

НУБІП України

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА
РОБОТА**

05.09 – МКР. 1575 “С” 2023.09.18 068 ПЗ

СЕРІЄНКО ЯРОСЛАВ ОЛЕКСІЙОВИЧ

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет (НИ) Агробіологічний

УДК 631.5:633.16/.35

ПОГОДЖЕНО Декан факультету агробіологічний проф. О.Л. Тонха
" " 2023 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ Завідувач кафедри рослинництва проф. С.М. Каленська
" " 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему **“Оцінка продуктивності сумісних посівів ячменю та пороху і ґрунтових умов за застосування різних елементів технологій вирощування”**

Спеціальність 201 “Агрономія” (код і назва) (назва)
Освітня програма “Агрономія”

Гарант освітньої програми
доктор с.-г. наук, професор С.М. Каленська

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
доктор с.-г. наук, професор В.П. Коваленко

Виконав Я.О. Сергієнко

Київ – 2023

ЗАТВЕРДЖУЮ

Допускається до захисту завідувач
кафедри рослинництва

С.М. Каленська

2023 р.

ЗАВДАННЯ

до виконання магістерської кваліфікаційної роботи слухача

Сергієнко Ярослав Олексійович

1. Тема роботи: Тема магістерської кваліфікаційної роботи “Оцінка ґрунтових умов і продуктивність бінарних посівів за застосування різних елементів технологій вирощування”

Керівник магістерської роботи Коваленко Віталій Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор

Затверджені наказом від 18.09.2023 1575 “С”

2. Термін подання студентом магістерської роботи 14.10.2023

3. Вихідні дані до магістерської роботи:

- різні сорти люцерни посівної, норми посіву та фази скомпонування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік читань, що вивчаються у роботі)

-Виявити закономірність формування впливу різних елементів технологій вирощування бінарних посівів на ґрунтові умови.

-Визначення, як різні ґрунтові умови, такі як текстура, структура, вологість і рН, впливають на продуктивність бінарних посівів.

-Вивчення впливу різних аспектів технологій вирощування, таких як види добрив, обробка ґрунту на врожайність бінарних посівів.

-Порівняння врожайності та якості рослин в бінарних посівах з різними технологічними елементами.

-Розроблення рекомендацій для сільськогосподарських виробників стосовно оптимальних методів вирощування бінарних посівів в залежності від конкретних ґрунтових умов.

-Обробка даних, побудова графіків, виявлення закономірностей та підведення загальних висновків щодо впливу ґрунтових умов і технологій на вирощування бінарних посівів.

-Опрацювати не менше 40 бібліографічних джерел по темі магістерської роботи

Завдання прийняв до виконання

Керівник магістерської роботи

Я.О. Сергієнко

(підпис)

В.П. Коваленко

(підпис)

РЕФЕРАТ

Магістерську роботу викладено на 70 сторінках, яка складається 4 розділів. Список посилань містить 82 джерел з наукових та фахових видань.

Метою роботи передбачено підвищення продуктивності та стабільності сільськогосподарського виробництва шляхом кращого розуміння впливу ґрунтових умов та елементів технологій вирощування на бінарні посіви.

Методи досліджень є відбір найбільш продуктивних одновидових посівів та їх сумішок (ячмінь, горох) та комплексне їх вивчення. За результатами досліджень встановлено, що найбільшу урожайність гороху та ячменю на пізньому отримано за використання гумус екстракт, тоді як біочар мав менший вплив на урожайність цих культур на цьому етапі. Використання гумусу екстракту значно підвищило врожайність обох культур. Врожайність гороху досягла 1,56 тон на гектар, а ячменю - 4,52 тони на гектар.

За використання компост чаю щільність складення мала найбільш оптимальні результати $1,18-1,26 \text{ г/см}^3$, хоча на усіх варіантах не отримано ущільнення. Використання біостимуляторів вплинуло на вологість ґрунту протягом вегетаційного періоду. Варіант " Гумус екстракт " може допомагати зберігати більше вологи в ґрунті, різниця з контролем становить 2,5-3,6 мм.

Результати та їх новизна. На основі отриманих даних рекомендовано за вирощування бінарних посівів використання гумусу екстракт та компост чаю, це буде мати позитивний вплив на вологість та щільність складення ґрунту, дозволить сформувати урожайність на рівні - 6,71 т/га та умовно чистий прибуток - 13072 грн і рентабельністю 80,4%. Ці рекомендації можуть стосуватися вибору культурних рослин, оптимальних методів вирощування та планування господарської діяльності на основі ґрунтових умов.

Робота виконувалась за підтримки Horizon Europe Framework Programme (HORIZON) under the grant agreement No101079308 conducted as part of the ECOTWINS (Research Capacity Building and Upskilling and Upgrading the Research Team in NUBiP (Ukraine) on Agroecological Intensification for Crop Production) project.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ СУМІСНИХ ПОСІВІВ ЯЧМЕНЮ ТА ГОРОХУ І ПРУНТОВИХ УМОВ ЗА ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	8
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	32
2.1. ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	32
2.2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ	34
2.3. АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	35
РОЗДІЛ 3. ПРОДУКТИВНІСТЬ БІНАРНИХ ПОСІВІВ ЗА ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ	39
РОЗДІЛ 4. АГРОНОМІЧНА І ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БІНАРНИХ ПОСІВІВ	55
ВИСНОВКИ	58
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

В сучасних умовах вирощування сільськогосподарських культур стоїть перед великими викликами, пов'язаними з підвищенням продуктивності та забезпеченням продовольчої безпеки. Завданням сільськогосподарської галузі є постійне удосконалення технологій вирощування, адаптація до змін кліматичних умов та збереження родючості ґрунтів. Особливо важливим стає використання бінарних посівів та вибір оптимальних елементів технологій для досягнення максимальної продуктивності при врахуванні різних ґрунтових умов.

Однією з ключових складових успішного вирощування сільськогосподарських культур є вибір правильного методу посіву. Бінарні посіви, які включають в себе вирощування двох або більше різних культур на одному полі, стають дедалі більш популярними, оскільки вони дозволяють досягти більшої ефективності та знизити ризики, пов'язані з монокультурою. Проте, вибір конкретних культур для бінарних посівів, а також правильна комбінація елементів агротехніки, таких як обробка ґрунту, добрива, засоби захисту, мають велике значення для досягнення максимальної продуктивності та збереження родючості ґрунту.

Оцінка ґрунтових умов є важливою передумовою для вибору оптимальних культур та методів обробки. Різні типи ґрунтів мають свої особливості, які впливають на здатність ґрунту утримувати вологу, поживні речовини та інші фактори, необхідні для росту рослин. Отже, оцінка фізико-хімічних та біологічних властивостей ґрунту є важливим етапом при виборі культур та агротехнічних заходів.

У цьому контексті, дипломна робота присвячена дослідженню та оцінці впливу різних елементів технологій вирощування на продуктивність бінарних посівів в залежності від ґрунтових умов. Дослідження включатиме аналіз різних комбінацій методів обробки та удобрення. Метою цієї роботи є визначення оптимальних стратегій вирощування бінарних посівів, які б забезпечили

максимальну продуктивність при мінімальному впливі на навколишнє середовище та збереженні ґрунтової родючості.

Для досягнення цієї мети буде проведено широкий спектр досліджень, включаючи польові експерименти, аналіз біологічних та хімічних показників ґрунту, а також оцінку врожайності різних культур. Результати цієї роботи

сприятимуть розробці рекомендацій для фермерів та аграрних підприємств щодо оптимального вибору технологій вирощування в залежності від ґрунтових умов, що відкриє нові можливості для підвищення продуктивності

сільськогосподарського виробництва та створення стійких систем вирощування.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. Оцінка продуктивності сумісних посівів ячменю та гороху і ґрунтових умов за застосування різних елементів технологій вирощування (Огляд літератури)

Спільне вирощування культур на одному полі одночасно — практика, яка виявляє продуктивні та захисні переваги для культур і навколишнього середовища. Підвищення врожаю визначають за допомогою показника ландшафтної еквівалентності (LER), що вказує на ефективність вирощування. Спільне вирощування також поліпшує фізичні властивості ґрунту, включаючи мікроагрегацію, пористість та інфільтрацію. Це також призводить до накопичення органічного вуглецю у ґрунті. Деревя можуть відновлювати поживні речовини з глибоких шарів ґрунту, а бобові додають азот до ґрунту для інших культур. Різні корені культур впливають на водний баланс та ефективне використання ресурсів. За дослідженнями, спільне вирощування культур зазвичай призводить до більшого врожаю і ефективнішого використання ресурсів, що робить його важливим елементом стійкого сільськогосподарства та забезпечує поживну їжу та захист від природних факторів. Така практика сприяє підвищенню доходів малих фермерів в Африці та забезпечує більше продуктів харчування на одиницю землі. [Walker, 2011]

Змішаний посів ячмінь-гороху виявився продуктивнішим (12–32%) порівняно з монокультурою ячменю. Найкращі результати отримано за розташуванням 2:1, з виходом продукції на землю в 5.9 т на гектар і коефіцієнтом еквівалентності землі (LER) в 1.32. Ячмінь в змішаному посіві мав більше азоту в біомасі, більше білка в зерні та більше вуглецю в ґрунті, ніж в монокультурному. Горох в змішаному посіві показав збільшену нодуляцію і фіксацію азоту порівняно з монокультурою, що призвело до фіксації 60–78 кг азоту на гектар. Найвищий обмін азотом (11%) та найбільше накопичення азоту в біомасі спостерігалися за розташуванням 1:1. Однак розташування 2:1 накопичило більше вуглецю в біомасі (196 г C/m²/рік) та показало найвищу чисту продукцію екосистеми (NEP) з накопиченням вуглецю в ґрунті швидкістю 229 мг C/m²/год (на 10% більше, ніж в монокультурному ячмені). Це

дослідження показує, що змішаний посів ячменю і гороху є ефективною стратегією для підвищення продуктивності землі та якості продукції. [Charagain, 2011]

Дослідження моделювання було проведено щодо змішаного посіву гороху та ячменю в північній Європі. Двома головними цілями було (а) порівняти змішаний посів гороху та ячменю з монокультурним посівом за кількістю та стабільністю урожаю зерна та азоту, і (б) дослідити можливості управління системами змішаного посіву гороху та ячменю з метою максимізації

біомаси, врожаю зерна і азоту відповідно до доступних ресурсів, таких як

світло, вода і азот. Було встановлено, що (1) змішаний посів ефективніше використовував природні ресурси з точки зору кількості врожаю та стабільності, ніж монокультурний посів, з помітним впливом місця, (2) ріст

гороху в змішаних посівах сильно залежав від вологості ґрунту, а врожай

ячменю визначався поглинанням азоту та захопленням світла через його висоту

в порівнянні з горохом, (3) посів ячменю перед горохом призводив до відносного зниження врожаю зерна у середньому для всіх трьох місць, але стратегію посіву слід адаптувати до місцезнаходження, залежно від

температури і, отже, широти, (4) щільність та відношення видів мали невеликий

вплив на загальний врожай зерна, підкреслюючи міжвидову різницю у використанні природних ресурсів для росту, що призводило до скорих загальних врожаїв зерна незалежно від конкретного дизайну гороху та ячменю,

і (5) довгострокові стратегії, включаючи управління мінералізацією за

допомогою подачі органічних залишків та управління ротацією, були дуже цінними, завжди сприяючи загальному врожаю зерна та накопиченню азоту в змішаних посівах. [Lauay, 2009]

Дослідженнями Sahota, T. and Malhi, 2012 за вирощування змішаного посіву ячменю та гороху на сіро-глинистому ґрунті у Канаді виявлено, що

змішаний посів покращив врожай ячменю на 420 - 488 кг/га і у виробництві на 7 - 17% менше землі. Чистий прибуток від змішаного посіву без внесення азоту підвищився до \$854 - \$939 на гектар, що більше, ніж для монокультурного

ячменю з 80 кг N/га (\$628 на гектар). Також доведено, що концентрація білка в зерні ячменю підвищилася з внесенням азоту, і змішаний посів з горохом також призводив до збільшення цього показника. [Sahota, 2012]

Дослідження в Парклендському регіоні Альберти, Канада, 2004 і 2005 років демонструє, що змішаний посів бобових (фава, люпин та горошок) з ячменем має численні переваги. Збільшення густоти посіву бобових не вплинуло на кількість сухої речовини кормів, але збільшило концентрацію білка і кислотний детергентний лігнін, при цьому знизивши вміст нейтральних детергентних волокон. Змішані посіви фава, люпина і горошка з ячменем забезпечували вищий врожай білка відповідно на 64%, 27% і 55% порівняно з монокультурним посівом ячменю. Змішані посіви горошка 'Cutlass' і ячменю 'Nirbe' виявилися найбільш вигідними з точки зору врожайності сухої речовини кормів, харчової цінності і економічних результатів. [Strydhorst, 2008]

Досліджувалася комплементарність у взаємодії гороху та ячменя щодо забезпечення азотом (N) з ґрунту та азотфіксації в органічних польових експериментах у Західній Європі (Данія, Велика Британія, Франція, Німеччина та Італія) протягом трьох вегетаційних сезонів (2003–2005). Результати показали, що загальний накопичений азот був вищим у гороху та ячмені, які вирощувалися як бінарні посіви, ніж у монокультурах. Ця комплементарність обумовлювалася більшим накопиченням мінерального азоту в ґрунті ячменя, що змушувало горошок більше користуватися азотфіксацією. Незалежно від місця та схеми бінарного посіву, було виявлено вищий внесок фіксації азоту у загальний азот гороху, коли він вирощувався в бінарному посіву з ячменем. Також було помічено збільшення накопичення фосфору (P), калію (K) і сірки (S) у бінарному посіві, що може впливати на загальний врожай та конкурентоспроможність для інших ресурсів. Загалом, бінарний посів гороху і ячменя в органічних системах вирощування виявилось ефективним способом підвищення фіксації азоту. [Hauggaard-Nielsen, 2009]

Вивчали, як горох росте разом з овесом і ячменем протягом двох років у Гренії. Досліджували вплив цього способу вирощування на ріст рослин, їх

висоту, вміст хлорофілу, врожайність сухої маси та азоту. Оцінювали різні показники, щоб з'ясувати, чи є ця система вирощування вигідною з економічної точки зору. Результати показали, що рост гороху та злаків був нижчим, коли вони вирощувалися разом, порівняно з вирощуванням окремо. Найбільший врожай сухої маси був у ячменя, а найвищий вміст білка у гороху та гороху, вирощеному з овесом. Вирощування гороху з овесом було більш прибутковим з економічної точки зору. [Dordas Christos A., 2012]

З 2009 по 2011 роки в Стар-Сіті, Канада, було проведено два польових експерименти, щоб визначити, чи покращує бінарний посів ячменю або канולי

з горохом врожайність, прийом азоту, якість насіння, коефіцієнт земельної еквівалентності (LER) та економічну вигоду порівняно з монокультурами. Врожай у бінарних посівах були вищими, ніж у монокультурах. Додавання

азотних добрив покращувало врожайність ячменю та канולי, але лише слабо впливало на загальний врожай обох культур разом. Коефіцієнти LER для бінарного посіву були завжди більше 1, що свідчить про меншу потребу в земельних ресурсах у міжпосіві порівняно з монокультурами для однакового врожаю. Загальним висновком є те, що бінарні посіви покращують врожайність, прийом азоту та економічні результати, що підкреслює їх потенціал у системах

