

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

05.10 - КМР.2254 «СК» 2023.12.12 007 ПЗ

КУЛИКА ЛЕОНІДА ВАЛЕРІЙОВИЧА

2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ПОГОДЖЕНО

**Декан агробіологічного
факультету**

_____ **Віталій Коваленко**
(підпис) (ПБ)
«__» _____ **2024 р.**
УДК: 631.4:631.58:633.844

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО
ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри
Завідувач кафедри агрохімії та
якості продукції рослинництва ім.
О.І. Душечкіна

_____ **Дмитро Літвінов**
(підпис) (ПБ)
«__» _____ **2024 р.**

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Продуктивність гірчиці на насіння за використання елементів точного
землеробства»

Спеціальність: 201 Агрономія

Освітня програма: Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві

Магістерська програма: Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві

Гарант освітньої програми

доктор с-г наук., професор,
академік НААН України

_____ **Бикін**

Анатолій

Керівник магістерської роботи

к.с.-г.н., доцент

_____ **Грищенко**

Олег

Виконав

_____ **Кулик**

Леонід

КИЇВ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри агрохімії та якості
продукції рослинництва
ім. О.І. Душечкіна д.с.-г н.,
проф. _____ Дмитро Літвінов
« ____ » _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ СТУДЕНТУ
Кулик Леонід Валерійович

Спеціальність 201 агрономія

Освітня програма «Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Продуктивність гірчиці на насіння за використання елементів точного землеробства» затверджена наказом ректора НУБіП України від « ____ » _____ 2024 р. № _____

Термін подання завершеної роботи на кафедру « ____ » _____

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: результати літературного пошуку, результати польового дослідження та лабораторних досліджень

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Виділити зони неоднорідності;
2. Визначити структурні показники гірчиці ярої та розрахувати урожайність
3. Економічно обґрунтувати вирощування гірчиці ярої за використання елементів точного землеробства.

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання “ ____ ” _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
Грищенко

Олег

Завдання прийняв до виконання
Кулик

Леонід

РЕФЕРАТ

Тема магістерської роботи: Продуктивність гірчиці на насіння за використання елементів точного землеробства.

Об'єкт досліджень – процеси формування продуктивності гірчиці в різних зонах поля за використання елементів точного землеробства.

Предмет досліджень – карти продуктивності поля, біометричні показники рослин, урожайність, якість насіння та економічна ефективність вирощування гірчиці.

Магістерська робота складається із вступу, 4 розділів, висновків і списку літератури.

У розділі 1 розкрито біологічні особливості гірчиці, вимоги до умов вирощування, проаналізовано сучасні технології точного землеробства та їх вплив на продуктивність олійних культур.

У розділі 2 охарактеризовано ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень та описано особливості застосованих технологічних елементів вирощування культури.

У розділі 3 представлені результати досліджень: аналіз карт продуктивності поля, біометричні показники рослин у різних зонах, динаміка формування врожаю та якісні показники насіння.

У розділі 4 наведено економічну ефективність вирощування гірчиці з використанням елементів точного землеробства у різних зонах продуктивності поля.

У результаті проведених досліджень встановлено:

1. Використання елементів точного землеробства дозволило виділити три зони продуктивності поля (висока, середня, низька), що характеризувались різними показниками розвитку рослин та формування врожаю.

2. У зоні високої продуктивності отримано максимальну урожайність насіння гірчиці - 2,136 т/га з масою 1000 насінин 4,19 г, що на 41% перевищує показники зони низької продуктивності (1,250 т/га).

3. Економічний аналіз показав найвищу рентабельність виробництва у зоні високої продуктивності - 90,7%, тоді як у зоні низької продуктивності цей показник становив 11,6%. Різниця в отриманому прибутку між зонами високої та низької продуктивності досягла 22150 грн/га.

Ключові слова: гірчиця, точне землеробство, зони продуктивності, біометричні показники, урожайність, якість насіння, економічна ефективність.

Зміст

РЕФЕРАТ	5
Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1_Огляд літератури	8
1.1 Особливості живлення гірчиці.....	8
1.2. Вплив неоднорідності ґрунтово покриву на вирощування гірчиці	11
РОЗДІЛ 2_МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	16
2.1 Програма проведення досліджень.....	16
2.3 Методика та методи проведення досліджень	19
РОЗДІЛ 3_РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ПРОДУКТИВНІСТЬ НАСІННЯ ГІРЧИЦІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.....	22
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ГІРЧИЦІ В РІЗНИХ ЗОНАХ ПРОДУКТИВНОСТІ ПОЛЯ.	36
ВИСНОВКИ.....	39
Список використаної літератури	41
Додатки.....	47

ВСТУП

Гірчиця (*Brassica spp.*) є однією із важливих олійних культур, її вирощують у всьому світі задля насіння, яке використовується в різних кулінарних цілях та для отримання олії, також одним із напрямків використання гірчиці є використання її, як сидеральної культури. За рахунок зростання на світовому ринку попиту на олійні культури, зростає потреба у підвищенні продуктивності гірчиці. Елементи прецизійного агровиробництва є сучасним підходом в управлінні сільським господарством та пропонують перспективні рішення для вирішення цієї проблеми.

Впровадження прецизійного землеробства у виробництві насіння гірчиці є значним просуванням у порівнянні з традиційними підходами у сільському господарстві. Використовуючи новітні технології, такі як GPS, дистанційне моніторинг, аналіз даних, виробники можуть приймати більш обґрунтовані рішення стосовно управління посівами, результатом чого є підвищення ефективності використання агрохімічних ресурсів та збільшення врожайності.

РОЗДІЛ 1

Огляд літератури

1.1 Особливості живлення гірчиці

Виробництво насіння гірчиці відіграє значну роль у світовій сільськогосподарській економіці. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), у 2023 році світове виробництво насіння гірчиці досягло X мільйонів тонн, а основними країнами-виробниками були Канада, Непал, Росія, Україна та Індія (ФАО, 2024).

Економічна важливість насіння гірчиці зумовлена його універсальністю та поживною цінністю. Воно багате на білки, ефірні олії та мінерали, що робить його цінним як для харчової, так і для нехарчової промисловості. Світовий ринок насіння гірчиці за прогнозами, зростатиме у період з 2024 по 2030 рік (Market Research Future, 2024).

Забезпечення рослин гірчиці білої елементами живлення протягом вегетації є обов'язковим технологічним агрозаходом, який сприяє отриманню високого та якісного врожаю насіння. Система удобрення базується на знанні біологічних особливостей сорту та ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування. За оптимального рівня мінерального живлення рослин фосфорно-калійними добривами формується добре розвинута коренева система, азотні добрива більш потрібні для підсилення ростових процесів.

Гірчиця це однорічна культура, яка добре росте в прохолодному помірному кліматі. Вона має відносно короткий вегетаційний період - від 80 до 120 днів, залежно від сорту та умов навколишнього середовища. Основні агротехнічні прийоми вирощування насіння гірчиці включають.

Підготовка ґрунту: Гірчиця віддає перевагу добре дренованим, родючим ґрунтам з рівнем рН від 5,5 до 8,3.

Посів: Оптимальна норма висіву становить 5-10 кг/га, залежно від виду та місцевих умов.

Внесення добрив: Гірчиця зазвичай потребує достатньої кількості азоту, фосфору та калію для оптимального росту та врожайності.

Боротьба зі шкідниками та хворобами поширеними проблемами є жуки-білшки, попелиці та такі хвороби, як біла іржа та склеротиніозна стеблова гниль.

Потенціал врожайності насіння гірчиці значно варіюється в залежності від виду, умов навколишнього середовища та методів господарювання. Середня врожайність коливається від 1 до 2 т/га, а деякі високоврожайні сорти та оптимальні умови дають до 3 т/га (Shekhawat et al., 2012).

Проте кілька факторів обмежують врожайність гірчиці. Це мінливість клімату, гірчиця є чутлива до екстремальних температур та дефіциту вологи та родючність ґрунту дефіцит або дисбаланс поживних речовин може суттєво вплинути на розвиток гірчиці.

Залежно від способу посадки, створіть ряди або підняті грядки, де ви будете сіяти насіння гірчиці. Рядки слід розташовувати відповідно до рекомендованої відстані посадки білої гірчиці. Що стосується вимог до вологи, насіння гірчиці потребує достатньої кількості вологи для проростання, тому ми радимо фермерам зрошувати свої поля перед посівом у сухих місцях.

Вибір високоякісного насіння гірчиці з перевіреного джерела. Білу гірчицю зазвичай висівають в кінці літа або на початку осені для осіннього чи зимового збору врожаю або ранньою весною для весняного збору врожаю.

Відстань між рядами повинна бути 6-8 дюймів. Така відстань дозволяє раннє змикання рядків, що зменшує кількість бур'янів і підвищує врожайність насіння. Для порівняння, у гірчиці до (від 30 до 452,5 см, простору між високорослими сортами та від 6 до 10 см між низькорослими сортами).

Рекомендована норма висіву залежить від сорту гірчиці білої та способу її посадки (розкидання чи рядки).

Підтримувати ґрунт постійно вологим, але не перезволоженим протягом усього вегетаційного періоду. Можна додати в ґрунт органіку, наприклад компост, добре перепрілий гній або старе листя.

Найкращий рівень рН для вирощування гірчиці становить від 6,0 до 7,5. Залежно від рівня рН вашого ґрунту, можна використовувати вапно для підвищення рН або сірку для його зниження. Гірчиця найкраще росте на суглинних ґрунтах, які добре дреноують, але утримують достатньо води. Піщані ґрунти можуть занадто швидко висихати, а глинисті ґрунти можуть ставати надто вологими та перешкоджати росту коренів.

