

ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
Факультет агротехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри рослинництва та садівництва ім. проф. В.В. Калитки
(повна назва кафедри)

к.с.-г.н., доц. Максим КОЛЕСНИКОВ

(підпис) (посада, ініціали та прізвище)

«21» січня 2025 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

ОР «Магістр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Продуктивність різних видів гірчиці в умовах
Південного Степу України**

Шифр 13 РСД. ____ . 000 000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, групи 21 МБ АГ спеціальності 201 «Агрономія»
(шифр і назва спеціальності)

Білицький Євген Миколайович

(підпис) (прізвище, ім'я та по батькові)

Керівник

доц., к.с.г.н.

(посада, звання)

Герасько Тетяна Володимирівна

(підпис)

(прізвище, ім'я та по батькові)

Консультанти

доц., к.с.г.н.

(посада, звання)

Яцук Олег Васильович

(підпис)

(прізвище, ім'я та по батькові)

Нормоконтроль доц., к.с.г.н.

(посада, звання)

Герасько Тетяна Володимирівна

(підпис)

(прізвище, ім'я та по батькові)

Рецензенти

(посада, звання)

(підпис)

(прізвище, ім'я та по батькові)

Запоріжжя – 2025 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Факультет Агротехнологій та екології.

Кафедра Рослинництва та садівництва ім. професора В.В. Калитки

Освітній рівень *Магістр* Спеціальність *201 “Агрономія”*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри рослинництва та
садівництва ім. проф. В.В. Калитки
к.с.-г.н., доц. Максим КОЛЕСНИКОВ

(підпис) (посада, ініціали та прізвище)

«14» жовтня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

ДЛЯ ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

СТУДЕНТУ Білицький Євген Миколайович

1. Тема роботи “ Продуктивність різних видів гірчиці в умовах Південного Степу України.”

керівник роботи Герасько Тетяна Володимирівна

затверджені наказом Ректора університету від 14.10.2024 р. № 470-С

2. Строк подання студентом роботи - до 14.02.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: власні дослідження за період 2023-2024 рр.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: проаналізувати сучасну наукову інформацію про біологічні особливості, господарське значення і технологію вирощування різних видів гірчиці; визначити показники продуктивності різних видів гірчиці в умовах ФГ «Меценат» у Запорізькій області; визначити економічну та енергетичну ефективність вирощування різних видів гірчиці.

5. Перелік графічного матеріалу: робота містить 3 рисунки і 10 таблиць

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв (дата)
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Яцух О.В., к.с.г.н., доц.	15.09.2023	15.12.2024

7. Дата видачі завдання - 15.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дипломної роботи (проекту)	Термін виконання етапів роботи чи проекту (місяць 2024 р.)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Огляд літератури за тематикою досліджень	вересень	виконано
Опис методики закладання досліду та методів досліджень	жовтень	виконано
Статистична обробка отриманих даних	листопад	виконано
Формулювання висновків і рекомендацій виробництву	грудень	виконано
Коригування тексту роботи, нормоконтроль	січень	виконано

Студент Є.М. Білицький

Керівник роботи Т.В. Герасько

АНОТАЦІЯ

Білицький Є. М. Продуктивність різних видів гірчиці в умовах Південного Степу України. – На правах рукопису.

Дипломна робота ОР «Магістр» за спеціальністю 201 – «Агрономія», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Запоріжжя, 2025 . 74 с.

У даній дипломній роботі визначенні особливості формування врожаю різних видів гірчиці, проведена порівняльна характеристика показників продуктивності гірчиці сизої ярої сорту Тавричанка, гірчиці білої сорту Кароліна і гірчиці чорної сорту Черниш. Встановлено, що в умовах Південного Степу України досліджені сорти гірчиці різних видів мали польову схожість 67-79%, коефіцієнт виживання 0,69-0,76 та забезпечили формування біологічного врожаю насіння на рівні 0,9–1,5 т/га.

Встановлено, що усі досліджені сорти різних видів гірчиці є економічно та енергетично доцільними для вирощування в умовах Південного Степу України: гірчиця сиза яра сорту Тавричанка і гірчиця біла сорту Кароліна дали більший врожай за гірчицю чорну сорту Черниш, але ціна закупівлі насіння гірчиці чорної була значно більшою за решту видів гірчиці. Чистий прибуток від вирощування досліджених видів і сортів гірчиці склав 21-24 тис. грн./га з коефіцієнтом енергетичної ефективності 1,9-3,2.

За результатами досліджень рекомендовано виробництву в умовах Південного Степу України вирощувати гірчицю сизу яру сорту Тавричанка, гірчицю білу сорту Кароліна і гірчицю чорну сорту Черниш, що може принести, у середньому 22500 грн. прибутку з 1 га.

Ключові слова: гірчиця сиза яра, гірчиця біла, гірчиця чорна, біологічна врожайність, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	
1.1 Господарське значення різних видів гірчиці	6
1.2 Агробіологічна характеристика різних видів гірчиці	12
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА ТА АГРОТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	
2.1 Ґрунтові умови проведення досліджень	27
2.2 Погодні умови проведення досліджень	32
2.3 Мета, задачі, об'єкт і предмет досліджень	35
2.4 Методики проведення досліджень	36
2.5 Агротехніка вирощування гірчиці у досліді	39
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ	
3.1 Програмована врожайність гірчиці в умовах господарства	41
3.2 Ріст і розвиток різних видів гірчиці у польовому досліді	47
3.3 Біометричні показники різних видів гірчиці	50
3.4 Структура врожаю та урожайність насіння різних видів гірчиці	52
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	54
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
5.1 Нормативно-правова база з охорони праці в галузі	57
5.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	59
5.3 Заходи щодо оптимізації умов праці	60
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	63
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	64
ДОДАТОК	74

ВСТУП

Існує три види гірчиці, що вирощують у культурі: гірчиця біла *Sinapis alba* L. (англійська її назва “yellow mustard” - “жовта гірчиця”), гірчиця сиза (*Brassica juncea* Czern.) і гірчиця чорна (*Sinapis nigra* L.). Усі види гірчиці можуть бути використані як сировина для олійної промисловості, спеції, сидеральна, кормова культура, а також володіють лікувальними властивостями. У Південному Степу України склався дисбаланс у польових сівозмінах з перебільшенням посівів соняшнику і ріпаку. Проте, гірчиця може бути кращим сидератом і попередником для зернових культур, ніж ріпак, оскільки менше уражується шкідниками і хворобами. До того ж, насіння гірчиці, в основному, іде на експорт, що приносить вагомий дохід, як сільгоспвиробникам, так і державі у цілому. Проте, на сьогодні, гірчиця є страховою і “нишевою” культурою у Південному Степу України через брак наукових досліджень щодо продуктивності різних видів гірчиці у цій агрокліматичній зоні.

Актуальність роботи. Актуальність роботи полягає в тому, що досліджено особливості формування продуктивності трьох різних видів гірчиці у ґрунтово-кліматичних умовах Південного Степу України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано відповідно комплексної програми науково-дослідних робіт Таврійського державного агротехнологічного університету, підпрограми 1 «Обґрунтування антистресових прийомів в інтенсивних ресурсозберігаючих технологіях вирощування зернових, зернобобових і олійних культур у Степовій зоні України» (№0121U109975).

Мета дослідження: визначення особливостей формування продуктивності різних видів гірчиці в Умовах Південного Степу України.

Для вирішення цієї мети були поставлені наступні **завдання:** з'ясувати вплив видових особливостей на формування показників продуктивності гірчиці; визначити економічну та енергетичну ефективність вирощування

різних видів гірчиці в умовах Південного Степу України.

Об'єкт дослідження: процес формування продуктивності різних видів гірчиці в Умовах Південного Степу України.

Предмет дослідження: елементи продуктивності гірчиці білої (*Sinapis alba* L.), сизої (*Brassica juncea* Czern) і чорної (*Sinapis nigra*) в Умовах Південного Степу України.

Методи дослідження: фенологічний — для дослідження росту і розвитку рослин; лабораторний - для визначення біометричних показників рослин і їх біологічної урожайності; статистичний — для оцінки достовірності отриманих результатів; економіко-математичний — для встановлення економічної та енергетичної ефективності.

Наукова новизна одержаних результатів. Визначенні особливості росту і розвитку різних видів гірчиці, проведена порівняльна характеристика показників продуктивності гірчиці сизої ярої сорту Тавричанка, гірчиці білої сорту Кароліна і гірчиці чорної сорту Черниш в умовах виробничої діяльності конкретного господарства (ФГ «Меценат») у Південному Степу України.

Практичне значення одержаних результатів. Встановлено, що усі досліджені сорти різних видів гірчиці є економічно та енергетично доцільними для вирощування в умовах Південного Степу України. Чистий прибуток від вирощування досліджених видів і сортів гірчиці склав 21-24 тис. грн./га з коефіцієнтом енергетичної ефективності 1,9-3,2.

За результатами досліджень рекомендовано виробництву в умовах Південного Степу України вирощувати гірчицю сизу яру сорту Тавричанка, гірчицю білу сорту Кароліна і гірчицю чорну сорту Черниш, що може принести, у середньому 22500 грн. прибутку з 1 га.

Особистий внесок магістранта полягає у опрацюванні наукових літературних джерел, плануванні і проведенні польового дослідження, відборі і аналізі рослинних зразків, розрахунків і узагальненні експериментальних даних та обґрунтуванні рекомендацій виробництву.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Господарське значення різних видів гірчиці

Рослини гірчиці різних видів — надземні частини, насіння, олія та її компоненти, а також ефірна олія — мають різноманітне застосування у сільському господарстві, харчовій та інших галузях промисловості, включаючи медицину, кулінарію та фітореMediaцію [1]. Найбільш важливими способами використання гірчиці для екологізації сільськогосподарського виробництва є сидерація, біофумігація і фітореMediaція [2]. З точки зору продовольства, гірчиця - це олійна культура з високоякісними властивостями, як джерело білка та амінокислот, а також як спеція. Гірчична олія також має багато промислових застосувань, таких як виробництво біополіолів для синтезу жорстких поліуретан-поліізоціануратних пін, харчових біополімерних плівок для упаковки харчових продуктів, а також деревно-стружкових та будівельних матеріалів, включаючи меблі. Крім того, неїстівну олію з насіння гірчиці використовують як мастило та для освітлення [3]. Ефірна олія, виділена з насіння гірчиці, має потенціал для консервування харчових продуктів. Насіння гірчиці, як потужний природний антиоксидант, можна використовувати для лікування багатьох захворювань, пов'язаних з вільними радикалами. Регулярне споживання насіння гірчиці запобігає декільком типам раку, що пов'язують з наявністю у ньому глюкозинолатів: синальбіну у *Sinapis alba* L. і синігрину - у *Brassica juncea* Czern. і *Sinapis nigra* L. Загалом, гірчиця має багато лікарських застосувань, наприклад як блювотний і сечогінний засіб, а також для лікування запальних станів (артрит і ревматизм), серцево-судинних захворювань, раку та діабету [4]. Усього з насіння гірчиці було виділено та ідентифіковано 144 сполуки. Серед них глюкозинолати та їх гідролізати, а також леткі олії є основними активними інгредієнтами та важливими маркерами хімічної класифікації. Насіння гірчиці має широкий

спектр фармакологічних ефектів, особливо в придушенні кашлю, заспокоєнні астми, протизапальному, нейропротекторному, серцево-судинному, інгібуючому андрогенні ефекти, протипухлинному та сприятливому проникненні через шкіру ефекті. Синапін та синапова кислота є основними діючими речовинами насіння гірчиці для його лікувальних ефектів. Глюкозинолати в насінні гірчиці і продукти їх розпаду мають протикашльову та астматичну дію, захищають печінку, мають антиоксидантну, протиракову та інші ефекти. Насіння гірчиці використовується при астмі, кашлі, гіпертонії, гіперглікемії, гіперліпідемії, пошкодженні яєчок, збільшенні простати, жирової дистрофії печінки, пухлинах і грижі поперекового диска. Деякі частини рослини можна використовувати як корм, лігноцелюлозну сировину або паливо з біомаси (теплота згоряння складає 15,55 МДж/кг), а також для виробництва біодизеля на основі олії гірчиці білої [5,6].

У сучасному світовому агровиробництві спостерігається тенденція до збільшення обсягів вирощування нішевих малопоширених культур і, за прогнозами експертів, найближчими роками попит на них зростатиме. Гірчицю за біологічними особливостями та комплексом господарсько-цінних ознак як олійну, фармацевтичну, кормову та сидеральну культуру використовують у багатьох галузях виробництва. Вона є також добрим попередником у сівозміні, але врожайність її вітчизняних сортів залишається на рівні 0,8 – 1,2 т/га. В Україні щороку засівають близько 50 – 80 тис. га гірчиці білої, а валовий збір становить 50 – 70 тис. т, що не забезпечує ринковий попит переробної галузі та потреби насіння для використання її на зелене добриво [7, 8]. Науково обґрунтовані розрахунки провідних аграрних науково-дослідних установ свідчать про те, що за наявного дефіциту забезпечення ґрунтів органічною масою для збереження і відтворення їхньої родючості та за істотного зростання цін на мінеральні добрива щороку потрібно висівати 0,5–1,0 млн га сидеральних культур. У їх структурі гірчиця біла як найбільш пріоритетна за комплексом ознак може займати 50–60% площ з потребою посівного матеріалу 6–10 тис. т [9,10].

Гірчиця є дуже корисною культурою для сівозмін принаймні з трьох причин: краще використання наявного обладнання у господарствах, збільшення диверсифікації та внесок у боротьбу з бур'янами та хворобами. Стрижневі корені гірчиці добре дреноують навіть важкі солонцюваті ґрунти, проникаючи на глибину до 160 см і більше. Рослини гірчиці напрочуд здатні засвоювати фосфор, переводячи його із малодоступних форм у легкодоступні для наступних посівів, що у деякій мірі може компенсувати внесення фосфорнокалійних добрив. Як рослина-фітомеліорант, гірчиця пригнічує розвиток багатьох грибних хвороб у ґрунті, завдяки своїм кореневим алелопатичним виділенням [11]. Попри всілякі труднощі і трагедії війни, в Україні продовжуються наукові дослідження, зокрема, з оптимізації сівозмін за рахунок сидеральних культур. Так, у 2022 році в умовах Одеської області був закладений польовий дослід з вивчення впливу різних сидеральних попередників на продуктивність пшениці озимої у виробничій у зернопросапній короткоротаційній 5-ти пільній сівозміні. Варіант із попередником пшениці озимої гірчицею білою (на сидерат) забезпечив найбільший урожай зерна в досліді за рахунок найбільшої щільності агроценозу пшениці – 384 шт./м² кількості зерен у колосі 31 шт. та маси 1000 зерен – 38,8 г [12].

Основна екологічна користь від отримання олії з насіння гірчиці пов'язана зі зменшенням утворення відходів. Олія з насіння гірчиці використовується для приготування їжі, консервування їжі, ревіталізації тіла та волосся, виробництва біодизеля, а також як добавка до дизельного палива та альтернативне біопаливо. До того ж вироблення гірчичної олії - це екологічно безпечний процес. Олійний прес не виробляє забруднюючих речовин. Єдиним відходом олієпресової установки є тверда макуха (шрот), який можна використовувати як корм тваринам, для компосту або як тверде біопаливо [3].

Гірчиця має багато застосувань, включаючи їстівне олійне насіння, салати, що швидко ростуть, приправи, корми та зелене добриво. Рослина може

витагувати токсичні важкі метали з ґрунту. Молоде листя розсади, яке багате на вітаміни А, С та Е, їстівне як свіже та смачне листя салату та має лікувальну цінність для очищення крові. Насіння гірчиці має значну споживчу цінність завдяки високому вмісту протеїну та олії та низькому вмісту крохмалю. Його добре збалансований амінокислотний профіль робить насіння привабливим джерелом харчових білків. Він широко використовується як сполучний агент і білковий розпушувач при переробці м'яса, а також для приготування гірчиці для хот-догів, майонезу та заправок для салатів. Насіння має сильні дезінфікуючі властивості і може використовуватися як харчовий консервант. Його ефірну олію можна використовувати для консервування харчових продуктів завдяки своїй потужній антимікробній активності. Насіння гірчиці містить до 20–32 % білка, що покращує якість м'ясних виробів, до яких його додають як спецію і консервант. Ефірні олії гірчиці гальмують ріст дріжджів, плісняви і бактерій, через що гірчицю використовують у якості природного консерванту для подовження терміну зберігання готової їжі [13].