органічного землеробства. [Malhi, 2012]

У дослідженні вивчали ефективність боротьби з бур'янами при вирощуванні гороху і ячменю окремо та у взаємодії в органічних полях Західної

Європи. Були випробувані різні методи посіву гороху та ячменю, включаючи однорідні посіви та бінарні. Результати показали, що горох, вирощений як монокультура, слабо придушує бур'яни, у той час як бінарний посів з ячменем конкурують з бур'янами набагато краще. Бінарний посів гороху і ячменю виявився найефективнішим методом контролювання бур'янів, навіть при невеликій кількості ячменю. Дослідження також показало, що доступність азоту

в ґрунті впливає на конкурентоспроможність рослин. [G. Corre-Hellou, 2011]

Досліджено вплив різних способів розміщення сільськогосподарських культур (ячменю та гороху) на їх врожайність. Були використані три способи

розміщення: змішування насіння в одних рядках, посів двох видів культур перпендикулярно один до одного, та чергування рядків цих культур. Усі сумішеві посадки виробляли більше сухої речовини порівняно з чистими посівами. Кращий результат було отримано при змішуванні насіння в одних рядках, де коефіцієнт еквівалентної площі (LER) становив 1,26. Обидві культури в суміші давали вищий врожай, але цей ефект був більший для ячменю (збільшення на 30,0%) порівняно з горохом (збільшення на 14,8%). У сумішевих посадках врожай обох видів був вищим, ніж в чистих посадках, завдяки збільшенню кількості колосків та стручків на площі. Аналіз поглинання азоту вказує на більшу доступність азоту для ячменю, що призвело до збільшення його врожаю. Також, горох зазнав підтримки від рослин ячменю, особливо при змішуванні насіння в одних рядках. [Musa, 2010]

Дослідження показало, що міжрядковий посів ярого ячменю і гороху з використанням технології strip-till позитивно впливає на врожайність і ефективність вирощування. В порівнянні з традиційними методами посіву зернових і бобових культур, цей підхід призвів до поліпшення рівномірності виходу рослин та зниження бур'янів. Врожайність ячменю і гороху підвищилася на 8.5% і 10.2% відповідно, порівняно з чистим посівом, а врожайність гороху була вищою на 38.9% в порівнянні зі змішаним посівом. Загальний врожай зерна/насіння ячменю і гороху під міжрядковим посівом був вищий на 1.75 т/га порівняно з чистим посівом гороху і на 0.79 т/га менший, ніж врожай ячменю при чистому посіві. Крім того, врожай білка зерна/насіння у цьому бінарному посіві був схожий на врожай білка гороху при чистому посіві і на 109 кг/га більший, ніж врожай білка ячменю при чистому посіві. [Jaskulska, 2022]

Досліджено вплив спільного вирощування гороху та ячменю на продуктивність порівняно з монокультурами при різних рівнях азоту в ґрунті.

Спільне вирощування показало вищу продуктивність та краще використання ресурсів, особливо при низькому рівні азоту. Додавання добрив зменшило врожай гороху, але покращило врожай ячменю. Спільне вирощування

збільшило вміст азоту в зерні та білка в ньому. Загальна продуктивність була вищою при обмеженому азоті. [Cowden, 2020]

У Естонії проведено тримісячний експеримент, щоб визначити оптимальні комбінації гороху, пшениці, овесу і ячменю для спільного вирощування та вплив гороху на урожайність зернових. Додавання гороху до насіння зернових і збільшення їх густоти призвело до зниження урожайності зернових через менші зерна. Однак це підвищило вміст білка в зернових. Горох і зернові мають переваги та недоліки, але змішані посіви гороху і овесу дали найкращий врожай зернових та білка. [R. Lauk & E. Lauk, 2008]

В результаті досліджень в Данії було виявлено наступне: а) Спільне вирощування зернових бобових (горох, фава, люпин) з ячменем показало стабільний врожай, особливо у випадку боба. б) Спільні вирощування ефективно використовують ресурси, в середньому на 10–15% підвищуючи фіксацію азоту і захоплюючи більше ресурсів для росту; в) Спільні вирощування ефективно борються з бур'янами та зменшують захворюваність культур на 20–40%. Висновок: Спільне вирощування культур може мати численні переваги, але потрібно докладніше вивчати екологічні механізми для максимізації користі. [Hauggaard-Nielsen, 2008]

Вплив проміжних посівів на інтенсивність розвитку *Mycosphaerella pinodes* вивчався в польових експериментах, проведених в Іспанії та Тунісі, в яких сприйнятливий сорт гороху вирощувався як монокультура і як змішана посівна культура двох видів з бобами фава, ячменем, вівсом, тритикале або пшеницею. Захворювання значно зменшилося як з точки зору відсотка ураженої тканини на рослину, так і з точки зору вертикального розповсюдження ураження, коли горох був проміжною культурою. Боби фасолі та тритикале, пересіяні з горохом, продемонстрували найвищу пригнічувальну здатність з більш ніж 60% зниженням захворюваності. Овес, ячмінь і пшениця показали низький або помірний пригнічувальний ефект щодо *M. pinodes*. Пригнічувальний ефект можна пояснити комбінованим зменшенням біомаси

хазяїна, зміненим мікрокліматом та фізичним бар'єром для розповсюдження спор. [Fernández-Ararcio, 2008]

У досліджах порівнювали вирощування горох разом із злаками (пшениця, жито, тритікале) у різних співвідношеннях посіву. Виявлено, що злаки росли повільніше в бінарних посівах, але вони мали вищий врожай. Горох у співвідношенні з тритікале та горошком з пшеницею в співвідношенні 80:20 вирощували більше сирової білкової маси та споживали більше азоту. Бінарні посіви мали кращі показники продуктивності. З погляду вигоди та якості корму, найкращими були мішані посіви горох з тритікале та горох з пшеницею (80:20).

[Lithourgidis, 2011]

Феноменологічні дослідження показали, що бінарні посіви знижують рівень захворюваності на 73% у більш ніж 200 дослідженнях, особливо від фоліарних грибів. Проте, є випадки збільшення захворюваності нематодами, і результати можуть різнитися в різних дослідках для різних хвороб. Механізми впливу бінарних посівів включають зміни вітру, дощу, мікроклімату, а також зміни в структурі рослин і пряме вплив на патогенів. Густина вирощування також грає важливу роль у цих механізмах. [Boudreau, 2013]

Бінарний посів поліпшує активність азотних ферментів у ґрунті. Після аналізу 117 наукових статей та 454 спостережень встановлено, що активність N-ацетилглюкозамінази зростає на 26,1%, протеази на 10,2%, та уреази на 22,2% при застосуванні бінарного посіву. Результати підкреслюють важливість бінарного посіву для покращення біорізноманіття та регулювання динаміки азоту у ґрунті. [Chen, 2023]

Дослідження вказує на те, що посів одночасно бобових і зернових культур у сільському господарстві сприяє біологічній фіксації азоту бобовими культурами та покращує врожай зернових культур. Результати показали, що ефективність передачі фіксованого азоту до зернових залежить від біомаси бобових та зернових культур. Включення бобових культур у системи вирощування може збільшити врожайність зернових культур і підвищити стійкість ґрунту. Найбільш переконливим виявляється взаємозмінування

Glucine max з Zea mays, оскільки G. max фіксує найбільше азоту, і Z. mays отримує найбільший вигаиш від цього партнерства. [Zhao, 2022]

Проведено дослідження в сухих районах Китаю, де вирощували кукурудзу і арахіс. Встановлено, що міжрядне вирощування підвищує врожай кукурудзи, але знижує врожай арахісу та його здатність фіксувати азот.

Міжрядне вирощування також зменшує витрати азоту в ґрунті та його викиди у навколишнє середовище. Ротація рядків в міжрядному вирощуванні покращує ефективність використання землі та полегшує вирощування арахісу. Зменшення

внесення азоту не впливає на азотне удобрення арахісу та зменшує забруднення

навколишнього середовища. Оптимальним варіантом є зменшення азотного внесення кукурудзи на 20% у рядку вирощування за ротаційною системою, що покращує врожайність та зменшує витрати азоту у навколишнє середовище. Ці

результати корисні для створення сталого сільського господарства і зменшення забруднення азотом. [Han, 2023]

Дослідження виявило, що спільне вирощування кукурудзи та бобових знижує азотне забезпечення на одиницю площі порівняно з монокультурами.

Проте, у системах спільного вирощування кукурудзи та бобових азотне забезпечення зросло на 31,7-45,4% (IMS) та на 7,4-12,2% (IMP) порівняно з

монокультурами. У спільно вирощуваних кукурудзи та сої азотне забезпечення на одну рослину значно збільшилося, а для арахісу - зменшилося. Корені кукурудзи та сої були розподілені нерівномірно, а корені арахісу обмежені.

Зауважено, що фіксація азоту та доступність азоту в ґрунті впливали на врожайність рослин. [Ben-chuan, 2022]

Бінарний посів ячменю з бобовими рослинами допомагає покращити врожайність та ефективність використання фосфору в ґрунті. Дослідження показало, що ця практика призвела до 10-70% більшого накопичення фосфору

та 0-40% більшої кількості біомаси порівняно з монокультурами ячменю. Ці

вигоди були особливо помітними на ґрунтах з низьким вмістом фосфору. Склад комбінації рослин не мав значущого впливу на результати дослідження, але

вказує на те, що різноманітність рослин сприяє зменшенню конкуренції за фосфор. [Dageh, 2018]

Досліджено вплив міжрядних систем з ячменем при різних рівнях живлення протягом двох років на ґрунті у Файсалабадському сільськогосподарському університеті. Ячмінь виявився сильним конкурентом для інших культур, за винятком каноли. У системі ячмінь + сочевиця, ячмінь був домінуючим, а у системі ячмінь + канола, канола була кращим конкурентом. [Wahla, 2009]

Результати дослідження показали, що бінарні посіви зменшили врожай сухої речовини трьох компонентних рослин порівняно з їхніми відповідними монокультурами. Найвищий показник загального врожаю сухої речовини було отримано з суміші ячменю 25% - гороха польового 75% (5,44 т/га), за якою слідувала монокультура гороха польового (4,99 т/га). Загальні значення втрат актуального врожаю (AYL) були позитивними і більшими за 0 у всіх сумішах, що свідчить про перевагу бінарних посівів над монокультурами. Бінарний посів ячменю мав вищий відносний коефіцієнт забивання ($K=1,64$) порівняно з бінарними посівами бобових культур ($K=1,20$), що свідчить про більшу конкурентоспроможність ячменю в сумішах. Крім того, горох польовий був більш конкурентоспроможним, ніж вика в сумішах з ячменем. Найвищий показник ефективності земельного використання (LER), індекс продуктивності системи (SPI) та індекс монетарної переваги (MAI) було отримано, коли ячмінь змішувався в співвідношенні 25% з насінням гороха польового 75%. Висновок полягає в тому, що бінарний посів ячменю з горохом польовим має великий потенціал для покращення продуктивності корму з високою ефективністю використання земельної площі. [Javanmard, 2014]

У дослідженні вивчали вплив бінарного посіву на суху масу трави та азотне живлення рослин, зокрема ячменю, пшениці, люпина і люцерни. Виявлено, що бінарний посів сприяв збільшенню сухої маси порівняно з монокультурою, особливо в системах злаків та люпина. У висновку, дослідження показало, що бінарний посів може мати значний вплив на суху

масу та азотне живлення рослин в залежності від видів, що беруть участь, та типу конкуренції. [Mariotti, 2009]

Дослідження показало, що бінарний посів з бобовими культурами може поліпшити врожайність та поглинання азоту (N) наступного зернового врожаю.

Результати показали, що бінарний посів ячменю з люцерною та горохом сорту

Zetog4 значно покращив вирощування ячменю та підвищив поглиблення N у наступному врожаї вівса. Вибір бобових культур для бінарного посіву є важливим для оптимізації продуктивності рослин у таких системах. [Parr, 2012]

2012]

Дослідження оцінювало вплив системи бінарного посіву бобових та злакових культур на біологічну родючість ґрунту в засушливих областях. Воно показало, що така система сприяла збільшенню мінерального азоту та покращенню врожаю твердої пшениці. Хоча біологічний склад мікробів в ґрунті

змінювався, це не вплинуло на загальну родючість. Висновок: бінарний посів

бобових культур може покращити ґрунтовий статус та підвищити врожайність пшениці в сухих областях. [Scalise, 2015]

Під час двох сезонів 2008/09 та 2009/10 на Файюмському університеті вивчали вплив бінарного посіву ячменю, люпину та нуту на піщаних ґрунтах.

Всі культури виявили чутливість до такого посіву. Монокультура перевершувала бінарний посів за багатьма показниками, але 2:2 міжрядкового ячменю та люпину був найкращим варіантом. Для нуту також оптимальним

було 2:2 міжрядкового посіву. Результати показали, що ячмінь конкурував сильніше, ніж бобові, і люпин був конкурентнішим за нут. Таким чином,

бінарний посів ячменю, люпину та нуту може бути корисним для покращення врожаїв на цих ґрунтах. [Megawer, 2010]

Експерименти в посушливих регіонах показали, що бінарне вирощування ячменю і люцерни дозволяє отримувати схожий врожай сухої речовини

порівняно з вирощуванням ячменю окремо. Найкращі результати були отримані при вирощуванні у співвідношенні 100Я:40Л, де відмічено 7% економії землі для однакового врожаю. Ця система також найбільше сприяла виробництву

білка, що робить її привабливим варіантом для фермерів. Таким чином, бінарний посів 100Я:40М є кращою альтернативою вирощуванню ячменю окремо з точки зору врожайності та якості кормової рослинності. [Sadeghpour, 2013]

У дослідженні Туреччині оцінювали врожайність та якісні показники різних культур. Знайдено значущі різниці в показниках, таких як врожайність сухої речовини, білок та інші. Чина та вика мали хороші результати врожайності та якості, особливо в сухій речовині та білку. [Yolcu, 2009]

Горох (*Pisum sativum* L.) та боби фаба (*Vicia faba* L.) вирощували в сівозміні з ячменем (*Hordeum vulgare* L.) для виробництва зерна та в сівозміні з твердою пшеницею (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*) на півдні Італії в регіоні з типовим середземноморським кліматом. Це дослідження продемонструвало, що зернобобові можуть бути джерелом кормів (як горох, так і боби фаби), а також сприяти підвищенню врожайності наступної товарної культури пшениці.