Щоб добре рости, рослинам гірчиці потрібні такі важливі поживні речовини, як азот, фосфор, калій та інші мікроелементи та мікроелементи. Детально це буде розібрано в статті про удобрення гірчицею. Переконайтеся, що є достатній дренаж, щоб гірчиця не сильно зволожилася, що може призвести до загибелі коренів.

1.2. Вплив неоднорідності ґрунтово покриву на вирощування гірчиці

Ефективне використання водних ресурсів має вирішальне значення для сталого сільського господарства, особливо в умовах зростаючої мінливості клімату. У нашому дослідженні вивчався вплив мінливості на ріст та врожайність гірчиці (*Brassica spp.*) в умовах несприятливого клімату. Використовуючи різні режими, від дефіцитного до повного, ми мали визначити оптимальні ділянки, які підвищують ефективність використання води для продуктивності культури. Експериментальні дослідження були проведені в різних кліматичних зонах, щоб охопити широкий спектр впливу навколишнього середовища на ріст гірчиці. Результати показали, що стратегічне планування зрошення суттєво впливає як на вегетаційну, так і на репродуктивну фази гірчиці. У регіонах з помірним кліматом оптимальна врожайність була досягнута при помірному застосуванні води, що підкреслює важливість часу і кількості зрошення. І навпаки, в посушливих регіонах повний графік поливу був необхідний для запобігання втрат врожаю, що демонструє чутливість культури до водного стресу. Дослідженням можна підкреслити, що стратегії зрошення, орієнтовані на конкретну ділянку, можуть призвести до значного підвищення врожайності гірчиці та ефективності використання води. Ці висновки є важливими для розробки адаптивних методів зрошення, які можуть пом'якшити негативний вплив зміни клімату на виробництво гірчиці. Подальші дослідження рекомендуються для уточнення цих стратегій і вивчення використання передових технологій зрошення для точного землеробства.

Прецизійне агровиробництво при вирощуванні гірчиці також відоме як точне землеробство або управління культурами на елементарній ділянці поля, - це підхід, який використовує новітні інформаційні технології та широкий спектр додаткових засобів, таких як GPS-навігація, системи контролю та управління, датчики, робототехніка, агродрони, автономні транспортні засоби, технологія змінної норми внесення добрив, відбір проб ґрунту по GPS, автоматизоване обладнання, телематика та інше програмне забезпечення для оптимізації управління на рівні поля у процесі вирощування

сільськогосподарських культур (Гебберс і Адамчук, 2010). Основні принципи використання точного землеробства полягають у наступному:

Розпізнавати та реагувати на міжпольову та внутрішньопольову строкатість культур, ґрунту та умов навколишнього середовища.

Внесення агрохімічних ресурсів (води, добрив, пестицидів) у різних кількостях в межах поля відповідно до місцевих умов.

Використовувати різні технології для збору, аналізу та інтерпретації даних для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Оптимізувати використання ресурсів для підвищення продуктивності при мінімізації впливу на навколишнє середовище.

Актуальність для вирощування гірчиці прецизійне землеробство є особливо актуальним для вирощування гірчиці через декілька факторів:

Гірчиця є дуже чутлива до змін властивостей ґрунту, доступності поживних речовин та кліматичних умов. Прецизійне землеробство дозволяє детально управляти цими змінними (Ангаді та ін., 2003).

Гірчиця має специфічні потреби у мінеральному живленні, які змінюються на різних стадіях росту. Точне управління поживними речовинами може значно покращити врожайність та якість (Rathke та ін., 2006). В умовах посухи та дефіциту води точне зрошення може оптимізувати використання води при вирощуванні гірчиці, що призводить до підвищення ефективності використання води та стабільності врожаю (Hossain et al., 2018).

Методи прецизійного агровиробництва допомагають у ранньому виявленні та цілеспрямованій боротьбі зі шкідниками та хворобами гірчиці, в свою чергу зменшуючи втрати врожаю та використання пестицидів (Bhowmik et al., 2014). Інструменти прецизійного землеробства допомагають у визначенні оптимальних строків збирання врожаю, що відіграє вирішальне значення для максимізації врожайності та якості насіння гірчиці (Gan et al., 2009).

Основні технології точного агровиробництва у вирощуванні гірчиці є кілька технологій, які показали свою перспективність у виробництві насіння гірчиці: глобальна система паралельного позиціонування (GPS) та географічна

інформаційна система (ГІС). Ці дві технології дозволяють точно проводити картографування варіабельності полів і керувати внесення диференційно норм агресурсів (Zhang et al., 2002). Дистанційне зондування за допомогою знімків, отриманих із супутників або дронів, можуть надати цінну інформацію про стан посівів, біомасу та рівень стресу на полях гірчиці (Panda et al., 2010). ****Датчики ґрунту****: Ґрунтові датчики в реальному часі можуть надавати дані про вологість, температуру та рівень поживних речовин у ґрунті, що дозволяє точно управляти цими факторами (Адамчук та ін., 2004). Технології змінних норм внесення добрив (VRT) дозволяє вносити ресурси з різною швидкістю та нормою на різних ділянках поля, оптимізуючи використання ресурсів і потенційно підвищуючи врожайність (Malhi et al., 2009).

Моніторинг та картографування врожайності допомагають зрозуміти просторову мінливість врожайності в межах полів, що дає змогу приймати майбутні управлінські рішення (Arslan and Colvin, 2002).

Потенційні переваги у виробництві насіння гірчиці застосування прецизійного землеробства при вирощуванні насіння гірчиці показало кілька потенційних переваг.

Дослідження вчених свідчать про збільшення врожайності гірчиці на 10-25% при застосуванні систем точного землеробства (Singh et al., 2011). Підвищення ефективності використання ресурсів точне внесення мінеральних добрив може призвести до підвищення ефективності використання поживних речовин та зменшення впливу на навколишнє середовище (Basso et al., 2016). Управління підвищує вміст олії та знизити рівень ерукової кислоти в насінні гірчиці (Rathke et al., 2006).

Зниження виробничих витрат, хоч початкові інвестиції в технології точного землеробства є високими, в довгостроковій перспективі спостерігається зниження виробничих витрат (Robertson et al., 2007). Елементи точного землеробства впливають до зменшення хімічних стоків та викидів парникових газів з гірчичних полів (Bongiovanni and Lowenberg-DeBoer, 2004).

На врожайність насіння гірчиці впливає складна взаємодія різних факторів, включаючи умови навколишнього середовища, властивості ґрунту та методи управління. У цьому розділі ми зосередимося на двох найважливіших факторах: неоднорідності поля та мінеральному живленні, а також коротко обговоримо інші важливі фактори, що впливають на врожайність насіння гірчиці. Під неоднорідністю поля розуміють просторову мінливість властивостей ґрунту, топографії та мікроклімату в межах одного поля. Ця мінливість може суттєво впливати на врожайність насіння гірчиці. Фізичні властивості ґрунту такі як текстура, структура і глибина ґрунту можуть значно відрізнятися на різних ділянках поля, що впливає на утримання води, ріст коренів і доступність поживних речовин для рослин гірчиці (Адамчук та ін., 2004). На прикладі піщаних ґрунтів на деяких ділянках поля утворюється підвищений водний стрес у рослин гірчиці, тоді як на ділянках, багатих на глину, можуть виникнути проблеми з перезволоженням (Ангаді та ін., 2003). Різниця в глибині обробки ґрунту може впливати на розвиток коренів і доступ до води та поживних речовин (Gan et al., 2009). Хімічні властивості ґрунту безпосередньо впливають на просторову строкатість рН ґрунту, вміст органічної речовини та поживних речовин, це може призвести до нерівномірного росту рослин та врожайності гірчиці на різних ділянках поля (Malhi et al., 2009). Ключовими факторами є строкатість рН: гірчиця росте переважно у слабокислих і нейтральних ґрунтах (рН 5,5-7,5). На ділянках з рН більшим за межі цього діапазону може спостерігатися зниження доступності поживних речовин і затримка росту (Rathke et al., 2006). Зміни вмісту органічної речовини можуть впливати на структуру ґрунту, водоутримуючу здатність і доступність поживних речовин, що відповідно суттєво відбивається на рослинах (Bhowmik et al., 2014). Рельєф поля є фактором впливу на розподіл води, ерозію ґрунту та мікроклімат, що в свою чергу впливає на продуктивність гірчиці. Нахил та азимут спричиняють коливання вологості та температури ґрунту на полі (Irmak et al., 2006). Низинні ділянки є схильні до перезволоження, в той час як вершини підвищення (пагорбів) можуть частіше

відчувати водний стрес (Кравченко та Буллок, 2000). Розуміння та управління неоднорідністю полів має важливе значення для оптимізації врожайності насіння гірчиці. Методи прецизійного землеробства, такі як управління поживними речовинами на конкретній ділянці, зрошення зі змінною нормою та цілеспрямоване внесення добрив у ґрунт, можуть допомогти впоратися з цими просторовими варіаціями (Zhang et al., 2002).

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма проведення досліджень

Дослідження із вивчення методів управління вирощуванням гірчиці за використання елементів точного землеробства проводилися у ТОВ «Біотех ЛТД» (с. Городище, Бориспільського району, Київської області) у 2024р. Господарство розташоване у Північному Лісостепу України. Клімат цього регіону характеризується, як сприятливим для вирощування більшості культур, в тому гірчиці. Клімат м'який, помірний, однак характерною є нестача вологи, особливо в літній період вегетації гірчиці. Середньорічна температура в регіоні складає 6,8°C. Середня кількість опадів – 476-568 мм/рік.