У промисловості олія насіння гірчиці використовується як мастило та для освітлення. Крім того, насіння використовується в традиційній медицині за його протипухлинну, протівірусну та знеболювальну дію; воно також має відхаркувальну, стимулюючу та протимікробну дію, яка корисна при захворюваннях органів травлення та дихання [14].

Останнім часом олія з насіння білої гірчиці привернула увагу до використання її як сировини для виробництва біодизеля. Крім того, олійне борошно — побічний продукт біодизельної промисловості з насіння білої гірчиці — можна використовувати для годування тварин або додатково екстрагувати для отримання додаткової олії, таким чином покращуючи економічні вигоди [3].

Гірчиця у всьому світі культивується на 60 000–80 000 га щорічно, виробляючи до 685 000 т насіння. Непал і Канада є провідними світовими виробниками насіння гірчиці з 159 710 т і 121 600 т, відповідно, що складає близько 27,6% і 21,0% відносно світової пропозиції. Середньосвітова

врожайність насіння гірчиці становить 770–930 ц/га. Україна входить до 10 найбільших експортерів гірчичної олії у світі - щорічно експортує близько 40 тис.т насіння гірчиці [15]. Економічна вигода від вирощування гірчиці зумовлена добрим попитом на міжнародному ринку, тому 85-90% насіння гірчиці, вирощеного в Україні, іде на експорт закордон. У країнах ЄС відчувається нестача гірчиці, тому вони щороку імпортують до 100 тис.т насіння гірчиці [16]. Природно-кліматичні умови нашої держави дуже сприятливі для рослинництва і, практично, уся територія України придатна для вирощування гірчиці. Найбільший зовнішній ринок збуту української гірчиці - це, традиційно, країни Євросоюзу, куди постачається більше 93 % від сукупного обсягу зовнішніх поставок. При цьому, в основному, це Німеччина, яка закупає біля 6 тис. т насіння гірчиці з України [17].

Згідно економічних прогнозів, попит на насіння гірчиці у найближче десятиріччя буде зростати у європейських країнах, що обумовлене зростанням населення і, відповідно, збільшенням використання спецій, а також переорієнтацією структури харчування споживачів з економічно розвинених країн на використання рослинних олій замість тваринних жирів [18]. Насіння гірчиці низької якості також буде користуватися підвищеним попитом через використання гірчичної олії у виробництві біопалива [19]. Збільшення посівних площ під гірчицю не вимагає значних витрат, оскільки не потребує докорінного оновлення машино-тракторного парку. Гірчиця має високий коефіцієнт розмноження, що забезпечує високу рентабельність і значні прибутки. Як альтернативна олійна культура відносно соняшнику, гірчиця здатна оптимізувати співвідношення культур у сівозмінах [20]. Короткий вегетаційний період гірчиці (всього 80-90 діб) дає можливість швидко отримати обігові кошти [21]. Гірчична олія має унікальний біохімічний склад: вміст вітаміну Е - до 60 мг (що більше, ніж у соняшниковій олії у декілька разів); вміст вітамінів К і D перевищує у 1,5 рази соняшникову. Також олія гірчиці містить хлорофіли, присутність яких у харчуванні покращує склад крові, підвищуючи кількість еритроцитів, лейкоцитів і вміст гемоглобіну. До того ж,

у гірчичній олії містяться каротиноїди, бета-ситостерин, вітаміни В1, В2, РР, Р. Уміст ефірних олій у гірчичній олії складає від 0,5 до 1,1 %, що обумовлює її антигельмінтну і бактерицидну дію. Порівняно, високий вміст ефірних олій у гірчичній олії сповільнює мікробіологічні процеси і окислення, тому її додають до інших олій задля їх консервування. Гірчична нерафінована олія може зберігатися упродовж 10 місяців - це у 2,5 рази більше за термін зберігання інших нерафінованих олій (наприклад, соняшникова нерафінована олія зберігається лише 4 місяці) [22]. Олія гірчиці має відмінні харчові якості і смак, тому її використовують для заливання рибних консервів вищого гатунку, а також при випіканні хлібу, печива вищого гатунку, для виготовлення вищого гатунку маргарину. Усі перелічені біохімічні та технологічні властивості насіння гірчиці обумовлюють постійне зростання попиту на нього, як в Україні, так і в усьому світі [23].

На сьогодні ми маємо перенасичення сівозмін в Україні соняшником і ріпаком. Але гірчиця є більш посухостійкою і холодостійкою культурою, ніж ріпак. Також гірчиця потребує меншого хімічного захисту від шкідників і хвороб, порівняно з іншими капустяними культурами. Насіння гірчиці містить менше олії, ніж насіння ріпаку, однак і ціна на гірчичну олію є у 5 разів вищою за ріпакову олію [24].

Таким чином, збільшення площ посіву гірчиці може мати значні позитивні економічні, екологічні та соціальні наслідки. Проте впровадження різних видів гірчиці у сільськогосподарське виробництво потребує додаткових агрономічних досліджень. Зокрема, є необхідність дослідити можливість і ефективність вирощування різних видів гірчиці в умовах Південного Степу України.

1.2 Агробіологічна характеристика різних видів гірчиці

У сільському господарстві України найбільше вирощуються два види гірчиці — гірчиця біла (*Sinapis alba* L.) і гірчиця сиза, або сарептська (*Brassica juncea* Czern), які належать до різних ботанічних родів. Насіння, як гірчиці білої, так і гірчиці сизої використовують для виробництва столової гірчиці, гірчичної олії, етилового спирту; зелену масу рослин — як корм для тварин або для поліпшення ґрунту (як сидерат). Чорна, або французька гірчиця (*Sinapis nigra*) почала з'являтися на полях України, порівняно, нещодавно - через високий попит на зовнішньому ринку, обумовлений її особливими смаковими якостями [19-22]. Гірчиця сиза користується, порівняно, більшою популярністю серед інших видів гірчиць, завдяки її посухостійкості. Тому гірчицю сизу, в основному, вирощують у Степу та Південному Лісостепу. Біла і чорна гірчиці більш вологолюбні, тож їх вирощують, переважно, у північно-західних областях України [21-24]. Традиційні ареали вирощування: гірчиці сизої (сарептської) — Нижнє Поволжя, Киргизія, Північний Кавказ, Україна; гірчиці чорної — Азія і південна частина Західної Європи; гірчиці білої — Центральна та Північна Європа.

Гірчиця біла, або англійська (*Sinapis alba* L.) — це однорічна широколиста рослина з жовтими квітками, холодостійка рослина з родини Brassicaceae, яка виростає до 100 см у висоту з відносно коротким вегетаційним періодом приблизно 85–95 днів. Квітки, які розпускаються з травня по червень, жовті з чотирма пелюстками. Гірчиця біла досить добре переносить посуху і спеку, тому добре підходить для вирощування в більш сухих ґрунтових зонах. Гірчицю білу зазвичай вирощують у сівозміні із зерновими культурами або для отримання молодого листя, а також для використання у якості зеленого добрива. Використання білої гірчиці у сівозміні є бажаним через її вплив на умови вологості ґрунту та протидію хворобам, шкідникам та бур'янам. В ідеалі, гірчицю білу вирощують після зернової культури. Вибір сорту включає різні фактори, включаючи очікувану

ціну, потенційну врожайність та агротехнічні характеристики. Молоде листя гірчиці білої має гострий смак і використовується в салатах. Насіння від жовтого до жовтувато-коричневого кольору і має запах лише при змішуванні з рідиною. Тепло і аромат гірчиці походять від синальбіну (глікозид) і ефірної олії [25]. Перевагами вирощування гірчиці білої як сидерату є тривале забезпечення ґрунту органічними речовинами, стабільна структура ґрунту, підвищення його родючості, здатності ґрунту зберігати воду, вміст гумусу та активність ґрунтових мікроорганізмів. Насіння гірчиці білої використовують, в основному, для виготовлення гірчиної олії. У багатьох країнах така олія вважається найкращою приправою до салатів та різноманітних овочевих, м'ясних і рибних блюд. Знежирений порошок з насіння гірчиці білої додається до порошку з насіння гірчиці сизої як фіксатор запаху при приготуванні столової гірчиці. Ціле або молоте насіння гірчиці білої використовується у кулінарії та консервуванні. У народній медицині насіння гірчиці білої застосовується майже від усіх відомих хвороб, проте, у офіційній медицині гірчиця біла не застосовується. У Греції листки гірчиці білої споживають у вигляді салатів взимку, поки рослина ще не зацвіла. Цвітіння гірчиці білої, яке припадає у Каліфорнії (США) на лютий-березень, відмічають святкуванням “гірничного фестивалю” [26].

Гірчиця сиза, або гірчиця сарептська (*Brassica juncea Czern.*) — це однорічна рослина з прямостоячим, розгалуженим стеблом, заввишки від 30 до 90 см. У дикому вигляді цей вид гірчиці росте у Сибіру та Середній Азії. Насіння гірчиці сизої дрібне (маса 1000 насінин становить від 1,7 до 4 г), округлої форми, колір - від чорно-сизого до жовтого. Для насіння гірчиці сизої характерне те, що воно гірке за смаком, не слизне у воді, має притаманний гірчиці запах. Насіння гірчиці сизої починає проростати за температури повітря 1-2 °С. Сходи у стадії розетки добре переживають нетривале зниження температури повітря до мінус 5-10 °С. Рослини гірчиці сизої (як і більшість культур з родини капустяних) мають найбільші вимоги до вологості у період

бутонізації — цвітіння. Проте, порівняно з іншими видами гірчиці, гірчиця сиза характеризується більшою посухостійкістю [27]. Гірчиця сиза, так само, як і інші види гірчиці, це рослина довгого дня і має короткий період вегетації - від 70 до 115 днів. У південних регіонах вирощування на гірчиці сизій частіше спостерігається перехресне запилення, але ця рослина здатна і на факультативне самозапилення. Гірчиця сиза є добрим медоносом - за період квітучості (2-3 тижні) дає до 100 кг меду/га. При чому мед за смаком і якістю поступається лише липовому меду. Зелена маса гірчиці сизої містить 3,0% протеїну і 3,5% вуглеводів. Історичне походження назви “сарептська” для гірчиці сизої пов’язане з назвою міста Сарепти у російській імперії (у Поволжі), де переселенці з Німеччини побудували гірничо-олійний завод у 1765 році [27]. Гірчиця сиза є гарним фітосанітаром ґрунту: зменшує накопичення в ґрунті збудників корневих гнилей, фітофторозу, ризоктоніозу, парші, фузаріозу; зменшується кількість дротяника у ґрунті [27]. Насіння гірчиці сизої багате на олію і протеїн (35—47% і 25—32%, відповідно), містить 0,5—1,7 % ефірної олії (алілової). Олія гірчиці сизої знаходить широке і різноманітне застосування у хлібопекарській і консервній промисловостях; для виготовлення кондитерських виробів, маргарину; у миловарній та фармацевтичній галузях. Шрот (макуха) гірчиці сизої іде на виготовлення гірничого порошку, який використовують у подальшому для виготовлення столової гірчиці та у фармацевтичній галузі — гірчичників. На сьогодні у споживачів зростає популярність мікрозелені гірчиці сарептської (мікрогрін) що має гоструватий пікантний смак і тонкий специфічний аромат. Мікрозелень гірчиці містить багато вітамінів (В, С, К, А, Е, Р), мікроелементів: Fe, Ca, Mg, Zn, Se. Доведено, що систематичне споживання мікрозелені гірчиці стимулює імунну систему людини, стимулює мозкову діяльність через покращення обміну речовин, процесів травлення і кровообігу, позитивно впливає на стан кровоносних судин. Мікрогрін гірчиці є чудовою спецією, що, завдяки своєму пікантно-гострому смаку і аромату, покращує апетит і яку можна додавати до рибних, овочевих, м’ясних страв і бутербродів [3].

Гірчиця чорна - *Rhamphospermum nigrum* (синоніми: *Brassica nigra* і *Sinapis nigra*). Її називають Діжонською, Французькою та Справжньою гірчицею. Гірчиця чорна є найбільш теплолюбним видом гірчиці, тому висівати її потрібно навесні або влітку. Перевага гірчиці чорної, порівняно з іншими видами гірчиці — це здатність рости на болотистих, вологих ґрунтах. Це прямостояча рослина з великим черешковим листям. Вони вкриті волосками або щетинками біля основи, але на стеблі гладкіші. Може досягати висоти до 1,2 м у вологому родючому ґрунті [4]. Квітки мають чотири жовті пелюстки, які вдвічі довші за чашолистки. Кожне стебло має близько чотирьох квіток нагорі, утворюючи кільце навколо стебла. Пізніше рослина утворює довгі насінневі коробочки, які містять округле насіння. Гірчиця чорна у XIX столітті була завезена на тихоокеанське узбережжя Північної Америки та вважається там інвазивним видом. Понад 2000 років тому рослину використовували як приправу; про це згадував римський автор Колумелла в 1 столітті нашої ери. Листя рослини також маринували в оцті. У 13 столітті у Франції насіння подрібнювали і змішували з неферментованим виноградним соком (суслом), щоб створити «moût-ardent» («палаюче сусло»). Пізніше це стало "moutarde" (гірчиця столова англійською). Маленьке (1 мм) насіння тверде й має різний колір від темно-коричневого до чорного. Насіння приємне на смак, хоча практично не має запаху. Насіння зазвичай використовуються в індійській кухні: насіння зазвичай кидають у гарячу олію або топлене вершкове масло, після чого воно лопається, виділяючи характерний ніжний горіховий аромат і присмак. Насіння містить значну кількість жирної олії, головним чином олеїнової кислоти. Цю олію часто використовують як кулінарну олію в Індії, де її називають «sarson ka tel» [17]. Молоде листя, бутони і квіти їстівні [3]. У Ефіопії, де рослина культивується як овоч, пагони та листя споживають вареними, а насіння використовують як пряність. У народній медицині гірчиця чорна використовувалася для приготування «гарячих гірчичних ванн», які допомагали при застуді [4]. Мелені насіння рослини, змішані з медом, використовуються як засіб від кашлю. У Східній Канаді використання mouche

de moutarde для лікування респіраторних інфекцій було популярним до появи сучасної медицини: мелені зерна гірчиці чорної змішували з борошном і водою, отриману пасту клали на груди або спину і залишали, поки людина не відчує печіння (для лікування дітей гірничну пасту треба робити менш пекучою, додаючи до неї близько 20 % соняшникової олії або свинячого жиру). Також гірничну пасту накладають на різні ділянки тіла для полегшення м'язових болів. Як свідчать численні наукові дослідження, гірчиця чорна є дуже популярною прянощею у всьому світі. Крім того, вживання гірчиці оздоровлює, завдяки тому, що вона напрочуд стимулює травлення, особливо, у літніх людей, покращуючи обмін речовин. Зокрема, гірчиця стимулює виділення жовчі, що покращує засвоєння жирної їжі. Сама гірчиця легко переробляється і остаточно перетравлюється у кишковику. Проте, лікарі не рекомендують вживати гірчицю людям з виразковою хворобою шлунку, запаленням нирок, а також за високої температури, вагітним і дітям молодше двох років.

Чорна гірчиця вважається саме тим насінням, згаданим Ісусом у притчі про гірничне зерно [17].

Гірчицю чорну (так само, як і інші хрестоцвіті культури), найкраще розмішувати у польових сівозмiнах після озимих зернових культур, попередником яких був чорний пар або зернобобові культури [28]. Категорично не рекомендується сіяти гірчицю чорну після інших капустяних культур, цукрових буряків, соняшнику через заселеність ґрунту спільними з гірчицею хворобами та шкідниками. Неприйнятною є, нажаль, розповсюджена практика пересівання гірчицею загинлих від вимерзання посівів ріпаку озимого.

Після луцення стерні, що залишилася від попередника, застосовують гербіциди суцільної дії, передбачені «Переліком пестицидів і агрохімікатів, дозволених для використання в Україні». Зяблеву оранку (та інші механічні обробки ґрунту) здійснюють наприкінці вересня — на початку жовтня

(залежно від погодних умов), але не раніше, ніж через 15–20 діб після застосування гербіциду. Це виключає відростання і розповсюдження бур'янів.

Добрива, що містять фосфор і калій, вносять під осінній обробіток ґрунту, азотні - перед сівбою та у вигляді підживлень (наприклад, 8–10% водним розчином карбаміду разом із мікроелементами з витратою робочого розчину 250–300 л/га). Потрібно дотримуватися регламенту застосування хімічних засобів захисту рослин: хімічні обробки можна поєднувати із позакореневими підживленнями, але лише до фази бутонізації гірчиці. При розрахунку загальної норми внесення добрив під гірчицю виходять із того, що формування 1 т насіння цієї культури потребує 55–60 кг N, 20–30 кг P і 50–60 кг K [29].