Комбінації гороху з ячменем (як доповнення або заміщення) забезпечили кращі показники врожайності наступної твердої пшениці порівняно з преміжними посівами на основі бобів фаби. Горохо-ячмінні посіви також досягли більшої взаємодоповнюваності у використанні джерел азоту і підвищили загальну стійкість сівозміни. [Monti, 2019]

Бінарні посіви є екологічно безпечною сільськогосподарською практикою для досягнення вищої кількості та якості кормових культур. Метою дослідження було оцінити якість корму, кількість та екологічні показники кукурудзи в сумісному вирощуванні з різними бобовими культурами у двох різних вегетаційних роках (2017-2018 рр.) на північному заході Ірану. Досліди включали монокультуру двох гібридів кукурудзи (KSC301 і KSC704), люцерни (*Lathyrus sativus* L.), конюшини лучної (*Trifolium alexandrinum* L.), вики сочевичної (*Vicia ervilia* L.), вики волохатої (*Vicia villosa* L.). Найвищий та найнижчий загальний вихід корму та вихід сирого протеїну (СРУ) було

отримано в монокультурі KSC301 з викою волохатою та кукурудзою. Загалом, виходячи з кількості, якості та грошових показників корму, посіви KSC301 з

люцерною та KSC301 з викою волохатою були кращими за монокультури кукурудзи і можуть бути запропоновані фермерам як екологічно чистий метод виробництва замість монокультурної системи. [Javanmard, 2020]

Сумісне вирощування бобових із зерновими культурами є поширеною системою землеробства в умовах короткосезонного богарного землеробства завдяки підвищеній продуктивності та стійкості. Посіви ячменю (*Hordeum vulgare* L.) з конюшиною єгипетською (*Trifolium alexandrinum* L.) можуть підвищити врожайність зерна ячменю та покращити ефективність використання ресурсів у системі проміжних посівів. Однак неоптимальна геометрія посіву

була перешкодою в адаптації систем вирощування ячменю. Це дослідження було спрямоване на оптимізацію геометрії посіву, а також оцінку продуктивності та прибутковості системи посіву ячменю та конюшини єгипетської. Було випробувано десять різних геометрій посіву, що відрізнялися

кількістю рядків ячменю, шириною і кількістю поливних борозен та способом сівби. Сумісне вирощування ячменю з єгипетською конюшиною підвищило врожайність зерна ячменю на 56-68% порівняно з монокультурою ячменю. Ячмінь залишався домінуючою культурою з точки зору агресивності, відносного коефіцієнта забур'яненості та коефіцієнта конкуренції. Кількість

використаної води лінійно зростала зі збільшенням ширини смуги ячменю з 3 до 8 рядків. Найвища ефективність використання води (4,83 кг/куб.м) була зафіксована для 8-рядної системи посіву ячменю з шириною поливних борозен 120 см порівняно з іншими геометріями посіву. Таким чином, 8-рядний ячмінь,

висаджений на грядках з єгипетською конюшиною в 120-сантиметрових поливних борознах, мав найвищий чистий дохід і співвідношення витрат і вигод. [Kram ul Naq M, 2020]

Досліджували чотири ярі культури: Пеннісетум лисохвостий (*Pennisetum typhoidum* L.), сорго (*Sorghum bicolor* L.) та вігна промениста (*Vigna radiata* L.) і голубиний горох (*Cajanus cajan* L.), а також чотири озимі культури: пшеницю (*Triticum aestivum* L.), ячмінь (*Hordeum vulgare* L.), фава (*Vicia faba*) та ріпаку (*Brassica parus*) вирощували за двох режимів зрошення (повне та обмежене

зрошення) за схемою вирощування кожної культури як окремо, так і в комбінації з двома культурами в кожній системі сівозміни як у зимовий, так і в літній сезони. Результати показали, що за умов повного зрошення (без водного стресу) всі культури мали вищу швидкість росту (CGR), суху масу листя (LDW), суху масу стебла (SDW) та суху масу колоса/качана (S/H/PDW) як у фазі виходу в трубку, так і у фазі фізіологічної зрілості, ніж за умов обмеженого зрошення (водний стрес). В озимих культурах, як пшениця, так і ячмінь, що вирощувалися як єдина культура або в проміжному посіві з фабабом, мали максимальний показник CGR, LDW, SDW, S/H/PDW, порівняно з іншими культурами. Серед

ярих культур сорго, що вирощувалося разом з горохом або вігною, утворювало найбільше CGR, LDW, SDW, S/H/PDW на обох стадіях росту. З отриманих результатів було зроблено висновок, що зернові та бобові культури, особливо пшениця/фава взимку та сорго/голубиний горох або сорго/вігна влітку, є найбільш продуктивними посівними системами як в умовах низького, так і високого рівня вологозабезпеченості. [Amanullah, 2021]

Сумісне вирощування забезпечує численні переваги, такі як підвищення врожайності, екологічна безпека, стійкість виробництва та покращення екосистемних властивостей. Це дослідження має на меті висвітлити позитивний

вплив сумісного вирощування бобово-злакових культур на покращення поглинання поживних речовин для росту та продуктивності рослин у ґрунтах з низьким вмістом фосфору (P). Для вирішення цього питання фава (*Vicia faba* L. cv. Sidi Aich) та ячмінь (*Hordeum vulgare* L. cv. Rihane 3) вирощували як основну та сумісну культуру протягом двох вегетаційних сезонів у 2017 та 2018 роках в агроекосистемі на півночі Алжиру з напівзасушливим середземноморським кліматом. Результати показали, що ріст рослин і утворення бульбочок значно збільшилися на 18% і 32%, відповідно, при проміжному вирощуванні, ніж при вирощуванні в чистому вигляді, і так більше в 2018 році в порівнянні з 2017

роком. Крім того, врожайність зерна та ефективність використання ресурсів (N і P) значно покращилися, про що свідчить вищий коефіцієнт земельного еквіваленту ($LER > 1$) у сумісних посівах порівняно з монокультурою. Крім

того, концентрації P і N, виміряні в ризосфері, були підвищені порівняно з насипним ґрунтом, а ще більше - в ризосфері видів, що сумісно вирощувалися впродовж двох сезонів. Висновки свідчать про те, що сумісне вирощування зернових і бобових культур може забезпечити високу продуктивність і ефективність землекористування за менших затрат ресурсів. [Brahimi, 2022]

Метою сумісного вирощування є використання взаємодоповнюючих та сприятливих взаємодій між видами для покращення захоплення та ефективності використання ресурсів, а також врожайності та прибутку на одиницю землі та часу. У цьому огляді використовується екологічна теорія проміжних посівів для

дослідження агрономічних переваг і недоліків бобово-олійних культур та їх місця в механізованому широкозахватному землеробстві. Проаналізовано взаємодоповнюючі, конкурентні та сприятливі взаємодії між видами з акцентом на поживних речовинах і воді в ряді пар бобово-олійних культур, включаючи

горох-канолу, сою-соняшник і нут-льон. З 41 проведеного дослідження 35 повідомляють про врожайність, ефективність використання поживних речовин або економічну вигоду від сумісного вирощування бобових та олійних культур. Посіви бобових та олійних культур зводять нанівець багато агрономічних і

технічних проблем, пов'язаних з більш традиційними посівами зернових та бобових культур, і пропонують нові переваги, такі як перевага проміжних посівів для систем з домінуванням зернових культур та алелопатичне відлякування шкідливих організмів. Хоча багато традиційних обмежень для управління проміжними культурами в широкозахватних механізованих

системах, здається, можна подолати, цей огляд також визначає пріоритети для подальших досліджень і розробок бобово-олійних посівів. Ми дійшли висновку, що бобово-олійні посіви можуть мати потенціал як комерційно вигідні великомасштабні проміжні посіви, що є ефективним засобом підвищення продуктивності в широкозахватних механізованих сільськогосподарських системах. [Downling, 2021]

Врожайність та якість семи однорічних кормів (чотирьох злакових та трьох бобових) у чистому вигляді та у сумішах (співвідношення 50:50) для вівса

(*Avena sativa* L.), райграсу італійського (*Lolium multiflorum* Lam.), тритикале (*x Triticosecale* Wittmack), ячменю (*Hordeum vulgare* L.), гороху (*Pisum sativum* L.) та вики звичайної (*Vicia sativa* L.) оцінювали у дворічному польовому досліді з двома строками збирання врожаю, використанням на зелений корм та силос.

Основні біоагрономічні ознаки, вихід сухої речовини корму та кількість сирого протеїну визначалися як в одній культурі, так і в бінарних посівах. Для оцінки біологічної ефективності та конкурентоспроможності проміжних посівів використовували коефіцієнт земельного еквіваленту (LER). Результати показали, що загальний розрахунковий показник LER для врожайності і білка

завжди був більшим за одиницю і відповідав перевагам у врожайності культур на 16,0% і 11,5% відповідно. Дані також підкреслили низьку конкурентну здатність райграсу в сумісному посіві, який досяг найнижчої врожайності серед усіх сумішей. І навпаки, ця ж трава показала найкращу якість зеленого корму, завдяки високій частці бобових, що дорівнювала (в середньому) 46%. Тритикале і ячмінь, зібрані на силос, забезпечили найкращі кількісні та якісні результати як у чистих посівах, так і в сумісних посівах з викою звичайною і горохом, що визначалося, головним чином, зерном злакових. [Vacchi, 2021]

Для того, щоб оцінити кількість і якість корму при сумісному вирощуванні кормового сорго (*Sorghum bicolor* L.) з латифою (*Catharus sativus*) і викою волохатою (*Vicia villosa*). Результати показали, що на більшість ознак кормового сорго істотно ($p \leq 0,05$) впливають різні норми висіву. Найвищий урожай свіжого корму (77,9 т/га) і найнижчий (49,0 т/га) було отримано у варіантах сорго + 33% вики волосистої та сорго + 100% латифундії, відповідно. На якісні характеристики корму також впливали проміжні культури та боротьба з бур'янами. Результати показали, що посів сорго з 33% латифундії призвели до значного зниження споживання сухої речовини та відносної кормової цінності за відсутності контролю бур'янів та при однократному контролі бур'янів. Це дослідження продемонструвало, що шляхом підбору відповідних співвідношень між культурами та кормовими бобовими культурами можна

значною мірою контролювати бур'яни на посівах сорго, а також покращити кількісні та якісні показники врожайності соргового фуражу. [Rad, 2020]

Інтеграція біочару для покращення ґрунту в системі сумісного вирощування бобових культур може посилити переваги такого вирощування та призвести до більш сталого виробництва завдяки його позитивному впливу на фізико-хімічне та біологічне середовище ґрунту. Гуньба сінна і ячмінь вирощували в 4-літрових горщиках у п'яти комбінаціях густоти (20:0, 15:5, 10:10, 5:15, 0:20) з додаванням і без додавання біопалива в супіщаному ґрунті.

Через п'ятдесят днів після посіву вимірювали біомасу, вміст азоту (N) і вуглецю (C) у двох культурах, а також розраховували відносну врожайність (RYT).

Результати показали, що застосування біочару призвело до збільшення загальної біомаси, кількості азоту та вуглецю в усіх комбінаціях гуньби сінної та ячменю. Загальна біомаса збільшилася на 19,2%, коли гуньба вирощувалась окремо, і на 8,1 і 12,9% в серії з 25 і 50% ячменю, коли додавали біочар, відповідно. Біочар збільшив накопичення сухої речовини, азоту та вуглецю в обох видах культур у сумішах. Винятком був вміст вуглецю в ячмені, на який не впливало внесення. Значення RYT були найбільшими для біомаси, кількості C і N у сумішах з 15 рослинами гуньби в горщику і 5 рослинами ячменю в горщику, що відповідає приблизно 400 рослинам гуньби на м² у поєднанні з 130 рослинами ячменю на м².

Внесення біочару збільшило RYT загальної сухої маси на 2,7 і 5,5% у сумішах з 25 і 50% рослин ячменю, RYT загального азоту на 0,8% у сумішах з 25% рослин ячменю і RYT загального вуглецю на 2,7 і 6,6% у сумішах з 25 і 50% рослин ячменю. Значення RYT знижувалися зі збільшенням кількості рослин ячменю внаслідок меншої конкурентної здатності гуньби при вирощуванні в умовах високої густоти ячменю. Врожайність була найвищою при сумісному вирощуванні, але монокультура ячменю також призвела до високої врожайності. Найвища врожайність була виявлена, коли приблизно 130 рослин гуньби на м² були змішані з 400 рослинами ячменю на м².

Суміші з 75% гуньби і 25% ячменю отримали значення RYT більше 1 для біомаси, вуглецю і азоту у відсотках. [Bitarafan, 2018]

Оптимізація продуктивності та ефективності зернобобових посівів шляхом використання відмінностей у засвоєнні азоту (N) цими двома культурами має вирішальне значення в середземноморських регіонах. У

Центральній Італії було проведено дворічне польове дослідження сумісного вирощування ячменю (*Hordeum vulgare* L.) і фави (*Vicia faba* L. var. *minor*).

Результати досліджень показали, що сумісне вирощування ячменю з фавою може бути стійкою системою землеробства, оскільки покращується виробництво кормів та показники ефективності. Дослідники дійшли висновку,

що оптимальне внесення азотних добрив залежить від мети фермера щодо виробництва кормів чи зерна, а також від цільової пропорції між зерновими та бобовими культурами під час збирання врожаю. [Ramprana, 2022]

Суміжне вирощування часто призводить до підвищення продуктивності окремих видів порівняно з монокультурами. Автори знайшли підтвердження

позитивних і негативних взаємовпливів між окремими видами в умовах проміжних посівів. Результати також продемонстрували, що ґрунтова спадковість не відіграє значної ролі в умовах помірно високого вмісту поживних речовин. [Kumar, 2021]

Метою дослідження було вивчення врожайності, росту та швидкості поглинання азоту (N), індексу азотного живлення (NNI) ячменю, міжвидової конкуренції, якості та фінансового результату посівів фави (*Vicia faba* L. var. *equina*) та ячменю (*Hordeum vulgare* L.) з різним просторовим розміщенням (1:1,

2:2, 2:1 з чергуванням рядів та змішані посіви в одному ряду). Коефіцієнт земельного еквіваленту (LER), коефіцієнт відносної скупченості (K), фактичні

втрати врожаю (AYL) та індекс системної продуктивності (SPI) були вищими для бінарного посіву фава:ячменю у співвідношенні 2:1, що вказує на перевагу бінарного посіву з точки зору виходу сухої речовини та азоту. Вирощування

ячменю без попередника показало зниження NNI на 7 %, тоді як NNI для ячменю збільшився в середньому на 14 % при проміжному вирощуванні.

Виходячи з виробництва біомаси та індексів конкуренції за суху речовину, вихід азоту та NNI, посіви фава:ячменю у співвідношенні 2:1 були більш

вигідними, ніж монопосіви фава та ячменю, а також інші досліджувані посіви.