Досліджуваний темно-сірий опідзолений ґрунт має наступні агрохімічні показники в орному шарі на глибині 0-20 см. Вміст гумусу складає 2,03%, що характеризує його як малогумусний. Реакція ґрунтового розчину слабокисла - рН_{ксі} становить 5,60. Сума ввібраних основ знаходиться на рівні 28,2 мг-екв на 100 грамів ґрунту, що є типовим показником для даного типу ґрунту.

Легкосуглинковий гранулометричний склад зумовлює достатньо добру водопроникність та аерацію ґрунту, але водночас потребує особливої уваги до заходів накопичення та збереження ґрунтової вологи. Цей тип ґрунту добре піддається механічному обробітку, проте схильний до ущільнення за надмірного навантаження сільськогосподарською технікою.

Таблиця 2.1

Агрохімічна характеристика темно-сірого опідзоленого ґрунту

Глибина відбору, см	Гумус, %	рН _{ксі}	Сумма ввібраних основ, мг-екв/100 г ґрунту	Вміст		
				мінерального азоту, мг/кг	рухомих сполук фосфору, мг/кг	обмінного калію, мг/кг
0-20	2,04	5,60	28,3	32,8	155	85

Щодо забезпеченості поживними речовинами, то вміст мінерального азоту становить 32,8 мг/кг, що відповідає середньому рівню. Вміст рухомих сполук фосфору дещо вищий - 155 мг/кг, такий показник характеризує підвищену забезпеченість цим елементом. Рівень обмінного калію складає 85 мг/кг, що вказує на середню забезпеченість ґрунту цим елементом живлення.

В цілому, агрохімічні показники свідчать про задовільний стан ґрунту для вирощування сільськогосподарських культур, проте для отримання високих та стабільних врожаїв потрібно звернути увагу на підвищення вмісту органічної речовини та оптимізацію мінерального живлення, особливо азотного та калійного.

Погодні умови за вегетаційний період вирощування гірчиці, відповідають значній нестабільності та відхилення від оптимальних значень для культури. Осінній період розпочався з достатнім рівнем вологи, що сприяло отримання сходів озимої гірчиці, температурний режим також був сприятливим для розвитку рослин перед входом у зиму.

Але перезимівля виявилася критичною через недостатність снігового покриву та низькі температури більша частина рослин озимої гірчиці піддалася вимерзанню. Це зумовило разом із фахівцями прийняти рішення щодо пересіву площі поля ярою гірчицею.

Пізнью весна 2024 року відтермінувала строки пересіву. Також додатковим негативним фактором було стрімке підвищення температури повітря у квітні одночасно з недостатнім рівнем вологи. Такі умови створили стресову ситуацію для молодих рослин ярої гірчиці, що негативно вплинуло на їх початковий розвиток.

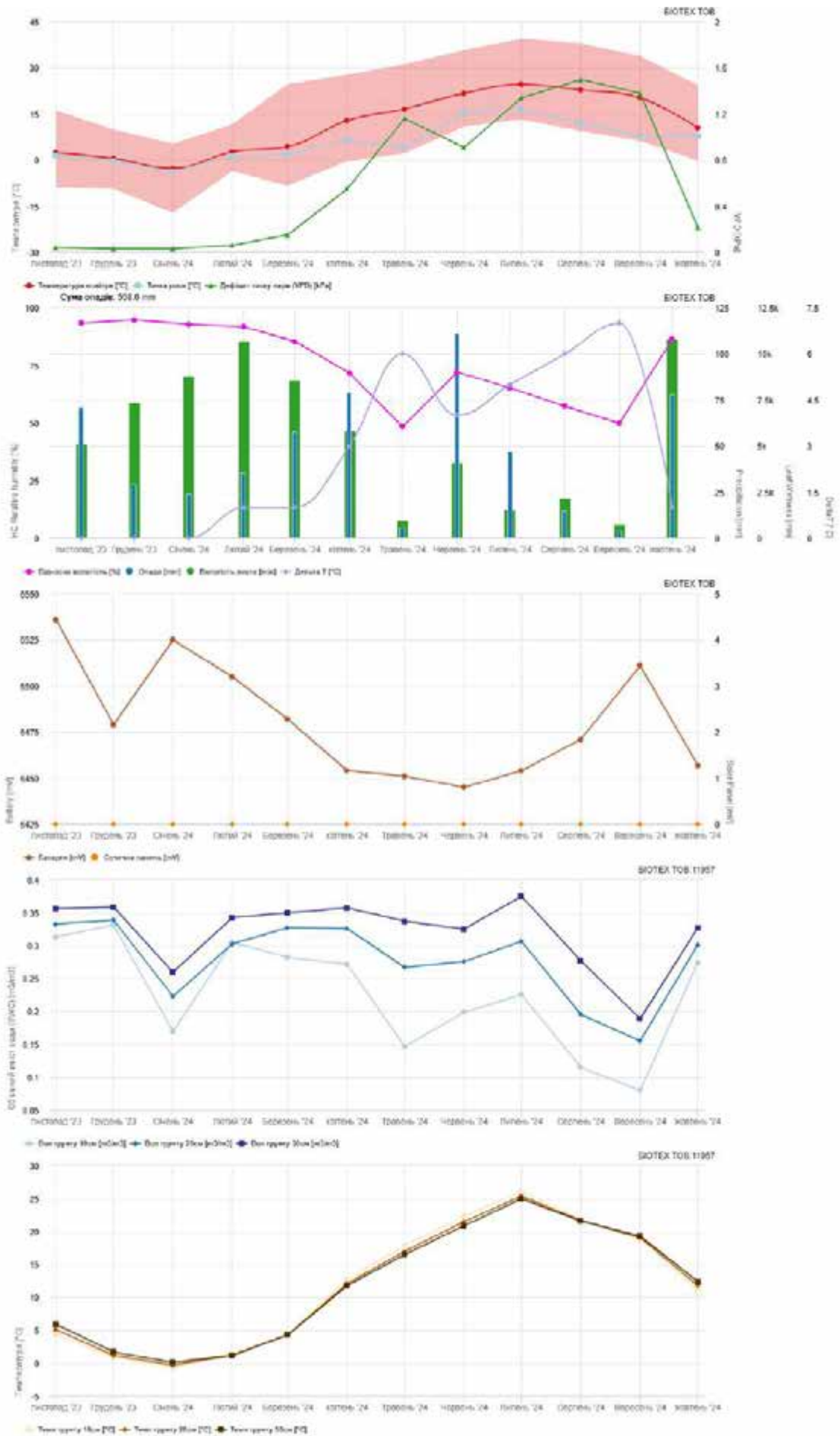


Рис 1. Погодні данні з місцевої метеостанції iMetos, 2023-2024 рр.

Літній вегетаційний період характеризувався високими температурами та помірною кількістю опадів. Через це спостерігався значний дефіцит вологи в повітрі, що було особливо критично під час цвітіння та формування насіння гірчиці. Загальна сума опадів за вегетаційний період склала 558,6 мм, але їх розподіл був дуже нерівномірним – більша частина випала в зимові місяці, що обумовило в критичні періоди розвитку культури спостеріти дефіцит вологи.

Температурний режим також не оптимальними та не стабільним, високі перепади між денними та нічними температурами, характерні для континентального клімату регіону, створювали додатковий стрес для рослин. Влітку максимальні температури сягали 25°C, що перевищує оптимальні показники температури для гірчиці.

В цілому, вегетаційний період 2023-2024 років виявився досить складним для вирощування гірчиці через комбінацію несприятливих погодних факторів. Це вимагало оперативного реагування та корегування технології вирощування.

2.3 Методика та методи проведення досліджень

У технології вирощування гірчиці на насіння попередником було озима пшениця. Основний обробіток ґрунту проводився після збирання попередника з лущення стерні дисковим агрегатом Gregory Besson Normandi 7500 на глибину до 7 см, такий підхід сприяє збереженню вологи. Наступним етапом був став основний обробіток ґрунту агрегатом Horsch Tiger 4 MT, який забезпечив дворівневий обробіток: дисками на глибину до 12 см та лапами на 22-24 см.

Спершу було висіяно озиму гірчицю сорту Мішутка. Однак після зимівлі стан посівів виявився незадовільним через вимерзання рослин, тому було прийнято рішення виконати пересів ярою гірчицею. Передпосівну підготовку ґрунту провели дискування площі агрегатом Gregory Besson Normandi 7500 на глибину до 7 см.

