка показує вплив різних елементів технології вирощування на проростання гороху, ячменю і кормових бобів. У таблиці наведені дані щодо кількості сходів на один квадратний метр(рис.3.1) для кожного варіанту дослідів.

Нашими дослідженнями було встановлено, що проростання сходів ячменю, гороху і кормових бобів при однаковій нормі висіву різнилися по варіантах дослідів і найкращий вплив було зафіксовано при внесенні N<sub>50</sub>-компосту, кількість рослин на метрі квадратному ячменю становила 130 росл/м<sup>2</sup>, гороху 28 росл/м<sup>2</sup> і 23росл/м<sup>2</sup> кормових бобів. Як видно з результатів досліджень, варіант без добрив показав 124 сходи ячменю, 30 сходів гороху та 23 сходи кормових бобів на квадратний метр, що свідчить про позитивний вплив N<sub>50</sub>-компост на проростання цих культур.

Таблиця 3.1

Проростання ячменю, гороху та кормових бобів за різних варіантів удобрення

Варіант дослідів	Сходи ячменю, рослин/м <sup>2</sup>	Сходи гороху, рослин/м <sup>2</sup>	Сходи кормових бобів, рослин/м <sup>2</sup>
Без добрив	124	30	23
N <sub>50</sub> -аміачна селітра	126	31	22
N <sub>50</sub> -компост	130	28	23
N <sub>25</sub> компост+N <sub>25</sub> мінеральне добриво	127	29	23
N <sub>50</sub> -вермикомпост	126	28	22
N <sub>25</sub> -вермикомпост+N <sub>25</sub> мінеральне добриво	124	30	23



Рис.3.1 Сходи гороху на варіанті без добрив

Варіанти  $N_{25}$  компост+ $N_{25}$  мінеральне добриво та  $N_{50}$ -вермикомпост також показали певний позитивний вплив, збільшивши кількість сходів ячменю, гороху та кормових бобів порівняно з варіантом без добрив. Кількість сходів гороху була найвищою в варіанті  $N_{50}$  -аміачна селітра та  $N_{25}$ -вермикомпост+ $N_{25}$  мінеральне добриво (30 сходів на квадратний метр), тоді як кількість сходів ячменю була найвищою в варіанті  $N_{50}$ -компост (130 сходів на квадратний метр) та для кормових бобів найбільша кількість сходів була майже на всіх варіантах окрім  $N_{50}$ -вермикомпост та  $N_{50}$ -аміачна селітра (22 сходів на квадратний метр).

Загалом, результати показують, що використання варіанту  $N_{50}$ -аміачної селітри сприяє підвищенню сходів гороху, тоді як варіант  $N_{50}$ -компосту забезпечує кращий результат для ячменю, а для кормових бобів було визначено, що майже всі варіанти дають гарні результати. Дослідження може бути подальше удосконалено для вивчення впливу цих елементів технології на інші аспекти вирощування.

Таблиця 3.2

Вага ячменю, гороху і кормових бобів в зеленій масі та сухої речовини на 30 день вегетації за різних варіантів удобрення

Варіант досліджу	Вага рослин, г			Суша вага, г		
	Ячмінь	Горох	Боби	Ячмінь	Горох	Боби
Без добрив	274	132	144	35,62	27,72	23,04
N <sub>50</sub> -аміачна селітра	316	142	161	41,08	29,82	25,76
N <sub>50</sub> -компост	288	140	190	37,44	29,4	30,4
N <sub>25</sub> компост+N <sub>25</sub> мінеральне добриво	334	176	138	43,42	36,96	22,08
N <sub>50</sub> -вермикомпост	214	168	172	27,82	35,28	27,52
N <sub>25</sub> -вермикомпост+N <sub>25</sub> мінеральне добриво	350	153	183	45,5	32,13	29,28

Результати дослідження, представлені у таблиці 3.2, що вказують на вагу ячменю, гороху і кормових бобів в зеленій масі та сухої речовини на 30-й день вегетації під впливом різних елементів технології вирощування. У таблиці подані дані щодо зеленої маси (PS30-plant weight) та сухої речовини (PS30-dry weight) для ячменю, гороху та кормових бобів в кожному з варіантів досліджу.

У варіанті без добрив (рис.3.2) вага ячменю на 30-й день вегетації складала 274 г для зеленої маси та 35,62 г для сухої речовини. Вага гороху становила 132 г для зеленої маси та 27,72 г в сухій речовині. Для кормових бобів 144 г для зеленої маси та 23,04 г в сухій речовині.



Рис.3.2.Ячмінь на варіанті без добрив на 30 день вегетації

Варіант з використанням N50-вермикомпост показав зменшення ваги для ячменю, де вага ячменю становила 214 г для зеленої маси та 27,82 г для сухої речовини. Варіант без використання добрив показав зменшення ваги для гороху, де вага становила 132 г для зеленої маси та 27,72 г для сухої речовини. Варіант з використанням N25 компост+N25 мінеральне добриво показав зменшення ваги для бобів, де вага становила 138 г для зеленої маси та 22,08 г для сухої речовини.

Використання N25-вермикомпост+N25 мінеральне добриво привело до підвищення ваги для всіх трьох культур, де вага ячменю становила 350 г для зеленої маси та 45,5 г для сухої речовини, а вага гороху становила 153 г для

зеленої маси та 32,13 г для сухої речовини. Для кормових бобів вага становила 183 г для зеленої маси та 29,28 г для сухої речовини.

Найвищий результат було отримано в варіанті з N25-вермікомпост+N25 мінеральне добриво для ячменю, де вага його становила 350 г для зеленої маси та 45,5 г для сухої речовини, для гороху найкращим варіантом був N25 компост+N25 мінеральне добриво, де вага гороха становила 176 г для зеленої маси та 36,96 г для сухої речовини. Для кормових бобів найрашій варіант виявився N50-компост, при якому вага бобів становила 190 г для зеленої маси та 30,4 г для сухої речовини.

За результатами ваги ячменю, гороху і кормових бобів в зеленій та сухої речовини на 30 день вегетації можна зробити наступний висновок, що варіанти з найвищими показниками для кожної культури різні на початковому етапі їхнього росту.