[Dordas, 2019]

Фава (*Vicia faba* L.) часто вирощується в умовах певних поживних та екологічних обмежень, таких як дефіцит фосфору (P). У ґрунті P масово випадає в осад, утворюючи нерозчинні комплекси з мінералами. Посіви зернобобових культур можуть сприяти зростанню зернових за рахунок збільшення кількості доступного P та N бобовими культурами. N₂-фіксуючий симбіоз бобових залежить від великої кількості фосфору як джерела енергії. Метою дослідження

було оцінити вплив симбіозу фава та ризобій на ріст рослин ячменю в системі

проміжних посівів. Дослідження проводилося на двох сортах фава (Альфія та

Карабіга) та ячменю. Результати показали, що проміжне вирощування

збільшило ріст ячменю, поглинання P і активність АПАЗи порівняно з

монокультурою, особливо в асоціації з сортом Карабіга. Ця асоціація

продемонструвала найвищу суху масу пагонів (SDW) 2,48 г рослина⁻¹ та вміст

P 7,64 мг г⁻¹ DW. У той же час, фава продемонструвала значне зниження цих

показників у системі суміжних посівів. Бульбоутворення обох сортів не зазнало

значних змін у відповідь на суміжні посіви. В цілому, схоже, що міжрядне

вирощування фава та ячменю було сприятливим для ячменю з точки зору

підвищення доступності та поглинання P через стимуляцію активності АПАЗи

як у бульбочках, так і в ризосфері. [Mouradi, 2018]

Посіви зернових та бобових культур надають більше можливостей для

мінімізації негативного впливу нестачі вологи та поживних речовин, а також

покращують продуктивність системи та здоров'я ґрунту. Дослідники

повідомляють про значне підвищення продуктивності системи в бінарних

посівах, окрім забезпечення диверсифікованого харчування. Покращуючи

хімічне, біологічне та фізичне середовище в ґрунті, бобові можуть запобігти

зниженню продуктивності системи землеробства на основі зернових культур.

Важливо визначити найкращі сумісні культури та оцінити відповідні дози азоту

(N) для зернових компонентів у системах бінарних посівів, враховуючи шадний

ефект біологічної фіксації азоту (БФА) від бобових компонентів. Незважаючи

на те, що існують певні обмеження для широкомасштабного застосування систем сівозміни зернові+бобові, такі як обмежена доступність якісного насіння, біодобрив, а також належних наукових знань для складних систем сівозміни, існує дуже хороший потенціал для підвищення продуктивності та прибутковості сільськогосподарських систем з обмеженими ресурсами шляхом впровадження цієї системи, крім того, що вона зменшує ризики фермерів і покращує якість ґрунту в довгостроковій перспективі. [Laucek, 2018]

Одночасний посів двох або більше видів на одному полі без фіксованого розташування по відношенню один до одного - бінарне вирощування - пов'язане з проблемою оптимізації агротехніки для рослин з різними вимогами і нестабільністю складу врожаю. Альтернативою, яка усуває ці проблеми, може бути смугове міжряддя. На основі опублікованих результатів семи довгострокових польових експериментів, спрямованих на вивчення ефекту

сусідства різних видів у смугових посівах, було проведено математичне моделювання продуктивності смугових посівів: овес/люпин, ячмінь/горох, пшениця/горох, тритикале/горох, пшениця/ячмінь, пшениця/тритикале та тритикале/ячмінь. Моделювання враховує різну ширину смуг та можливість їх розділення проходом. Врожайність смугових посівів, що складаються із

зернових та бобових культур, була подібною до середньої врожайності обох компонентів, вирощених в монокультурних посівах. Відокремлення зернових від бобових стежкою не мало значного впливу на загальну врожайність, проте збільшило частку бобових у врожаї. Ширина смуг також мала важливе значення

з точки зору врожайності та частки окремих видів у врожаї, особливо коли смуги були розділені стежкою. Враховуючи рівень урожайності та технічні можливості оптимізації агротехніки для кожного з компонентів окремо, а також можливість роздільного збирання врожаю, обґрунтованими є смугові посіви та смугові посіви, розділені доріжками, з шириною смуг 3 м. Аналіз отриманих

результатів показав, що формування смугових посівів або смугових посівів, розділених доріжками, що складаються лише з двох видів зернових культур, не

принносить виробничих переваг у порівнянні з монокультурою окремих компонентів. [Galezewski, 2022]

Дане дослідження проводилося з метою визначення врожайності та якості корму сумішей ячменю (*Hordeum vulgare* L.) та гороху (*Pisum sativum* L.) у співвідношеннях 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 та 0:100. Експеримент був закладений у звичайній схемі рандомізованого повного блочного дослідження з трьома повтореннями. Результати показали, що на якість корму суттєво впливало співвідношення сумішей. Відбулося значне покращення вмісту протеїну, клітковини та перетравності суміші. Співвідношення ячменю і гороху 50:50 і 25:75 забезпечило максимальну продуктивність і найкращу якість корму.

Що стосується збереження корму, то в силосі зафіксовано вищий вміст сирого протеїну, золи та нижчий вміст клітковини, ніж у сні. Серед насінневих сумішей співвідношення ячменю та гороху 0:100 дало найвищу якість силосу з максимальним вмістом сирого протеїну, золи та перетравності при найнижчому вмісті клітковини. [Soufan, 2021]

Автори кількісно оцінили вплив бобово-злакових посівів на використання ресурсів азоту в агроекосистемах помірного поясу, зосередивши увагу на фіксації азоту (N_2) та засвоєнні ґрунтового азоту, використовуючи мета-аналіз

29 польових досліджень. Оцінили та порівняли вплив різних складів проміжних культур (частка кожного виду в проміжних культурах), норм внесення добрив, видів культур, властивостей ґрунту та інших методів господарювання на симбіотичну фіксацію N_2 та засвоєння ґрунтового азоту зерновими та зернобобовими культурами.

Частка азоту, отриманого в результаті фіксації N_2 , була в середньому на 14 % вищою у проміжних посівах зернобобових культур (76%) порівняно з бобовими культурами (66%). З іншого боку, проміжні посіви зменшували кількість фіксованого N_2 (кг га⁻¹) приблизно на 15 %, коли фіксація N_2 в проміжних і чистих посівах бобових культур виражалася в еквівалентній

щільності шляхом компенсації частки бобових у проміжних посівах відносно норми висіву їхньої основної культури. На результати в основному впливали склад проміжних культур, види бобових та метод, що використовувався для

кількісного визначення фіксації N₂. Поглинання ґрунтового азоту в проміжних посівах зернобобових культур було значно меншим (-47 %) порівняно з бобовими культурами, вираженим в еквівалентній щільності, тоді як поглинання ґрунтового азоту зерновими культурами в проміжних посівах було значно вищим (+61 %), ніж у зернових культурах, що вирощувалися без попередника. Загальне поглинання ґрунтового азоту (бобові + злакові) було значно вищим у проміжних посівах, ніж у чистих посівах бобових (+25 %), тоді як суттєвої різниці між проміжними посівами та чистими посівами зернових не було виявлено. Мета-аналіз підтверджує і підкреслює, що проміжні посіви

послідовно стимулюють взаємодоповнює використання азоту бобовими і зерновими культурами, збільшуючи фіксацію N₂ зернобобовими культурами і підвищуючи засвоєння азоту з ґрунту зерновими культурами. Виходячи з результатів цього аналізу, можна припустити, що диверсифікація систем землеробства за допомогою проміжних посівів може бути використана для одночасного виробництва як зернових, так і зернобобових культур, збільшуючи при цьому використання джерел азоту і зменшуючи зовнішнє внесення азотних добрив, тим самим підвищуючи стійкість сільського господарства. [Rodriguez, 2020]

Бінарний посів може впливати на вміст фотосинтетичних пігментів, активність ферментів та врожайність ячменю і нуту в умовах водного стресу. Щоб дослідити вплив бінарного посіву ячменю з нутом на вміст пігментів, активність ферментів та врожайність в умовах водного стресу було проведено польовий експеримент. Досліди включали режими зрошення (нормальний полив і припинення поливу на стадії молочної стиглості). Крім того, система посівів на додатковій ділянці складалася з моно та бінарних посівів ячменю з нутом у два строки сівби (грудень та січень). В умовах водного стресу рання сівба ячменю в грудні з нутом у січні (b1c2) підвищила вміст хлорофілу в листі на 16% порівняно з чистим посівом через меншу конкуренцію з нутом. Пізній посів нуту підвищував вміст каротиноїдів у листках нуту, активність каталази та пероксидази. Посіви нуту з ячменем забезпечували більш ефективно

використання площі (коефіцієнт земельного еквіваленту більше 1) порівняно з чистими посівами. В умовах водного стресу у варіанті b1c2 підвищення вмісту загального хлорофілу та ефективності використання води призвело до збільшення врожайності зерна ячменю. У варіанті b1c2 ячмінь і нут відреагували на водний стрес збільшенням вмісту загального хлорофілу та активності ферментів відповідно. За такого бінарного посіву кожна культура займала і використовувала ресурси росту з різних екологічних ніш у різний час, що рекомендується в напівпосушливих регіонах. [Assadi, 2023]

Результати дослідження показали, що пізньосезонний низький водний стрес мав значний вплив на всі досліджувані ознаки, а найвищий і найнижчий індикатор зниження врожайності зерна було отримано при монокультурі нуту в грудні (80%) і січні (16,1%), відповідно. За умов нормальних умов зрощення ячмінь був домінуючим видом, а за умов низького водного стресу конкурентна сила бобових зростала. У цьому досліді агресивність рослин ячменю була вищою в усіх варіантах посіву, ніж нуту. [Asadi, 2019]

У системі сталого землеробства бобово-злакові сівозміни є найбільш поширеними у світі серед інших систем сівозмін. Посіви бобово-злакових культур мають багато переваг, таких як збереження ґрунту, боротьба з бур'янами, корми для тварин та ефективне використання землі, підвищення врожайності та якості в системі сільського господарства з низькими витратами. Ефективне використання землі дозволяє оцінити переваги проміжних посівів у сталому сільському господарстві для задоволення попиту на продовольство через зростання чисельності населення. Кількість N_2 , що фіксується проміжними бобовими культурами, є меншою порівняно з монокультурою бобових через конкуренцію з зерновими культурами. Однак частка загального азоту, отриманого в результаті фіксації (N_{dfa} %), у бобових культурах, що вирощуються в проміжках між зерновими культурами, була більшою, ніж у бобових культур, що вирощуються в монокультурі. Перенесення азоту від бобових до сусідньої рослини може бути можливим, але на нього може впливати багато факторів. [Ton, 2021]

Для оцінки деяких агротехнічних властивостей та кормових якостей у посівах ячменю (*Hordeum vulgare* L.) та вики (*Vicia ervilia* L.) було проведено експеримент. Використовували реandomізовану повну блочну схему з чотирма

повтореннями. Схеми чергування культур включали 80% ячменю + 20% вики, 60% ячменю + 40% вики, 40% ячменю + 60% вики та 20% ячменю + 80% вики, а також єдину культуру обох культур (100% ячменю та 100% вики). Результат показав, що найвищі значення висоти рослин, кількості зерен, маси тисячі зерен, біологічної врожайності, врожайності зерна та врожаю у ячменю спостерігалися

при співвідношенні 80% ячмінь + 20% вика, а у вики - при 100% вика. Крім того,

найвищий коефіцієнт земельного еквіваленту було отримано при співвідношенні 80% ячмінь + 20% вика. Виходячи з результатів, найвищий вміст сирого протеїну та перетравність сухої речовини спостерігався у

монокультури вики. Ці результати свідчать про те, що посіви ячменю та вики у співвідношенні 80% ячменю + 20% вики покращують врожайність зерна та його складові, а також якість корму порівняно з іншими співвідношеннями посівів.

[Kahryuan, 2021]

Було оцінено стабільність врожайності різних сумішей ячменю з горохом та пшениці з фавою, вирощених у семи експериментальних польових дослідженнях по всій Європі протягом двох років з контрастними погодними умовами. Було використано три різні показники стабільності врожайності, які базуються на очікуваній мінливості врожайності компонентів суміші,

вирощених як чисті культури, та відповідній спостережуваній мінливості врожайності тих самих компонентів, вирощених у сумішах 50:50 у схемі

заміщення. Індекси стабільності були розраховані як співвідношення між очікуваною і спостережуваною мінливістю, причому значення > 1 вказувало на більшу стабільність проміжних культур. Середня врожайність зернових мала

тенденцію бути вищою в проміжних посівах, ніж у чистих посівах.

Спостережувана стабільність врожайності проміжних посівів була подібною або нижчою за очікувану стабільність врожайності монокультури в більшості місць, за винятком одного. Крім того, стабільність врожайності значно зростала

зі збільшенням середньої врожайності, якщо оцінювати різні за продуктивністю ділянки. Отримані результати є важливими для розробки систем проміжних культур як засобу підвищення стабільності врожайності та стійкості систем вирощування сільськогосподарських культур. [Weih, 2021]

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. Програма, методика та об'єкти досліджень

2.1. Програма досліджень

Програма досліджень передбачає вивчення впливу різних елементів технологій вирощування бінарних посівів на ґрунтові умови.

Головні завдання цього дослідження:

- Оцінка впливу ґрунтових умов. Визначення, як різні ґрунтові умови, такі як текстура, структура, вологість і рН, впливають на продуктивність бінарних посівів.

- Аналіз впливу елементів технологій вирощування: Вивчення впливу різних аспектів технологій вирощування, таких як види добрив, обробка ґрунту на врожайність бінарних посівів.

- Порівняння продуктивності бінарних посівів: Порівняння врожайності та якості рослин в бінарних посівах з різними технологічними елементами.

- Визначення оптимальних практик: Розроблення рекомендацій для сільськогосподарських виробників стосовно оптимальних методів вирощування бінарних посівів в залежності від конкретних ґрунтових умов.

- Аналіз даних та підведення підсумків: Обробка даних, побудова графіків, виявлення закономірностей та підведення загальних висновків щодо впливу ґрунтових умов і технологій на вирощування бінарних посівів.

- Розробка практичних рекомендацій: Формулювання конкретних рекомендацій для фермерів та агрономів щодо оптимального вирощування бінарних посівів в їхніх господарствах.

- Поширення результатів: Поширення отриманих даних і рекомендацій серед сільськогосподарської громадськості та науково-дослідницьких установ для покращення практик вирощування бінарних посівів.

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

Результатом дослідження є:

- Виявлення впливу різних елементів технологій вирощування. Дослідження може показати, як різні добрива впливають на врожайність бінарних посівів та ґрунтові властивості.

- Визначення оптимальних технологічних рішень:

Дослідження може виявити, які елементи технологій вирощування найбільше підходять для конкретних умов. Це дозволить сільськогосподарським виробникам вибрати оптимальні методи для своїх господарств.

- Розробка рекомендацій: На основі отриманих даних можна розробити конкретні рекомендації для сільськогосподарських виробників. Ці рекомендації можуть стосуватися вибору культурних рослин, оптимальних методів вирощування та планування господарської діяльності на основі ґрунтових умов.

- Посередництво у покращенні сільськогосподарського виробництва: Результати дослідження можуть бути використані для покращення сільськогосподарської практики та збільшення продуктивності господарств. Вони також можуть бути важливими для розвитку нових методів та технологій в сільському господарстві.

Загальна мета отриманих результатів – підвищення продуктивності та стабільності сільськогосподарського виробництва шляхом кращого розуміння впливу ґрунтових умов та елементів технологій вирощування на бінарні посіви, а також шляхом надання практичних рекомендацій сільськогосподарським виробникам.

2.2. Об'єкт досліджень

Дослідження проводилось в 2023 році у ВП НУБІП України «Агрономічна дослідна станція» Київської області, Васильківського району, село Пшеничне.

Об'єктом дослідження є бінарні посіви сільськогосподарських культур та ґрунт. Бінарні посіви відносяться до агрономічної практики, де дві різні культури вирощуються на одній і тій же земельній ділянці в один і той же вегетаційний сезон. Об'єкт дослідження передбачає вивчення впливу ґрунтових умов і різних елементів технологій вирощування на продуктивність та якість цих бінарних посівів.