Таблиця 2.2

Технологічна карти вирощування гірчиці

Термін виконання	Операції
	Попередник в сівозміні – озима пшениця
Липень - серпень 2023	Основний обробіток ґрунту: - пожнивне лушення стерні для збереження вологи та провокації проростання бур'янів дисковим агрегатом Gregory Besson Normandi 7500. Глибина обробітку до 7 см - основний обробіток ґрунту диско – лаповим агрегатом Horsch Tiger 4 MT. Глибина обробітку: – диски до 12 см; лапи 22-24 см.
Серпень 2023	Посів: посів гірчиці озимої (сорт Мішутка) на насіння.
Лютий 2024	Підживлення посівів рідкими добривами КАС 30 в нормі 200 л/га самохідним обприскувачем Technoma Lazer 4200
Березень 2024	Проміжна оцінка стану посіву після зимівлі. Стан незадовільний через вимерзання рослин – прийнято рішення проведення пересіву гірчицею ярою
29.03.2024	Проведено дискування площі під посів агрегатом Gregory Besson Normandi 7500 на глибину до 7 см
03.04.2024	Здійснено посів гірчиці (сорт – Прима, перша репродукція) сівалкою Amazone Cirrus. Попередня підготовка насіння – обробка препаратом Памотоксаном. Норма висіву – 1,5 млн насінин на 1 га або ж 5,5 кг/ га. Схожість насіння ≈ 90%
22.04.2024	Обробка гербіцидом <u>Клетстар, КЕ</u> (боротьба з однорічними та багаторічними злаковими бур'янами)
01.05.2024	Обробка гербіцидом Піралюкс Екстра, РК (боротьба з однорічними та багаторічними однодольними бур'янами). Норма внесення 0,3 л/га
17.05.2024	Обробка інсектицидом Фастак 10%. Норма 0,15 л/га діючої речовини
22.05.2024	Обробка інсектицидом Біскайя® 24% OD, м.д. Норма 0,4 л/га діючої речовини
	Внесення мікродобрив Біоріп 30. Норма 2л/га діючої речовини
25.06.2024	Обробка фунгіцидом Флексіті 30%, к.с.. Норма 0,2л/га діючої речовини.
17-18.07.2024	Збір урожаю зернозбиральним комбайном JD S 770 JD F625 - 7,6 м та ріпаковим столом. Фактична урожайність 1,2 т/га

Посів ярої гірчиці здійснювали 3 квітня сівалкою Amazone Cirrus. Насіння було оброблене препаратом Памотоксан. Норма висіву становила 1,5 млн. нас./га зі схожістю насіння близько 90%.

Система мінерального живлення включала підживлення рідкими добривами КАС 30 в нормі 200 л/га, внесення проводили самохідним обприскувачем Technoma Lazer 4200, та фоліарне підживлення мікродобривами Біоріп 30 в нормі 2 л/га.

Система захисту рослин включала наступні заходи: внесення гербіцидів Клетстар та Піралюкс Екстра в нормі 0,3 л/га. Інсектицидний захист передбачав дворазову обробку: Фастак в нормі 0,15 л/га, та через п'ять днів - Біскайя 24% в нормі 0,4 л/га від хвороб забезпечили внесенням фунгіциду Флексіті 30% в нормі 0,2 л/га.

Збирання врожаю проводили зернозбиральним комбайном John Deere S 770 з жаткою JD F625 шириною захвату 7,6 м та ріпаковим столом. Фактична урожайність склала 1,2 т/га, що є нижчим за потенційно можливу для ярої гірчиці. На зниження врожайності могли вплинути пізні строки пересіву, стрес рослин від пересіву та погодні умови вегетаційного періоду.

Для покращення ефективності вирощування гірчиці в майбутньому доцільно звернути увагу на більш ранню діагностику стану озимих посівів для своєчасного прийняття рішення про пересів, оптимізацію системи удобрення з урахуванням ґрунтової діагностики та посилення системи захисту рослин відповідно до фітосанітарного моніторингу посівів.

РОЗДІЛ 3.

РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ПРОДУКТИВНІСТЬ НАСІННЯ ГІРЧИЦІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Традиційна сільськогосподарська практика часто значною мірою залежить від великої кількості добрив і пестицидів, які можуть мати шкідливий вплив як на існуючі організми, так і на екосистеми. Різні методи, включаючи геоінформатику та використання новітніх систем управління сприяють підвищенню продуктивності сільського господарства, зменшенню бідності та продовольчій безпеці. Методи геоінформатики допомагають визначити типи ґрунтів та їх структуру. Нанотехнології пропонують значні переваги в сільському господарстві, включаючи розробку нанодобрив і нанопестицидів, які підвищують продуктивність без деградації ґрунту, одночасно забезпечуючи захист від комах-шкідників і мікробних захворювань. Цей розділ має на меті критично підкреслити важливість елементів прецизійного агровиробництва як нових інструментів для досягнення сталого розвитку сільського господарства.

Аналіз космічного знімку посіву гірчиці показав чітку диференціацію поля за рівнем розвитку рослин, що дозволило розділити його на три характерні зони продуктивності. Такий поділ дає можливість детально оцінити стан посівів та спланувати необхідні агротехнічні заходи для кожної зони окремо.

У верхній частині поля розташована зона 1, яка вирізняється найкращим розвитком рослин гірчиці. На знімку ця територія має насичений зелений колір, що свідчить про високі значення вегетаційного індексу. Добрий стан посівів у цій зоні може бути зумовлений кількома факторами: сприятливими властивостями ґрунту, кращим вологозабезпеченням через особливості мікрорельєфу, або більш якісним проведенням технологічних операцій. Ця зона може слугувати еталоном потенційної продуктивності поля та орієнтиром при плануванні заходів з покращення стану інших ділянок.



Рис 2. Картограма поділу на зони продуктивності за індексом NDVI

В нижній частині поля знаходиться зона 2, де спостерігається середній рівень розвитку рослин. Забарвлення на знімку тут помірно зелене, що вказує на задовільний стан посівів, хоча й дещо гірший порівняно з зоною 1. Така ситуація типова для полів з неоднорідним рельєфом або ґрунтовим покривом. Ця зона потребує помірного коригування технології вирощування, зокрема, можливого збільшення норм внесення добрив або застосування стимуляторів росту.

Особливої уваги варто приділити зоні 3, розташована в центральній частині поля. Тут спостерігається найслабший розвиток рослин, що проявляється у світлішому забарвленні на знімку. Причини такого стану можуть бути різноманітними: від особливостей мікрорельєфу та фізико-хімічних властивостей ґрунту до проблем з проведенням технологічних операцій. Ця зона потребує детального обстеження для встановлення

конкретних причин відставання у розвитку рослин та розробки комплексу заходів з покращення ситуації.

Виявлена неоднорідність розвитку посівів вказує на необхідність застосування диференційованого підходу до проведення агротехнічних заходів. Зокрема, доцільно розглянути можливість:

- коригування норм внесення мінеральних добрив відповідно до потреб кожної зони
- диференційованого застосування регуляторів росту та засобів захисту рослин
- проведення додаткових агроеліоративних заходів на проблемних ділянках
- планування точного землеробства в майбутньому з урахуванням виявлених особливостей поля

Така деталізація стану посівів дозволяє не лише оптимізувати поточні агротехнічні заходи, але й розробити довгострокову стратегію вирівнювання продуктивності поля. При цьому важливо враховувати, що виявлені зони можуть змінювати свої межі залежно від погодних умов року та вирощуваної культури, тому моніторинг стану посівів має проводитися регулярно.

Розуміння особливостей кожної зони продуктивності є ключовим елементом для прийняття обґрунтованих рішень щодо оптимізації технології вирощування та ефективного використання наявних ресурсів.

На представленому супутниковому знімку з розрахованим індексом NDVI чітко простежується неоднорідність розвитку посівів гірчиці на дослідному полі. За даними вегетаційного індексу можна виділити декілька характерних зон розвитку рослин.

Найбільшу площу поля займають ділянки з помірною рослинністю, що характеризуються значеннями NDVI в діапазоні 0,22-0,27 (близько 28 га сумарно). Ці зони розташовані відносно рівномірно по всій площі поля, що свідчить про загалом задовільний стан посівів.



Рис 3. Картограма розподілу вегетативної маси станом на 01.05.2024

У верхній та центральній частинах поля спостерігаються ділянки з більш густою рослинністю, де індекс NDVI досягає значень 0,40-0,50. Такі зони займають порівняно невелику площу (близько 0,45 га), але демонструють потенціал поля для кращого розвитку культури.

Водночас на полі присутні зони з низькою вегетацією (NDVI 0,17-0,20), які розташовані переважно у нижній частині поля. Їх площа складає близько 0,2 га, що може бути пов'язано з мікрорельєфом ділянки або відмінностями у ґрунтовому покриві.

Особливу увагу привертають невеликі ділянки з розрідженою рослинністю (NDVI 0,10-0,12), що займають близько 0,01 га. Ці зони потребують детального обстеження для встановлення причин пригніченого розвитку рослин.

Така строкатість розвитку посівів може бути обумовлена різними факторами: нерівномірністю рельєфу поля; відмінностями у ґрунтовому покриві; особливостями проведення технологічних операцій; впливом несприятливих погодних умов під час пересіву; нерівномірністю розподілу вологи по полю.

Виявлена неоднорідність вказує на необхідність диференційованого підходу до проведення агротехнічних заходів на різних ділянках поля, особливо при внесенні добрив та засобів захисту рослин. Також ця інформація може бути корисною при плануванні заходів з вирівнювання родючості ґрунту на наступні роки.



Фото 1. Результати наземного моніторингу на посівах гірчиці

На представленому фото зображено рослини гірчиці з різних зон продуктивності поля. За морфологічними ознаками можна провести їх порівняльний аналіз.

На фото видно суттєву різницю в розвитку рослин. Використовуючи лінійку як масштаб, можна відзначити різницю в розмірах листкового апарату та загальному розвитку рослин. Листки мають характерну для гірчиці форму, але різняться за розміром залежно від умов зростання.

Верхні рослини на фото, ймовірно, походять із зони високої продуктивності, про що свідчить більш потужний розвиток листкового апарату, інтенсивніше зелене забарвлення листків та загальний вигляд рослин. Листкові пластинки у них більші за розміром, що забезпечує кращий фотосинтетичний потенціал.

Нижні рослини демонструють ознаки пригніченого росту - менший розмір листків, світліше забарвлення, що характерно для зон низької продуктивності. Також помітні пошкодження листкового апарату, які можуть бути спричинені як шкідниками, так і стресовими факторами середовища.