Без добрив: Найнижчі показники зеленої маси та сухої речовини у всіх культур (ячмінь, горох, боби).

Вплив аміачної селітри (N<sub>50</sub>): Порівняно з варіантом без добрив, застосування аміачної селітри підвищило вагу як зеленої маси, так і сухої речовини у всіх культур. Ячмінь показав особливо помітне збільшення маси (до 316 г у зеленій масі).

Компост (N<sub>50</sub>): Додавання компосту також покращило результати порівняно з контролем, але не так значно, як аміачна селітра. Однак суха речовина бобів виявилася найвищою (30,4 г).

Компост + мінеральне добриво (N25 + N25): Ця комбінація дала найвищі показники у більшості культур, особливо для ячменю (334 г зеленої маси та 43,42 г сухої речовини) і гороху.

Вермікомпост (N<sub>50</sub>): Для гороху варіант з вермікомпостом дав найвищі результати в зеленій масі (168 г) та добрі результати в сухій речовині.

Вермікомпост + мінеральне добриво (N<sub>25</sub> + N<sub>25</sub>): Ця комбінація також показала значне збільшення зеленої маси та сухої речовини, зокрема для ячменю (350 г зеленої маси та 45,5 г сухої речовини).

Комбіноване використання компосту або вермікомпосту з мінеральними добривами дало найбільш позитивні результати для всіх культур, особливо для ячменю.

Таблиця 3.3

Вага ячменю, гороху та кормових бобів в зеленій масі та сухої речовини на 60 день вегетації

Варіант досліджу	PS60 – plant weight, g			PS60 – dry weight, g		
	Ячмінь	Горох	Боби	Ячмінь	Горох	Боби
Без добрив	1763	680	986	423,12	163,2	173,54
N <sub>50</sub> -аміачна селітра	1632	834	763	391,68	200,16	134,29
N <sub>50</sub> -компост	2046	764	726	491,04	183,36	127,78
N <sub>25</sub> компост+N <sub>25</sub> мінеральне добриво	1930	856	689	463,2	205,44	121,26
N <sub>50</sub> -вермікомпост	1970	794	784	472,8	190,56	137,98
N <sub>25</sub> -вермікомпост+N <sub>25</sub> мінеральне добриво	2301	774	719	552,24	185,76	126,54

Результати дослідження ваги ячменю, гороху і кормових бобів в зеленій масі та сухій речовині на 60-й день вегетації представлені у таблиці 3.3.Ця таблиця відображає вплив різних елементів технології вирощування на ріст і розвиток цих культур на пізнішому етапі вегетації.

У варіанті без використання добрив, вага ячменю становила 1763 грами в зеленій масі та 433,12 г в сухій речовині, вага гороху становила 680 грам в зеленій масі та 163,2 г в сухій речовині, в той час як вага бобів становила 986 г в зеленій масі та 173,54 грами в сухій речовині.

Варіант з N50-компост показав певне збільшення ваги ячменю, гороху і бобів, що для ячменю становила 2046 г в зеленій масі та 491,04 г в сухій речовині, для гороху становила 764 г в зеленій масі та 183,36 г в сухій речовині, в той час як вага бобів становила 726 г в зеленій масі та 127,78 г в сухій речовині.

Використання N25-вермикомпост+N25 мінеральне добриво також сприяло збільшенню ваги як для ячменю становила 2301 г в зеленій масі та 552,24 г в сухій речовині, так і гороху становила 774 г в зеленій масі та 185,76 г в сухій речовині, а от для бобів показник показав зниження ваги, що показало 719 г в зеленій масі та 126,54 г в сухій речовині.

Найвищі результати були відзначені в варіанті N25-вермикомпост+N25 мінеральне добриво .Ячмінь досяг 2301 г в зеленій масі та 552,24 г в сухій речовині, горох досяг 774 г в зеленій масі та 185,76 г в сухій речовині, а от для кормових бобів даний варіант не підійшов, бо він показав зниження їх ваги з 986 г зеленої маси в варіанті без добрив, до 719 г при використанні даного варіанту. Для бобів найращого варіанту не має, так як всі варіанти дають зниження ваги.

За таблицею 3.3 можна зробити наступний висновок, що використання N25-вермикомпост+N25 мінеральне добриво має найбільший позитивний вплив на вагу ячменю та гороху на пізньому етапі вегетації. Тоді як для бобів найкращого варіанту не має.

Без добрив: У контрольному варіанті (без добрив) спостерігаються середні результати для ячменю, гороху та бобів. Ячмінь має зелену масу 1763 г і суху масу 423,12 г. Горох і боби мають, відповідно, 680 г та 986 г у зеленій масі, і 163,2 г та 173,54 г у сухій масі. В цьому варіанті культури показали нижчі результати порівняно з іншими варіантами, що використовують добрива.

N50 – аміачна селітра: Аміачна селітра впливає позитивно на ріст гороху (834 г зеленої маси та 200,16 г сухої речовини), але для ячменю та бобів результат є дещо нижчим порівняно з контрольним варіантом. Для ячменю зелена маса складає 1632 г, а суха – 391,68 г, що менше, ніж у контрольному варіанті.

N50 – компост: Компост значно підвищує продуктивність ячменю – 2046 г зеленої маси та 491,04 г сухої речовини, що є найкращим результатом серед усіх варіантів для ячменю. Для гороху і бобів результати виявилися середніми (764 г та 726 г зеленої маси відповідно), а суха маса цих культур також нижча (183,36 г для гороху та 127,78 г для бобів).

N25 компост + N25 мінеральне добриво: Поєднання компосту з мінеральним добривом дає добрі результати для гороху (856 г зеленої маси та 205,44 г сухої маси). Ячмінь також показує високі показники (1930 г зеленої маси та 463,2 г сухої), хоча це менше, ніж у варіанті з чистим компостом.

N50 – вермікомпост: Вермікомпост підвищує результати для ячменю (1970 г зеленої маси та 472,8 г сухої), а також сприяє росту гороху і бобів. В цьому варіанті горох і боби мають 794 г та 784 г зеленої маси, і 190,56 г та 137,98 г сухої речовини відповідно.