Передпосівний обробіток ґрунту. У тому випадку, коли потрібно вирівняти поверхню ґрунту на полі, проводять боронування за фізичної стиглості ґрунту - для закриття вологи і вирівнювання поверхні поля. Досходове боронування є також необхідним, якщо на поверхні ґрунту утворилася ґрунтова скоринка. Тоді поле боронують легкими боронами (швидкість руху агрегату має бути не більше 5–6 км/год). За умови вирівняної поверхні поля після осіннього обробітку ґрунту ранньовесняне боронування можна не проводити. Передпосівну культивуацію краще проводити комплексними агрегатами, щоб скоротити кількість проходів техніки по полю і запобігти переущільненню ґрунту.

Насіння для сівби гірчиці має бути стандартним за посівними якостями, не нижче першої репродукції. Добрі врожаї гірчиці можна отримати лише за умови передпосівної обробки насіння інсектицидами, фунгіцидами та стимуляторами росту, які рекомендовані «Переліком пестицидів і агрохімікатів, дозволених для використання в Україні» [30].

Для отримання максимального урожаю гірчиці, її потрібно сіяти у ранньо-весняні строки - одночасно з ранніми ярими культурами, або, навіть, раніше [7,30].

Для насіння гірчиці оптимальна глибина загортання складає від 2 до 3 см. Збільшити глибину загортання до 4–5 см можна лише у тому випадку, коли пересихає верхній шар ґрунту і кількість вологи у ґрунті недостатня для проростання насіння. Передпосівну культивуацію, а також сівбу гірчиці краще проводити комбінованими агрегатами, оснащеними котками, що забезпечує дорий контакт насіння з ґрунтом. У тому випадку, коли передпосівна культивуація і сівба проводяться без застосування комбінованих агрегатів, потрібно застосовувати післяпосівне коткування.

Сіяти гірчицю можна різними способами — звичайним рядковим із шириною міжрядь 15 см, широкорядним — із міжряддями 45 см, дворядковим — із міжряддями 70 см. Останні два способи застосовують, переважно, для насінневих посівів.

На широкорядних посівах, за безгербіцидної технології, проводять міжрядні обробітки ґрунту одnobічними плоскорізами, починаючи із фази першої пари справжніх листків. Зазвичай, на посівах гірчиці чисельність бур'янів зменшують дозволеними до використання гербіцидами.

Урожай гірчиці, у більшості випадків, за незначного рівня забур'яненості, збирають прямим комбайнуванням. Оптимальна висота зрізу, що забезпечує менші втрати врожаю, має бути від 5 до 10 см від місця нижнього розгалуження ярусу стручків. Вологість насіння для оптимального обмолочування має бути 10–12%. Пересушення рослин до вологості менше 10% призводить до осипання насіння зі стручків і втрат врожаю. За тривалої вологої погоди, або за великого засмічення посівів бур'янами (що також спричинює надмірну вологість), можна застосовувати десикацію і подальше пряме комбайнування при зниженні вологості зерна до 8–10%. Проте частіше за

надмірної вологості і на забур'яненних посівах застосовують роздільне збирання. При цьому скошування можна проводити за вологості насіння 30–35%. Висота скошування має бути 20 см, щоб валки не торкалися ґрунту і добре провітрювалися. Після підсихання валки обмолочують за вологості насіння 10–12%. Швидко проведене первинне очищення і досушування насіння до стандартної вологості попереджає його псування при зберіганні [31].

Українськими вченими систематично досліджуються оптимальні параметри агротехніки вирощування гірчиці, проте дані у наукових джерелах інформації можуть значно різнитися, залежно від конкретних ґрунтово-кліматичних умов [32]. Процес формування продуктивності гірчиці відображає, як спадкові особливості сортів, так і складну взаємодію факторів навколишнього середовища з рослинним організмом.

Одним із найбільш впливових елементів агротехніки гірчиці є строки посіву. Оскільки від строків сівби значно залежать процеси росту і розвитку рослин, а також стійкість рослин до несприятливих кліматичних умов та шкідливих організмів агроценозу, і, у підсумку, величина і якість урожаю. Сівба у ранні строки сприяє ефективному використанню зимових запасів вологи у ґрунті, подовженню вегетаційного періоду рослин. Дуже корисним для гарного врожаю є те, що за ранньої сівби затримуться перехід рослин гірчиці у генеративну фазу розвитку. Затримка із сівбою рослин довгого дня (не лише гірчиці) призводить до формування у рослин недостатньо розвиненої кореневої системи, неефективного використання вологи, оскільки формування насіння припадає на посушливі погодні умови. Затримка із сівбою на 10–15 днів в умовах Півдня України, призводить до зменшення урожайності гірчиці на 20–40 % [7]. За пізніх строків сівби усі етапи онтогенезу рослин скорочуються, зменшується густота і відсоток виживання рослин, що, відповідно, суттєво зменшує врожайність рослин. Якщо збільшувати норму висіву, намагаючись компенсувати запізнення із строками сівби, то посіви формуються загущені. У загущених посівах зростає конкуренція рослин за вологу, світло і елементи живлення, поширюються хвороби і шкідники, через

що формуються ослаблені рослини з низькою продуктивністю.

Щодо оптимального температурного режиму формування рослин гірчиці, то треба зауважити, що оптимальною для дружних сходів є температура ґрунту $+5...+8\text{ }^{\circ}\text{C}$, за якої сходи з'являються на 4–5 день після сівби (за наявності достатньої кількості вологи). У спекотних і посушливих умовах спостерігається явище неонетії - рослини швидко переходять у фазу стеблуння. Для росту і розвитку вегетативної маси гірчиці оптимальною є температура $+10...+15\text{ }^{\circ}\text{C}$, для фази бутонізації температурний оптимум складає $+15...+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для цвітіння і формування насіння найбільш сприятливим є температурний режим $+22...+25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Необхідна для рослин гірчиці сума середньодобових температур за вегетацію має бути 1700–2100 $^{\circ}\text{C}$.

Уцілому рослини гірчиці є посухостійкими, але для формування гарного врожаю їм потрібно хочаб 450 мм опадів за вегетаційний період.

Рослини гірчиці не є вибагливими до ґрунтових умов. Малопридатними для вирощування цієї культури є засолені, важкі, оглеєні ґрунти [33].

Рослини гірчиці потребують ретельного догляду на всіх стадіях розвитку, починаючи від сівби та закінчуючи передзбиральним станом. Коли посіви згущені, тоді застосовують післясходове боронування. Його слід проводити у фазі трьох- п'яти справжніх листків при втраті тургору рослинами. Найбільшої шкоди посівам у першій фазі росту завдають бур'яни та хрестоцвіті блішки. Вирішити проблему бур'янів на посівах гірчиці можна за допомогою гербіцидів, дозволених до використання в Україні, які діляться на основні: Дуал, 96% к.е. (1,6-2,2 л/га), Трефлан, 24% к.е. (4-6 л/га), Трефлан, 48% к.е. (2-3 л/га), Трифлурекс 48 к.е. (1,4 – 1,8 л/г) і страхові: Бутизан, 40% к.е. (1,75-2,0 л/га), Селект 120 к.е. (0,4-0,8 л/га) і інші препарати з вмістом + піклорам – (0,2 – 0,3 л/га): Галера 334, Галера супер, Нарапс. Якщо в період сходи – формування розетки листів відмічена значна кількість бур'янів, то з внесення страхових гербіцидів не можливо затримуватись. У фазі розетки, на площах, де поширений осот, використовують гербіцид Глера, Лонтрел, та Фюзілад форте. Зелек супер – проти однодольних бур'янів. Найбільш широко

в посівах гірчиці застосовують страхові гербіциди з вмістом клопіралід+пиклорам (- по 0,2-0,3 л/га – Галера супер, Галера 334). Вирішальною умовою одержання високих врожаїв насіння гірчиці є захист посівів від шкідників. Найбезпечніші серед них: хрестоцвіті блішки, ріпаковий квіткоїд, капустяна попелиця. Протягом вегетації спостерігають за посівами та обліковують чисельність цих шкідників. В окремих випадках посіви від шкідників захищають двічі. Небезпека виникає вже починаючи з появи сходів. Якщо заважати на те, що за високої температури (більше +25°C препарати групи синтетичного піретроїдів швидко інантивуються та з метою найкращої ефективності всі препарати використовують з додаванням прилипача (100 мл/100л розчину). Обробіток проводять в ранці (до 10.00) чи вечері (після 19.00). Якщо перед посівом насіння не протруювали, то при наявності хрестоцвітих блішок (більше 3 жуків на 1 м²) чи інших шкідників, посіви обприскують одним із інсектицидів: Бульдок, 2,5 % к.е. (0,3 л/га), Волатон, 50% к.е. (1,0 л/га). Децис, 2,5% к.е. (0,3 л/га), Золон, 35% к.е. (1,6-2,0 л/га), Карате, 5% к.е. (0,15 л/га), Сумма-альфа, 5% к.е. (0,2 л/га), Фастак, 10% к.е. (0,15 л/га), Ф'юрі, 10% В.Е. (0,07-0,1 л/га), Нурел Д, (0,5-0,6 л/га), чи препарати на основі імідаклоприду). У зв'язку з тим, що всі види гірчиці є добрими медоносами і в період цвітіння на її посівах спостерігаються значна кількість бджіл, а в цей період та при наливі зерна спостерігається велика кількість шкідників (ріпаковий квіткоїд, хрестоцвіті клопи, хрестоцвіті блішки, колонії попелиць, листогризучі совки, капусткова міль і ін.) необхідно посіви перед зацвітання рослин обробити ефективними інсектицидами з прилипачем (Нурел Д – 0,5-0,6 л/га, Карате зеон 050 CS, СХ -0,15 л/га, Антиколорад Макс – 0,15 л/га), що як правило, забезпечує посів від масового ушкодження шкідниками в продовж періоду цвітіння. Досить часто аграрії ігнорують заходи по проведенню профілактичних оброк посівів хрестоцвітих культур шкідників і, як наслідок, спостерігається масове поширення їх на посівах якраз в період завершення бутонізації – цвітіння. Застосування ж засобів захисту на посівах в цей період призводить до загиблі значної кількості бджолосімей.

Компанія Адама для захисту посівів в період цвітіння пропонує інсектицид Маврін ЕВ (тауфлуваліант, 240 г/л) за норми використання 0,2-0,3 л/га. Препарат належність до групи піретроїдів, але ефективний і за підвищених температур (до +28° С). Про безпечність препарату для бджіл та інших ентомофагів свідчить те, що препарати на основі д.р. тауфлуваліант використовують у бджільництві для лікування бджіл від кліща *Varroa*. За потреби внесення інсектицидів у фазі бутонізації-цвітіння слід необхідно дотримуватись регламентів щодо їх застосування, а також зарані інформувати про свої дії бджолярів. Обробіток посівів слід проводити в нічні та в ранні ранкові години – коли і вітер та температура змінюється і відсутній літ бджіл. Хворобами рослини гірчиці, практично, не уражаються, тому фунгіциди на її посівах, зазвичай, не застосовують [34].

Отримання високих врожаїв гірчиці можливе за умов якісного і своєчасного виконання усіх агротехнічних прийомів, використання нових високопродуктивних районованих сортів, що є основою інтенсивної технології вирощування, усі ці заходи у комплексі дозволяють збільшити врожайність на 30-40%. За дотримання сучасної технології вирощування і післязбиральної підготовки ґрунту гірчиця є одним з кращих попередників для багатьох культур і, у першу чергу, для зернових колосових. Ранні строки збирання гірчиці дають час на підготування ґрунту для сівби наступної культури. Глибока коренева система добре дренує ґрунт, що дозволяє повітрю та волозі проникати у глибокі шари ґрунту і перетворювати поживні елементи із недоступної для рослин форми у доступну. На відміну від інших багатьох культур, у першу чергу, від соняшнику, кукурудзи, ячменю і пшениці, рослинні рештки гірчиці швидко розкладаються ґрунтовими мікроорганізмами і перетворюються на поживний субстрат для наступної культури.

Насіння гірчиці слід збирати, коли листя почне жовтіти, а стручки — буріти. Стручки не можна залишати на рослині занадто довго, оскільки вони розбиваються, коли повністю дозріють, що призводить до втрати насіння.

Оскільки рослини білої гірчиці є відносно стійкими до руйнування стручків, тому її можна валкувати або комбайнувати. Для валкування, принаймні, 75% насіння має бути жовтим. Використання котка для ущільнення валків мінімізує втрати насіння через пошкодження вітром завдяки ущільненню валків. Під час обмолоту комбайном слід використовувати найнижчу швидкість циліндра, щоб зменшити розтріскування стручків. Обмолот слід проводити, коли вологість насіння становить менше 9,5%.

Після збору насіння потрібно бути обережним, щоб зберегти якість олії, уникаючи розщеплення жиру. Насіння спочатку попередньо очищають від зовнішніх домішок, таких як пил, листя рослин, каміння та частинки заліза. Видалення домішок забезпечує високу якість продукту та тривалий термін зберігання. Для безпечного зберігання насіння зазвичай сушать, щоб видалити воду та забезпечити високоякісне відновлення олії. Насіння сушать або на сонці, або за допомогою конвективного сушіння гарячим повітрям — температура повітря та насіння не повинна перевищувати 65°C та 45°C, відповідно. Насіння сушать до вмісту вологи менше 9%. Сухе насіння можна зберігати при температурі нижче 18°C протягом тривалого періоду з відповідною аерацією та запобіжними заходами проти зараження гризунами та комахами. Адекватна вентиляція або аерація насіння під час зберігання дозволить підтримувати низький вміст вологи та зменшить ризик розвитку мікробів і загального псування насіння. Деякі компанії подрібнюють і перемелюють насіння за допомогою вальцьових млинів перед екстракцією розчинником, яке потім пропускають через сита для відділення оболонок і висівок. У традиційній обробці насіння гірчиці подрібнюють і перетирають до стану борошна. У промисловому виробництві олії попередня обробка передбачає видалення оболонки (декортикацію) та попередній нагрів. Олійну частину насіння (ядра) відокремлюють від оболонки луцильною машиною, яка обережно подрібнює насіння. Ядра попередньо нагрівають шляхом смаження або варіння, щоб розрідити олію і полегшити її виділення під час відновлення. Попереднє нагрівання збільшує вихід олії та наявність білка в

макусі. Перед видобутком олії ядра зазвичай подрібнюють, щоб збільшити площу поверхні та максимізувати вихід олії. Гірчична олія є сировиною у харчовій і фармацевтичній промисловості, парфумерії, кулінарії. Сама по собі гірчична олія солодка, чому ж столова гірчиця гірка і пекуча? Гіркий і пекучий смак надає столовій гірчиці фермент мірозин, що міститься у її насінні у неактивному стані. Коли до змеленого насіння додають воду (бажано, теплу), то фермент мірозин “прокидається” і розкладає глікозид синігрін на глюкозу, кислий сірчаноокислий калій і ефірну олію [1]. Гірчиця біла, на відміну від гірчиці чорної і сизої, замість глікозиду синігріну містить глікозид синальбін, тому й не пекуча.

Характерною особливістю сучасного сільськогосподарського виробництва України, і, передусім, її південних регіонів є прогресуюче розбалансування відпрацьованих роками систем сівозмін в бік надмірного зростання долі більш прибуткових культур, котрі далеко не завжди спроможні, одночасно із високими показниками економічної ефективності вирощування, забезпечувати підтримання рівня родючості ґрунтів та екологічного балансу агроландшафтів. Стосовно блоку олійних культур, типових для агрофітоценозів українського Півдня, то впродовж останніх 8-10 років традиційною «візитною карткою» регіону є очевидна експансія двох ведучих культур групи – соняшнику та озимого ріпаку. І якщо причин та пояснень зазначеного негативного явища, котре в останній час набуло критичного масштабу, вдосталь (це, насамперед, викривлена державна цінова політика на сільськогосподарську продукцію, можливість максимально швидкого отримання обігових коштів від реалізації продукції сільгосптоваровиробниками, сталий попит на соняшникове й ріпакове насіння впродовж року, очевидне тяжіння більшості суб'єктів агровиробництва до певних стереотипів та догм, агресивна маркетингова політика фірм-оригінаторів та виробників посівного матеріалу зазначених культур, залишковий принцип переважної більшості власників та орендарів земельних

ділянок у відношенні до родючості ґрунту тощо), то варіантів розв'язання зазначеної «патової» ситуації, які б пропонувала аграрна наука виробництву, явно бракує [35,36].