Коренева система рослин також має відмінності у розвитку, що видно по товщині та розгалуженості кореневої шийки. Це може свідчити про різні умови ґрунтового живлення та вологозабезпечення в різних зонах поля.

Такі морфологічні відмінності підтверджують правильність виділення зон продуктивності на полі та пояснюють різницю в урожайності між ними.

Рослини суттєво відрізняються за основними морфологічними показниками, що свідчить про різні умови їх вегетації у межах досліджуваного поля.

При проведенні замірів встановлено, що висота рослин коливається від 15 до 23 сантиметрів. Більш розвинені екземпляри мають висоту 21-23 см, тоді як менш розвинені досягають лише 15-17 см. Така різниця у висоті рослин складає 6-8 см і є досить суттєвою для даної фази розвитку культури.

Листковий апарат також демонструє значну варіацію у розвитку. Довжина найбільших листкових пластинок сягає 12-14 см, а їх ширина варіює в межах 6-8 см у добре розвинених рослин. Забарвлення листків змінюється від світло-зеленого до насиченого зеленого кольору, що може свідчити про різний рівень забезпечення рослин елементами живлення.

Коренева система рослин характеризується різним ступенем розвитку. Діаметр кореневої шийки коливається від 0,4 до 0,7 см, видима частина головного кореня становить 7-9 см. На коренях помітні бічні розгалуження різного порядку, що вказує на активний ріст кореневої системи.

При детальному огляді рослин виявлено окремі механічні пошкодження та сліди діяльності шкідників на листках, проте загальний тургор тканин залишається задовільним. Такі біометричні показники чітко відображають різницю в умовах росту рослин та пояснюють відмінності у продуктивності різних зон поля.



Фото 2. Результати наземного моніторингу на посівах гірчиці

Рослини гірчиці в фазі повної стиглості, відібрані з різних зон продуктивності поля для проведення біометричного аналізу. Використовуючи мірну лінійку як еталон виміру, можна визначити основні морфологічні параметри рослин.

Висота рослин варіює від 85 до 125 см. Найвища рослина, розташована праворуч, досягає 125 см у висоту та має найбільш розвинену верхівкову частину з розгалуженнями. Центральна рослина має висоту близько 110 см, а ліва - найменша, близько 85 см. Така різниця у висоті рослин (до 40 см) чітко демонструє вплив умов вирощування на ріст культури.

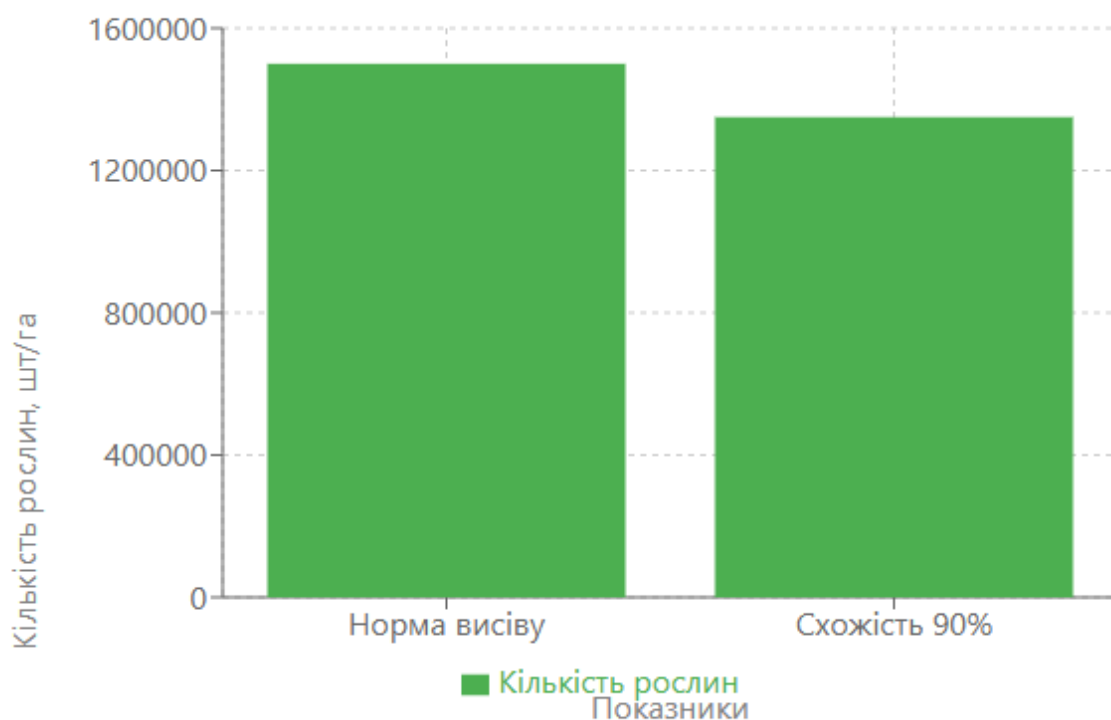
Стебла рослин з характерним для культури галуженням у верхній частині. Товщина стебел також різниться: у більш розвинених рослин вона становить

0,8-1,0 см біля основи, тоді як у менш розвинених - 0,5-0,6 см. Кількість бічних гілок варіює від 4-5 у менших рослин до 8-10 у більш розвинених екземплярів.

На верхівках пагонів сформувалися генеративні органи - стручки, кількість яких також відрізняється залежно від загального розвитку рослин. На найбільш розвиненій рослині спостерігається найбільша кількість стручків, що свідчить про вищий потенціал урожайності.

Загальний вигляд рослин, їх габітус та ступінь розвитку генеративних органів чітко корелюють з виділеними зонами продуктивності поля та підтверджують суттєвий вплив умов вирощування на формування врожаю гірчиці.

Норма висіву та схожість гірчиці



Різниця між нормою висіву та фактичними сходами: 0.15 млн шт/га

На дослідній ділянці при вирощуванні гірчиці була встановлена норма висіву насіння на рівні 1 500 000 схожих насінин на один гектар. При цьому варто відмітити, що лабораторна схожість насінневого матеріалу становила

90%. В результаті обліку сходів було встановлено, що фактична кількість рослин, які зійшли, склала 1 350 000 штук/га.

Такі результати свідчать про те, що втрати при проростанні насіння відповідали лабораторним показникам схожості - різниця між висіяною кількістю насіння та отриманими сходами становить 150 000 штук/га, або 10% від норми висіву. Це вказує на високу якість передпосівної підготовки насіння та сприятливі умови для його проростання.

Отримана густина стояння рослин (1,35 млн шт/га) є оптимальною для формування повноцінного агрофітоценозу гірчиці та дозволяє рослинам максимально реалізувати свій продуктивний потенціал за рахунок оптимального розподілу площі живлення. При такій густоті створюються сприятливі умови для розвитку кожної окремої рослини, формування генеративних органів та, в кінцевому результаті, отримання високого врожаю насіння належної якості.

Важливо підкреслити, що співпадіння фактичних втрат при проростанні з показником лабораторної схожості свідчить про високий рівень дотримання технології посіву та оптимальні ґрунтово-кліматичні умови в період появи сходів.

Таблиця 3.1

Біометричні показники за управління отримання насіння гірчиці залежно від зони продуктивності поля, 2024 р.

Ділянка поля	Висока		Середня		Низька	
	К-сть стрючків	К-сть насінин	К-сть стрючкі в	К-сть насінин	К-сть стрючкі в	К-сть насіни н
1	178	1246	149	894	113	565
2	165	1238	135	810	125	750
3	123	861	121	678	139	779
4	145	943	156	1014	121	605
5	115	805	105	735	95	588

Середнє значення	145	1019	133	826	119	657
------------------	-----	------	-----	-----	-----	-----

При аналізі біометричних показників гірчиці, отриманих з різних зон продуктивності поля в 2024 році, спостерігаються суттєві відмінності у розвитку рослин та формуванні їх генеративних органів.

У зоні високої продуктивності зафіксовано найкращі показники розвитку рослин. Сумарна кількість стручків з п'яти рослин становить 726 штук, а загальна кількість насінин досягає 5093 штуки. При цьому спостерігається значна варіація показників між окремими рослинами - від 115 до 178 стручків на рослину. Найбільша кількість стручків (178) та насінин (1246) відмічена на першій обліковій рослині, тоді як найменші показники зафіксовані на п'ятій рослині - 115 стручків та 805 насінин.

Зона середньої продуктивності характеризується дещо нижчими показниками. Загальна кількість стручків тут складає 666 штук, а кількість насінин - 4131 штуку. Варіація показників між рослинами також помітна - від 105 до 156 стручків на рослину. Найкращі показники в цій зоні показала четверта облікова рослина (156 стручків та 1014 насінин), а найнижчі - п'ята рослина (105 стручків та 735 насінин).

У зоні низької продуктивності спостерігаються найменші сумарні показники - 593 стручки та 3287 насінин. Проте цікаво відмітити, що деякі рослини в цій зоні показали досить високі індивідуальні результати - наприклад, третя облікова рослина сформувала 139 стручків з 779 насінинами, що перевищує показники деяких рослин із зони середньої продуктивності. Найнижчі показники в цій зоні зафіксовані на п'ятій рослині - 95 стручків та 588 насінин.

Порівнюючи зони між собою, можна відзначити, що різниця між високою та низькою зонами продуктивності складає 133 стручки та 1806 насінин на п'ять рослин. Це свідчить про суттєвий вплив умов вирощування на формування генеративних органів гірчиці. Також важливо відмітити, що в усіх зонах спостерігається значна варіація показників між окремими рослинами, що може

бути пов'язано з індивідуальними особливостями розвитку рослин та мікро умовами їх зростання.