N25 вермікомпост + N25 мінеральне добриво: Цей варіант дає найкращі результати для ячменю: зелена маса 2301 г та суха 552,24 г, що є найвищими показниками в таблиці. Для гороху і бобів результати також є позитивними, хоча менш вражаючими – 774 г зеленої маси у гороху та 719 г у бобів, з сухою речовиною 185,76 г і 126,54 г відповідно.:

Найвищі результати для ячменю отримані при використанні вермікомпосту в комбінації з мінеральним добривом. Для гороху та бобів найкращі результати також дають комбінації органічних та мінеральних добрив, хоча у випадку бобів компост має позитивний ефект.

Таблиця 3.4

Вага ячменю, гороху і кормових бобів в зеленій масі та вага насіння на м<sup>2</sup> на  
90 день вегетації

Варіант досліджу	PS90 – plant weight, g			PS90 – seed yield, g/m <sup>2</sup>		
	Ячмінь	Горох	Боби	Ячмінь	Горох	Боби
Без добрив	576	135	140	495,36	116,1	120,4
N <sub>50</sub> -аміачна селітра	632	156	106	543,52	134,16	91,16
N <sub>50</sub> -компост	706	168	94	607,16	144,48	80,84
N <sub>25</sub> компост+N <sub>25</sub> мінеральне добриво	794	162	102	682,84	139,32	87,72
N <sub>50</sub> -вермикомпост	596	163	140	512,56	140,18	120,4
N <sub>25</sub> - вермикомпост+N <sub>25</sub> мінеральне добриво	771	157	114	663,06	135,02	98,04

Результати дослідження ваги ячменю, гороху і кормових бобів в зеленій масі та ваги насіння на 1 квадратний метр на 90-й день вегетації (Рис.3.3) представлені у Таблиці 3.4., результати показують на вплив різних елементів технології вирощування на урожайність цих культур на пізньому етапі вегетації.



Рис3.3. Дослідна ділянка на 90-й день вегетації

У варіанті без добрив, вага ячменю становила 576 грами в зеленій масі, і вага насіння складала 495,36 грама на квадратний метр. Вага гороху була 135 грам в зеленій масі та 116,1 грама на квадратний метр. Коли вага кормових бобів становила 140 грама в зеленій масі та 120,4 грама на квадратний метр.

Варіант з використанням N50-аміачна селітри показав певне збільшення ваги ячменю на 90-й день вегетації порівняно з Варіантом без добрив ячмінь досяг 632 грама в зеленій масі, і вага насіння складала 543,52 грама на квадратний метр, тоді як горох збільшився відносно варіанту без добрив до 156 грами в зеленій масі та 134,16 грама на квадратний метр. Коли боби зменшилися відносно варіанту без добрив до 106 грам в зеленій масі та 91,16 грама на квадратний метр.

Варіант з використанням N50-компост показав певне збільшення ваги ячменю на 706 грам в зеленій масі, і вага насіння складала 607,16 грам на квадратний метр, тоді як горох збільшився до 168 грам в зеленій масі, і вага насіння його складала 144,48 грам на квадратний метр. Коли боби показали зменшення до 94 грам в зеленій масі та 80,84 грама на квадратний метр.

Варіант з використанням N25 компост+N25 мінеральне добриво показав суттєве збільшення ваги ячменю на 794 грами в зеленій масі та 582,84 грами на квадратний метр. Горох показав збільшення до 162 грамів в зеленій масі, і вага насіння його складала 139,32 грами на квадратний метр. Коли боби знову показали зниження ваги, яка склала 102 грама в зеленій масі та 87,72 грама на квадратний метр.

Варіант з використанням N50-вермикомпост показав не суттєве збільшення ваги ячменю на 596 грам в зеленій масі та 512,56 грами на квадратний метр. Коли горох показав суттєве збільшення до 163 грам в зеленій масі, і вага насіння його складала 140,18 грам на квадратний метр. Коли боби показали такий же результат як наш контрольний варіант, тобто 140 грам в зеленій масі та 120,4 грами на квадратний метр.

Варіант з використанням N25-вермикомпост+N25 мінеральне добриво показав суттєве збільшення ваги ячменю на 771 грам в зеленій масі та 663,06 грам на квадратний метр. Горох теж показав збільшення до 157 грам в зеленій масі та 135,02 грам на квадратний метр. Коли боби показали суттєве зниження ваги, яка склала 114 грам в зеленій масі та 98,04 грам на квадратний метр.

Компост та комбіновані добрива (компост/вермикомпост + мінеральні добрива) дають кращі результати для збільшення ваги рослин.

Найвища вага ячменю досягається при застосуванні комбінованих добрив (N25 компост + N25 мінеральні добрива), тоді як горох і боби показують змішані результати.

Результати дослідження врожайності ячменю, гороху і кормових бобів наведені у Таблиці 3.5 показують вплив різних елементів технології вирощування на кількість врожаю, що збирається з одного гектара землі. Ця таблиця вказує на продуктивність кожного варіанта дослідів на пізньому етапі вегетації.

Таблиця 3.5

Врожайність ячменю, гороху та кормових бобів у сумішці, 2024 р., ВП НУБіП  
України «Агрономічна дослідна станція»

Варіант дослідю	Врожайність, т/га							
	Ячмінь		Горох		Боби		Сумішка	
	т/га	±	т/га	±	т/га	±	т/га	±
Без добрив	3,07	-	1,37	-	0,89	-	5,33	-
N <sub>50</sub> -аміачна селітра	3,39	0,32	1,63	0,26	0,99	0,1	6,01	0,68
N <sub>50</sub> -компост	4,13	1,06	1,49	0,12	0,95	0,06	6,57	1,24
N <sub>25</sub> компост+N <sub>25</sub> мінеральне добриво	4,41	1,34	1,41	0,04	0,75	-0,14	6,57	1,24
N <sub>50</sub> -вермикомпост	3,35	0,28	1,1	-0,27	0,71	-0,18	5,16	-0,17
N <sub>25</sub> - вермикомпост+N <sub>25</sub> мінеральне добриво	3,79	0,72	1,12	-0,25	1,26	0,37	6,17	0,84
НІР <sub>0,5</sub>	0,21		0,11		0,09		0,26	

Варіанти удобрення мали суттєвий вплив на урожайність кожного компоненту суміші, результати були вище НІР. Так, на варіанті без добрив врожайність ячменю склала 3,07 т/га, гороху 1,37 т/га, бобів 0,89 т/га, сумішки 5,33 т/га.