Рис. 2.1 Демонстративне фото дослідної ділянки

В рамках дослідження вивчаються бінарний посів ячменю та гороху.

Основна увага зосереджена на тому, як 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 бінарні 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. Агрометеорологічні умови проведення досліджень

Агрометеорологія - це галузь метеорології, яка займається вивченням погодних і кліматичних умов та їх впливу на сільське господарство. Вона відіграє вирішальну роль у розумінні факторів навколишнього середовища, що впливають на ріст, розвиток і продуктивність сільськогосподарських культур. В контексті нашого дослідження агрометеорологічні умови, що склалися під час вирощування гороху та ячменю, мають важливе значення. Давайте заглибимося в теоретичне підґрунтя цих умов:

Температура:

- Температура є одним з найважливіших агрометеорологічних факторів, що впливають на розвиток сільськогосподарських культур. Вона безпосередньо впливає на швидкість фізіологічних процесів у рослинах, включаючи фотосинтез, дихання та транспірацію. Температура також визначає вибір видів сільськогосподарських культур, дати посадки та стадії росту.

- Кількість градусо-днів вегетації (GDD): GDD це загальнозживаний показник в агрометеорології. Він кількісно вимірює кумулятивну температуру, необхідну для росту рослин. Різні культури мають специфічні вимоги до GDD на різних стадіях росту. Для точного прогнозування стадій росту важливо відстежувати GDD.

- Екстремальні температури: Екстремальні температури, такі як заморозки або спека, можуть мати згубний вплив на культури. Заморозки на ранніх стадіях росту можуть пошкодити або вбити сходи, тоді як надмірна спека може знизити врожайність і якість.

Опади:

- Достатня кількість опадів є життєво важливою для підтримання вологості ґрунту, яка необхідна для росту рослин. Рівень опадів повинен відповідати специфічним потребам культур у воді та водоутримуючій здатності ґрунту.

- Посуха: Недостатня кількість опадів може призвести до посухи, яка може знизити врожайність та якість сільськогосподарських культур.

Моніторинг вологості ґрунту та практики зрошення мають вирішальне значення в районах, схильних до посухи.

- Надмірна кількість опадів: З іншого боку, надмірна кількість опадів може призвести до перезволоження ґрунту, що спричиняє дефіцит кисню в прикореневій зоні та призводить до стресу рослин і втрати врожаю.

Періоди вегетації та фенологія:

- Час і тривалість вегетаційного періоду визначаються місцевим кліматом. Розуміння місцевої фенології (вивчення циклічних і сезонних природних явищ) має вирішальне значення для вибору правильних сортів сільськогосподарських культур і планування термінів посадки та збору врожаю.

Мікрокліматичні ефекти:

- Місцева топографія, ландшафт і землекористування можуть створювати мікрокліматичні варіації, які по-різному впливають на сільськогосподарські культури. Наприклад, у низинних районах можуть бути холодніші температури і вища вологість, тоді як на піднесених ділянках може бути тепліше і сухіше. Ці мікрокліматичні зміни можуть впливати на вибір сільськогосподарських культур та застосування певних методів вирощування.

Вплив зміни клімату:

- Зміна клімату кидає нові виклики агрометеорології. Зміна структури опадів, збільшення мінливості температури та частоти екстремальних погодних явищ впливають на сільське господарство.

Дослідження в галузі агрометеорології допомагають зрозуміти та пом'якшити наслідки зміни клімату для сільськогосподарських культур.

Прогнозування погоди та системи підтримки прийняття рішень:

- Розвиток метеорологічних технологій призвів до розробки моделей прогнозування погоди та систем підтримки прийняття рішень для сільського господарства. Точні прогнози погоди та системи раннього попередження допомагають фермерам приймати обґрунтовані рішення щодо посіву, зрошення, боротьби зі шкідниками та хворобами, а також збирання врожаю.

Отже, агрометеорологічні умови мають важливе значення для планування та управління вирощуванням сільськогосподарських культур. Ці умови впливають на вибір сільськогосподарських культур, строки посіву та практики вирощування. Розуміючи теоретичні принципи агрометеорології та аналізуючи історичні погодні дані, дослідники можуть отримати цінну інформацію про реакцію сільськогосподарських культур на умови навколишнього середовища, як це продемонстровано в нашому дослідженні. Таке розуміння може сприяти більш сталому та продуктивному веденню сільського господарства.

В контексті нашого дослідження важливо розглянути погодні умови, що склалися під час вирощування гороху та ячменю. Наведені нижче дані дають уявлення про агрометеорологічні умови протягом досліджуваного періоду, виділяючи такі ключові фактори, як середньодобова температура та кількість опадів, які представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Дані середньодобової температури та кількості опадів протягом кількох місяців вегетації

Місяць	Середньодобова температура за місяць, t°C	Кількість опадів, мм
Квітень	9,5	103
Травень	15,9	1,0
Червень	19,6	88
Липень	21,5	136
Серпень	23,8	20

Кінець квітня, початок травня знаменує собою початок періоду вирощування гороху та ячменю. Протягом квітня температура повітря була відносно прохолодною, в середньому 9,5°C, що є типовим для ранньої весни. Опадів випало відносно багато - 103 мм, що забезпечило достатню кількість вологи для початкових стадій росту культур.

У травні середньодобова температура підвищилася до $15,9^{\circ}\text{C}$, що створило сприятливі умови для росту рослин. Однак кількість опадів значно зменшилася до $1,0$ мм, що є нетиповим показником та могло негативно вплинути на ріст та розвиток сільськогосподарських культур у нашому дослідженні.

Червень продовжував відзначатися сприятливими температурами, середня температура повітря становила $19,6^{\circ}\text{C}$, що сприяло інтенсивному розвитку культур. Кількість опадів була помірною - 88 мм, що сприяло підтримці вологості ґрунту та росту рослин.

Липень приніс тепліші температури, середньодобова температура становила $21,5^{\circ}\text{C}$. У цьому місяці також випала відносно висока кількість опадів - 136 мм. Ці умови були ідеальними для сільськогосподарських культур, оскільки вони вступили в критичну стадію росту, забезпечивши їх необхідною вологою і теплом для процвітання.

У серпні температура продовжувала зростати і становила в середньому $23,8^{\circ}\text{C}$. Кількість опадів зменшилася до 20 мм.

Ці агрометеорологічні умови є життєво важливими для розуміння факторів навколишнього середовища, які вплинули на результати наших досліджень. Коливання температури та опадів по місяцях мають безпосередній вплив на ріст рослин, врожайність та ефективність різних технологій вирощування, що є ключовими аспектами нашого дослідження.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. Продуктивність бінарних посівів за застосування різних елементів технологій вирощування

В даній роботі розглянуто дослід бінарного посіву гороху та ячменю за різних технологій вирощування. Варіанти дослідів наступні: контроль, біочар, гумус екстракт, компост чай.

Розглянемо більш детально ці варіанти:

1. Варіант – Контроль: В цьому варіанті ґрунт підлягає стандартному обробітку та вирощуванню культур без застосування будь-яких спеціальних елементів технології. Це дозволяє зробити порівняння із іншими методами і визначити основні показники урожайності та якості продукції в натуральних умовах.

2. Варіант - Біочар: Це вугілля, яке виробляється шляхом термічної обробки біологічних матеріалів. Використання біочару у ґрунті може покращити його структуру, зберегти воду, підвищити вміст органічного вуглецю та забезпечити мінеральне удобрення.

3. Варіант – Гумус екстракт: Представляє собою органічний продукт, отриманий з переробки гумусових відходів. Цей елемент технології може підвищити вміст органічного речовини у ґрунті та покращити його родючість.

Варіант - Компост чай: Це рідкий компост, отриманий з переробки органічних відходів. Використання компосту чаю може покращити поживні властивості ґрунту та підвищити вміст макро- та мікроелементів.

Результати дослідження, представлені у Таблиці 3.1, показують вплив різних елементів технології вирощування на проростання гороху та ячменю. У таблиці наведені дані щодо кількості сходів на один квадратний метр (Рис. 3.1.) для кожного варіанту дослідів.

Нашими дослідженнями встановлено, що проростання сходів змішаних посівів гороху та ячменю при однаковій нормі висіву різнилися по варіантах дослідів і найкращий вплив було зафіксовано при внесенні біочару, кількість рослин на метрі квадратному гороху становила 64 росл/м² і 140 росл/м².

Як видно з результатів досліджень, контрольний варіант вирощування показав 54 сходи гороху та 148 сходів ячменю на квадратний метр, що свідчить про позитивний вплив біочару на проростання цих культур.

Таблиця 3.1

Проростання гороху та ячменю за різних елементів технологій вирощування

Варіант досл.ду	Сходи гороху, росл/м ²	Сходи ячменю, росл/м ²
Контроль	54	148
Біочар	64	140
Гумус екстракт	64	124
Компост чай	62	112



Рис. 3.1. Сходи гороху на контролі

Екстракт гумусу та компост чаю також показали певний позитивний вплив, збільшивши кількість сходів гороху та ячменю порівняно з контрольним варіантом. Кількість сходів гороху була найвищою в варіанті з використанням біочару та гумусу екстракту (64 сходи на квадратний метр), тоді як кількість сходів ячменю була найвищою в контрольному варіанті (148 сходів на квадратний метр).

Загалом, висновок із цих результатів може бути той факт, що використання біочару та гумусу екстракту сприяє підвищенню сходів гороху, тоді як контрольний варіант забезпечує кращий результат для ячменю.

Дослідження може бути подальше удосконалено для вивчення впливу цих елементів технології на інші аспекти вирощування.

Таблиця 3.2
Вага гороху та ячменю в зеленій масі та сухої речовини на 30 день вегетації

Варіант досліджу	PS30 – plant weight, g		PS30 – dry weight, g	
	Горох	Ячмінь	Горох	Ячмінь
Контроль	130	144	19,4	18,7
Біочар	102	110	16,3	15,5
Гумус екстракт	134	156	20,4	19,9
Компост чай	166	165	23,1	18,4

Результати дослідження, представлені у Таблиці 3.2, вказують на вагу гороху та ячменю 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 гороху та ячменю в кожному з варіантів досліджу.

У контрольному варіанті досліджу (Рис. 3.2.) вага гороху на 30-й день вегетації складала 130 г для зеленої маси та 19,4 г для сухої речовини. Вага ячменю становила 144 г в зеленій масі та 18,7 г в сухій речовині.



Рис. 3.2 Горох (контроль) на 30 день вегетації

Варіант з використанням біочару показав зменшення ваги для обох культур, де вага гороху становила 102 г для зеленої маси та 16,3 г для сухої речовини, а вага ячменю становила 110 г для зеленої маси та 15,5 г для сухої речовини.

Використання екстракту гумусу привело до підвищення ваги для обох культур, де вага гороху становила 134 г для зеленої маси та 20,4 г для сухої речовини, а вага ячменю становила 156 г для зеленої маси та 19,9 г для сухої речовини.

Найвищий результат було отримано в варіанті з використанням кемності чаю (Рис. 3.3.), де вага гороху становила 166 г для зеленої маси та 23,1 г для сухої речовини, а вага ячменю становила 165 г для зеленої маси та 18,4 г для сухої речовини.



Рис. 3.3. Ячмінь (компост чаю) на 30 день вегетації

За результатами ваги гороху та ячменю в зеленій масі та сухої речовини на 30 день вегетації можна зробити висновок, що варіант з використанням компосту чаю має найвищий вплив на вагу гороху та ячменю на початковому етапі їхнього росту. Гумус екстракт також показав позитивний вплив, в той час як біочар має менший вплив на зелену масу та суху речовину цих культур.

Таблиця 3.3

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

Варіант дослідів	PS60 – plant weight, g		PS60 – dry weight, g	
	Горох	Ячмінь	Горох	Ячмінь
Контроль	894	1170	232,4	360,4
Біочар	975	1111	222,3	320,0
Гумус екстракт	1080	1138	254,9	320,9
Компост чай	1217	1216	284,8	294,3

Результати дослідження ваги гороху та ячменю 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 контрольному варіанті, вага гороху становила 894 грами в зеленій масі та 232,4 грама в сухій речовині, в той час як вага ячменю складала 1170 грамів в зеленій масі та 360,4 грама в сухій речовині.

Варіант з використанням біочару показав невелике збільшення ваги гороху та зменшення ваги ячменю на 60-й день вегетації порівняно з контрольним варіантом. Горох досяг 975 грамів в зеленій масі та 222,3 грама в сухій речовині, а ячмінь досяг 1111 грамів в зеленій масі та 320,0 грама в сухій речовині.

Використання гумусу екстракту також сприяло збільшенню ваги як гороху, але зменшило вагу ячменю на цьому етапі вегетації. Горох досяг 1080 грамів в зеленій масі та 254,9 грама в сухій речовині, тоді як ячмінь досяг 1138 грамів в зеленій масі та 320,9 грама в сухій речовині.

Найвищі результати були відзначені в варіанті з використанням компосту чаю. Горох досяг 1217 грамів в зеленій масі та 284,8 грама в сухій речовині, а ячмінь досяг 1216 грамів в зеленій масі та 294,3 грама в сухій речовині.

За таблицею 3.3 можна зробити висновок, що використання компосту чаю має найбільший позитивний вплив на вагу гороху та ячменю на більш пізньому етапі вегетації. Гумус екстракт також показав високі результати, тоді як біочар та контрольний варіант мали менший вплив на ріст і розвиток цих культур на цьому етапі.

Таблиця 3.4

Вага гороху та ячменю в зеленій масі та вага насіння на 1 м² на 90 день вегетації

Варіант дослідження	PS90 – plant weight (air dry), g		PS90 – seed yield, g/m ²	
	Горох	Ячмінь	Горох	Ячмінь
Контроль	322,2	1014,0	101,3	403,0
Біочар	347,7	956,6	111,7	380,1
Гумус екстракт	469,1	1160,6	156,1	451,6
Компост чай	446,9	1247,8	152,1	519,3

Результати дослідження ваги гороху та ячменю в зеленій масі та ваги насіння на 1 квадратний метр на 90-й день вегетації (Рис. 3.4.) представлені у

Таблиці 3.4. Ця таблиця вказує на вплив різних елементів технології вирощування на урожайність цих культур на пізньому етапі вегетації.



Рис. 3.4. Дослідна ділянка на 90 день вегетації

У контрольному варіанті, вага гороху становила 322,2 грами в зеленій масі, і вага насіння складала 101,3 грама на квадратний метр. Вага ячменю була 1014,0 грамів в зеленій масі та 403,0 грама на квадратний метр.

Варіант з використанням біочару показав певне збільшення ваги гороху на 90-й день вегетації порівняно з контрольним варіантом. Горох досяг 347,7 грамів в зеленій масі, і вага насіння складала 111,7 грама на квадратний метр, тоді як ячмінь зменшився відносно контролю до 956,6 грамів в зеленій масі та 380,1 грама на квадратний метр.

Використання гумусу екстракту значно підвищило вагу гороху та ячменю на цьому етапі вегетації. Горох досяг 469,1 грама в зеленій масі, і вага насіння становила 156,1 грама на квадратний метр, тоді як ячмінь досяг 1460,6 грамів в зеленій масі та 451,6 грама на квадратний метр.