Такі результати підтверджують доцільність диференційованого підходу до управління посівами та необхідність врахування зональності поля при плануванні агротехнічних заходів. Особливу увагу варто приділити заходам, спрямованим на вирівнювання умов вирощування та підвищення продуктивності рослин у зонах з нижчими показниками розвитку.

Таблиця 3.2

Урожайність насіння гірчиці за умов за використання елементів точного землеробства, т/га, 2024 р.

Показник	Висока	Середня	низька
Урожайність, т/га	2,136	1,517	1,250
Маса 1000 зерен, г	4,19	3,67	3,80

За результатами досліджень урожайності гірчиці в умовах використання елементів точного землеробства було проведено детальний аналіз продуктивності культури в різних зонах поля. Дослідження показало суттєву диференціацію як урожайності, так і якісних показників насіння залежно від зони продуктивності.

У зоні високої продуктивності було отримано найкращі результати - урожайність досягла 2,136 т/га, що суттєво перевищує показники інших зон. Важливо відзначити, що в цій зоні також сформувалось найбільш виповнене насіння з масою 1000 зерен 4,19 г. Такі показники свідчать про оптимальні умови для росту і розвитку рослин та формування повноцінного насіння в цій частині поля.

Середня зона продуктивності характеризувалася дещо нижчими показниками - урожайність склала 1,517 т/га, що на 0,619 т/га менше порівняно

з високопродуктивною зоною. Маса 1000 зерен у цій зоні становила 3,67 г, що є найнижчим показником серед усіх досліджуваних зон. Це може свідчити про певні обмежуючі фактори, які вплинули на процес наливу зерна.

У зоні низької продуктивності урожайність була найменшою - 1,250 т/га, що на 0,886 т/га менше порівняно з високопродуктивною зоною та на 0,267 т/га менше порівняно із середньою зоною. Цікаво відмітити, що маса 1000 зерен у цій зоні (3,80 г) виявилася вищою, ніж у середній зоні. Це може вказувати на те, що в зоні низької продуктивності основним фактором зниження урожайності була не якість формування окремих насінин, а загальна кількість продуктивних рослин на одиниці площі.

Різниця між найвищою та найнижчою урожайністю склала 0,886 т/га, або 41,5% від максимального показника. Така суттєва варіація вказує на значний вплив просторової неоднорідності поля на формування врожаю. При цьому різниця в масі 1000 зерен між крайніми варіантами становила 0,52 г, що свідчить про менш виражений вплив зональності на якісні показники насіння.

Отримані результати підтверджують ефективність використання елементів точного землеробства для діагностики стану посівів та виявлення проблемних зон поля. Ця інформація може бути використана для: планування диференційованого внесення добрив; коригування норм застосування засобів захисту рослин; розробки заходів з підвищення продуктивності проблемних ділянок; оптимізації технологічних операцій відповідно до особливостей кожної зони.

Такий підхід дозволяє не лише краще розуміти причини варіації урожайності по полю, але й розробляти ефективні стратегії управління посівами для максимальної реалізації потенціалу культури в кожній зоні продуктивності.



При вирощуванні гірчиці в господарстві в сезоні 2024 року було заплановано отримати урожайність на рівні 1 500 кг/га. Такий плановий показник базувався на потенційних можливостях культури та розрахунках оптимальних умов вирощування. Однак фактична урожайність склала лише 1 200 кг/га, що значно нижче від очікуваного результату.

Різниця між плановою та фактичною врожайністю становить 300 кг/га, що свідчить про недобір урожаю. Важливо відмітити, що використання біологічного потенціалу культури склало лише 75%, а недобір урожаю від запланованого рівня досяг 25%. Середній показник між плановою та фактичною врожайністю знаходиться на рівні 1 350 кг/га.

Таке зниження врожайності можна пояснити комплексом несприятливих факторів, що склалися протягом вегетаційного періоду. Основним з них став

вимушений пересів озимої гірчиці на яру через незадовільну перезимівлю посівів. Додатковий негативний вплив мали пізні строки сівби ярої гірчиці та стресові погодні умови протягом вегетації. Також значну роль відіграла виявлена нерівномірність розвитку рослин по полю, що підтверджується даними супутникового моніторингу та біометричними показниками рослин з різних зон продуктивності.

Отримані результати вказують на необхідність суттєвого вдосконалення технології вирощування гірчиці в господарстві, особливо в частині захисту озимих посівів від вимерзання та оптимізації строків сівби як озимої, так і ярої форми культури. Також варто звернути увагу на впровадження диференційованого підходу до проведення агротехнічних заходів з урахуванням виявлених зон продуктивності поля.

РОЗДІЛ 4.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ГІРЧИЦІ В РІЗНИХ ЗОНАХ ПРОДУКТИВНОСТІ ПОЛЯ.

Економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур, зокрема гірчиці, є ключовим показником доцільності їх виробництва в сучасних ринкових умовах. За даними досліджень провідних вчених (Шпичак О.М., Саблук П.Т., Андрійчук В.Г.), рентабельність виробництва олійних культур в Україні може коливатися в межах 50-200% залежно від технології вирощування та ринкової кон'юнктури.

Особливу увагу науковці приділяють впливу зональності вирощування на економічні показники. Дослідження Лихочвора В.В. та Петриченка В.Ф. показують, що врожайність гірчиці може варіювати від 1,0 до 2,5 т/га залежно від ґрунтово-кліматичних умов та технології вирощування, що безпосередньо впливає на економічні результати.

В роботах Мельника І.П. та Гаврилюка М.М. відзначається, що використання точного землеробства та диференційованого підходу до різних зон поля дозволяє підвищити рентабельність виробництва на 25-40%. При цьому важливим фактором є оптимізація виробничих витрат відповідно до потенціалу продуктивності кожної зони.

Сучасні дослідження Танчика С.П. та Каленської С.М. підтверджують, що економічна ефективність вирощування гірчиці значною мірою залежить від якості насіннєвого матеріалу та маси 1000 насінин, яка корелює з урожайністю та впливає на вартість отриманої продукції.

В умовах зростання вартості виробничих ресурсів особливого значення набуває оптимізація технології вирощування з урахуванням потенціалу продуктивності різних зон поля, що дозволяє максимізувати економічну ефективність виробництва.

Використання сучасних методів моніторингу стану посівів та картування врожайності дає можливість диференціювати технологічні операції та

оптимізувати виробничі витрати, що підтверджується дослідженнями вітчизняних та закордонних вчених.

Таблиця 4.1

Економічна ефективність вирощування гірчиці в різних зонах продуктивності поля, 2024 р.

№	Показник	Зона продуктивності		
		висока	середня	низька
1	Урожайність, т/га	2,136	1,517	1,250
2	Вартість продукції, грн/га	53 400	37925	31 250
3	Виробничі витрати, грн/га	28 000	28 000	28 000
4	Прибуток, грн/га	25 400	9 925	3 250
5	Рентабельність, %	90,7	35,4	11,6
6	Додатковий прибуток відносно низької продуктивності, грн/га	+22 150	+ 6 675	-

Дослідження показало суттєву економічну диференціацію між зонами різної продуктивності. У зоні високої продуктивності, де урожайність досягла 2,136 т/га, а маса 1000 зерен становила 4,19 г, було отримано найвищі економічні показники. Вартість виробленої продукції тут склала 53 400 грн/га, що при виробничих витратах 28 000 грн/га забезпечило прибуток у розмірі 25 400 грн/га. Рентабельність виробництва у цій зоні досягла майже 90,7 %, що свідчить про високу економічну ефективність.

Зона середньої продуктивності характеризувалася дещо нижчими показниками. При урожайності 1,517 т/га та масі 1000 зерен 3,67 г вартість продукції склала 37 925 грн/га. За тих же виробничих витрат прибуток становив 9 925 грн/га, а рентабельність – близько 35%. Це демонструє все ще достатньо високу економічну ефективність виробництва.

У зоні низької продуктивності, незважаючи на найменшу урожайність (1,250 т/га), виробництво залишалося рентабельним. При вартості виробленої продукції 31 250 грн/га було отримано прибуток 3 250 грн/га, що забезпечило

рентабельність на рівні 11,6%. Цікаво відзначити, що маса 1000 зерен (3,80 г) тут виявилася вищою, ніж у зоні середньої продуктивності.

Порівняльний аналіз додаткового прибутку показує, що різниця між зонами високої та низької продуктивності становить 22 150 грн/га, а між середньою та низькою – 6 675 грн/га. Це вказує на значний економічний потенціал оптимізації технології вирощування в різних зонах поля.

При цьому важливо відзначити, що виробничі витрати були прийняті однаковими для всіх зон (28 000 грн/га), хоча в реальних умовах вони можуть відрізнятися залежно від інтенсивності технології вирощування. Базова ціна реалізації становила 25 000 грн/т, що відповідає ринковим умовам 2024 року.

Отримані результати свідчать про високу економічну доцільність диференційованого підходу до вирощування гірчиці з урахуванням зональності поля. Навіть за умов низької продуктивності культура забезпечує позитивний економічний результат, а в зонах високої продуктивності демонструє значний потенціал прибутковості.

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень з вирощування гірчиці в умовах Лівобережного Лісостепу України з використанням елементів точного землеробства можна зробити наступні висновки:

Дослідне поле представлено темно-сірим опідзоленим легкосуглинковим ґрунтом із середнім рівнем родючості. Вміст гумусу становить 2,03%, реакція ґрунтового розчину слабокисла (рНксі 5,80), сума ввібраних основ складає 27,2 мг-екв/100 г ґрунту, а забезпеченість основними елементами живлення коливається від середнього до підвищеного рівня.