В варіанті N<sub>50</sub>-аміачна селітра урожайність ячменю і сумішки дещо збільшилась в порівнянні з контролем, що склала 3,39 і 6,01 т/га. Для гороху теж істотне підвищення, що склало 0,26 т/га, боби на 0,1 т/га.

В варіанті N<sub>50</sub>-компост для ячменю суттєвіше збільшення, що вже склало 1,06 т/га, для гороху 0,12 т/га, а для кормових бобів різниця була не суттєва. На цьому варіанті удобрення урожайність сумішки була найвищою і становила 6,57 т/га.

В варіанті N<sub>25</sub> компост+N<sub>25</sub> мінеральне добриво показник врожайності ячменю досяг найбільшого значення 4,41 т/га, для гороху цей варіант не приніс

суттєвого підвищення. Урожайність бобів на даному варіанті зменшився незначно. На цьому варіанті удобрення урожайність сумішки була найвищою і становила 6,57 т/га.

В варіанті N<sub>50</sub>-вермикомпост урожайність ячменю була меншою порівняно з попереднім варіантом, але істотно більше порівняно з контролем і становив 3,35 т/га, для гороху показник показав 1,1 т/га. Для бобів варіант дав зниження до 0,71 т/га. Отже, в умовах 2024 року застосування вермикомпосту призвело до зменшення продуктивності сумішки несуттєво порівняно з контролем, а порівняно з компостом на 1,24 т/га.

В варіанті N<sub>25</sub>-вермикомпост+N<sub>25</sub> мінеральне добриво для ячменю був більшим порівняно з контролем на 0,72 т/га і становив 3,79 т/га. Для гороха урожайність зменшилась на 0,25 т/га і становила 1,12 т/га. Для бобів даний варіант був найбільший і становила 1,26 т/га.

За результатами дослідження можна зробити такий висновок, що найкращі варіанти для ячменю, це N<sub>50</sub>-компост, що дав результат 4,13 т/га та N<sub>25</sub> компост+N<sub>25</sub> мінеральне добриво 4.41 т/га. Для гороху найкращими варіантами стали N<sub>50</sub>-аміачна селітра з результатом 1,63 т/га та N<sub>50</sub>-компост показав 1,49 т/га. Для кормових бобів найкращими варіантами стали N<sub>25</sub>-вермикомпост+N<sub>25</sub> мінеральне добриво з результатом 1,26 т/га та N<sub>50</sub>-аміачна селітра показав 0,99 т/га.

## ВИСНОВКИ

1. Варіанти удобрення мали суттєвий вплив на урожайність кожного компонента суміші та продуктивність сумішки.

2. За застосування варіанту N<sub>50</sub>-компост відбулось суттєві збільшення урожайності ячменю, що склало 1,06 т/га, для гороху 0,12 т/га, а для кормових бобів різниця була не суттєва. На цьому варіанті удобрення урожайність сумішки була найвищою і становила 6,57 т/га.

3. В варіанті N<sub>25</sub> компост+N<sub>25</sub> мінеральне добриво показник врожайності ячменю досяг найбільшого значення 4,41 т/га, для гороху цей варіант не приніс суттєвого підвищення. Урожайність бобів на даному варіанті зменшився незначно. На цьому варіанті удобрення урожайність сумішки була найвищою і становила 6,57 т/га.

4. В умовах 2024 року застосування вермикомпосту призвело до зменшення продуктивності сумішки несуттєво порівняно з контролем, а порівняно з компостом на 1,24 т/га.

## **ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

Для формування найвищої продуктивності ячменно-горохової- бобової сумішки і покращення азотного режиму ґрунту рекомендовано висівати сумішку з нормою висіву 144:34:24 шт/м<sup>2</sup> та застосування компосту за нормою азоту (N<sub>50</sub>) або N<sub>25</sub> компост+N<sub>25</sub> аміачна селітра, що призведе до формування найвищої урожайності сумішки 6,57 т/га.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Achari G.A., Kowshik M. Recent developments on nanotechnology in agriculture: plant mineral nutrition, health, and interactions with soil microflora *J. Agric. Food Chem.*, 66 (2018), pp. 8647-8661.
2. Alam M.K. , Bell R.W. , Biswas W.K. Increases in soil sequestered carbon under conservation agriculture cropping decrease the estimated greenhouse gas emissions of wetland rice using life cycle assessment *J. Clean. Prod.*, 224 (2019), pp. 72-87.
3. Angst G. , Messinger J., M. Greiner, Häusler W. , Hertel D. , Kirfel K., Kögel-Knabner I. , Leuschner C. , Rethemeyer J. , Mueller C.W. Soil organic carbon stocks in topsoil and subsoil controlled by parent material, carbon input in the rhizosphere, and microbial-derived compounds *Soil Biol. Biochem.*, 122 (2018), pp. 19-30.
4. Attallah A, Hamdi W, Soudi A, Farissi M, L'taief B, Messiga AJ, Rebouh NY, Jellali S, Zagarni MF. Impact of Cereal–Legume Intercropping on Changes in Soil Nutrients Contents under Semi–Arid Conditions. *Sustainability*. 2024; 16(7):2725. <https://doi.org/10.3390/su16072725>
5. Baumert.V.L. , N.A. Vasilyeva, A.A. Vladimirov, I.C. Meier, I. Kögel-Knabner, C.W. Mueller Root exudates induce soil macroaggregation facilitated by fungi in subsoil *Front. Environ. Sci.*, 6 (2018), p. 140.
6. Bossio.D.A, Cook.S.C,Patton, P.W. Ellis, Fargione.J, Sanderman.J, Smith.P, Wood.S,Zomer.R.J,Von Unger.M, Emmer.I.M, Griscom.M.W.The role of soil carbon in natural climate solutions *Nat. Sustain.*, 3 (2020), pp. 391-398.
7. Bouyoucos G.J. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils *Agron. J.*, 54 (1962), pp. 464-465.
8. Brooker.R.W, Bennett.A.E, Cong.W.F, Daniell.T.J, George.T.S, Hallett.P.D, Hawes.D.C, Iannetta.P.P, Jones.H.G, Karley.A.J, Li.L Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology *New Phytol.*, 206 (2015), pp. 107-117.