Об'єктивні реалії соціально-економічного стану в державі, недостатньо відпрацьовані механізми оренди землі, вади податкового механізму зумовлюють переважну більшість суб'єктів агробізнесу отримувати від земельної ділянки максимальний і найшвидший економічний зиск. Враховуючи вищенаведене, нами вбачається в якості альтернативного заходу, спроможного певним чином нормалізувати ситуацію на ринку олійної сировини, нівелювати суттєві викривлення в системі сівозмін півдня України, пом'якшити кризовий стан, пов'язаний із очевидною нестачею оптимальних попередників для ведучої культури зони – озимої пшениці, залучення до агрофітоценозів зони Південного Степу культур, які б одночасно із високою економічною ефективністю вирощування, позитивним впливом на властивості ґрунту, відмінними якостями попередника для більшості типових для зони культур, не вимагали б радикального та докорінного перегляду технологій вирощування, структури машинно-тракторного парку, системи післязбирального доопрацювання та зберігання. В цьому плані, очевидної актуальності та своєчасності, на наш погляд, набуває більш активне включення до агроценозів Південного Степу різних видів гірчиці: сарептської (сизої), білої та чорної. І якщо перші два види для степової зони не є абсолютно новими культурами, і в окремих господарствах вже є певний практичний досвід їх вирощування, то гірчиця чорна тільки починає завойовувати своїх прихильників серед виробників. Аналіз вирощування зазначених культур в державі свідчить про деяку стриманість у відношенні до них з боку практиків-аграріїв, що, до речі, чітко ілюструється посівними площами, котрі коливаються з року в рік в межах 42-145 тис. га. Причини такого коливання популярності культури гірчиці в Україні, на нашу думку, слід розглядати, поперше, в агробіологічному контексті - брак наукових даних щодо можливості і ефективності вирощування різних видів гірчиці в умовах

Південного степу України. Тому тема продуктивності різних видів гірчиці в умовах Південного Степу України є актуальною і практично значущою.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МЕТОДИКА ТА АГРОТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Ґрунтові умови проведення досліджень

Дослідження проводилися упродовж 2023-2024 рр. на базі ФГ «Меценат» (Запорізька обл., Василівський р-н). У таблицях представлені середні результати за два роки досліджень.

Ґрунт дослідного поля - чорнозем південний важкосуглинковий.

Згідно з Державним стандартом України [37] під родючістю ґрунту слід розуміти здатність ґрунту задовольняти потреби рослин в елементах живлення, воді, повітрі та теплі в достатній кількості для їхнього нормального розвитку, що є основним сільськогосподарським критерієм якості ґрунту. В той же час родючість ґрунту – поняття досить широке, оскільки включає велику кількість факторів і умов.

Найбільш тісно корелюють з урожайністю сільськогосподарських культур такі показники – діапазон активної вологи, потужність кореневмісного шару ґрунту, вміст гумусу, вміст рухомого фосфору та калію, рН ґрунтового розчину, вміст гранулометричної фракції $<0,01$ мм, щільність будови, та питомий опір ґрунту [38]. Наявність у ґрунті необхідної кількості елементів живлення рослин є основною умовою отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур. Деякі дослідники [39,40] вказують, що за низької природної родючості ґрунту вирішальним фактором для отримання приросту врожаю сільськогосподарських культур є фактичний вміст поживних речовин у ґрунті. За високої природної родючості ґрунту, коли вміст поживних речовин у ґрунті є достатнім для отримання високого врожаю, внесення науково обґрунтованих норм мінеральних добрив сприятиме поверненню винесених елементів живлення до ґрунту. У цьому випадку подальші прирости врожаю залежать, головним чином, від екологічних

факторів. На практиці, сільськогосподарське виробництво, переважним чином, стикається із низькою природною родючістю ґрунту, яка є недостатньою для отримання високих врожаїв. Вочевидь, без внесення мінеральних добрив експлуатація таких ґрунтів для вирощування сільськогосподарських культур поступово призводить до їх виснаження та неминучого зниження продуктивності [41].

Однією з найважливіших показників родючості ґрунту є наявність у ньому рухомих форм фосфору. Вміст рухомого фосфору у ґрунті не лише забезпечує отримання високих врожаїв, але й підвищує стійкість сільськогосподарських культур до високих та низьких температур, прискорює їх дозрівання, покращує якість продукції [42,43].

Агрохімічні та агрофізичні показники ґрунту дослідного поля наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Агрохімічна характеристика ґрунту

Глибина орного шару, см	Вміст гумусу %	рН сольової витяжки	Вміст поживних речовин, мг/кг ґрунту			Ресурс родючості в зернових од.	агрохімічна оцінка в бал.
			легко гідролізований азот (N) - (за Корнфільдом)	рухомий фосфор (P_2O_5) – (за Чиріковим)	обмінний калій (K_2O) – (за Чиріковим)		
25	3,2	6,5	82	63	128	16	50

Як вказано у ДСТУ 4362:2004 [37], оптимальний вміст гумусу у чорноземі південному важкосуглинковому має складати 2,5 – 3,6%. З чого можна зробити висновок, що ґрунт дослідного поля має оптимальний вміст гумусу.

Одним із основних макроелементів живлення рослин є азот. Достатня забезпеченість ґрунту азотом впливає у процесі росту рослини на розвиток вегетативної маси, що, у кінцевому підсумку сприяє збільшенню урожайності. Також, за достатнього забезпечення азотом, збільшується кількість рослинних решток і, відповідно, стимулюється накопичення гумусу в ґрунті. Уміст азоту у ґрунті по праву є одним із найважливіших показників його родючості. Зазвичай, у неудобреному ґрунті наявного у ньому азоту (як у мінеральній формі, так і мобілізованого з органічної речовини) не вистачає для нормального росту і розвитку сільськогосподарських культур. Тому для вирощування високих урожаїв рекомендують вносити азотні добрива. У зв'язку із цим науковцями розроблено низку хімічних і біохімічних методів дослідження ґрунтів щодо їх забезпеченості азотом та прогнозування дії азотних добрив на врожайність. Однак існує проблема у тому, що для азотного живлення майже неможливе довгострокове прогнозування, оскільки рік від року кількість мобілізованого азоту є дуже мінливою. Вважається, що ступінь мобілізації азоту залежить від інтенсивності мінералізації органіки, біохімічних процесів у ґрунті, агротехніки вирощування культур, гідрометеорологічними умовами.

Азот — невід'ємна складова протеїнів, хлорофілу, ферментів та багатьох інших компонентів, необхідних для росту і розвитку. Як зазначав відомий агрохімік І. В. Тюрін, азот є лімітуючим елементом, а його акумуляція — вирішальний чинник родючості ґрунту [42]. Основним джерелом надходження азоту в ґрунт є добрива та їх біологічна фіксація. Значно менше надходить азоту з насіннєвим матеріалом та опадами. Їх кількість змінюється в досить широких межах — від 1,7 до 23,3 кг/га за рік. Забезпеченість рослин азотом залежить від наявності мінеральних форм — нітратів та обмінного

амонію. Основна частина азоту (93—97 %) міститься в ґрунті у вигляді складних органічних речовин [42]. Досить складно коректно прорахувати потребу сільськогосподарської рослини у азотних добривах. Однак недостатньо знати, скільки азоту потрібно для формування врожаю тій чи іншій культурі. Важливими факторами розрахунків має бути мінералізація ґрунтового органічного азоту, можливі джерела його постачання упродовж вегетації, а також перебіг фіксації його у ґрунті. Високий рівень мінералізації дає можливість зменшувати норму внесення азотних добрив. Сприяє цьому перебіг погодних умов (швидкість прогрівання ґрунту, кількість вологи, активність мікроорганізмів тощо). Надлишок азоту в ґрунті призводить до забруднення навколишнього середовища і ризику захворювання людей та тварин [43]. Тому розрахунок норми внесення азотних добрив — це складна стратегія, прорахунки тут можуть не лише спонукати сільськогосподарське підприємство до надмірних витрат, а й погіршувати якість та, навіть, знижувати врожайність продукції. Основним джерелом азоту в ґрунті є відмерлі рештки рослин, тварин, мікроорганізмів. За сільськогосподарського використання ґрунтів додаткова кількість азоту надходить з органічними та мінеральними добривами.

Згідно наведених даних (табл. 2.1), забезпеченість ґрунту дослідного поля легко гідролізованим азотом низька.

Другим після азоту за важливістю елементом мінерального живлення рослин, який лімітує формування врожайності плодів і зерна майже усіх сільськогосподарських культур, вважають фосфор. Вченими-ґрунтознавцями встановлено, що майже всі сільськогосподарські ґрунти світу менше забезпечені рухомим фосфором, ніж азотом і калієм. Парадокс забезпечення рослин фосфором у тому, що валовий вміст фосфору у більшості ґрунтів достатньо великий, але 40% ґрунтів світу бідні на рухомі форми фосфору. Справа у тому, що у складі валових запасів фосфору переважають слаборозчинні форми. На відміну від таких елементів живлення рослин, як карбон, гідроген, кисень і нітроген, які надходять у ґрунт з атмосфери,

фосфор у кореневмісний шар ґрунту потрапляє з ґрунтотворної материнської породи. До того ж ґрунтові фосфати є слабо розчинними та їх поглинають інші мінеральні сполуки ґрунту. Тому важливим є моніторинг вмісту рухомого фосфору у ґрунті, щоб своєчасним внесенням фосфорних добрив забезпечити оптимальний рівень доступних для рослин рухомих форм фосфору.

Проаналізувавши наукову спеціальну літературу [37], визначили, що оптимальним для чорнозему південного важкосуглинкового є вміст у ґрунті рухомого фосфору вище 45мг/кг. Дані, наведені у таблиці 2.1, свідчать, що рослини дослідного поля задовільно забезпечені рухомим P_2O_5 , що може сприяти отриманню добрих врожаїв.

Обмінний калій також відіграє важливу роль у процесі живлення сільськогосподарських рослин. Катіони калію утримуються електростатичними силами на поверхні колоїдних часток ґрунту і можуть витіснятися катіонами нейтральних солей. Глибока оранка з перекиданням скиби призводить до посиленої мінералізації органічної речовини ґрунту. Так, при розорюванні цілинних ґрунтів у них швидко знижується кількість гумусу, а також азоту, фосфору і калію. Високі ціни на калійні добрива примушують до раціонального їх використання. Тому моніторинг калійного режиму ґрунту є важливим для раціонального сучасного землеробства.

Дані щодо впливу калію на родючість ґрунтів, наведені у наукових джерелах [37] дали змогу встановити, що оптимальним значенням для чорнозему південного важковуглинкового є вміст K_2O більше ніж 300мг/кг ґрунту. Отже, судячи з аналізу ґрунту дослідного поля, можна констатувати недостатню забезпеченість калієм.

Оптимальним діапазоном значень рН ґрунтового розчину вважається діапазон від 6,5 до 7,7, що є сприятливим для росту і розвитку більшості сільськогосподарських культур [37]. Реакція ґрунтового розчину ґрунту дослідного поля є оптимальною для росту і розвитку рослин.

Рослини гірчиці відрізняються екологічною пластичністю, більше того, може мобілізувати з ґрунту недоступні для інших рослин елементи живлення,

через що цю культуру використовують як сидерат [6,12,26]. Тому, можна констатувати, що ґрунтові умови дослідного поля є задовільними для вирощування гірчиці.

2.2 Погодні умови проведення досліджень

Відповідно до фізико-географічним районування території України ФГ «Меценат» знаходиться у зоні Південного Степу України. Особливостями кліматичних умов району проведення досліджень є панування помірно-континентальності клімату, якому властиве є відносно прохолодна зима і дуже спекотне літо. Літні місяці відзначаються випадання опадів, переважно, у вигляді злив. Зимовий період має особливість до нестійких показників температури повітря, з досить частими чергуваннями періодів різкого і сильного потеплінь з періодами досить низьких температур. Останні весняні приморозків і заморозків припадають на другу декаду квітня місяця, в осінній період перші приморозки і заморозки настають в другій декаді листопада місяця. Середня кількість сонячних днів складає в 248-256 днів/рік. Показники багаторічної суми опадів знаходиться в межах 465 мм. У роки проведення досліджень цей показник у 2023 році становив 359 мм, а у 2024 році сума атмосферних опадів склала 270. У цілому спостерігається загальна тенденція значного збільшення посушливості клімату: сума опадів у 2024 році була на 42 % меншою, у порівнянні із середніми багаторічними показниками.

Гідротермічні умови, що склалися у районі проведення досліджень упродовж 2023 та 2024 років, можна охарактеризувати як досить нестабільні та складні для рослинництва, із нерівномірним розподілом опадів і перепадами температури повітря. Дата настання стійкої середньодобової температури повітря понад 0° С є свідченням початку весни. У першій декаді квітня місяця – вища 10° С, звичайно цей період пов'язують з початком інтенсивної вегетації багатьох сільськогосподарських культур. На початку весни були відмічені сильні коливання позитивних і від'ємних температур повітря, що стримувало настання придатності ґрунту для початку сільськогосподарських робіт. Нічні заморозки трималися до кінця березня. На початку квітня зафіксовано стрімко наростання середньодобових температур повітря, які перевищували багаторічні норми до 3,3°С. Температурний максимум за весняний період

(+28°C) спостерігали у третій декаді квітня 2024 року. У цей період зменшення відносної вологості повітря до 23% призвело до зниження тургору у листках на рослинах гірчиці. Показник середньорічної температури повітря у 2023 році становив +11,3°C, а за 2024 рік цей показник дорівнював +13,5°C. Взагалі, спостерігається загальна тенденція значного потепління клімату території, середньомісячна температура повітря у 2023 році на 2,0°C перевищувала середньобагаторічні показники. Через глобальну зміну клімату, Запорізька область все більше потерпає від спеки, посухи, різких змін погоди. У 2023 і 2024 році спека і посуха значно посилилися, адже активні бойові дії в Запорізькій області призвели до масового знищення лісосмуг і лісів, які зберігали вологу і захищали від вітрів. Стрімке потепління на початку весни сприяло також різкому пробудженню шкідників в місцях зимівлі. Загалом, погодні умови зимового-весняного періоду сприяли добрій перезимівлі шкідників, загинь яких становила не більше 5-10%.

На рис. 2.1 і 2.2 зображено середньомісячну температуру повітря і суму опадів за вегетаційний період гірчиці у 2023-2024 рр, у порівнянні з середніми багаторічними даними.

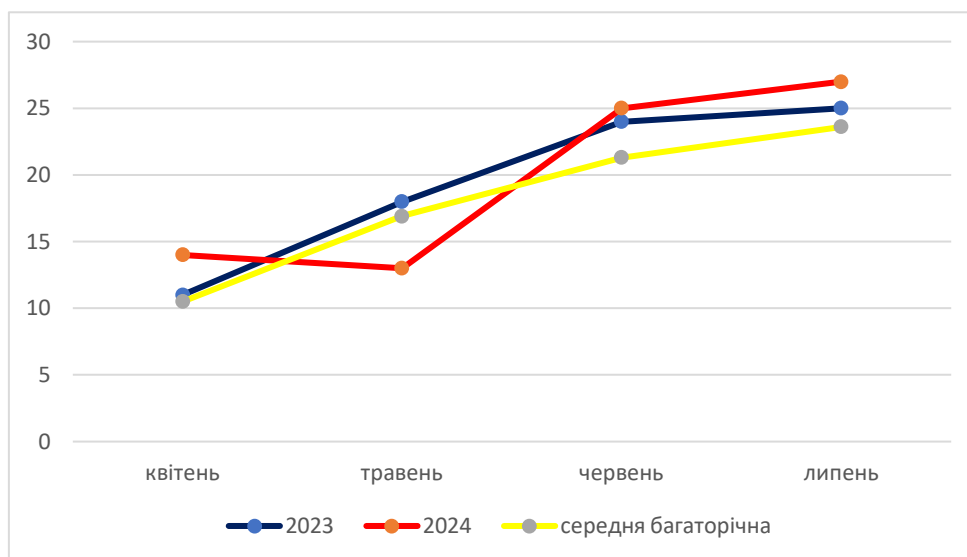


Рис. 2.1. Середньомісячна температура повітря (°C) за вегетаційний період гірчиці

За рис.2.1 можна зробити висновок, що погодні умови за вегетаційний період гірчиці (квітень- липень) у 2023 і у 2024 році були нестабільними, порівняно з середньою багаторічною нормою: після спеки у квітні траплялися заморозки у травні і подальша спека у червні-липні, що було несприятливим для росту і розвитку рослин.