Найвищі результати були відзначені в варіанті з використанням компосту чаю. Горох досяг 446,9 грама в зеленій масі, і вага насіння становила 152,1 грама на квадратний метр, а ячмінь досяг 1247,8 грамів в зеленій масі та 519,3 грама на квадратний метр.

За результатами дослідження можна зробити висновок, що використання компосту чаю має найбільший позитивний вплив на урожайність гороху та ячменю на пізньому етапі вегетації. Гумус екстракт також показав високі

результати, тоді як біочар мав менший вплив на урожайність цих культур на цьому етапі.

Результати дослідження врожайності гороху та ячменю на 1 гектар, 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 досліду на пізньому етапі вегетації.

Таблиця 3.5

Врожайність гороху та ячменю

Варіант досліду	Врожайність гороху, т/га	Врожайність ячменю, т/га
Контроль	1,01	4,03
Біочар	1,12	3,80
Гумус екстракт	1,56	4,52
Компост чай	1,52	5,19

У контрольному варіанті, врожайність гороху становила 1,01 тону на гектар, і врожайність ячменю складала 4,03 тони на гектар.

Варіант з використанням біочару показав певне збільшення врожайності гороху, який досяг 1,12 тони на гектар, але врожайність ячменю скоротилася до 3,80 тони на гектар.

Використання гумусу екстракту значно підвищило врожайність обох культур. Врожайність гороху досягла 1,56 тон на гектар, а ячменю - 4,52 тони на гектар.

Найвищі результати були відзначені в варіанті з використанням компосту чаю. Врожайність гороху становила 1,52 тони на гектар, а ячменю досягла 5,19 тон на гектар.

За результатами дослідження можна зробити висновок, що використання компосту чаю має найвищий позитивний вплив на врожайність гороху та

ячменю на пізньому етапі вегетації. Гумус екстракт також показав високі результати, тоді як біочар має менший вплив на врожайність цих культур.

У таблиці 3.6 наведені дані щодо щільності ґрунту на різних глибинах до моменту посіву та після збирання в різних варіантах дослідів. Щільність ґрунту виміряна в грамах на кубічний сантиметр (г/см^3) та представлена для чотирьох варіантів: "Контроль," "Біочар," "Гумус екстракт," та "Компост чай".

Таблиця 3.6

Щільність ґрунту до моменту посіву та після збирання

Варіанти дослідів	Глибина, см	Щільність складення, г/см^3	
		23.03.2023	12.08.2023
Контроль	0-10	0,88	1,22
	10-20	0,97	1,25
	20-30	1,15	1,20
Біочар	0-10	0,89	1,22
	10-20	0,90	1,27
	20-30	1,16	1,16
Гумус екстракт	0-10	0,94	1,26
	10-20	0,99	1,19
	20-30	1,18	1,18
Компост чай	0-10	0,91	1,27
	10-20	1,11	1,22
	20-30	1,13	1,19

Контроль: До посіву на усіх трьох глибинах спостерігається достатньо розрихлений ґрунт. Після збирання, на глибинах 0-10 см і 10-20 см, щільність зростає ще більше до значення 1,22 та 1,25 г/см^3 відповідно. Однак, на глибині 20-30 см, щільність не показує значного зростання.

Біочар: До посіву, щільність ґрунту на глибинах 0-10 см та 20-30 см близька до значень у контролі, але на глибині 10-20 см є певний падіння до 0,90 г/см^3 .

Після збирання, на глибинах 0-10 см та 10-20 см щільність залишається близькою до значень контролю. На глибині 20-30 см відзначається зниження щільності до $1,16 \text{ г/см}^3$, що може бути позитивним фактором для розвитку кореневої системи рослин.

Гумус екстракт: До посіву, на всіх глибинах спостерігається підвищена щільність ґрунту в порівнянні з контролем, найбільший на глибинах 0-10 см.

Після збирання, на глибині 0-10 см щільність збільшена по відношенню до контролю. На глибинах 10-20, 20-30 см щільність менша за контроль, на рівні $1,19 \text{ г/см}^3$ та $1,18 \text{ г/см}^3$ відповідно.

Компост чай: До посіву, щільність ґрунту на всіх глибинах близька до значень контролю, за винятком глибини 10-20 см, де є збільшення щільності до $1,11 \text{ г/см}^3$. Після збирання, на глибинах 0-10 см та 20-30 см спостерігається зростання щільності до $1,27$ та $1,19 \text{ г/см}^3$ відповідно, а на глибині 10-20 см щільність залишається близькою до значень до посіву.

Висновок:

Аналіз таблиці показує, що вплив різних елементів технології вирощування на щільність ґрунту різний на різних глибинах. Наприклад, екстракт гумусу та компост чай сприяють збільшенню щільності ґрунту на більшій кількості глибин після збирання, що може вплинути на ріст кореневої системи. З іншого боку, біочар виявив певне зниження щільності ґрунту на глибині 20-30 см після збирання.

Загалом, ці дані свідчать про важливість вивчення впливу різних елементів технології вирощування на фізичні властивості ґрунту та їхній вплив на урожайність і якість культур.

Таблиця 3.7

Вологість ґрунту до моменту посіву та після збирання

Варіанти дослідів	Глибина, см	Вологість ґрунту, %	
		23.03.2023	12.08.2023
Контроль	0-10	26,8	17,8
	10-20	29,9	19,5
	20-30	29,2	21,4
Біочар	0-10	25,8	18,8
	10-20	29,6	21,5
	20-30	30,1	23,3
Компост чай	0-10	28,2	20,6
	10-20	29,9	22,0
	20-30	29,5	23,7
Гумус екстракт	0-10	26,6	19,4
	10-20	29,3	21,6
	20-30	29,8	24,5

У таблиці 3.7 представлені дані щодо вологості ґрунту до моменту посіву та після збирання у різних варіантах дослідів. Дані були зібрані на дві різні дати - 23 березня 2023 року (до посіву) та 12 серпня 2023 року (після збирання урожаю). Варіанти дослідів включають "Контроль," "Біочар," "Гумус екстракт," та "Компост чай." Для кожного варіанту вимірювалася вологість ґрунту на трьох різних глибинах: 0-10 см, 10-20 см та 20-30 см.

Аналіз цих даних дозволяє визначити зміни вологості ґрунту під впливом різних елементів технології вирощування протягом вегетаційного періоду.

Зауважимо, що вологість ґрунту є важливим показником, оскільки вона впливає на ріст і розвиток рослин та якість урожаю.

На початку дослідів (23 березня 2023 року), вологість ґрунту була виміряна на трьох різних глибинах для кожного варіанту. У варіанті "Контроль" вологість коливалася від 26,78% на глибині 0-10 см до 29,16% на глибині 20-30

см. В інших варіантах також спостерігалася схожа динаміка зі зменшенням вологості з глибиною.

Після збирання урожаю (12 серпня 2023 року), вологість ґрунту була виміряна знову. У варіанті "Контроль" вологість зменшилася і становила від 17,80% до 21,39% на різних глибинах. Порівняно з іншими варіантами, можливо виявити, як вплив елементів технології вирощування вплинув на збереження вологості ґрунту та як це вплинуло на результати вирощування рослин.

Можна зробити наступні спостереження та висновки:

Вплив технологій вирощування на вологість ґрунту:

В усіх варіантах досліджу, включаючи "Контроль", спостерігалася зниження вологості ґрунту від моменту посіву до збору урожаю. Це типовий процес, що відбувається протягом вегетаційного періоду, оскільки рослини вбирають вологу з ґрунту.

Порівняння впливу різних технологій:

Варіант "Біочар" показав найменше збереження вологості ґрунту на всіх глибинах після збирання урожаю порівняно з іншими досліджуваними варіантами, проте результат кращий за контроль.

Варіант "Компост чай" показав найвище збереження вологості ґрунту на всіх глибинах після збору урожаю. Це може вказувати на те, що використання компосту чаю може призвести до більш ефективної збереженості вологи в ґрунті після вирощування бінарних посівів.

Результати дослідження показують, що використання різних елементів технології вирощування впливає на вологість ґрунту протягом вегетаційного періоду. Варіант "Компост чай" може допомагати зберігати більше вологи в ґрунті, що може бути корисним для вирощування рослин. Результати цього дослідження можуть бути корисні для фермерів і сільськогосподарських підприємств для вибору оптимальних методів вирощування рослин в залежності від вологості ґрунту та інших чинників.

Таблиця 3.8 містить дані щодо твердості ґрунту на різних глибинах на 18 березня 2023 року, виміряних в PSI (фунтах на квадратний дюйм). Вона буде

використана для подальшого порівняння з наступною таблицею для аналізу змін твердості ґрунту на різних глибинах у дослідженні

Таблиця 3.8

Твердість ґрунту на 18.03.2023, PSI

Глибина, см	Середнє значення
0-2,5	19
2,5-5,0	22
5,0-7,5	25
7,5-10,0	26
10,0-12,5	28
12,5-15,0	31
15,0-17,5	36
17,5-20,0	42
20,0-22,5	52
22,5-25,0	71
25,0-27,5	91
27,5-30,0	135
30,0-32,5	167
32,5-35,0	189
35,0-37,5	201
37,5-40,0	208
40,0-42,5	205
42,5-45,0	198
45,0-47,5	196

Таблиця 3.9 надає інформацію щодо твердості ґрунту на 12.08.2023 року в одиницях PSI (фунти на квадратний дюйм) для різних глибин. Досліджувані елементи, такі як "Контроль," "Біочар," "Гумус екстракт," і "Компост чай," були застосовані для впливу на твердість ґрунту.

Таблиця 3.9

Твердість ґрунту на 12.08.2023, PSI

Глибина, см	Контроль	Біочар	Гумус екстракт	Компост чай
0-2,5	77	116	193	88
2,5-5,0	140	213	344	160
5,0-7,5	196	309	419	257
7,5-10,0	211	316	398	261

10,0-12,5	213	301	372	249
12,5-15,0	208	278	356	242
15,0-17,5	204	262	334	241
17,5-20,0	201	254	317	244
20,0-22,5	211	248	322	245
22,5-25,0	234	255	332	252
25,0-27,5	233	268	344	287
27,5-30,0	242	272	341	287
30,0-32,5	246	265	327	281
32,5-35,0	242	257	326	279
35,0-37,5	237	249	322	270
37,5-40,0	235	253	320	259
40,0-42,5	224	253	316	253
42,5-45,0	222	245	309	252
45,0-47,5	217	241	297	246

З таблиці видно, що твердість ґрунту змінюється залежно від глибини та технології вирощування. Після порівнювання таблиць 3.8 та 3.9 можна заявити наступне:

На глибині 0-2,5 см, всі методи обробки (контроль, біочар, гумус екстракт, компост чай) призвели до значущого збільшення твердості ґрунту порівняно з початковим станом. Найбільше збільшення спостерігається при використанні гумус екстракту, де твердість зросла до 193 PSI.

На глибинах 2,5-5,0 см, 5,0-7,5 см, 7,5-10,0 см ситуація наступна - всі методи обробки призвели до значущого збільшення твердості ґрунту порівняно з початковим станом. Варто виокремити варіант "Гумус екстракт", який в середньому має 387 PSI, далі йде "Біочар" – 279 PSI, "Компост чай" – 226 PSI та найгірший результат має контроль – 182 PSI.

На глибинах понад 10,0 см, контроль значущого впливу на твердість ґрунту, в той час як "Біочар", "Гумус екстракт" та "Компост чай" продовжують збільшувати її. "Гумус екстракт" показує кращі результати на глибинах понад 27,5 см, досягаючи значущого збільшення твердості, а "Біочар" та "Компост чай" мають рівнозначний вплив.

Загальний висновок полягає в тому, що використання органічних добрив, важливе для покращення твердості ґрунту на різних глибинах. Це може

позитивно вплинути на вирощувані бінарних культур, забезпечуючи їхню кращу структуру ґрунту та збільшуючи врожайність.

Однак, детальний аналіз впливу різних методів обробки на відповідні глибини ґрунту демонструє, що вибір методу повинен залежати від конкретних умов і цілей вирощування бінарних культур. Наприклад, для підвищення твердості на поверхні ґрунту може бути корисним використання “Гумус екстракт”, тоді як для глибоких шарів ґрунту “Біочар”, “Гумус екстракт” та “Компост чай” є ефективними методами.

Таблиця 3.10

Вміст мінерального азоту

Варіанти дослідів	Глибина, см	Вміст мінерального азоту	
		23.03.2023 (до посіву)	12.08.2023 (після збору)
Контроль	0-10	23,2	18,3
	10-20	23,3	18,5
	20-30	23,7	19,2
Біочар	0-10	23,1	20,6
	10-20	23,5	20,9
	20-30	23,8	21,7
Гумус екстракт	0-10	23,6	21,8
	10-20	23,4	22,2
	20-30	23,8	22,3
Компост чай	0-10	23,9	22,2
	10-20	23,6	22,7
	20-30	24,1	23,0

Таблиця 3.10 надає дані про вміст мінерального азоту у ґрунті на трьох різних глибинах (0-10 см, 10-20 см, 20-30 см) для різних варіантів дослідів, які включають контроль, біочар, гумус екстракт та компост чай. Досліди були проведені двічі – перед посівом (23.03.2023) та після збору врожаю (12.08.2023). Давайте розглянемо основні результати та зробимо висновки.

Вміст мінерального азоту до посіву (23.03.2023):

Контроль: Вміст мінерального азоту в ґрунті на різних глибинах коливається від 23,2 до 23,7 мг/кг.

Біочар: Вміст мінерального азоту у біочару близький до контролю, але злегка знижується на глибині 20-30 см.

Гумус екстракт: Вміст мінерального азоту в гумус екстракті також близький до контролю, з невеликим зростанням на різних глибинах.

Компост чай: Компост чай показує найвищий вміст мінерального азоту на всіх глибинах, зі значним підвищенням на глибині 20-30 см.

Вміст мінерального азоту після збору врожаю (12.08.2023):

Контроль: Після збору врожаю, вміст мінерального азоту зменшився на всіх глибинах, показуючи втрату азоту під час росту рослин.

Біочар: Вміст мінерального азоту в біочарі зростає після збору врожаю на всіх глибинах, що може свідчити про збереження азоту в біочарі.

Гумус екстракт: Гумус екстракт також показує зростання вмісту мінерального азоту після збору врожаю, особливо на глибинах 10-20 см та 20-30 см.

Компост чай: Компост чай демонструє суттєве збільшення вмісту мінерального азоту після збору врожаю на всіх глибинах відносно контролю.

Результати показують, що застосування біочару та гумус екстракту може сприяти збереженню мінерального азоту в ґрунті та підвищити його вміст після збору врожаю.

Компост чай зберігає мінеральний азот у ґрунті, особливо після збору врожаю, що може сприяти покращенню урожайності.

Втрати мінерального азоту під час росту рослин у контрольному варіанті свідчать про необхідність удосконалення методів добрив та ґрунтового обробітку для збереження азоту.

Дані цієї таблиці свідчать про важливість вибору правильних методів та добрив для збереження та підвищення мінерального азоту в ґрунті та покращення продуктивності сільськогосподарських культур.