9. Buvaneshwari.S, Riotte.J, Sekhar.M, Sharma.A.K, Helliwell.R,Kumar.M.M, Braun.J.J, Ruiz.L .Potash fertilizer promotes incipient salinization in groundwater irrigated semi-arid agriculture *Sci. Rep.*, 10 (2020), p. 3691.

10. Cao.S, Zhou.Y, Zhou.Y, Zhou.X, Zhou.W. Soil organic carbon and soil aggregate stability associated with aggregate fractions in a chronosequence of citrus orchards plantations *J. Environ. Manage.*, 293 (2021), Article 112847.

11. Chen.J, Xiao.W, Zheng.C, Zhu.B. Nitrogen addition has contrasting effects on particulate and mineral-associated soil organic carbon in a subtropical forest *Soil Biol. Biochem.*, 142 (2020), Article 107708.

12. Chen.L,RedmileGordon.M, Li.J, Zhang.J, Xin.X, Zhang.C, Ma.D, Zhou.Y.L linking cropland ecosystem services to microbiome taxonomic composition and functional composition in a sandy loam soil with 28-year organic and inorganic fertilizer regimes *Appl. Soil Ecol.*, 139 (2019), pp. 1-9.

13. Chen.M, Zhang.S, Liu.L, Wu.L, Ding.X.Combined organic amendments and mineral fertilizer application increase rice yield by improving soil structure, P availability and root growth in saline-alkaline soil *Soil Till. Res.*, 212 (2021), Article 105060.

14. Cotrufo.M.F, Ranalli.M.G, Haddix.M.L, Six.J, Lugato.E.Soil carbon storage informed by particulate and mineral-associated organic matter *Nat. Geosci.*, 12 (2019), pp. 989-994.

15. Cullis.C, Kunert.K.J.Unlocking the potential of orphan legumes *J. Exp. Bot.*, 68 (2017), pp. 1895-1903.

16. Das.D, Dwivedi.B.S, Singh.V.K, Datta.S.P, Meena.M.C, Chakraborty.D, Bandyopadhyay.K.K, Kumar.R, Mishra.R.P.Long-term effects of fertilisers and organic sources on soil organic carbon fractions under a rice–wheat system in the Indo-Gangetic Plains of north-west India *Soil Res.*, 55 (2017), pp. 296-308.

17. Das.T.K, Saharawat.Y.S, Bhattacharyya.R, Sudhishri.S, Bandyopadhyay.K. K, Sharma.A.R, Jat.M.L.Conservation agriculture effects on crop and water productivity, profitability and soil organic carbon accumulation under a maize-wheat

cropping system in the North-western Indo-Gangetic Plains Field Crops Res., 215 (2018), pp. 222-231.

18. Dijkstra.F.A, Zhu.B, Cheng.W.Root effects on soil organic carbon: a double-edged sword New Phytol., 230 (2021), pp. 60-65.

19. Ejigu.W, Selassie.Y.G, Elias.E, Damte.M. Integrated fertilizer application improves soil properties and maize (*Zea mays* L.) yield on Nitisols in Northwestern Ethiopia.Heliyon, 7 (2021), p. e06074.

20. Erik Steen Jensen, Georg Carlsson, Henrik Hauggaard-Nielsen. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 2020, 40 (1), pp.5. 10.1007/s13593020-0607-x. hal-03141077.

21. Fan.Y, Wang.Z, Liao.D, Raza.M.A, Wang.B, Zhang.J, Chen.J, Feng.L, Wu. X, Liu.C, Yang.W.Uptake and utilization of nitrogen, phosphorus and potassium as related to yield advantage in maize-soybean intercropping under different row configurations *Sci. Rep.*, 10 (2020), p. 9504.

22. Fang.Y, Singh.B.P, VanZwieten.P.L, Collins.D, Pitt.W, Armstrong.R, Tavakoli.E.Additive effects of organic and inorganic amendments can significantly improve structural stability of a sodic dispersive subsoil.*Geoderma*, 404 (2021), Article 115281.

23. Gómez-Muñoz.B, Magid.B.J, Jensen.L.S.Nitrogen turnover, crop use efficiency and soil fertility in a long-term field experiment amended with different qualities of urban and agricultural waste.*Agric. Ecosyst. Environ.*, 240 (2017), pp. 300-313.

24. Gross.A, Glaser.B.Meta-analysis on how manure application changes soil organic carbon storage.*Sci. Rep.*, 11 (2021), p. 5516.

25. He.F, Tang.M, Zhong.S.L, Yang.R, Huang.L, Zhang.H.Q.Effects of soil and climatic factors on arbuscular mycorrhizal fungi in rhizosphere soil under *Robinia pseudoacacia* in the Loess Plateau, China.*Eur. J. Soil Sci.*, 67 (2016), pp. 847-856.

26. Horn.L.N, Shimelis.H.Production constraints and breeding approaches for cowpea improvement for drought prone agro-ecologies in Sub-Saharan Africa. *Ann. Agric. Sci.*, 65 (2020), pp. 83-91.

27. Hu.F, Tan.Y, Yu.A, Zhao.C, Fan.Z, Yin.W, Chai.Q, Coulter.J.A, Cao.W.Optimizing the split of N fertilizer application over time increases grain yield of maize-pea intercropping in arid areas. *Eur. J. Agron.*, 119 (2020), Article 126117.

28. Hunter.M.C, Smith.R.G, Schipanski.M.E, Atwood.L.W, Mortensen.D.A.Agriculture in 2050: Recalibrating targets for sustainable intensification. *BioScience*, 67 (2017), pp. 386-391.