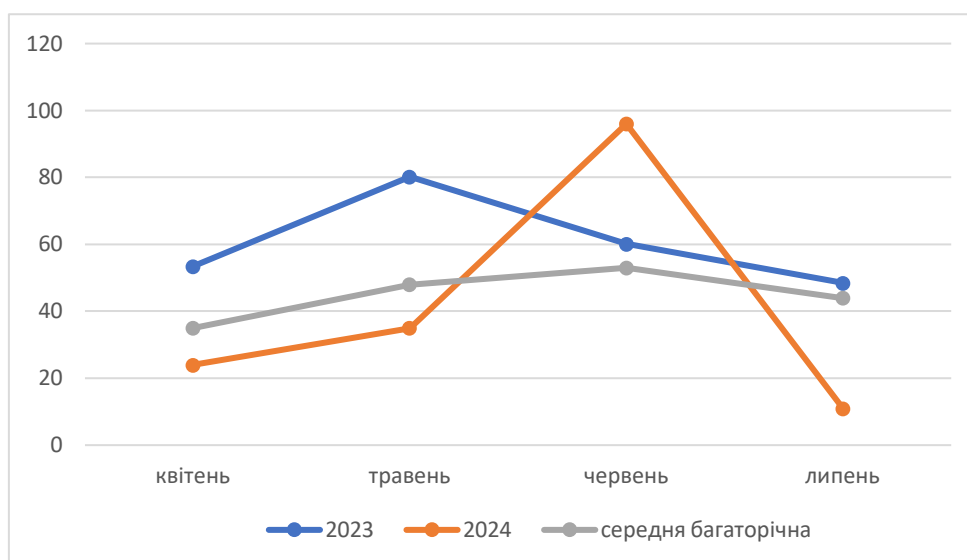


Рис. 2.2. Сума опадів (мм) за вегетаційний період гірчиці

Сума опадів у роки досліджень, як видно з рис. 2.2, істотно коливалася від середньої багаторічної норми: у квітні і травні 2023 року були рясні опади. Червень і липень 2023 року за сумою опадів були близькими до середньої багаторічної норми. У 2024 році сума опадів у квітні і травні була менше середньої багаторічної норми. Але у кінці червня 2024 року випало удвічі більше опадів за середню багаторічну норму. Липень 2024 року був дуже посушливим. У цілому, можна констатувати, що погодні умови у 2023 році були задовільні, а у 2024 році – несприятливими для росту і розвитку рослин гірчиці.

2.3 Мета, задачі, об'єкт і предмет досліджень

Мета дослідження: визначення особливостей формування

продуктивності різних видів гірчиці в Умовах Південного Степу України.

Для вирішення цієї мети були поставлені наступні **завдання**: з'ясувати вплив видових особливостей на формування показників продуктивності і якості насіння гірчиці; визначити економічну та енергетичну ефективність вирощування різних видів гірчиці в умовах Південного Степу України.

Об'єкт дослідження: процес формування продуктивності різних видів гірчиці в Умовах Південного Степу України.

Предмет дослідження: елементи продуктивності гірчиці білої (*Sinapis alba* L.), сизої (*Brassica juncea* Czern) і чорної (*Sinapis nigra*) в Умовах Південного Степу України.

Методи дослідження: фенологічний — для дослідження росту і розвитку рослин; статистичний — для оцінки достовірності отриманих результатів; економіко-математичний — для встановлення економічної та енергетичної ефективності.

Очікувані результати: впровадження гірчиці у польових сівоzmінах у Південному Степу України, підвищення врожайності насіння гірчиці.

2.4 Методики проведення досліджень

Польовий дослід був спланований за загально прийнятою методикою постановки польових дослідів [44].

Рослинним матеріалом досліджень були:

Гірчиця сиза яра (*Brassica juncea* Czern), сорт Тавричанка. Цей сорт гірчиці є національним стандартом України. Тривалість вегетаційного періоду складає від 85 до 90 діб. Висота рослин — від 120 до 125 см. Маса 1000 насінин — від 3,5 до 4,0 г. Вміст олії у насінні — від 41 до 42 %. Вміст ефірної (алілової) олії — від 0,7 до 0,8 %. Потенційна урожайність — до 2,1 т/га. Сорт безерукового напрямку, вміст ерукової кислоти — всього 0-2 %. Стійкий проти вилягання, осипання насіння, середньостійкий проти захворювань та шкідників. Сорт придатний для механізованого вирощування, адаптований до умов вирощування

у Степовій та Лісостеповій зонах України [45].

Гірчиця біла (*Sinapis alba* L.), сорт Кароліна. Селекція - Україна. Сорт середньо-пізньостиглий. Підвищена кормова і насіннєва продуктивність, якість зеленої маси. Характеризується подовженим періодом використання на кормові цілі і високою посухостійкістю. Веgetаційний період до укісної стиглості - 40-50 днів, до збору насіння — 85-100 днів. Урожай сухої речовини — 5,5-6,5 т/га, насіння-1,5-3,0 т/га. Вміст у сухій речовині сирого протеїну — 17-19%, клітковини-21,5%. Рекомендується для використання в якості кормової, технічної та сидеральної культури. Норма висіву на 1 га – 15-18 кг (в залежності від способу посіву) [46,47].

Гірчиця чорна (*Sinapis nigra*), сорт Черниш. Сім'ядолі середньої довжини і ширини. Листок світло-зеленого кольору, помірно зубчастий, середньої довжини і ширини. Повністю розвинений лист має середню кількість частинок. Рослина середньої висоти, цвіте в середні строки. Квітка жовтого кольору. Пелюстки середньої довжини і ширини. Загальна довжина рослини середня. Насіння коричневі або чорні. Потенціал до 3 т/га. Реальна Врожайність насіння 1,8-1,9 т/га. Доби до збиральної стиглості 90-105. Висота рослини 110-140 см. Маса 1000 насіння 3,2-5,3 г. Стійкість до осипання 8 балів. Стійкість до вилягання - 8 балів. Стійкість до посухи - 8 балів. Стійкість до Аскохитозу - 9 балів, до фузаріозу - 9 балів. Вміст олії до 35 %. Напрямок використання – харчової, технічний. Норма висіву на 1 га – 8-12 кг (в залежності від способу посіву) [48].

У якості контрольного варіанту був обраний сорт Тавричанка, який є національним стандартом України [45].

Схема досліду (варіанти):

Варіант 1. Гірчиця сиза яра, сорт Тавричанка (контроль).

Варіант 2. Гірчиця біла, сорт Кароліна.

Варіант 3. Гірчиця чорна, сорт Черниш.

Кількість повторень – 4. Метод розміщення варіантів – систематичний. Глибина захисних смуг – 20 м.

Гірчиця сиза яра, сорт Тавричанка (контроль)			
1.1 (1 га)	1.2 (1 га)	1.3 (1 га)	1.4 (1 га)
Гірчиця біла, сорт Кароліна			
2.1 (1 га)	2.2 (1 га)	2.3 (1 га)	2.4 (1 га)
Гірчиця чорна, сорт Черниш			
3.1 (1 га)	3.2 (1 га)	3.3 (1 га)	3.4 (1 га)

Рис. 2.3. Схема розміщення дослідних ділянок

Визначення польової схожості та густоти рослин перед збиранням здійснювали за методикою ННЦ Інституту землеробства НААН «Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими культурами» [49]: після з'явлення сходів і перед збиранням врожаю рослини підраховували у блоці з двох суміжних рядків, кожний завдовжки 83,3 см, що відповідає площі 0,25 м². Середню кількість рослин із усіх проб перемножують на 4000 – таким чином отримують густоту стояння рослин гірчиці на 1 га. Відсоток виживання рослин встановлювали як співвідношення кількості рослин перед збиранням до кількості у фазі сходів. Фенологічні спостереження за рослинами гірчиці та аналіз снопових зразків проводилися згідно «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [50] за фазами: сходи, цвітіння, достигання. Початок кожної фази встановлювали після настання її у 10 % рослин гірчиці, масову фазу – у 75% рослин. Зі снопових зразків, узятих у 4 місцях по діагоналі ділянки, визначали висоту рослин, площу листової поверхні, а також елементи структури врожаю: кількість гілок, кількість стручків, кількість насіння в стручку, масу насіння з однієї рослини. Висоту (від основи пагонів до верхівки останнього стручка) вимірювали у 50 типових рослин у см (по 10 рослин у кожній з 5 проб з кожної повторності). Площу листової поверхні вимірювали у фазу дозрівання: вимірювали довжину і найбільшу ширину листової пластинки гірчиці безпосередньо на рослинах (у см), перемножали довжину на ширину і на коефіцієнт 0,75 (для гірчиці).

Всього обмірювали площу листкової поверхні 10-15 типових рослин у кожній повторності. Визначивши площу листків на 10—15 рослинах, за густотою рослин встановлювали загальну листову поверхню (м^2) на 1 га.

Біологічну урожайність визначали за даними аналізу снопових зразків за ДСТУ 2240-93, масу 1000 насінин – за ДСТУ 4138-2002 [51]: у межах поля по діагоналі (методом "конверта") відбирали на п'ятьох зафіксованих ділянках розміром 0,5—1 м^2 (на яких раніше визначали густоту рослин) вихідні зразки (снопики). У місці відбору зразка рослини обережно підкопували на глибину 3—5 см з верхньою частиною коріння, зв'язували у снопок. Зважували загальну масу рослин кожного снопику (без коріння) та (після обмолочування) — масу насіння. Одержані результати перераховували на 1 м^2 та на всю площу ділянки. Урожай насіння перераховували на стандартну вологість (9%).

Розрахунок максимально допустимого врожаю здійснювали відповідно до Методичних рекомендацій [52] та спеціальної наукової літератури [53]. Економічну та енергетичну ефективність вирощування гірчиці розраховували, як пропонується у спеціальній науковій літературі [54,55].

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу, використовуючи комп'ютерну програму MS Office Excel [56].

2.5 Агротехніка вирощування гірчиці у польовому досліді

Попередником гірчиці на дослідному полі була пшениця озима. Агротехніка у досліді була загальноприйнята для ярих культур. Після збирання попередника було проведено дискування на глибину 10 см, наступною операцією була оранка на глибину 20-22 см. Передпосівну культивуацію здійснювали передпосівним культиватором Компактомат Farmet К 800.

У табл. 2.1 наведено перелік технологічних операцій та комплектацію

агрегатів, що були використані у ФГ “Меценат” при вирощуванні гірчиці.

Таблиця 2.1

Перелік операцій та комплектація агрегатів, що використовувалися при вирощуванні гірчиці

Захід	Марка енергоносія	Марка знаряддя
1. Дискування 2. Оранка 3.Внесення добрив 4.Культивация	John Deere 8320R John Deere 8320R MTЗ - 892 John Deere 8320R	Lemken Rubin 9/600 KUA ПЛН-9-35 РМУ-2Б Компактомат Farmet K 800
5. Сівба	John Deere 8320R -	Сівалка TERRANOVA- 1714
6.Внесення пестицидів		Оприскувач самохідний HARDI 463 ALPHA
7.Збирання врожаю 8.Транспортування насіння	John Deere S670 -	- КАМАЗ 5320

Сівба. Сіяли сівалкою TERRANOVA-1714 у ранні строки – на початку березня. Спосіб сівби звичайний рядковий з міжряддям 15 см. Глибина загортання насіння була 3 см. Норма висіву - 2 млн. схожих зерен/га. Для контролю бур'нів після сівби застосовували ґрунтовий гербіцид Бутізан 400 к.с. з нормою 1,8 л/га. Для захисту посівів від шкідників і хвороб застосовували препарати Коннект (0,5 л/га) і Альтерно (0,7–1,0 л/га) у всіх варіантах дослідів. Зазначені препарати вносились у вигляді водних розчинів з витратою водного розчину 200 л/га за допомогою самохідного обприскувача HARDI 463 ALPHA.

Комплексні добрива і 85% азотних добрив вносили в передпосівну культивацию та під час сівби сівалкою, 15% азотних — у фазі BBCH 14–16 (розетки). Позакореневе підживлення здійснювали у фазі BBCH 52–53 (бутонізації). Збирання врожаю проводили комбайном John Deere S670 у фазі технічної стиглості насіння за вологості насіння 12-15%.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1 Програмована врожайність гірчиці в умовах господарства

Фотосинтетична діяльність рослин у посівах служить біологічною основою врожаю сільськогосподарських культур. Значною мірою вона залежить від їх забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, в першу чергу азотом. Азот - основний елемент, який впливає на процеси, пов'язані з фотосинтезом. Він входить до складу білка, хлорофілу і нуклеїнових кислот. При цьому необхідною умовою перетворення азоту виступає фотосинтез. Дефіцит азоту викликає зменшення кількості хлорофіла і ферментів, які беруть участь в асиміляції і, як наслідок, знижує врожайність. Удобренні рослини краще засвоюють світлову енергію, необхідну для синтезу органічних речовин. Основним механізмом формування урожайності зернових культур є процес транспірації, рушійною силою якого є радіаційний баланс і фотосинтетично активна радіація (ФАР). У всьому інтервалі доступної ґрунтової вологи мінеральні добрива підвищують транспірацію зернових культур і, отже, їх врожайність. Урожай формується за рахунок сонячної енергії і вуглекислого газу, що знаходиться в атмосфері. Тому всі агротехнічні прийоми спрямовані на підвищення ефективності використання сонячної енергії рослинами. Знаючи прихід ФАР за період вегетації, можна поставити завдання щодо формування посівів з найбільшим коефіцієнтом засвоєння ФАР, щоб збільшити потенційну врожайність [57]. Базуючись на методах програмування продуктивності культур М.К. Каюмова [53], була розрахована теоретично можлива врожайність насіння гірчиці, забезпечена приходом ФАР.

Потенційний урожай (ПУо), забезпечений приходом ФАР розраховували за формулою 3.1.1:

$$ПУ_o = \frac{ПУ_{a.c.б.} \times 100}{(100 - C_o) \times a}, \quad (3.1.1)$$

де $ПУ_{a.c.б.}$ – потенційна урожайність абсолютно сухої біомаси, ц/га; C_o – базова вологість основної продукції, % (для гірчиці $C_o = 9$ %); a – сума частин основної і побічної продукції в урожаї (для гірчиці приймаємо $a = 2,4$).

Потенційну урожайність абсолютно сухої біомаси розраховуємо за формулою:

$$ПУ_{a.c.б.} = \frac{\Sigma Q_{\Phi AP} \times K_{\Phi AP} \times 10^4}{q}, \quad (3.1.2)$$

де $\Sigma Q_{\Phi AP}$ – сумарне надходження ФАР за період активної вегетації, кДж/см²; $K_{\Phi AP}$ – проектований коефіцієнт ФАР (для розрахунку брати $K_{\Phi AP} \geq 2$); q – калорійність абсолютно сухої біомаси, кДж/кг.

$$\Sigma Q_{\Phi AP} = 192,74 \text{ кДж/см}^2; q = 19946 \text{ кДж/кг}; K_{\Phi AP} \text{ приймаємо} = 2$$

$$\text{Відповідно, } ПУ_{a.c.б.} = (192,74 \cdot 2 \cdot 10^4) / 19946 = 193 \text{ (ц/га)}$$

$$ПУ_o = 193 \cdot 100 / (100 - 9) \cdot 2,4 = 88 \text{ (ц/га)}$$

Фактичне значення коефіцієнта використання ФАР ($K_{\Phi AP}$) розраховують за формулою:

$$K_{\Phi AP} = \frac{Y_{\Phi} \times q}{\Sigma Q_{\Phi AP} \times 10^4}, \quad (3.1.3)$$

де $K_{\Phi AP}$ – фактичний коефіцієнт використання посівом ФАР, %; Y_{Φ} – фактична врожайність основної продукції, ц/га; q – калорійність абсолютно сухої біомаси, кДж/кг; $\Sigma Q_{\Phi AP}$ – сумарне надходження ФАР за період активної вегетації культури; 10^4 – коефіцієнт перерахунку у фізичні величини.

$$\text{У нашому випадку } Y_{\Phi} = 15 \text{ ц/га}; q = 19946 \text{ кДж/кг}; \Sigma Q_{\Phi AP} = 192,74 \text{ кДж/см}^2$$

$$\text{Звідки фактичний } K_{\Phi AP} = 15 \cdot 19946 / 192,74 \cdot 10^4 = 0,16$$

ДМУ за вологозабезпеченістю території та ефективності використання ресурсів води. Фактична кількість води (запаси продуктивної води), яку використає посів для формування врожаю визначаємо за формулою:

$$W_{np} = W_2 + A \times \mu - W_3, \quad (3.1.4)$$

де $W_{\text{пр}}$ – запаси продуктивної вологи за період вегетації культури, мм; W_{Γ} – ґрунтові запаси продуктивної вологи в кореневмісному шарі ґрунту на початку вегетації культури, мм (додаток Г3–Г4 або дані табл. 2.1); A – кількість опадів за вегетацію, мм (додаток Д або дані табл. 2.1); μ – коефіцієнт використання опадів (звичайно 0,6–0,7); W_3 – залишкова кількість вологи на час збирання культури, мм.