Погодні умови вегетаційного періоду виявилися несприятливими для вирощування культури. Недостатній сніговий покрив призвів до вимерзання озимої гірчиці, що змусило проводити пересів ярою формою у пізні строки. Додатково негативний вплив мали посушливі умови під час критичних фаз розвитку рослин.

Використання супутникового моніторингу дозволило виділити на полі три зони продуктивності, які суттєво відрізнялися за урожайністю та якістю насіння. У зоні високої продуктивності урожайність склала 2,136 т/га з масою 1000 насінин 4,19 г, у середній зоні - 1,517 т/га та 3,67 г, у низькій - 1,250 т/га та 3,80 г відповідно.

Загальна урожайність по полю склала 1,2 т/га, що значно нижче від планового показника у 1,5 т/га. Такий низький коефіцієнт використання біологічного потенціалу культури (75%) пояснюється комплексом несприятливих факторів, основними з яких стали вимушений пересів та стресові погодні умови.

Біометричний аналіз рослин підтвердив суттєвий вплив зональності поля на їх розвиток. Рослини з різних зон продуктивності відрізнялися за висотою (від 85 до 125 см), розвитком листкового апарату, формуванням генеративних органів та кореневої системи.

Для підвищення ефективності виробництва гірчиці в господарстві необхідно вдосконалити систему захисту озимої форми від вимерзання,

оптимізувати строки сівби та впровадити диференційований підхід до проведення агротехнічних заходів з урахуванням виявленої неоднорідності поля. Застосування елементів точного землеробства дозволяє краще розуміти причини варіації урожайності та розробляти ефективні стратегії управління посівами для максимальної реалізації потенціалу культури в кожній зоні продуктивності.

Список використаної літератури

1. Abbasi, T., Abbasi, S. A., & Abbasi, S. A. (2021). The water-energy-food nexus and precision agriculture. In *Sustainable Agriculture Reviews* (pp. 1-32). Springer, Cham.
2. Adamchuk, V. I., Hummel, J. W., Morgan, M. T., & Upadhyaya, S. K. (2004). On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 44(1), 71-91.
3. Alloway, B. J. (2008). *Micronutrient deficiencies in global crop production*. Springer Science & Business Media.
4. Angadi, S. V., Cutforth, H. W., McConkey, B. G., & Gan, Y. (2003). Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. *Crop Science*, 43(4), 1358-1366.
5. Araus, J. L., & Cairns, J. E. (2014). Field high-throughput phenotyping: the new crop breeding frontier. *Trends in Plant Science*, 19(1), 52-61.
6. Arslan, S., & Colvin, T. S. (2002). Grain yield mapping: Yield sensing, yield reconstruction, and errors. *Precision Agriculture*, 3(2), 135-154.
7. Aubert, B. A., Schroeder, A., & Grimaudo, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*, 54(1), 510-520.
8. Balafoutis, A., Beck, B., Fountas, S., Vangeyte, J., Wal, T. V. D., Soto, I., ... & Eory, V. (2017). Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics. *Sustainability*, 9(8), 1339.
9. Basso, B., Dumont, B., Cammarano, D., Pezzuolo, A., Marinello, F., & Sartori, L. (2016). Environmental and economic benefits of variable rate nitrogen fertilization in a nitrate vulnerable zone. *Science of the Total Environment*, 545, 227-235.
10. Bhowmik, A., Nayak, A. K., Jagadish, S. V. K., & Umakantha, B. (2014). Emerging challenges and opportunities for sustainable crop production in the era of climate change. *Annals of Plant Sciences*, 3(9), 778-783.

11. Bongiovanni, R., & Lowenberg-DeBoer, J. (2004). Precision agriculture and sustainability. *Precision Agriculture*, 5(4), 359-387.
12. Brennan, R. F., & Bolland, M. D. A. (2007). Effect of fertilizer phosphorus and nitrogen on the concentrations of oil and protein in grain and the grain yield of canola (*Brassica napus* L.) grown in south-western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(8), 984-991.
13. Christensen, S., Sogaard, H. T., Kudsk, P., Nørremark, M., Lund, I., Nadimi, E. S., & Jørgensen, R. (2009). Site-specific weed control technologies. *Weed Research*, 49(3), 233-241.
14. Diacono, M., Rubino, P., & Montemurro, F. (2013). Precision nitrogen management of wheat. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(1), 219-241.
15. Food and Agriculture Organization (FAO). (2024). FAOSTAT Database. Rome, Italy: FAO.
16. Gan, Y., Malhi, S. S., Brandt, S., Katepa-Mupondwa, F., & Stevenson, C. (2009). Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of juncea canola under diverse environments. *Agronomy Journal*, 100(2), 285-295.
17. Ge, L., Brewster, C., Spek, J., Smeenk, A., & Top, J. (2017). Blockchain for agriculture and food: Findings from the pilot study. Wageningen Economic Research.
18. Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828-831.
19. Gerhards, R., & Oebel, H. (2006). Practical experiences with a system for site-specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying. *Weed Research*, 46(3), 185-193.
20. Grant, C. A., & Bailey, L. D. (1993). Fertility management in canola production. *Canadian Journal of Plant Science*, 73(3), 651-670.
21. Hoogenboom, G., Jones, J. W., & Boote, K. J. (2000). Modeling growth, development, and yield of grain legumes using SOYGRO, PNUTGRO, and BEANGRO: A review. *Transactions of the ASAE*, 43(6), 1625-1641.

22. Hossain, M. M., Natarajan, S., & Kim, H. T. (2018). A review on precision agriculture using unmanned aerial vehicles. In *The 7th International Conference on Precision Agriculture and Sustainable Farming* (pp. 1-6). IEEE.
23. Irmak, A., Jones, J. W., Batchelor, W. D., Irmak, S., Boote, K. J., & Paz, J. O. (2006). Artificial neural network model as a data analysis tool in precision farming. *Transactions of the ASABE*, 49(6), 2027-2037.
24. Jackson, G. D. (2000). Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. *Agronomy Journal*, 92(4), 644-649.
25. Kaloxylou, A., Eigenmann, R., Teye, F., Politopoulou, Z., Wolfert, S., Shrank, C., ... & Kormentzas, G. (2012). Farm management systems and the Future Internet era. *Computers and Electronics in Agriculture*, 89, 130-144.
26. Khosla, R., Fleming, K., Delgado, J. A., Shaver, T. M., & Westfall, D. G. (2008). Use of site-specific management zones to improve nitrogen management for precision agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(6), 513-518.
27. Kitchen, N. R., Sudduth, K. A., Myers, D. B., Drummond, S. T., & Hong, S. Y. (2002). Site-specific management zones based on soil electrical conductivity in a claypan soil. *Agronomy Journal*, 94(2), 173-184.
28. Kravchenko, A. N., & Bullock, D. G. (2000). Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. *Agronomy Journal*, 92(1), 75-83.
29. Kutter, T., Tiemann, S., Siebert, R., & Fountas, S. (2011). The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming. *Precision Agriculture*, 12(1), 2-17.
30. Lamichhane, J. R., Barzman, M., Booi, K., Boonekamp, P., Desneux, N., Huber, L., ... & Messéan, A. (2016). Robust cropping systems to tackle pests under climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1), 7.
31. Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674.

32. Lowenberg-DeBoer, J., Huang, I. Y., Grigoriadis, V., & Blackmore, S. (2014). Economics of robots and automation in field crop production. *Precision Agriculture*, 15(1), 1-10.
33. Mahlein, A. K., Kuska, M. T., Behmann, J., Polder, G., & Walter, A. (2018). Hyperspectral sensors and imaging technologies in phytopathology: state of the art. *Annual Review of Phytopathology*, 56, 535-558.
34. Malhi, S. S., Schoenau, J. J., & Grant, C. A. (2007). A review of sulphur fertilizer management for optimum yield and quality of canola in the Canadian Great Plains. *Canadian Journal of Plant Science*, 85(2), 297-307.
35. Malhi, S. S., Lemke, R., Mooleki, S. P., Schoenau, J. J., Brandt, S., Lafond, G., ... & Leach, D. (2009). Fertilizer N management and P placement effects on yield, seed protein content and N uptake of flax under varied conditions in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*, 89(1), 1-33.
36. Market Research Future. (2024). Global Mustard Seeds Market Research Report. Maharashtra, India: MRFR.
37. Panda, S. S., Ames, D. P., & Panigrahi, S. (2010). Application of vegetation indices for agricultural crop yield prediction using neural network techniques. *Remote Sensing*, 2(3), 673-696.
38. Pierpaoli, E., Carli, G., Pignatti, E., & Canavari, M. (2013). Drivers of precision agriculture technologies adoption: A literature review. *Procedia Technology*, 8, 61-69.
39. Pinter Jr, P. J., Hatfield, J. L., Schepers, J. S., Barnes, E. M., Moran, M. S., Daughtry, C. S., & Upchurch, D. R. (2003). Remote sensing for crop management. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(6), 647-664.
40. Prasad, R., Bhattacharyya, A., & Nguyen, Q. D. (2017). Nanotechnology in sustainable agriculture: recent developments, challenges, and perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1014.
41. Rathke, G. W., Behrens, T., & Diepenbrock, W. (2006). Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of

winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 117(2-3), 80-108.

42. Robertson, M. J., Lyle, G., & Bowden, J. W. (2007). Within-field variability of wheat yield and economic implications for spatially variable nutrient management. *Field Crops Research*, 107(1), 43-55.