29. Imran.M, Shahzad.S.M, Arif.M.S, Yasmeen.T, Ali.B, Tanveer.A.Inoculation of potassium solubilizing bacteria with different potassium fertilization sources mediates maize growth and productivity. *Pak. J. Agric. Sci*, 57 (2020), pp. 1045-1055.

30. Iqbal.S, Arif.M.S, Khan.H.Z, Yasmeen.T, Thierfelder.C, Li.T, Khan.S, Nadi r.S, Xu.J.Compost amended with N enhances maize productivity and soil properties in semi-arid agriculture. *Agron. J.*, 111 (2019), pp. 2536-2544.

31. IUSS, 2014. World reference base for soil resources 2014. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

32. Jackson.R.B, Lajtha.B.K, Crow.S.E, Hugelius.G, Kramer.M.G, Piñeiro.G.The ecology of soil carbon: pools, vulnerabilities, and biotic and abiotic controls. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 48 (2017), pp. 419-445.

33. Jang, W.S., Neff, J.C., Im, Y., Doro, L., Herrick, J.E., 2021. The hidden costs of land degradation in US maize agriculture. *Earth's Future*, 9, e2020EF001641.

34. Jin.V.L, Wienhold.B.J, Mikha.M.M,Schmer.M.R.Cropping system partially offsets tillage-related degradation of soil organic carbon and aggregate properties in a 30-yr rainfed agroecosystem. *Soil Till. Res.*, 209 (2021), Article 104968.

35. Jevtić R, Župunski V, Grčak M, Živančev D, Knežević D. Cereal-Pea Intercropping Reveals Variability in the Relationships among Yield, Quality Parameters, and Obligate Pathogens Infection in Wheat, Rye, Oat, and Triticale, in a Temperate Environment. *Plants (Basel)*. 2023 May 23;12(11):2067. doi: 10.3390/plants12112067. PMID: 37299046; PMCID: PMC10255238.

36. Körschens M., Albert E., Martin Armbruster, Dietmar Barkusky, Michael Baumecker, Lothar Behle-Schalk, Reiner Bischoff, Zoran Čergan, Frank Ellmer, Friedhelm Herbst, Sandor Hoffmann, Bodo Hofmann, Tamas Kismanyoky, Jaromir Kubat, Eva Kunzova, Christina LopezFando, Ines Merbach, Wolfgang Merbach, Maria Teresa Pardor, Jutta Rogasik, Jörg Rühlmann, Heide Spiegel, Elke Schulz, Anton Tajnsek, Zoltan Toth, Hans Wegener & Wilfried Zorn (2012): Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European longterm field experiments of the twenty-first century, Archives of Agronomy and Soil Science, DOI:10.1080/03650340.2012.704548.

37. KumarS, Kalambukattu.J.G.Geospatial Modelling for Soil Quality Assessment.Geospatial Technologies for Crops and Soils, Springer, Singapore (2021), pp. 387-420.

38. Lal.R.Digging deeper: a holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems.Glob. Change Biol., 24 (2018), pp. 3285-3301.

39. Lal.R.Intensive agriculture and the soil carbon pool.J. Crop Improv., 27 (2013), pp. 735-751.

40. Lavallee.J.M, Soong.J.L, Cotrufo.M.F.Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21<sup>st</sup> century.Glob. Change Biol., 26 (2020), pp. 261-273.

41. Li.C, Xiong.Y, Cui.Z, Huang.Q, Xu.X, Han.W, Huang.G.Effect of irrigation and fertilization regimes on grain yield, water and nitrogen productivity of mulching cultivated maize (*Zea mays* L.) in the Hetao Irrigation District of China.Agric. Water Manag., 232 (2020), Article 106065.

42. Liang.X, Chen.Q, Rana.M.S, Dong.Z, Liu.X, Hu.C, Tan.Q, Zhao.X, Sun.X, Wu.S.Effects of soil amendments on soil fertility and fruit yield through alterations in soil carbon fractions.J. Soil Sediment., 21 (2021), pp. 2628-2638.

43. Liu.D, Ding.Z, Ali.E.F, Kheir.A.M, Eissa.M.A, Ibrahim.O.H.Biochar and compost enhance soil quality and growth of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under saline conditions.*Sci. Rep.*, 11 (2021), p. 8739.

44. Lin S, Pi Y, Long D, Duan J, Zhu X, Wang X, He J, Zhu Y. Impact of Organic and Chemical Nitrogen Fertilizers on the Crop Yield and Fertilizer Use Efficiency of Soybean–Maize Intercropping Systems. *Agriculture*. 2022; 12(9):1428. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091428>.

45. Lopez-Ridaura.S, Barba-Escoto.L, Reyna-Ramirez.C.A, Sum.C, Palacios-Rojas.N, Gerard.B.Maize intercropping in the milpa system. Diversity, extent and importance for nutritional security in the Western Highlands of Guatemala.*Sci. Rep.*, 11 (2021), p. 3696.

46. Lorenz.K, Lal.R, Ehlers.K.Soil organic carbon stock as an indicator for monitoring land and soil degradation in relation to United Nations' Sustainable Development Goals.*Land Degrad. Dev.*, 30 (2019), pp. 824-838.

47. Marriott.E.E, Wander.M.M.Total and labile soil organic matter in organic and conventional farming systems.*Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70 (2006), pp. 950-959.

48. Maitra, Sagar and Hossain, Akbar and Brestic, Marian and Skalicky, Milan and Ondrišík, Peter and Gitari, Harun and Brahmachari, Koushik and Shankar, Tanmoy and Bhadra, Preetha and Palai, Jnana and Jena, Jagadish and Bhattacharya, Urjashi and Duvvada, Sarath and Lalichetti, Sagar and Sairam, Masina Intercropping system-A low input agricultural strategy for food and environmental security.-*Agronomy*, 2021.-№11.doi 10.3390/agronomy11020343.

49. Mbava.N, Mutema.M, Zengeni.R, Shimelis.H, Chaplot.V.Factors affecting crop water use efficiency: A worldwide meta-analysis.*Agric. Water Manag.*, 228 (2020), Article 105878.