$W_{\Gamma} = 144$ мм ; $A = 218$ мм; μ приймаємо = 0,6; $W_3 = 71$ мм

Звідси $W_{\text{пр}} = 144 + 218 \cdot 0,6 - 71 = 204$ (мм)

Розраховуємо кліматично забезпечений врожай за вологозабезпеченістю посівів):

$$ДМУ_{a.c.б.} = \frac{100 \times W_{\text{пр}}}{ТК}, \quad (3.1.6)$$

де $ДМУ_{a.c.б.}$ – дійсно можлива врожайність абсолютно сухої біомаси за ресурсами вологи, ц/га; $W_{\text{пр}}$ – запаси продуктивної вологи, мм; $ТК$ – транспіраційний коефіцієнт ($ТК$ для гірчиці приймаємо = 300).

$$ДМУ_{a.c.б.} = 100 \cdot 204 / 300 = 68 \text{ (ц/га)}$$

Розраховуємо дійсно можливу врожайність основної продукції стандартної вологості за формулою:

$$ДМУ_o = \frac{ДМУ_{a.c.б.} \times 100}{(100 - C_o) \times a}, \quad (3.1.7)$$

де $ДМУ_o$ – дійсно можлива врожайність основної продукції, ц/га; C_o – базова вологість основної продукції, % (для гірчиці $C_o = 9$ %); a – сума частин основної і побічної продукції в урожаї (для гірчиці приймаємо $a = 2,4$).

$$ДМУ_o = 68 \cdot 100 / (100 - 9) \cdot 2,4 = 31 \text{ (ц/га)}$$

Розрахунок коефіцієнта водоспоживання для формування величини дійсно можливого врожаю основної продукції проводимо за формулою:

$$KB = \frac{W}{ДМУ_o}, \quad (3.1.8)$$

де KB – коефіцієнт водоспоживання, мм/т; $ДМУ_o$ – дійсно можлива врожайність основної продукції, т/га. $KB = 204 / 31 = 6,6$

Фактичний коефіцієнт водоспоживання розраховують за залежністю:

$$KB\phi = \frac{W}{Y\phi}, \quad (3.1.9)$$

де $KB\phi$ – фактичний коефіцієнт водоспоживання, мм/т; $Y\phi$ – фактична врожайність, т/га. $KB\phi = 204/15 = 13,6$

Ефективність використання вологи, як природного ресурсу, визначають за формулою:

$$Ef = \frac{Y\phi}{ДМУ_0} \times 100, \quad (3.1.10)$$

де Ef – ефективність використання ресурсів вологи, %; $Y\phi$ – фактична врожайність, т/га; $ДМУ_0$ – дійсно можлива врожайність основної продукції, т/га. $Ef = 15/24 = 0,63$

Уточнюємо коефіцієнт використання атмосферних опадів (μ) за формулою

$$\mu_{\text{факт}} = (W_{\text{прод макс}} - W_H) \div A, \quad (3.1.11)$$

де $W_{\text{прод макс}}$ – максимальні запаси продуктивної (доступної) вологи у певному типі ґрунту, мм (додаток Г2); W_H – запас продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на початок вегетаційного періоду культури, мм; A – кількість опадів за вегетаційний період, мм. Максимальні запаси продуктивної (доступної) вологи складають 140 мм ($W_{\text{прод макс}} = 175$ мм).

$$A = 218 \text{ мм}; W_H = 144 \text{ мм}; \text{Звідси } \mu_{\text{факт}} = (140 - 144) / 218 = 0,02$$

Уточнюємо значення запасів продуктивної вологи і дійсно можливий урожай.

$$W_{\text{пр}} = 144 + 218 \cdot 0,02 - 89 = 59 \text{ (мм)}$$

$$ДМУ_{\text{а.с.б.}} = 100 \cdot 59 / 400 = 15 \text{ (ц/га)}$$

$$ДМУ_0 = 15 \cdot 100 / (100 - 9) \cdot 2,4 = 6,9 \text{ (ц/га)}$$

Отже, фактично отриманий нами врожай гірчиці на дослідному полі перевищує той показник, що розрахований за вологозабезпеченістю.

Розраховуємо дійсно можливу врожайність за гідротермічним показником

$$ДМУ_{ГТП\text{а.с.б.}} = 2,2ГТП - 1,0 \text{ т/га}, \quad (3.1.12)$$

де $ДМУ_{ГТПа.с.б.}$ – урожай абсолютно сухої біомаси, який можна одержати завдяки гідротермічному потенціалу, т/га; ГТП – гідротермічний потенціал, бал.

ГТП розраховують за формулою:

$$ГТП = \frac{W_{np} \times T}{36 \times R} \times 4,19, \quad (3.1.13)$$

де W_{np} – запаси продуктивної вологи за період вегетації, мм (див. п. 3.3); T – тривалість вегетаційного періоду культури, декади; 36 – кількість декад у році; R – сумарний радіаційний баланс за період вегетації, який на 4-5% більший за прихід ФАР, кДж/см²; 4,19 – коефіцієнт, який враховує співвідношення між калоріями і джоулями.

$$W_{np} = 59 \text{ (мм)}; T = 8 \text{ (декад)}; R = 1,05 \cdot 192,74 = 202,38 \text{ (кДж/см}^2\text{)}$$

$$\text{Звідси } ГТП = 59 \cdot 8 \cdot 4,19 / 36 \cdot 202,38 = 0,3 \text{ (бали)}$$

$$ДМУ_{ГТПа.с.б.} = 2,2 \cdot 0,3 - 1,0 = 0,54 \text{ (т/га)}$$

Урожай основної продукції буде складати

$$ДМУ_{ГТПон} = \frac{100 \times ДМУ_{ГТПа.с.б.}}{(100 - W) \times a}, \text{ т/га} \quad (3.1.14)$$

де W – вологість стандартної продукції, %; a – сума частин основної і побічної продукції.

$$ДМУ_{ГТПон} = 100 \cdot 5,4 / (100 - 9) \cdot 2,4 = 2,5 \text{ (т/га)}$$

Ефективність використання гідротермічного потенціалу розраховують у порівнянні з фактично отриманим врожаєм

$$E_{ГТП} = \frac{Y_{\phi}}{ДМУ_{ГТП}} \times 100, \% \quad (3.1.15)$$

де Y_{ϕ} – фактичний (програмований) урожай.

$$E_{ГТП} = 2 / 2,5 \cdot 100 = 80 \text{ (\%)}$$

Знаючи суму активних температур за період активної вегетації культури ($\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}_{\text{вег}}$) і зіставивши її з сумою активних температур за рік, визначаємо ступінь використання культурою даного сорту (гібриду) теплового ресурсу за формулою:

$$C_t = \frac{\sum t > 10^0 C_{(veg)}}{\sum t > 10^0 C} \times 100, \quad (3.1.16)$$

де C_t – ступінь використання теплового ресурсу, %; $\sum t > 10^0 C_{(veg)}$ – сума активних температур за період активної вегетації культури, 0C ; $\sum t > 10^0 C$ – сума активних температур за рік, 0C .

$$C_t = 1200 / 1971 \cdot 100 = 61 (\%)$$

Проведені розрахунки свідчать на користь того, що гідротермічні умови Запорізької області України дозволяють отримувати добрі врожаї гірчиці.

Розраховуємо дійсно можливу врожайність за природною родючістю ґрунту:

$$ДМУ_p = \frac{ПУ_0 \times Б}{100}, \quad (3.1.17)$$

де $ДМУ_p$ – дійсно можлива врожайність основної продукції за природною родючістю ґрунту, ц/га;

Б – бал бонітету ґрунту.

$$Б = 50$$

$$ПУ_0 = 91 (\text{ц/га})$$

$$ДМУ_p = 100 \cdot 50 / 91 = 55 (\text{ц/га})$$

Дійсно можливий урожай гірчиці, розрахований за природною родючістю ґрунту дослідного поля складає 55 ц/га.

Результати розрахунків представлені на рис. 3.1.

З наведених розрахунків видно, що потенційна врожайність гірчиці у Запорізькій області за приходом фотоактивної радіації Сонця становить 88 ц/га, але дійсно можливий урожай за вологозабезпеченістю уже набагато менший – 31 ц/га. Дійсно можливий урожай за гідротермічним потенціалом складає 25 ц/га.

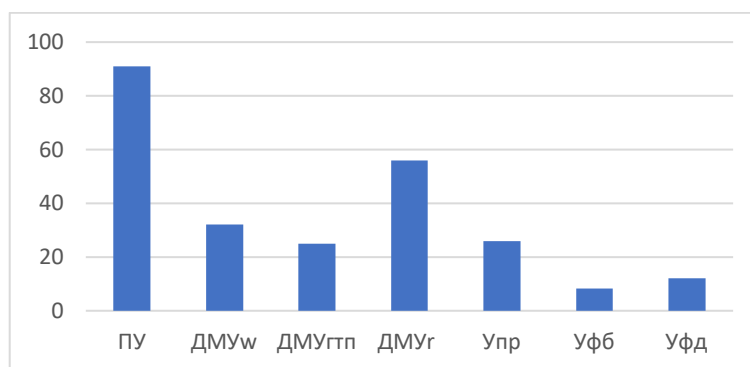


Рис. 3.1. Результати розрахунків максимально допустимого врожаю гірчиці, ц/га

(ПУ - потенційна врожайність біологічної маси за приходом ФАР;
 ДМУ_w – дійсно можливий урожай за вологозабезпеченістю посівів;
 ДМУ_{гтп} - дійсно можливий урожай за гідротермічним потенціалом;
 ДМУ_r - дійсно можливий урожай з урахуванням природної родючості ґрунту;
 У_{пр} – програмована врожайність;
 У_{фб} – фактична урожайність, яка формується за бонітетом ґрунту;
 У_{фд} – фактична врожайність, отримана за рахунок внесених добрив)

Реально у досліді ми отримали біологічну врожайність на рівні 12-15 ц/га. Це вказує на перспективи селекції нових продуктивних сортів гірчиці та можливості вдосконалення технології вирощування даної культури.

3.2 Ріст і розвиток різних видів гірчиці у польовому досліді

Гірчицю у досліді висівали із нормою 2 млн. схожих насінин на 1 га (200 шт./м²). У польових умовах важливим етапом для отримання добрих сходів є процес проростання насіння. На стадії бубнявіння насіння (ВВСН 00–03) в ньому починаються біохімічні процеси перетворення запасних високомолекулярних речовин у низькомолекулярні. Саме інтенсивність цих процесів визначає хід усіх наступних етапів росту і розвитку рослин [58]. У вирощуванні гірчиці отримання дружних і вирівняних сходів визначає успіх у отриманні врожаю. Висока польова схожість гарантує приріст урожайності, зменшує витрати на насіння і пестициди, і, у підсумку, сприяє вирішенню не лише економічних, а й екологічних проблем землеробства. Загальновідомо, що показник схожистя є найбільш важливим серед усіх показників посівної якості

насіння. Польова схожість вказує на адаптованість рослини до даних природно-кліматичних умов та здатність насіння до проростання у даних польових умовах. Надалі польова схожість впливає на показник густоти рослин і, у підсумку, на врожайність рослин [59]. Польову схожість насіння важко заздалегідь прогнозувати, оскільки вона залежить від багатьох мінливих факторів зовнішнього середовища, які діють під час проростання рослин. Оптимальною для проростання насіння є вологість ґрунту 70 % повної вологоємності на глибині загортання насіння, тому на сухих і розпушених ґрунтах польова схожість насіння підвищується після коткування, яке сприяє надходженню вологи до висіяного насіння. Насіння зі зниженою лабораторною схожістю у виробництві потрібно замінювати кондиційним [60]. Формування оптимальної площі живлення рослин і її форми є необхідною умовою ефективної реалізації потенціалу продуктивності агрофітоценозів гірчиці сизої. Як зріджені, так і загущені посіви призводять не лише до зниження врожайності насіння, а й погіршують фітосанітарний стан посівів, що проявляється в прискореному розвитку хвороб, поширенню шкідників [61].

У нашому дослідженні польова схожість гірчиці коливалася у межах 67-79% (таблиця 3.1). Гірчиця сиза сорту Тавричанка мала більшу польову схожість, порівняно з гірчицею білою сорту Кароліна і, особливо, порівняно з гірчицею чорною сорту Черниш. Гірчиця чорна сорту Черниш мала найменшу польову схожість у досліді.

До збирання врожаю кількість рослин гірчиці зменшилась, що визначається коефіцієнтом виживання [62]. Коефіцієнт виживання рослин гірчиці у нашому досліді складав від 0,69 до 0,76, що є досить добрим показником для гірчиці [23], враховуючи несприятливі погодні умови Південного Степу України та поширення у агроценозах специфічних шкідників капустяних культур. Гірчиця біла і гірчиця сиза, практично, не відрізнялися між собою за коефіцієнтом виживання, а гірчиця чорна мала істотно більший коефіцієнт виживання, порівняно з гірчицею сизою. Нами

була відмічена тенденція до “компенсації” кількості рослин за рахунок кращого виживання при нижчій польовій схожості. Таким чином, на час збирання кількість рослин гірчиці різних видів (шт./м²) статистично не відрізнялася.

Думки науковців щодо того, якою має бути оптимальна кількість рослин гірчиці (шт./м²) перед збиранням врожаю розходяться: частина дослідників вважає оптимальною густотою 100-120 шт./м² [63], а деякі дослідження вказують на оптимальну густоту 220–250 шт./м² [64]. У нашому досліді густота рослин різних видів гірчиці перед збиранням складала від 102 до 109 шт./м².

Таблиця 3.1

Польова схожість та виживання рослин гірчиці

Варіант	Польова схожість, %	Кількість рослин перед збиранням, шт./м ²	Коефіцієнт виживання
Гірчиця сиза яра, сорт Тавричанка (контроль)	79	109	0,69
Гірчиця біла, сорт Кароліна	76	108	0,71
Гірчиця чорна, сорт Черниш	67	102	0,76
НСР ₀₅	6,8	9,3	0,06

Упродовж онтогенезу рослини гірчиці проходять наступні фенофази: сходи, розетка, гілкування, бутонізація, цвітіння, дозрівання. Гірчиця - “швидка” культура, яка має порівняно короткий період досягання, і це є її значною перевагою щодо можливості встигнути сформувати урожай до настання спекотної погоди. Проте, зменшення вегетаційного періоду може призвести до зменшення урожайності і зниженні вмісту олії. Але, якщо скорочення вегетаційного періоду відбулось між фазами сходів і цвітіння, то для процесу утворення олії залишається ще достатньо часу, щоб олійність була високою [65]. Тривалість міжфазних періодів у різних видів гірчиці мала свої особливості (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Тривалість міжфазних періодів та загальної вегетації
гірчиці, діб**

Варіант	Період			
	Сівба-сходи	Сходи-цвітіння	Цвітіння-дозрівання	Загальна тривалість вегетації
Гірчиця сизаяра, сорт Тавричанка (контроль)	9	38	39	86
Гірчиця біла, сорт Кароліна	8	37	40	85
Гірчиця чорна, сорт Черниш	10	38	40	88
НСР ₀₅	0,9	1,2	1,4	2,2

У нашому досліді загальна тривалість вегетації гірчиці була 85-88 діб. Це дещо менше від заявленої оригінаторами тривалості вегетації, вірогідно, за рахунок потепління клімату і, відповідно тепліші погодні умови, порівно з тими, за яких було створено дані сорти. Між тривалістю вегетації гірчиці сизої сорту Тавричанка і гірчиці білої сорту Кароліна істотної різниці не було. Так само, неістотно відрізнялася тривалість вегетації гірчиці чорної сорту Черниш від гірчиці сизої сорту Тавричанка, проте гірчиця біла сорту Кароліна дозрівала дещо швидше за гірчицю сорну сорті Черниш (у середньому, на 3 доби).