РОЗДІЛ 4. АГРОНОМІЧНА І ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БІНАРНИХ ПОСІВІВ

Агрономічна і економічна ефективність бінарних посівів – це важливий аспект сільськогосподарської діяльності, який полягає у вирощуванні двох різних культур в одному полі або на одному ділянці землі. Бінарні посіви стають дедалі популярнішими серед фермерів і агрономів, оскільки вони можуть призвести до збільшення врожайності та оптимізації використання земельних ресурсів.

Агрономічна ефективність бінарних посівів передбачає вивчення впливу комбінацій культур на їхнє зростання, розвиток та врожайність. Цей аспект дослідження вимагає аналізу таких факторів, як взаємодія рослин, конкуренція за воду та поживні речовини, а також можливість захисту від шкідників та хвороб. Встановлення оптимальних взаємодій між культурами в бінарних посівах є ключовим завданням для забезпечення високої агрономічної ефективності.

Паралельно з агрономічними аспектами, не менш важливою є економічна ефективність бінарних посівів. Вирощування двох різних культур може вимагати додаткових зусиль і ресурсів, і тому необхідно оцінювати витрати та потенційний прибуток.

У цьому розділі ми розглянемо результати нашого дослідження, які стосуються як агрономічної, так і економічної ефективності бінарних посівів.

Ми проаналізуємо вплив різних факторів на вирощування бінарних культур та запропонуємо практичні рекомендації для фермерів і сільськогосподарських підприємств з метою підвищення їхньої ефективності та прибутковості.

Результати дослідження врожайності гороху та ячменю на 1 гектар, наведені у Таблиці 4.1, показують вплив різних елементів технології вирощування на кількість врожаю, що збирається з одного гектара землі. Ця таблиця вказує на продуктивність кожного варіанта дослідження на різному етапі вегетації.

Таблиця 4.1

Урожайність за сумісного вирощування посівів гороху та ячменю

Варіант досліду	Врожайність гороху, т/га	Врожайність ячменю, т/га
Контроль	1,01	4,03
Біочар	1,12	3,80
Гумус екстракт	1,56	4,52
Компост чай	1,52	5,19
НІР ₀₉₅	0,11	0,23

Аналіз таблиці 4.2 показує економічну ефективність посівів гороху та ячменю за різних варіантів досліду. Таблиця містить дані про урожайність зерна, вартість продукції, затрати, умовно чистий прибуток, рентабельність та собівартість 1 тони сумішки для кожного з дослідних варіантів.

Таблиця 4.2

Економічна ефективність посівів гороху та ячменю

Варіант досліду	Урожайність зерна, т/га	Вартість продукції, грн	Затрати, грн	Умовно чистий прибуток, грн/т	Рентабельність, %	Собівартість 1 т сумішки, грн
Контроль	5,04	21578	15052	6526	43,4	2986,508
Біочар	4,92	21520	16752	4768	28,5	3404,878
Гумус екстракт	6,08	27192	16552	10640	64,3	2722,368
Компост чай	6,71	29324	16252	13072	80,4	2422,057

Розглянемо економічну ефективність бінарних посівів за різних технологій вирощування на основі витрат на горох та ячмінь та їх урожайності.

Контроль: У цьому варіанті урожайність складає 5,04 т/га, вартість продукції становить 21 578 грн, а затрати - 15 052 грн. Умовно чистий прибуток становить 6 526 грн, і рентабельність складає 43,4%. Собівартість 1 тони сумішки - 2 986,51 грн.

Біочар: У цьому варіанті урожайність зменшилася до 4,92 т/га, вартість продукції залишилася практично незмінною на рівні 21 520 грн, але затрати зросли до 16 752 грн. Умовно чистий прибуток скоротився до 4 768 грн, а рентабельність становить лише 28,5%. Собівартість 1 тони сумішки становить 3 404,88 грн.

Гумус екстракт: Цей варіант демонструє найвищу урожайність - 6,08 т/га, вартість продукції становить 27 192 грн, а затрати - 16 552 грн. Умовно чистий прибуток складає 10 640 грн, і рентабельність становить 64,3%. Собівартість 1 тони сумішки - 2 722,37 грн.

Компост чай: У цьому варіанті урожайність є найвищою - 6,71 т/га, вартість продукції становить 29 324 грн, а затрати - 16 252 грн. Умовно чистий прибуток складає 13 072 грн, і рентабельність становить 80,4%. Собівартість 1 тони сумішки - 2 422,06 грн.

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

ВИСНОВКИ

1. Найкраще проростання сходів змішаних посівів гороху та ячменю було зафіксовано при внесенні біочару, кількість рослин на метрі квадратному гороху становила 64 росл/м² і 140 росл/м².

2. Найвищі результати на 30-й день було отримано в варіанті з використанням компосту чаю, де вага гороху становила 166 г для зеленої маси та 23,1 г для сухої речовини, а вага ячменю становила 165 г для зеленої маси та 18,4 г для сухої речовини.

3. Використання гумусу екстракту значно підвищило вагу гороху та ячменю на цьому етапі вегетації. Горох досяг 469,1 грама в зеленій масі, і вага насіння становила 156,1 грама на квадратний метр, тоді як ячмінь досяг 1160,6 грамів в зеленій масі та 451,6 грама на квадратний метр.

4. Найвищі результати були відзначені в варіанті з використанням компосту чаю. Горох досяг 446,9 грама в зеленій масі, і вага насіння становила 152,1 грама на квадратний метр, а ячмінь досяг 1247,8 грамів в зеленій масі та 519,3 грама на квадратний метр.

5. Найбільша урожайність гороху та ячменю на пізньому отримано за використання гумус екстракт, тоді як біочар мав менший вплив на урожайність цих культур на цьому етапі. Використання гумусу екстракту значно підвищило врожайність обох культур. Врожайність гороху досягла 1,56 тон на гектар, а ячменю - 4,52 тони на гектар.

6. За використання компост чаю щільність складення мала найбільш оптимальні результати 1,18-1,26 г/см³, хоча на усіх варіантах не отримано ущільнення.

7. Використання біостимуляторів вплинуло на вологість ґрунту протягом вегетаційного періоду. Варіант " Гумус екстракт " може допомагати зберігати більше вологи в ґрунті, різниця з контролем становить 2,5-3,6 мм.

8. Найбільший умовно чистий прибуток отримано за використання компост чаю і складає 13072 грн, з рентабельністю 80,4%. Собівартість однієї тони сумішки становила 2422 грн.

НУБІП України

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Рекомендовано за вирощування бінарних посівів використання гумусу екстракт та компост чаю, це буде мати позитивний вплив на вологість та щільність складення ґрунту, дозволить сформувати урожайність на рівні - 6,71 т/га та умовно чистий прибуток - 13072 грн і рентабельністю 80,4%.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Tejendra Chapagain, Andrew Riseman, Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations, *Field Crops Research*, Volume 166, 2014, Pages 18-25, ISSN 0378-4290, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.014>

2. M. Launay, N. Brisson, S. Satger, H. Hauggaard-Nielsen, G. Corre-Hellou, E. Kasynova, R. Ruske, E.S. Jensen, M.J. Gooding, Exploring options for managing strategies for pea-barley intercropping using a modeling approach, *European Journal of Agronomy*, Volume 31, Issue 2, 2009, Pages 85-98, ISSN 1161-0301, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.04.002>

3. Sahota, T. and Malhi, S. (2012) Intercropping barley with pea for agronomic and economic considerations in northern Ontario. *Agricultural Sciences*, 3, 889-895. doi: 10.4236/as.2012.37107

4. Strydhorst, S.M., King, J.R., Lopetinsky, K.J. and Harker, K.N. (2008), Forage Potential of Intercropping Barley with Faba Bean, Lupin, or Field Pea. *Agron. J.*, 100: 182-190. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0197>

5. H. Hauggaard-Nielsen, M. Gooding, P. Ambus, G. Corre-Hellou, Y. Crozat, C. Dahlmann, A. Dibet, P. von Fragstein, A. Pristeri, M. Monti, E.S. Jensen, Pea-barley intercropping for efficient symbiotic N₂-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research*, Volume 113, Issue 1, 2009, Pages 64-71, ISSN 0378-4290, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.04.009>

6. Dordas Christos A., Vlachostergios Dimitrios N., Lithourgidis Anastasios S. (2012) Growth dynamics and agronomic-economic benefits of pea-oat and pea-barley intercrops. *Crop and Pasture Science* 63, 45-52, <https://doi.org/10.1071/CP11181>

7. Malhi, S. (2012) Improving crop yield, N uptake and economic returns by intercropping barley or canola with pea. *Agricultural Sciences*, 3, 1023-1033. doi: 10.4236/as.2012.38124

8. G. Corre-Hellou, A. Dibet, H. Hauggaard-Nielsen, Y. Crozat, M. Gooding, P. Ambus, C. Dahlmann, P. von Fragstein, A. Pristeri, M. Monti, E.S. Jensen. The competitive ability of pea-barley intercroops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability, *Field Crops Research*, Volume 122, Issue 3, 2011, Pages 264-272, ISSN 0378-4290, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.04.004>

9. Muhammad Musa, Leitch, M. H. Mazher Iqbal, Fayyaz-ul-Hassan Sahi, Spatial arrangement affects growth characteristics of barley- pea intercroops, *Friends Science Publishers*, ISSN 1560-8530, <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103309262>

10. Jaskulska, I.; Jaskulski, D.; Galezewski, L. Peas and Barley Grown in the Strip-Till One-Pass Technology as Row Intercropping Components in Sustainable Crop Production. *Agriculture* 2022, 12, 229. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020229>

11. Cowden, R.J.; Shah, A.N.; Lehmann, J.M.; Kier, L.P.; Henriksen, C.B.; Ghaley, B.B. Nitrogen Fertilizer Effects on Pea-Barley Intercrop Productivity Compared to Sole Crops in Denmark. *Sustainability* 2020, 12, 9335. <https://doi.org/10.3390/su12229335>

12. R. Lauk & E. Lauk (2008) Pea-oat intercroops are superior to pea-wheat and pea-barley intercroops, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 58:2, 139-144, DOI: 10.1080/09064710701412692

13. Hauggaard-Nielsen, H., Jørnsgaard, B., Kinane, J., & Jensen, E. (2008). Grain legume-cereal intercropping: The practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23(1), 3-12. doi:10.1017/S1742170507002025

14. M. Fernández-Aparicio, M. Amri, M. Kharrat, D. Rubiales, Intercropping reduces *Mycosphaerella pinodes* severity and delays upward progress on the pea plant, *Crop Protection*, Volume 29, Issue 7, 2010, Pages 744-750, ISSN 0261-2194, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.02.013>

15. A.S. Lithourgidis, D.N. Vlachostergios, C.A. Dordas, C.A. Damalas, Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems, *European Journal of Agronomy*, Volume 34, Issue 4, 2011, Pages 287-294, ISSN 1161-0301, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.02.007>

16. Mark A. Boudreau, Diseases in Intercropping Systems, *Annual Review of Phytopathology*, Vol. 51:499-519, 2013, ISSN 0066-4286, <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102246>

17. Xiao Chen, Ji Chen, Junji Cao, Intercropping increases soil N-targeting enzyme activities: A meta-analysis, *Rhizosphere*, Volume 26, 2023, 100686, ISSN 2452-2198, <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100686>

18. Yan Zhao, Yuqiang Tian, Xiaobing Li, Minghua Song, Xingxing Fang, Yan Jiang, Xingliang Xu, Nitrogen fixation and transfer between legumes and cereals under various cropping regimes, *Rhizosphere*, Volume 22, 2022, 100546, ISSN 2452-2198, <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100546>

19. Fei Han, Ru Guo, Sadam Hussain, Shuqing Guo, Tie Cai, Peng Zhang, Zhikuan Jia, Muhammad Asad Naseer, Muhammad Saqib, Xiaoli Chen, Xiaolong Ren, Rotation of planting strips and reduction in nitrogen fertilizer application can reduce nitrogen loss and optimize its balance in maize-peanut intercropping, *European Journal of Agronomy*, Volume 143, 2023, 126707, ISSN 1161-0301, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126707>

20. ZHENG Ben-chuan, ZHOU Ying, CHEN Ping, ZHANG Xiao-na, DU Qing, YANG Huan, WANG Xiao-chun, YANG Feng, XIAO Te, LI Long, YANG Wen-yu, YONG Tai-wen, Maize-legume intercropping promote N uptake through changing the root spatial distribution, legume modulation capacity, and soil N availability, *Journal of Integrative Agriculture*, Volume 21, Issue 6, 2022, Pages 1755-1771, ISSN 2095-3119, [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(21\)63730-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(21)63730-9)

21. Walker, Sue & Stigter, C.J. & Ofori, Emmanuel & Kyei-Baffour, N.. (2011). Intercropping and its Implications for Soil Management. [10.2136/2011.soilmanagement.c22](https://doi.org/10.2136/2011.soilmanagement.c22)

22. Darch, T., Giles, C.D., Blackwell, M.S.A. et al. Inter- and intra-species intercropping of barley cultivars and legume species, as affected by soil phosphorus availability. *Plant Soil* 427, 125–138 (2018), <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3365-z>

23. Wahla, I. H., Ahmad, R. I. A. Z., Ehsanullah, A. A., & Jabbar, A. B. D. U. L. (2009). Competitive functions of components crops in some barley based intercropping systems. *Int J Agric Biol*, 11(5)

24. Javanmard, A. , Shekari, F. , Dehghanian, H. (2014). 'Evaluation of Forage Yield and Competition Indices for Intercropped Barley and Legumes'. *World Academy of Science, Engineering and Technology, Open Science Index* 86, *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 8(2), 193 - 196, doi.org/10.5281/zenodo.1108434

25. Mariotti, M., Masoni, A., Ercoli, L. and Arduini, I. (2009), Above- and below-ground competition between barley, wheat, lupin and vetch in a cereal and legume intercropping system. *Grass and Forage Science*, 64: 401-412. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2009.00795.x>

26. PAPP, V., REES, R., WALKER, R., BADDELEY, J., & WATSON, C. (2012). Legumes intercropped with spring barley contribute to increased biomass production and carry-over effects. *The Journal of Agricultural Science*, 150(5), 584-594. [doi:10.1017/S0021859611000918](https://doi.org/10.1017/S0021859611000918)

27. Antonella Scalise, Demetrio Tortorella, Aurelio Bristeri, Beatrix Petrovičová, Antonio Gelsomino, Kristina Lindström, Michele Monti, Legume–barley intercropping stimulates soil N supply and crop yield in the succeeding durum wheat in a rotation under rainfed conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 89, 2015, Pages 150-161, ISSN 0038-0717, <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.07.003>

28. Megawer, E. A., Sharaan, A. N., & El-Sherif, A. M. (2010). Effect of intercropping patterns on yield and its components of barley, lupine or chickpea grown in newly reclaimed soil. *Egyptian Journal of Applied Science*, 25(9), 437-452, <https://www.fayoum.edu.eg/Agri/Agronomy/pdf/13.pdf>

29. Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Esmaili, A., Hosseini, M.B., & Hashemi, M. (2013). Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. *Field Crops Research*, 148, 43-48, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.03.021>

30. Yolcu, H., Dasci, M., & Tan, M. (2009). Evaluation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding. I. Yield and quality. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(7), 1337-1342, <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093140017>