50. McLeod.M.K, Sufardi.S, Harden.S.Soil fertility constraints and management to increase crop yields in the dryland farming systems of Aceh.Indonesia. *Soil Res.*, 59 (2020), pp. 68-82.

51. Mulvaney, R.L., Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E., 1996. Nitrogen-inorganic forms. *Methods soil Anal. Part 3-chemical methods*. 1123–1184.

52. Ozlu.E, Arriaga.F.J.The role of carbon stabilization and minerals on soil aggregation in different ecosystems.*Catena*, 202 (2021), Article 105303.

53. Page.K.L, Dang. Y.P, Dalal. R.C. The ability of conservation agriculture to conserve soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical and biological properties and yield. *Front. Sustain. Food Syst.*, 4 (2020), p. 31.

54. Parihar.C.M, Singh.A.K, Jat.S.L, Dey.A, Nayak.H.S, Mandal.B.N, Saharawat.Y.S,Jat.M.L, Yadav.O.P.Soil quality and carbon sequestration under conservation agriculture with balanced nutrition in intensive cereal-based system.*Soil Till. Res.*, 202 (2020), Article 104653.

55. Prăvălie.R, Patriche.C, Borrelli.P, Panagos.P,Roșca.B, Dumitrașcu.M, Nita.I.A, Săvulescu.I, Birsan.M.V, Bandoc.G.Arable lands under the pressure of multiple land degradation processes.A global perspective. *Environ. Res.*, 194 (2021), Article 110697.

56. Putelat.T, Whitmore.A.P, Senapati.N, Semenov.M.A.Local impacts of climate change on winter wheat in Great Britain.*R. Soc. Open Sci.*, 8 (2021), Article 201669.

57. Qiu.L, Wei.X, Gao.J, Zhang.X.Dynamics of soil aggregate-associated organic carbon along an afforestation chronosequence.*Plant Soil*, 391 (2015), pp. 237-251.

58. Core Team.R: a language and environment for statistical computing.R foundation for statistical computing, Vienna, Austria (2020).

59. Raseduzzaman.M.D, Jensen.E.S.Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis.*Eur. J. Agron.*, 91 (2017), pp. 25-33.

60. Roohi.M, Arif.M.S,Yasmeen.T, Riaz.M, Rizwan.M, Shahzad.S.M, Ali.S, Bragazza.L. Effects of cropping system and fertilization regime on soil phosphorous are mediated by rhizosphere-microbial processes in a semi-arid agroecosystem.*J. Environ. Manage.*, 271 (2020), Article 111033

61. Rumpel.C, Amiraslani.F, Chenu.C, Cardenas.M.G, Kaonga.M, Koutika.L.S, Ladha.J, Madari .B, Shirato.Y, Smith.P, Soudi.B.The 4p1000 initiative: Opportunities, limitations and challenges for implementing soil organic carbon sequestration as a sustainable development strategy.*Ambio*, 49 (2020), pp. 350-360
62. Salehin.S.M.U, Ghimire.R, Angadi.S.V, Mesbah.A.Soil organic matter, greenhouse gas emissions, and sorghum yield in semi-arid drylands.*Agrosyst. Geosci. Environ.*, 3 (2020), p. e20107.
63. Samson.M.E, Chantigny.M.H, Vanasse.A, MenasseriAubry.S, Royer.I, Angers.D.A.Management practices differently affect particulate and mineral-associated organic matter and their precursors in arable soils.*Soil Biol. Biochem.*, 148 (2020), Article 107867.
64. Schipper.L.A, Sparling.G.P.Performance of soil condition indicators across taxonomic groups and land uses.*Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64 (2000), pp. 300-311.
65. Shah.A.N, Tanveer.M, Shahzad.B, Yang.G, Fahad.S, Ali.S, Bukhari.M.A, Tung.S.A, Hafeez.A, Souliyanonh.B.Soil compaction effects on soil health and cropproductivity: an overview.*Environ. Sci. Pollut. Res.*, 24 (2017), pp. 10056-10067.
66. Shahzad.S.M, Arif.M.S, Riaz.M, Ashraf.M, Yasmeen.T, Zaheer.A, Bragazza.L, A. Buttler, B.J. Robroek.Interaction of compost additives with phosphate solubilizing rhizobacteria improved maize production and soil biochemical properties under dryland agriculture.*Soil Till. Res.*, 174 (2017), pp. 70-80.
67. Sharma.A, Kumar.S, IqbalMir.J, Kumar.R, Chand Sharma.O, Lal.S, Lal Kumawat.K, Ahmed.N, Beer Singh.D, Ahmad Ganie.M, Razvi.S.Restricting depletion of soil organic carbon by amending nutrient-N input to soils.*Land Degrad. Dev.*, 32 (2021), pp. 3204-3219.
68. Six.J, Elliott.E.T, Paustian.K, Doran.J.W.Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils.*Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62 (1998), pp. 1367-1377.

69. Skogerboe, G.V., Ren, L., Yang, D., 1993. Cutthroat Flume Discharge Ratings, Size Selection and Installation. International Irrigation Centre, Utah State University, Logan, UT USA.

70. Sluiter.J.B, Ruiz.R.O, Scarlata.C.J,Sluiter.A.D, Templeton.D.W.Compositional analysis of lignocellulosic feedstocks. 1. Review and description of methods.J. Agr. Food Chem., 58 (2010), pp. 9043-9053.

71. Sokol.N.W, Kuebbing.S.E, Karlsen-Ayala.E, Bradford.M.A.Evidence for the primacy of living root inputs, not root or shoot litter, in forming soil organic carbon.New Phytol., 221 (2019), pp. 233-246.

72. Somerville.P.D, FarrellC, May.P.B, Livesley.S.J.Biochar and compost equally improve urban soil physical and biological properties and tree growth, with no added benefit in combination.Sci. Total Environ., 706 (2020), Article 135736.

73. Sui.Y, Thompson.M.L, Shang.C.Fractionation of phosphorus in a mollisol with biosolids.Soil Sci. Soc. Am. J., 63 (1999), pp. 1174-1180.