3.3 Біометричні показники різних видів гірчиці

Висота рослин гірчиці у нашому досліді складала, у середньому, від 105 до 120 см (табл.3.3). Гірчиця біла сорту Кароліна буда незначно вища за контрольний варіант (гірчиця сиза сорту Тавричанка) - на 3%. Гірчиця чорна сорту Черниш була нижчою за контроль на 13%.

Таблиця 3.3

Біометричні показники різних видів гірчиці

Варіант	Висота рослин, см	Площа листків, м ² /га	Кількість, шт./рослину		Маса 1000 насінин, г
			Гілок першого порядку	Стручків	
Гірчиця сиза яра, сорт Тавричанка (контроль)	117	122	4,4	106	3,0
Гірчиця біла, сорт Кароліна	120	139	4,6	99	3,2
Гірчиця чорна, сорт Черниш	105	102	4,2	87	2,5
НСР ₀₅	10,1	10,6	0,4	9,1	0,27

Найбільша у досліді площа листків була зафіксована у гірчиці білої сорту Кароліна (на 14%, порівняно до контролю). Площі листків гірчиці чорної сорту Черниш була на 27% менша, порівняно з контролем.

Кількість гілок першого порядку, практично, не відрізнялась між варіантами досліді.

Кількість стручків на рослині є найбільш варіабельним із усіх елементів продуктивності хрестоцвітих. Потенційна здатність рослин цієї родини до формування стручків дуже висока, але реалізація цього потенціалу суттєво залежить від багатьох внутрішніх і зовнішніх факторів. Тому кількість стручків може змінюватись у широких межах [66]. У нашому досліді кількість стручків на одну рослину суттєво не відрізнялася між видами гірчиці, проте контрольний варіант (гірчиця сиза яра сорту Тавричанка) мав незначну перевагу за цим показником.

Маса 1000 насінин є основним показником, що характеризує генетичний потенціал рослин за однакових умов вирощування. На цей показник дуже

впливають метеорологічні умови, прийоми агротехніки та інше. За умов повітряної і ґрунтової посухи насіння формується щуплим і легковагим [67].

Маса 1000 насінин гірчиці білої сорту Кароліна істотно не відрізнялася від контролю. Гірчиця чорна сорту Черниш поступалася за цим показником гірчиці сизій сорту Тавричанка на 22%. Аналізуючи сукупність даних, наведених у таблиці 3.3, можна судити, що на масу 1000 насінин суттєво вплинула площа листкової поверхні рослин.

3.4 Структура врожаю та урожайність насіння різних видів гірчиці

У таблиці 3.4 представлені дані щодо структури врожаю і урожайності насіння гірчиці.

Таблиця 3.4

Структура врожаю та урожайність насіння гірчиці

Варіант	Кількість рослин перед збиранням, шт./м ²	Маса насіння з 1 рослини, г	Біологічна урожайність, ц/га
Гірчиця сиза яра, сорт Тавричанка (контроль)	109	1,3	14
Гірчиця біла, сорт Кароліна	108	1,4	15
Гірчиця чорна, сорт Черниш	102	0,9	9
НСР ₀₅	9,3	0,13	1,3

Основний показник, що характеризує реалізацію генетичного потенціалу рослин гірчиці за однакових природно-кліматичних і технологічних умов вирощування - це врожайність [23].

У нашому досліді маса насіння з однієї рослини, практично, не відрізнялась між гірчицею сизою сорту Тавричанка і гірчицею білою сорту Кароліна (табл. 3.4). Гірчиця чорна сорту Черниш суттєво поступалася за цим показником (на 36%) гірчиці сизій сорту Тавричанка.

У підсумку, біологічний урожай гірчиці чорної був також істотно меншим за контрольний варіант - на 37%. Біологічна урожайність гірчиці білої сорту Кароліна і гірчиці сизої сорту Тавричанка були на одному рівні - 15 і 14 ц/га.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

При виконання розрахунків економічної ефективності вирощування гірчиці користувалися цінами на насіння гірчиці, що склалися на осінь 2024 року: насіння гірчиці білої - 26000 грн./т, гірчиці сизої - 30000 грн./т, гірчиці чорної - 46500 грн./т [68]. Результати економічної оцінки технології вирощування різних видів гірчиці наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Економічна ефективність вирощування насіння гірчиці

Показник	Варіанти		
	Гірчиця сиза яра, сорт Тавричанка (контроль)	Гірчиця біла, сорт Кароліна	Гірчиця чорна, сорт Черниш
Урожайність, т/га	1,4	1,5	0,9
Вартість продукції, грн./га	42000	39000	41850
Виробничі затрати, грн./га	18000	18000	18000
Собівартість, грн./т	12857	12000	20000
Чистий прибуток, грн./га	24000	21000	23850
Рівень рентабельності, %	133	117	132

Виробничі затрати на 1 га посіву гірчиці розраховувалися за технологічною картою вирощування гірчиці (Додаток) з використання встановлених нормативів, трифів і цін.

Собівартість 1 т насіння гірчиці знаходили діленням виробничих затрат на врожайність гірчиці з 1 га.

Чистий прибуток знаходили як різницю між вартістю продукції гірчиці з 1 га і виробничими затратами.

Рівень рентабельності визначали діленням чистого прибутку на виробничі затрати і множенням на 100.

Економічний аналіз технології вирощування різних видів гірчиці в умовах господарства ФГ «Меценат» показує, що вирощування гірчиці сизої ярої сорту Тавричанка (контрольний варіант) є економічно найвигіднішим, оскільки дає прибуток на рівні 24 тис. грн. з 1 га з рівнем рентабельності 133%. Вирощування гірчиці чорної сорту Черниш незначно поступається за економічною ефективністю контрольному варіанту, даючи 23850 грн./га чистого доходу з рівнем рентабельності 132%. Це пов'язано з високою ціною на насіння гірчиці чорної, яка забезпечує прибуток, попри низьку врожайність цієї культури у Запорізькій області. Гірчиця біла сорту Кароліна також принесла добрий прибуток - 21 тис. грн./га з рівнем рентабельності 117%, але поступалася за економічною ефективністю гірчиці сизій і гірчиці чорній.

Дані розрахунку енергетичної ефективності вирощування гірчиці у ФГ «Меценат» зведені до таблиці 4.2. Витрати антропогенної енергії на вирощування врожаю гірчиці наведені у Додатку.

Таблиця 4.2

Енергетичні показники технології вирощування гірчиці

Показник	Варіанти		
	Гірчиця сиза яра, сорт Тавричанка (контроль)	Гірчиця біла, сорт Кароліна	Гірчиця чорна, сорт Черниш
Урожайність, т/га	1,4	1,5	0,9
Витрати антропогенної енергії на 1 га (ΣE_a), МДж	9548	9548	9548
Вихід з 1 га валової енергії (BE_y), МДж	28724	30776	18465
Енергоємність 1 т продукції (Q), МДж	6820	6365	10609
Коефіцієнт енергетичної ефективності	3,0	3,2	1,9

Витрати антропогенної енергії на 1 га (ΣE_a), МДж ≈ 9548 (у відповідності до технологічної карти, що наведена у Додатку).

Вихід з 1 га валової енергії (BE_y), МДж, розраховували за формулою:

$$BE_y = Y \times K_c \times q_{пр}, \text{ де} \quad (4.1)$$

Y - урожайність т/га; $K_c = 0,92$; $q_{пр} = 22301$ МДж

Енергоємність 1 т продукції (Q), МДж, розраховували за формулою:

$$Q = \sum E_a / Y \quad (4.2)$$

Коефіцієнт енергетичної ефективності –

$$K_{ee} = BE_y / \sum E_a \quad (4.3)$$

З вищенаведених розрахунків бачимо, що вирощування гірчиці білої сорту Кароліна було найбільш енергетично вигідним, оскільки забезпечило найбільший коефіцієнт енергетичної ефективності – 3,2. Дещо поступалася за енергетичною ефективністю гірчиця сиза сорту Тавричанка, коефіцієнт енергетичної ефективності 3,0. Гірчиця чорна сорту Черниш мала найнижчий у досліді коефіцієнт енергетичної ефективності - 1,9, але загалом, це дуже добрий результат, оскільки, навіть у цьому випадку, свідчить, що у вирощування культури вкладено майже удвічі менше антропогенної енергії, ніж отримано з врожаєм.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Нормативно-правова база з охорони праці в галузі

Нормативно-правова база з охорони праці у сільському господарстві України включає у себе такі документи, як Конституцію України [69], Закон України “Про охорону праці” [70], Кодекс законів про працю України [71], Закон України “Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування” [72], а також нормативні акти: Перелік робіт з підвищеною небезпекою (НПАОП 0.00-4.12-2005) [73], Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві [74], Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці. (НПАОП 0.00-7.17-18) [75], Положення про розробку інструкцій з охорони праці. (НПАОП 0.00-4.15-98) [76] та інші.

Сучасний вектор руху України до Європейського союзу, передбачає в собі масштабні та складні зміни в економічній, політичній та правовій сферах. Не є виключенням і правові засади в області охорони праці та впровадження новітніх європейських стандартів. Задля формування єдиної нормативно-правової бази ЄС, цілі, принципи і положення з безпеки і гігієни праці, що містяться у директивах ЄС були транспоновані до національних нормативно-правових баз усіх держав-членів ЄС. Метою усіх Директив ЄС у сфері безпеки і гігієни праці є гармонізація умов безпеки та гігієни праці задля забезпечення належної сумісності економічного прогресу із соціальним прогресом через впровадження та дотримання вимог до безпеки та гігієни праці та зменшення шкоди від таких негативних явищ, як вплив конкуренції умови праці та здоров'я працівників [77]. Законодавчою основою регулювання праці у ЄС є акти (протоколи, конвенції, угоди, загальним числом понад 160), прийняті Радою Європи та Європейським Союзом. Така потужна законодавча база

надала змогу європейцям забезпечувати і контролювати безпечні умови праці найманих працівників, що робить європейські компанії більш успішними на міжнародному ринку. Стаття I частина II Європейської соціальної хартії має окремий розділ, що саме присвячений трудовій сфері [78]. Відповідно до указу Президента України «Про затвердження Стратегії інтеграції України до Європейського Союзу» соціальна політика України має бути адаптована до стандартів Європейського Союзу через реформування законодавства у сферах охорони здоров'я, охорони праці, соціального страхування та інших галузей. Для відповідності нормативно-правової бази з охорони праці України до нормативно-правової бази з охорони праці країн ЄС необхідно вирішити наступні завдання [79]: покращити права працівників; підвищити професійні стандарти; поліпшити стандарти з охорони праці. Треба зауважити, що деякі кроки у цьому напрямку Україною уже зроблені. Так, у 2018 році було прийнято в Україні розпорядження Кабінету міністрів України «Про схвалення Концепції реформування системи управління охороною праці в Україні та затвердження плану заходів щодо її реалізації». Дана Концепція декларує основні напрями, завдання та принципи розбудови і організації системи безпеки та гігієни праці на ґрунті ризикоорієнтованого підходу задля впровадження стандартів ЄС. Конвенції Міжнародної організації праці передбачають більші права і гарантії працівникам. Для ратифікації цих Конвенцій Україні потрібно впроваджувати у національну юридичну практику міжнародні трудові норми і ризикоорієнтований підход [80]. Проект «Сприяння у забезпеченні охорони праці в Україні (з метою підвищення рівня ефективності)» у рамках програми Tacis став початком співпраці України із Європейським Союзом у галузі охорони праці. До основних напрямків цього проекту належали: удосконалення нормативної бази в галузі охорони праці; створення інформаційного центру агітації та пропаганди з питань охорони праці; відпрацювання механізму економічних розрахунків на підприємстві, спрямованих на створення безпечних і здорових умов праці робітникам. Багато фахівців вважають, що Закон України «Про охорону праці» на сьогодні

вже є застарілим. Тому у серпні 2022 року, Міністерство економіки України презентувало проект нового Закону України «Про безпеку та здоров'я працівників на роботі» [81]. У новому Законі України «Про безпеку та здоров'я працівників на роботі» пропонується, наслідуючи базові принципи систем запобігання виробничим ризикам розвинених країн Європи, запровадити нову національну систему запобігання виробничим ризикам, засновану на принципах оцінювання, контролю ризиків та управління ними. Запропонований проектом Закону «проактивний» принцип запобіжних дій передбачає зміну об'єкту державної політики: з нинішніх «безпека праці» або «охорона праці» – на європейський «безпека працівника». Нарешті, працівник, людина, а не виробнича діяльність виходить на перший план державної політики, а завданням стають не вимоги до процесу організації безпеки, повне усунення або мінімізація ризиків для життя і здоров'я працівника [82].

5.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

У сільськогосподарському виробництві, нажаль, щорічно зростає важкість виробничого травматизму. До найбільш травмонебезпечних професій сільському господарстві належать професії водія, механізатора (тракториста-машиніста), сторожа і тваринника. У рослинництві основними джерелами смертельних травм на сьогодні є мобільні машини (близько 70%), особливу небезпеку становлять колісні трактори, зерно- і кормозбиральні комбайни та вантажні автомобілі. Помилкові дії працівників при виконанні механізованих процесів спричинили до третини від усіх нещасних випадків у агропромисловому комплексі України. Природні процеси і виробнича діяльність механізаторів є причиною змінності параметрів виробничого довкілля і у цьому полягає особливість умов виконання механізованих процесів у сільському господарстві. У кожному елементі системи «людина-машина-довкілля» закладені чинники небезпеки, що впливає на безпеку технологічної системи у цілому. І кожен елемент системи, у свою чергу,

охоплює чималу кількість специфічних небезпечних і шкідливих чинників. Розроблення і впровадження заходів та засобів поліпшення умов праці у рослинництві потребує, насамперед, виявлення та аналізу потенційних виробничих небезпек при виконанні основних видів робіт, а також виявлення роль працівника у формуванні небезпечних ситуацій [83]. Небезпечні дії працівників можуть призвести до нещасних випадків у рослинництві, а саме: робота у стані алкогольного (наркотичного) сп'яніння; недотримання вимог інструкцій з охорони праці; використання машин, обладнання, інструменту у несправному стані та не за призначенням; усунення технічних (технологічних) несправностей без зупинення машин і обладнання; неприєднання гальмівної системи причіпних машин до гальмівної системи тракторів; робота на машинах та обладнанні без захисних пристроїв; невикористання під час роботи або використання не за призначенням засобів колективного та індивідуального захисту; перевезення людей у транспортних засобах, необладнаних згідно з вимогами чинних Правил дорожнього руху; використання випадкових предметів як опор і підставок під час ремонту (обслуговування) машин і обладнання та ін.

5.3 Заходи щодо оптимізації умов праці

Сучасні технології у сільському господарстві передбачають впровадження нових підходів щодо забезпечення роботодавцями належних умов праці та мінімізації виробничого травматизму працівників. Вимоги охорони праці на підприємствах сільського господарства регламентують «Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві» [83]. Під час виконання робіт у сільському господарстві на працівників можуть діяти природні, фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі чинники: вітер, опади, гроза, сонячна радіація, низька або висока температура повітря, ожеледиця, глибокий сніг, круті схили, обвали, селі, зсуви, повені, болота, водостоки; рухомі машини і рухомі частини

устаткування; підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму; гострі краї, задирки, шорсткість на поверхнях матеріалів; слизькість мокрих та обмерзлих поверхонь пересування; розміщення робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі; пестициди; павуки, кліщі, отруйні рослини, їх плоди та пилок; патогенні мікроорганізми; важкість та напруженість праці. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники можуть бути присутні весь час, виникати періодично або з'являтися раптово внаслідок руйнування обладнання та призводити до травматизму. Ризик травматизму працівників визначають такі складові: ймовірність небезпечної події, її частота виникнення та можливі наслідки. Кількісно ступінь ризику P можна оцінити у відносних одиницях (балах) за формулою: $P = I \cdot Ч \cdot T$, де I – ймовірність виникнення небезпечної події; $Ч$ – частота виникнення небезпечної події; T – можливі наслідки виникнення небезпечної події (тяжкість наслідків події). Фактор ймовірності може варіювати в діапазоні, що характеризує рівень очікування небезпечних подій: від абсолютно неочікуваних і непередбачуваних, але віддалено допустимих, до подій, що можна очікувати через деякий час. Для визначення факторів частоти настання небезпечних ситуацій та факторів можливих наслідків використовують сталі величини Гремма та Кіннея. Постійному настанню небезпечній ситуації протягом робочого дня (в балах) відповідає величина $Ч = 10$, а величина $Ч = 1$ свідчить про досить рідку частоту виникнення небезпечних ситуацій, можливо, не більше декілька разів на рік. Інтерполяція між цими встановленими величинами дозволить охарактеризувати проміжні значення цього об'єкту. Із збільшенням частоти настання небезпечної ситуації, підвищується пов'язаний з нею ризик. Збитки, нанесені можливим виникненням небезпечної події, можуть змінюватись від зовсім незначних (фактор можливих наслідків $T = 1$ – легкі тілесні ушкодження), до катастрофічних – $T = 40$, коли може бути багато смертельних випадків або мати місце матеріальні збитки на мільйони гривень). Проміжні значення фактору можливих наслідків визначаються шляхом інтерполяції і

розташовуються між двома спершу встановленими точками (серйозні тілесні ушкодження – 3 бали, значні нещасні випадки – 7 балів, дуже значні нещасні випадки із смертельним наслідком – 15 балів). При оцінюванні доцільності поліпшення умов праці при виконанні певних технологічних процесів у потрібно враховувати, що при високих ступенях ризику слід запроваджувати найефективніші заходи безпеки праці з метою усунення чинників небезпеки.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Визначенні особливості росту і розвитку різних видів гірчиці, проведена порівняльна характеристика показників продуктивності гірчиці сизої ярої сорту Тавричанка, гірчиці білої сорту Кароліна і гірчиці чорної сорту Черниш. Встановлено, що в умовах Південного Степу України досліджені сорти гірчиці різних видів мали польову схожість 67-79%, коефіцієнт виживання 0,69-0,76 та забезпечили формування біологічного врожаю насіння на рівні 0,9–1,5 т/га.