31. Angelika Neumann, Knut Schmidtke, Rolf Rauber, Effects of crop density and tillage system on grain yield and N uptake from soil and atmosphere of sole and intercropped pea and oat, *Field Crops Research*, Volume 100, Issues 2-3, 2007, Pages 285-293, ISSN 0378-4290, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.08.001>

32. S.K.A. Danso, F. Zapata, G. Hardarson, M. Fried, Nitrogen fixation in fababeans as affected by plant population density in sole or intercropped systems with barley, *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 19, Issue 4, 1987, Pages 411-415, ISSN 0038-0717, [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90031-9](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90031-9)

33. E.S. Jensen, Barley uptake of N deposited in the rhizosphere of associated field pea, *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 28, Issue 2, 1996, Pages 159-168, ISSN 0038-0717, [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(95\)00134-4](https://doi.org/10.1016/0038-0717(95)00134-4)

34. C. Siri-Udompas, R.A. Morris, Effects of crop proportion on intercropped upland rice and cowpea 2. Nitrogen yields, *Field Crops Research*, Volume 25, Issues 3-4, 1990, Pages 233-246, ISSN 0378-4290, [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(90\)90006-W](https://doi.org/10.1016/0378-4290(90)90006-W)

35. D.M. Wheatley, D.A. MacLeod, R.S. Jessop, Influence of tillage treatments on N₂ fixation of soybean, *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 27, Issues 4-5, 1995, Pages 571-574, ISSN 0038-0717, [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(95\)98633-Y](https://doi.org/10.1016/0038-0717(95)98633-Y)

36. Knut Schmidtke, Angelika Neumann, Claudia Hof, Rolf Rauber, Soil and atmospheric nitrogen uptake by lentil (*Lens culinaris* Medik.) and barley (*Hordeum vulgare* ssp. *nudum* L.) as monocrops and intercrops, *Field Crops Research*,

Volume 87, Issues 2-3, 2004, Pages 245-256, ISSN 0378-4290,
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.11.006>

37. J. Helenius, K. Jokinen, Yield advantage and competition in intercropped oats (*Avena sativa* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.): Application of the hyperbolic yield-density model, *Field Crops Research*, Volume 37, Issue 2, 1994, Pages 85-94, ISSN 0378-4290, [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(94\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0378-4290(94)90036-1)

38. H. Hauggaard-Nielsen, E.S. Jensen, Evaluating pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability, *Field Crops Research*, Volume 72, Issue 3, 2001, Pages 185-196, ISSN 0378-4290, [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00176-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00176-9)

39. Chris van Kessel, Christopher Hartley, Agricultural management of grain legumes: has it led to an increase in nitrogen fixation?, *Field Crops Research*, Volume 65, Issues 2-3, 2000, Pages 165-181, ISSN 0378-4290, [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(99\)00085-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00085-4)

40. John G. Waterer, J. Kevin Vessey, Elmer H. Stobbe, Robert J. Soper, Yield and symbiotic nitrogen fixation in a pea-mustard intercrop as influenced by N fertilizer addition, *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 26, Issue 4, 1994, Pages 447-453, ISSN 0038-0717, [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90176-7](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90176-7)

41. Francis Ofori, W.R. Stern, Cereal-Legume Intercropping Systems, Editor(s): N.C. Brady, *Advances in Agronomy*, Academic Press, Volume 41, 1987, Pages 41-90, ISSN 0065-2113, ISBN 9780120007417, [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60802-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60802-0)

42. H. Hauggaard-Nielsen, P. Ambus, E.S. Jensen, Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping, *Field Crops Research*, Volume 70, Issue 2, 2001, Pages 101-109, ISSN 0378-4290, [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00126-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00126-5)

43. J.H.C. Davis, J.N. Woolley, Genotypic requirement for intercropping, *Field Crops Research*, Volume 34, Issues 3-4, 1993, Pages 407-430, ISSN 0378-4290, [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(93\)90124-6](https://doi.org/10.1016/0378-4290(93)90124-6)

44. Richard Hawkins, Intercropping maize with sorghum in Central America: A cropping system case study, *Agricultural Systems*, Volume 15, Issue 2, 1984, Pages 79-99, ISSN 0308-521X, [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(84\)90021-0](https://doi.org/10.1016/0308-521X(84)90021-0)

45. J.H.C. Davis, A. Roman, S. Garcia, The effects of plant arrangement and density on intercropped beans (*Phaseolus vulgaris*) and maize II. Comparison of relay intercropping and simultaneous planting, *Field Crops Research*, Volume 16, Issue 2, 1987, Pages 117-128, ISSN 0378-4290, [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(87\)90002-5](https://doi.org/10.1016/0378-4290(87)90002-5)

46. Miguel Angel Altieri, Charles A. Francis, Aart Van Schoonhoven, Jerry D. Doll, A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems, *Field Crops Research*, Volume 1, 1978, Pages 33-49, ISSN 0378-4290, [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(78\)90005-9](https://doi.org/10.1016/0378-4290(78)90005-9)

47. B.R. Trenbath, Intercropping for the management of pests and diseases, *Field Crops Research*, Volume 34, Issues 3-4, 1993, Pages 381-405, ISSN 0378-4290, [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(93\)90123-5](https://doi.org/10.1016/0378-4290(93)90123-5)

48. Juha Helenius, The influence of mixed intercropping of oats with field beans on the abundance and spatial distribution of cereal aphids (Homoptera, Aphididae), *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 25, Issue 1, 1989, Pages 53-73, ISSN 0167-8809, [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(89\)90063-7](https://doi.org/10.1016/0167-8809(89)90063-7)

49. Michael J. Potts, Influence of intercropping in warm climates on pests and diseases of potato, with special reference to their control, *Field Crops Research*, Volume 25, Issues 1-2, 1990, Pages 133-144, ISSN 0378-4290, [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(90\)90078-P](https://doi.org/10.1016/0378-4290(90)90078-P)

50. W.R. Stern, Nitrogen fixation and transfer in intercrop systems, *Field Crops Research*, Volume 34, Issues 3-4, 1993, Pages 335-356, ISSN 0378-4290, [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(93\)90121-3](https://doi.org/10.1016/0378-4290(93)90121-3)

51. Corre-Hellou, G.; Dibet, A.; Hauggaard-Nielsen, H.; Crozat, Y.; Gooding, M.; Ambus, P.; Dahlmann, C.; von Fragstein, P.; Pristeri, A.; Monti, M.; et al. The competitive ability of pea-barley intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability. *Field Crop. Res.* 2014, 122, 264-272

52. Corre-Hellou, G.; Fustec, J.; Crozat, Y. Interspecific competition for soil N and its interaction with N₂ fixation, leaf expansion and crop growth in pea-barley intercrops. *Plant Soil* 2006, 282, 195–208

53. Danso, S.K.A.; Palmason, F.; Hardarson, G. Is nitrogen transferred between field crops? examining the question through a sweet-blue lupin (*Lupinus angustifolius* L.)-oats (*Avena sativa*) intercrop. *Soil Biol. Biochem.* 1993, 25, 1135–1137

54. Bulson, H.A.J.; Snaydon, R.W.; Stopes, C.E. Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. *J. Agric. Sci.* 1997, 128, 59–71

55. Palmason, F.; Danso, S.; Hardarson, G. Nitrogen accumulation in sole and mixed stands of sweet-blue lupin (*Lupinus angustifolius* L.), ryegrass and oats. *Plant Soil* 1992, 142, 135–142

56. Ghaley, B.B.B.B.; Hauggaard-Nielsen, H.; Høgh-Jensen, H.; Jensen, E.S.S. Intercropping of wheat and pea as influenced by nitrogen fertilization. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 2005, 73, 201–212

57. Ali Raza, M.; Hayder Bin Khalid, M.; Zhang, X.; Yang Feng, L.; Khan, I.; Jawad Hassan, M.; Ahmed, M.; Ansar, M.; Kai Chen, Y.; Fang Fan, Y.; et al. Effect of planting patterns on yield, nutrient accumulation and distribution in maize and soybean under relay intercropping systems OPEN. *Sci. Rep.* 2019

58. Sedlár, O.; Balík, J.; Kulháněk, M.; Černý, L.; Kós, M. Mehlich 3 extractant used for the evaluation of wheat-available phosphorus and zinc in calcareous soils. *Plant Soil Environ.* 2018

59. Nyawade, S.O.; Karanja, N.N.; Gachene, C.K.K.; Gitari, H.I.; Schulte-Geldermann, E.; Parker, M. Optimizing soil nitrogen balance in a potato cropping system through legume intercropping. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 2020, 117, 43–59

60. Steen Jensen, E.; Carlsson, G.; Hauggaard-Nielsen, H. 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. *Agron. Sustain. Dev.* 2020

61. Michele Monti, Antonio Pellicanò, Aurelio Pristeri, Giuseppe Badagliacca, Giovanni Preiti, Antonio Gelsomino, Cereal/grain legume intercropping in rotation with durum wheat in crop/livestock production systems for Mediterranean farming system, *Field Crops Research*, Volume 240, 2019, Pages 23-33, ISSN 0378-4290, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.05.019>.

62. Abdollah Javanmard, Mostafa Amani Machiani, Anastasios Lithourgidis, Mohammad Reza Morshedloo, Ali Ostadi, Intercropping of maize with legumes: A cleaner strategy for improving the quantity and quality of forage, *Cleaner Engineering and Technology*, Volume 1, 2020, 100003, ISSN 2666-7908, <https://doi.org/10.1016/j.clet.2020.100003>.

63. Ikram ul Haq M, Maqbool MM, Ali A, Farooq S, Khan S, Saddiq MS, et al. (2020) Optimizing planting geometry for barley-Egyptian clover intercropping system in semi-arid sub-tropical climate. *PLoS ONE* 15(5): e0233171, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233171>

64. Amanullah, Khalid, S., Khalil, F. et al. Growth and dry matter partitioning response in cereal-legume intercropping under full and limited irrigation regimes. *Sci Rep* 11, 12585 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92022-4>

65. Samira Brahimi, Omrane Toumatia, Jean Jacques Drevon, Abdelghani Zitouni & Mohamed Lazali (2022) Intercropping legumes and Cereals increases resource use efficiency and crop productivity in low phosphorus soils under semi-arid Mediterranean conditions, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 46:10, 1482-1501, DOI: 10.1080/21683565.2022.2121951

66. Alyce Dowling, Victor O Sadras, Penny Roberts, Ashlea Doolette, Yi Zhou, Matthew D Denton, Legume-oilseed intercropping in mechanised broadacre agriculture – a review, *Field Crops Research*, Volume 260, 2021, 107980, ISSN 0378-4290, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107980>.

67. Bacchi M, Monti M, Calvi A, Lo Presti E, Pellicanò A, Preiti G. Forage Potential of Cereal/Legume Intercrops: Agronomic Performances, Yield, Quality Forage and LER in Two Harvesting Times in a Mediterranean Environment. *Agronomy*. 2021, 11(1):121. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010121>

68. Rad SV, Valadabadi SAR, Pouryousef M, Saifzadeh S, Zakrin HR, Mastinu A. Quantitative and Qualitative Evaluation of *Sorghum bicolor* L. under Intercropping with Legumes and Different Weed Control Methods. *Horticulturae*. 2020; 6(4):78. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040078>

69. Bitarafan, Z, Jensen, SM, Liu, F, Andreasen, C. Intercropping fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) with and without biochar: Tests along a competition gradient. *J Agro Crop Sci*. 2019; 205: 99–107. <https://doi.org/10.1111/jac.12305>

70. Pampana S, Arduini I, Andreuccetti V, Mariotti M. Fine-Tuning N Fertilization for Forage and Grain Production of Barley–Field Bean Intercropping in Mediterranean Environments. *Agronomy*. 2022; 12(2):418. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020418>

71. Kumar, A., Rosinger, C., Chen, H. et al. Gone and forgotten: facilitative effects of intercropping combinations did not carry over to affect barley performance in a follow-up crop rotation. *Plant Soil* 467, 405–419 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05104-7>

72. DORDAS, C. A., LITHOURGIDIS, A. S. ., & GALANOPOULOU, K. . (2019). Intercropping of Faba Bean with Barley at Various Spatial Arrangements Affects Dry Matter and N Yield, Nitrogen Nutrition Index, and Interspecific Competition. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(4), 1116–1127. <https://doi.org/10.15835/nbha47411520>

73. Mohammed Mouradi, Mohamed Farissi, Bouchra Makoudi, Abdelaziz Bouizgaren, Cherki Ghoulam, Effect of faba bean (*Vicia faba* L.)–rhizobia symbiosis on barley's growth, phosphorus uptake and acid phosphatase activity in the intercropping system, *Annals of Agrarian Science*, Volume 16, Issue 3, 2018, Pages 297-303, ISSN 1512-1887, <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2018.05.003>

74. Layek, J. et al. (2018). Cereal+Legume Intercropping: An Option for Improving Productivity and Sustaining Soil Health. In: Meena, R., Das, A., Yadav, G., Lal, R. (eds) *Legumes for Soil Health and Sustainable Management*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4_11

75. Gałęzewski L, Jaskulska I, Jaskulski D, Wilczewski E, Kościński M. Strip Intercrop of Barley, Wheat, Triticale, Oat, Pea and Yellow Lupine—A Meta-Analysis. *Sustainability*. 2022; 14(23):13651. <https://doi.org/10.3390/su142313651>

76. Soufan W, Al-Suhaibani NA. Optimizing Yield and Quality of Silage and Hay for Pea–Barley Mixtures Ratio under Irrigated Arid Environments. *Sustainability*. 2021; 13(24):13621. <https://doi.org/10.3390/su132413621>

77. Jeuffroy, David Makowski, Erik Steen Jensen, Grain legume-cereal intercropping enhances the use of soil-derived and biologically fixed nitrogen in temperate agroecosystems. *A meta-analysis*, *European Journal of Agronomy*, Volume 118, 2020, 126077, ISSN 1161-0301, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126077>

78. Assadi NM, Bijanzadeh E (2023) Influence of relay intercropping of barley with chickpea on biochemical characteristics and yield under water stress. *PLOS ONE* 18(6): e0273272. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273272>

79. Mohavieh Asadi, N., Bijanzadeh, E., & behpoori, A. (2019). Evaluation of Seed Yield and Competitive Indices in Relay Intercropping of Barley (*Hordeum vulgare* L.) with Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Late Season Low Water Stress. *Journal Of Agroecology*, 11(3), 1169-1182. doi: 10.22067/jag.v11i3.79532

80. Ton, A. (2021). Advantages of Grain Legume-Cereal Intercropping in Sustainable Agriculture. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(8), 1560–1566. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i8.1560-1566.4481>

81. Kahrarian, B., Farahvash, F., Mohammadi, S., Mirshakeri, B., & rashidi, V. (2021). Evaluation of yield, yield components and nutritive value in intercropping of Barley with Vetch. *Plant Science Today*, 8(2), 373–379. <https://doi.org/10.14719/pst.2021.8.2.871>

82. Weih M, Karley AJ, Newton AC, Kiær LP, Scherber C, Rubiales D, Adam E, Ajal J, Brandmeier J, Pappagallo S, et al. Grain Yield Stability of Cereal-Legume Intercrops Is Greater Than Sole Crops in More Productive Conditions. *Agriculture*. 2021; 11(3):255. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030255>