74. Teixeira.F, Basch.G, Alaoui.A, Lemann.T, Wesselink.M, Sukkel.W, Lemesle.J, Ferreira.C, Veiga.A, Garcia-Orenes.F, Morugán-Coronado.A.Manuring effects on visual soil quality indicators and soil organic matter content in different pedoclimatic zones in Europe and China.Soil Till. Res., 212 (2021), Article 105033.

75. Terefe.B, Kim.D.G.Shifting cultivation maintains but its conversion to monocropping decreases soil carbon and nitrogen stocks compared to natural forest in Western Ethiopia.Plant Soil, 453 (2020), pp. 105-117.

76. Tilman.D. Benefits of intensive agricultural intercropping.Nat. Plants, 6 (2020), pp. 604-605.

77. van Dijk.M, Morley.T, Rau.M.L, Saghai.Y.A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050.Nat. Food, 2 (2021), pp. 494-501.

78. Walkley.A, Black.I.A.An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method.Soil Sci., 37 (1934), pp. 29-38.

79. Wan.W, Li.X, Han.S, Wang.L, Luo.X, Chen.W, Huang.Q. Soil aggregate fractionation and phosphorus fraction driven by long-term fertilization regimes affect the abundance and composition of P-cycling-related bacteria. *Soil Till. Res.*, 196 (2020), Article 104475.

80. Waqas.M.A, Smith.P, Wang.X, Ashraf.M.N, Noor.M.A, Amou.M, Shi.S, Zhu.Y, Li.J, Wan.Y, Qin.X. The influence of nutrient management on soil organic carbon storage, crop production, and yield stability varies under different climates. *J. Clean. Prod.*, 268 (2020), Article 121922.

81. Xiao.J, Yin.X, Ren.J, Zhang.M, Tang.L, Zheng.Y. Complementation drives higher growth rate and yield of wheat and saves nitrogen fertilizer in wheat and faba bean intercropping. *Field Crops Res.*, 221 (2018), pp. 119-129.

82. Xu.A, Li.L, Xie.J, Wang.X, Coulter.J.A, Liu.C, Wang.L. Effect of long-term nitrogen addition on wheat yield, nitrogen use efficiency, and residual soil nitrate in a semiarid area of the loess plateau of China. *Sustainability*, 12 (2020), p. 1735.

83. Xu.R, Zhao.H, Liu.G, Li.Y, Li.S, Zhang.Y, Liu.N, Ma.L. Alfalfa and silage maize intercropping provides comparable productivity and profitability with lower environmental impacts than wheat–maize system in the North China plain. *Agric. Syst.*, 195 (2022), Article 103305.

84. Yadav.G.S, Das.A, Lal.R, Babu.S, Meena.R.S, Saha.P, Singh.R, Datta.M. Energy budget and carbon footprint in a no-till and mulch based rice–mustard cropping system. *J. Clean Prod.*, 191 (2018), pp. 144-157.

85. Ye.L, Camps-Arbestain.M, Shen.Q, Lehmann.J, Singh.B, Sabir.M. Biochar effects on crop yields with and without fertilizer: A meta-analysis of field studies using separate controls. *Soil Use Manage.*, 36 (2020), pp. 2-18.

86. Zhang.K, Maltais-Landry.G, Liao.H.L. How soil biota regulate C cycling and soil C pools in diversified crop rotations. *Soil Biol. Biochem.*, 156 (2021), Article 108219.

87. Zhang.P, Wei.T, Jia.Z.K, Han.Q.F, Ren.X.L, Li.Y.P. Effects of straw incorporation on soil organic matter and soil water-stable aggregates content in semiarid regions of northwest China. *PLoS ONE*, 9 (2014), p. e92839.

88. Zhang.Q, Liu.M, Xu.X, Gunina.A.Species-specific interaction affects organic nitrogen uptake during intercropping of four important crop species: A useful index for selecting appropriate intercropping combination.Rhizosphere, 21 (2022), Article 100460.

89. Zhang.Q, Song.Y, Wu.Z, Yan.X, Gunina.A, Kuzyakov.Y, Xiong.Z.Effects of six-year biochar amendment on soil aggregation, crop growth, and nitrogen and phosphorus use efficiencies in a rice-wheat rotation.J. Clean. Prod., 242 (2020), Article 118435.

90. Zhang.X, Qu.J, Li.H, La.S, Tian.Y, Gao.L.Biochar addition combined with daily fertigation improves overall soil quality and enhances water-fertilizer productivity of cucumber in alkaline soils of a semi-arid region.Geoderma, 363 (2020), Article 114170.

91. Zhang.X, Yang.W, Xin.X, Zhu.A, Ding.S.Poor physical structural components restrict soil fertility and crop productivity for wheat–maize cropping.Nutr. Cycling Agroecosyst., 117 (2020), pp. 169-184.

92. Zhao.Y, Fan.Z, Hu.F, Yin.W, Zhao.C, Yu.A,Chai.Q.Source-to-sink translocation of carbon and nitrogen is regulated by fertilization and plant population in maize-pea intercropping.Front. Plant Sci., 10 (2019), p. 891.

93. Zhao.Z, Zhang.C, Zhang.J, Liu.C, Wu.Q.Fertilizer impacts on soil aggregation and aggregate-associated organic components.Plant Soil Environ., 64 (2018), pp. 338-343.

94. Zhao.Z, Zhang.C, Li.F, Gao.S,Zhang.J.Effect of compost and inorganic fertilizer on organic carbon and activities of carbon cycle enzymes in aggregates of an intensively cultivated Vertisol.Plos one, 15 (2020), p. e0229644.

95. Zhou.H, Fang.H, Mooney.S.J, Peng.X.Effects of long-term inorganic and organic fertilizations on the soil micro and macro structures of rice paddies.Geoderma, 266 (2016), pp. 66-74.

96. Сирота М. Сумісні посіви ріпаку, або нащо сіяти 10 культур на одному полі [Електронний ресурс] / М. Сирота // Куркуль. – 2020. – Режим доступу до

pecypcy: <https://kurkul.com/spetsproekty/1612-sumisni-posivi-ripaku-abo-nascho-siyati-10-kultur-na-odnomu-poli>.