43. Rosenzweig, C., Jones, J. W., Hatfield, J. L., Ruane, A. C., Boote, K. J., Thorburn, P., ... & Winter, J. M. (2013). The agricultural model intercomparison and improvement project (AgMIP): protocols and pilot studies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, 166-182.

44. Schimmelpfennig, D. (2016). Farm profits and adoption of precision agriculture. *Economic Research Report*, 217, 1-46.

45. Shekhawat, K., Rathore, S. S., Premi, O. P., Kandpal, B. K., & Chauhan, J. S. (2012). Advances in agronomic management of Indian mustard (*Brassica juncea* (L.) Czernj. Cosson): an overview. *International Journal of Agronomy*, 2012.

46. Singh, M., Bhullar, M. S., & Chauhan, B. S. (2011). Seed bank dynamics and emergence pattern of weeds in rice as influenced by tillage systems and weed control practices in dry-seeded rice (*Oryza sativa*). *Crop Protection*, 30(11), 1560-1568.

47. Slaughter, D. C., Giles, D. K., & Downey, D. (2008). Autonomous robotic weed control systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61(1), 63-78.

48. Tremblay, N., Wang, Z., Ma, B. L., Belec, C., & Vigneault, P. (2009). A comparison of crop data measured by two commercial sensors for variable-rate nitrogen application. *Precision Agriculture*, 10(2), 145-161.

49. Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., & Kittas, C. (2017). Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosystems Engineering*, 164, 31-48.

50. Varshney, R. K., Thudi, M., Pandey, M. K., Tardieu, F., Ojiewo, C., Vadez, V., ... & Bergvinson, D. (2019). Accelerating genetic gains in legumes for the development of prosperous smallholder agriculture: integrating genomics,

phenotyping, systems modelling and agronomy. *Journal of Experimental Botany*, 69(13), 3293-3312.

51. Wang, J., Li, X., Lu, L., & Fang, F. (2012). Parameter sensitivity analysis of crop growth models based on the extended Fourier Amplitude Sensitivity Test method. *Environmental Modelling & Software*, 48, 171-182.

52. Wiseman, L., Sanderson, J., Zhang, A., & Jakku, E. (2019). Farmers and their data: An examination of farmers' reluctance to share their data through the lens of the laws impacting smart farming. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 90, 100301.

53. Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming – a review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80.

54. Yakushev, V. P., Kanash, E. V., Rusakov, D. V., & Voropaev, V. V. (2017). Optical criteria for real-time assessment of plant nitrogen status. In *Precision Agriculture* (pp. 847-852). Wageningen Academic Publishers.

55. Yang, M., Ding, G., Shi, L., Feng, J., Xu, F., & Meng, J. (2009). Quantitative trait loci for root morphology in response to low phosphorus stress in *Brassica napus*. *Theoretical and Applied Genetics*, 121(1), 181-193.

56. Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693-712.

57. Zhang, N., Wang, M., & Wang, N. (2002). Precision agriculture—a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2-3), 113-132.

58. Zhang, J., Huang, Y., Pu, R., Gonzalez-Moreno, P., Yuan, L., Wu, K., & Huang, W. (2018). Monitoring plant diseases and pests through remote sensing technology: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 165, 104943.

59. Циліурік О.І. Наукові основи формування систем обробітку ґрунту в сівозмінах. Дніпро: ДДАЕУ, 2022. 356 с.

60. Мельник А.В. Агротехнологічні основи вирощування олійних культур в умовах північно-східного Лісостепу України. Суми: СНАУ, 2021. 400 с.

61. Каленська С.М. Технологія вирощування гірчиці з елементами біологізації. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2020. Вип. 28. С. 89-96.

62. Ушкаренко В.О., Федорчук М.І. Оптимізація технології вирощування гірчиці в умовах півдня України. Таврійський науковий вісник. 2021. №116. С. 128-134.

ДОДАТКИ

УДК: 631.559:633.854.7 «324»

ПРОДУКТИВНІСТЬ НАСІННЯ ГІРЧИЦІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

КУЛИК Л.В., *магістр 2 року навчання*

Науковий керівник: **ГРИЩЕНКО О.В.**, *кандидат с.-г. Наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Виробництво насіння гірчиці відіграє значну роль у світовій сільськогосподарській економіці. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), у 2023 році світове виробництво насіння гірчиці досягло 10 мільйонів тонн, а основними країнами-виробниками були Канада, Непал, Україна та Індія (ФАО, 2024).

Економічна важливість насіння гірчиці зумовлена його універсальністю та поживною цінністю. Воно багате на білки, ефірні олії та мінерали, що робить його цінним як для харчової, так і для нехарчової промисловості.

Забезпечення рослин гірчиці елементами живлення протягом вегетації є обов'язковим технологічним агрозаходом, який сприяє отриманню високого та якісного врожаю насіння. Система удобрення базується на знанні біологічних особливостей сорту та неоднорідності ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування. За допомогою елементів точного землеробства можливо покращити врожай гірчиці та оптимізувати витрати на внесення добрив.

Метою досліджень була дослідити вплив просторової неоднорідності ґрунтів на продуктивності отримання насіння гірчиці.

Дослідження із вивчення методів управління вирощуванням гірчиці за використання елементів точного землеробства проводилися у ТОВ «Біотех ЛТД» (с. Городище, Бориспільського району, Київської області) у 2024р. Господарство розташоване у Північному Лісостепу України.

Використання супутникового моніторингу дозволило виділити на полі три зони продуктивності, які суттєво відрізнялися за урожайністю та якістю насіння. У зоні високої продуктивності урожайність склала 2,136 т/га з масою 1000 насінин 4,19 г, у середній зоні – 1,517 т/га та 3,67 г, у низькій – 1,250 т/га та 3,80 г відповідно.

Найкращі показники розвитку рослин була зафіксована на ділянці із високою продуктивністю середня кількість стручків на рослині становила 145 штук, із середньою кількістю насінин 1019 штук. Спостерігалась значна варіація показників між окремими рослинами – від 115 до 178 стручків на рослину. Найбільша їх кількість (178) та насінин (1246) була відмічена на більших рослинах.

Загальна урожайність по полю складала 1,2 т/га, що суттєво нижче від планового показника у 1,5 т/га. Такий низький коефіцієнт використання біологічного потенціалу культури (75%) пояснюється комплексом несприятливих факторів, основними з яких стали вимушений пересів та стресові погодні умови.

Додаток №2

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ



«Продуктивність насіння гірчиці за використання елементів точного землеробства»

Виконав: Кулик Леонід Валерійович, спеціальність 201 – Агрономія, ОПШ «Агрохімсервіс у прецизійному агропробингті»

Керівник магістерської роботи: к.с.-г.н., доцент Грищенко О.В.,

Мета дослідження: дослідити вплив просторової неоднорідності ґрунту на продуктивність окремих насіння гірчиці.

Об'єкт дослідження – вплив неоднорідності поля на продуктивність гірчиці.

Методи дослідження – лабораторний, польовий, статистичний, сучасні методи моніторингу.

Табл. 1. Агрохімічна характеристика тепло-сірого опідзоленого ґрунту, мг/кг

Глибина відриву, см	Густина, %	Сумарне вміщення органічної речовини, мг/100 г ґрунту	Вміст	
			мінерального азоту, мг/кг	Рухливих сполук фосфору, мг/кг
0-20	2,04	5,60	28,3	32,8
			155	85



Рис. 1. Картограма польової зони продуктивності за високим NDVI.



Рис. 2. Картограма розподілу вегетативної маси сівки на 01.05.2024

Актуальність теми: Заселення рослин гірчиці елементарні жиленням ґрунту є обов'язковим технологічним агроциклом, який сприяє високій та якісній врожаю насіння. Система удобрення базується на знанні біологічних особливостей сорту та неоднорідності ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування. За допомогою елементів точного землеробства можливо покращити врожай гірчиці та оптимізувати витрати на внесення добрив.

Табл. 2. Біометрична показники за управління отримання насіння гірчиці залежно від зони продуктивності поля, 2024 р.

Ділянка поля	Висока		Середня		Низька	
	К-сть стрючків	К-сть насінин	К-сть стрючків	К-сть насінин	К-сть стрючків	К-сть насінин
№ 1	178	1246	149	894	113	565
2	165	1238	135	810	125	750
3	123	861	121	678	139	779
4	145	943	156	1014	121	605
5	115	805	105	735	95	588
Сер. знач.	145	1019	133	826	119	637



Фото 1. Результати кількісного моніторингу на посівних гірчиці

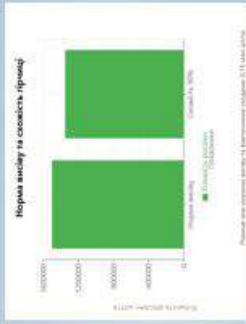


Табл. 3. Урожайність гірчиці, т/га

Польовик	Висока	Середня	Низька
урожайність з/га	2,136	1,917	1,750
маса 1000 зерен, г	4,19	3,67	3,80

ВИСНОВКИ:

Найкращі показники розвитку рослин була зафіксована на ділянці із високою продуктивністю насіння гірчиці на рослинні станова 726 штур, із загальною кількістю насіння досягає 5093 штук. Спостерігалась значна варіація показників між окремими рослинами - від 115 до 178 стручків на рослину. Найбільша їх кількість (178) та насіння (1246) була відібрана на найбільшій ділянці.

Загальна урожайність по полю складала 1,2 т/га, що суттєво нижче від планового показника у 1,5 т/га. Такий низький коефіцієнт використання біологічного потенціалу культури (73%) пов'язується комплексом несприятливих факторів, основаних з яких стали зменшений перепад та стресові погодні умови.