Встановлено, що усі досліджені сорти різних видів гірчиці є економічно та енергетично доцільними для вирощування в умовах Південного Степу України: гірчиця сиза яра сорту Тавричанка і гірчиця біла сорту Кароліна дали більший врожай за гірчицю чорну сорту Черниш, але ціна закупівлі насіння гірчиці чорної була значно більшою за решту видів гірчиці. Чистий прибуток від вирощування досліджених видів і сортів гірчиці склав 21-24 тис. грн./га з коефіцієнтом енергетичної ефективності 1,9-3,2.

За результатами досліджень рекомендовано виробництву в умовах Південного Степу України вирощувати гірчицю сизу яру сорту Тавричанка, гірчицю білу сорту Кароліна і гірчицю чорну сорту Черниш, що може принести, у середньому 22500 грн. прибутку з 1 га.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Паламарчук В. Д, Поліщук І. С., Каленська С. М., Єрмакова Л. М. Вінниця : ФОП Рогальська І. О, 2013. 724 с
2. Жуйков, О. Г. (2015). Агробіологічне обґрунтування комплексу технологічних прийомів вирощування видів гірчиці в умовах Південного степу України (Doctoral dissertation, ступеня д-ра с.-г. наук: 06.01. 09. Херсон, 2015). 434 с.
3. Dang, R., Guan, H., & Wang, C. (2023). *Sinapis Semen*: A review on phytochemistry, pharmacology, toxicity, analytical methods and pharmacokinetics. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1113583. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1113583>
4. Effects of *Sinapis nigra* L. and *Sinapis alba* L. Extracts. *Molecules*, 23(11), 2004. <https://doi.org/10.3390/molecules23113004>
5. Boscaro, V., Boffa, L., Binello, A., Amisano, G., Fornasero, S., Cravotto, G., & Gallicchio, M. (2018). Antiproliferative, Proapoptotic, Antioxidant and Antimicrobial Brown, J., Brown, A.P., Davis, J.B. et al. Intergeneric hybridization between *Sinapis alba* and *Brassica napus*. *Euphytica* 93, 163–168 (1997). <https://doi.org/10.1023/A:1002905816887>
6. Mitrović, P. M., Stamenković, O. S., Banković-Ilić, I., Djalović, I. G., Nježić, Z. B., Farooq, M., ... & Veljković, V. B. (2020). White mustard (*Sinapis alba* L.) oil in biodiesel production: a review. *Frontiers in plant science*, 11, 299. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00299>
7. Жуйков О.Г. Гірчиця в Південному Степу: агроекологічні аспекти і технології вирощування. Херсон: ФОП Грінь Д.С., 2014.– 416 с.
8. Мазур В.О., Гомоній С.М., Попович Ю.В. Гірчиця: посібн. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. 32 с.
9. Біологізація землеробства в Україні: реалії та перспективи / за ред. В. В. Іванишина та І. А. Шувара. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 284

с.

10. Сидерати в сучасному землеробстві : Монографія / І. А. Шувар, О. М. Бердніков, В. М. Сендецький, Л. В. Центилю, О. М. Бунчак. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 156 с.
11. Юркевич Є.О., Бойко П.І., Коваленко Н.П., Валентюк Н.О. Науковотехнологічні та агробіологічні основи високопродуктивних агроєкосистем України: монографія / за заг. наук. ред. Н. П. Коваленко. Одеса : Видавництво ТОВ «Іздателський центр», 2021. 654 с.
12. Юркевич Є., Валентюк Н. Вплив сидеральних попередників на формування елементів структури урожаю пшениці озимої в умовах степу України. Актуальні аспекти розвитку науки і освіти: збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців, 24 - 25 жовтня 2024 р., Одеса : Одеський державний аграрний університет, 2024. С.456-458. URL: <https://dspace.ksaeu.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/10044/Zbirnyk-materialiv-24-25.10.24.pdf?sequence=1#page=458>
13. Krzebietke S., Kijewski Ł., Jankowski K., Budzyński W. The effect of sulphur fertilization on macronutrient concentrations in the post-harvest biomass of mustard. *Plant Soil Environ.* 2015. 6. S. 266–272.
14. Dubey R., Dhaker R., Mundra S., Tiwari R. Response of Indian mustard to Nutrients and Plant Growth Regulators: The Influence on Yield, Available Soil P Balance and P Recycling through Residues. *International J. of Current Microbiology and Applied Sciences.* 2017. 6(8). S. 3319–3331.
15. Мельничук, Т., Матвієць, В., Сендецький, В., & Рудавська, Н. (2024). Формування продуктивності гірчиці білої за програмованого застосування мінерального та позакореневого удобрення. *Вісник аграрної науки*, 102(5), 24-30. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202405-03>
16. Случак О.М., Волощук О.П., Волощук І.С. Сучасний стан виробництва гірчиці білої та її народногосподарське значення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2021. Вип. 70 (2). С. 49–59.

17. Журавель В., Буділка Г. Гірчиця — альтернативна олійна культура. Пропозиція. 2018. № 3. С. 23–25.
18. Агробізнес: проблеми, сучасний стан та перспективи розвитку: [Колект. моногр.] / За заг. редакцією В.С. Ніценка. Одеса: ТОВ «Лерадрук», 2013. – 577 с.
19. До 90% української гірчиці йде на експорт. URL: <https://agroportal.ua/ua/news/rastenievodstvo/do-90-ukrainskoi-gorchitsy-ukhodit-na-eksport/>
20. Губенко Л. Гірничні реалії та перспективи. URL: <https://propozitsiya.com/ua/girchychni-realiyi-ta-perspektyvy>
21. Бутенко С. О. Сортові особливості формування продуктивності гірчиці білої залежно від регуляторів росту з антистресовою дією в умовах північносхідного Лісостепу України. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія». Сумський національний аграрний університет, Міністерство освіти і науки України, Суми, 2022. 177 с.
22. Волощук, М. Ю. (2024). Формування врожайності насіння гірчиці білої залежно від рівня мінерального живлення рослин. Міжвідомчий тематичний науковий збірник, 18. DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-1-2
23. Ходос Т.А., Жуйков О.Г. Агроекологічні аспекти доцільності залучення гірчиці сарептської /brassica juncea/ до польових сівозмін південного степу України. Сучасна наука: стан та перспективи розвитку матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених з нагоди Дня науки, 19 травня 2021р. Херсон. С. 82-85.
24. Шувар І.А., Бердніков О.М., Сендецький В.М. Сидерати в сучасному землеробстві: монографія. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 156 с.
25. Поляков О., Журавель В. Перспективи вирощування гірчиці. Пропозиція. 2009. № 2. С. 54-56.
26. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні

- (малопоширені культури) : монографія / [І.А. Шевченко, В.О. Лях, О.І. Поляков, А.І. Сорока, К.В. Ведмедєва, В.М. Журавель, Ю.О. Махно, Т.Г. Товстановська, Г.І. Буділка] ; Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України. Запоріжжя : СТАТУС, 2017. 44 с.
27. Томашова О. Л. Основні агротехнічні прийоми вирощування гірчиці сарептської в умовах Криму. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. Харків, 2011. Вип. 10, С. 259–264.
 28. Блищик С. П. Вплив прийомів вирощування на урожайність гірчиці сарептської . Тези наук. доп. всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів “Наукові проблеми виробництва зерна в Україні та сучасні методи їх вирішення”. Дніпропетровськ, 2000. С.110
 29. Козіна, Т. В. Вплив регулятора росту «Вермібіомаг», строків сівби і норм висіву на насінневу продуктивність гірчиці білої в умовах Лісостепу західного. Збірник наукових праць ПДАТУ. Вип. 22. Кам’янець-Подільський, 2014. С. 77-81.
 30. Музика Л.П., Бердін С.І., Павлік О.С. Окремі технологічні аспекти вирощування гірчиці. Міжнародної науково-практичної конференції «Гончарівські читання» присвяченої 92-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем’яновича, 116-118. URL:
https://repo.snau.edu.ua/bitstream/Гончарівські%20читанняF_2021.pdf#page=116
 31. Кирилук, В. П., Тимощук, Т. М., & Кальчук, М. М. (2019). Урожайність гірчиці білої залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. Наукові горизонти, (2), 27-33.
 32. Вишнівський П.С., Губенко Л.В., Ремез Г.Г. Вплив удобрення на формування врожайності гірчиці білої. Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН». 2010. Вип. № 1. С. 122– 126.
 33. Жердецька С., Мельник А., Шаббір Г., Шахід А. Урожайність гірчиці залежно від погодно-кліматичних умов Північно-східного Лісостепу

- України. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2016. № 2. С. 127–130.
34. Мельник А.В., Жердецька С.В. Вплив доз мінеральних добрив на врожайність гірчиці ярої сизої в умовах Північно-східного Лісостепу України. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. № 269. С. 177–185.
 35. Шахід А. Вплив норм мінеральних добрив на ріст та розвиток рослин гірчиці білої в умовах Північно-східного Лісостепу України. Таврійський науковий вісник. 2018. № 101. С. 141–145.
 36. Козіна Т.В. Рекомендації з вирощування гірчиці білої на насіння в умовах Лісостепу Західного. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2012. 28 с.
 37. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів : ДСТУ 4362:2004.[Чинний від 2006-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 22с.
 38. Вільна, Н. В. (2020). Порівняльна характеристика властивостей чорнозему південного на вододілі та схилі у Правобережному Степу України. Агрохімія і ґрунтознавство, 89, 105-110.
URL: <https://doi.org/10.31073/acss89-12>
 39. Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. Київ: Урожай, 1990. 223 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/542075/>.
 40. Тихоненко Д.Г. Агрогенне ґрунтоутворення і класифікація ґрунтів. Вісник ХНАУ. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство». Харків, 2010. №5. С. 5– 10.
 41. Носко Б.С. Антропогенна еволюція чорноземів. Національний науковий центр “Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського”. Харків: Вид. ”13 типографія”, 2006. 239 с.
 42. Заришпяк А.С., Балюк С.А., Лісовий М.В. Баланс гумусу і поживних речовин у ґрунтах України. Вісн. аграр. науки. 2012. №7. С. 28–32.
 43. Герасименко В.Г., Дегтярьов Ю.В. Вміст азоту, фосфору і калію у чорноземах типових під різними фітоценозамиЗбалансоване використання та відтворення родючості ґрунтів в умовах глобальних змін клімату :

- матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присв. Всесвітньому Дню Ґрунту та 130-річчю заснування кафедри ґрунтознавства ДБТУ, 5–6 грудня 2023 р. Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2023. С.160-163. URL: <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2023/12/mater-conf-5-6-12-23.pdf#page=160>
44. Основи наукових досліджень в агрономії. / за ред. В.О. Єщенко. Київ : Дія, 2005. 288 с.
 45. Каталог сортів та гібридів олійних культур. УААН. Інститут олійних культур. Запоріжжя : 2009. 42 с. URL: <http://imk.zp.ua/index.php/kataloh-sortiv-ta-hibrydiv/hirchysia/hirchysia-syza-iara>
 46. Кароліна - гірчиця, насіння білого сорту. <https://agroexp.agrobiz.net/goods/karolina-girchitsya-nasinnya-bilogo-sortu/>
 47. Гірчиця біла, сорт Кароліна. URL: <https://agroexp.agrobiz.net/goods/karolina-girchitsya-nasinnya-bilogo-sortu/>
 48. «Чорне золото», або Особливості вирощування гірчиці чорної. URL: <https://propozitsiya.com/ua/chorne-zoloto-abo-osoblivosti-viroshchuvannya-girchici-chornoyi>
 49. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами / Сайко В. Ф., Камінський В. Ф., Вишнівський П. С. та ін.; за ред. П. С. Вишнівського. Київ. 2011. 76 с.
 50. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип.1. Загальна частина / ред. В. В. Волкодав; Держ. коміс. України по випробовуванню та охороні сортів рослин. Київ : «Технопринт», 2000. 100с.
 51. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 01.01.2004]. Київ : Держстандарт України, 2003. 173 с. (Національний стандарт України).
 52. Методичні рекомендації з підготовки, написання і захисту дипломних робіт здобувачами вищої освіти освітнього рівня «Магістр» зі спеціальності 201 «Агрономія». / О.А.Єременко та ін. Мелітополь, ТДАТУ,

2020. 47 с.

53. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Россельхозиздат, 1989. 368 с. URL: <http://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/73974>
54. Добрынин В.А. Экономика сельского хозяйства. Москва : Агропромиздат, 1990. 160 с.
55. Пастухов В.І. Енергетична оцінка механізованих технологій рослинництва: методи і результати. Харків : Ранок, 2003. 100 с.
56. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів. Херсон: Айлант, 2013. 378 с.
57. Kovalenko, O. (2022). Assessment of the bioclimatic potential of the south steppe of ukraine on the main crops according to par indicators. *European Science*, (sge11-01), 89-112. DOI: 10.30890/2709-2313.2022-11-01-011
58. Мусієнко М. М., Капінос М. В. Фізіолого-біохімічні реакції в насінні та рослинах гороху посівного (*Pisum sativum* L.) на початкових етапах онтогенезу за дії біопрепаратів і регуляторів росту рослин. Вісник аграрної науки. 2018. № 7 (784). С. 11–17. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201807-02>.
59. Рожков А. О., Труш О. К. Польова схожість насіння та збереженість рослин квасолі залежно від норми висіву насіння. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. № 4. С. 30–36. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.04>.
60. Паламарчук В.Д., Каленська С.М., Єрмакова Л.М., Поліщук І.С., Поліщук М.І. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: ФОП Рогальська І.Л., 2015. 452 с.
61. Паламарчук В.Д. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур / В.Д. Паламарчук, О.В. Климчук, І.С. Поліщук, О.М. Колісник, А.Ф. Борівський. Вінниця, 2010. 633 с.
62. Жуйков О. Г. Комплексна агробіологічна оцінка сучасного сортового

- складу гірчиці в умовах сухого Степу. "Зрошуване землеробство". Зб. наук. пр. 2012. Вип. 58. С. 94–99.
63. За яких умов цього року можна отримати урожай гірчиці сарептської у Степу. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/za-yakyyh-umov-czogo-roku-mozhna-otrymaty-urozhaj-girchyczi-sareptskoyi-u-stepu/>
 64. Лихочвор А. М. Урожайність, якість і економічна ефективність вирощування ярих олійних культур та вплив добрив на продуктивність ріжю ярого. Науковий вісник НУБіП. Серія «Агрономія». 2017. № 269. С.36-45.
 65. Лихочвор А. М. Економічна ефективність вирощування ріжю та ярих олійних культур в західному Лісостепу. Sword журнал. Научний взгляд в будущее. Одесса : Куприенко СВ, 2017. №5. Том 6. С.8–15.
 66. Жернова Н. П. Вплив елементів технології на продуктивність гірчиці сарептської сорту Світлана. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН*. Запоріжжя, 2009. № 14. С. 143 – 149.
 67. Урожайність гірчиці залежно від погодних умов та норми висіву на чорноземах південних / В. В. Гамаюнова, Л. Г. Хоненко, О. А. Коваленко, Л. М. Гирля. *Таврійський науковий вісник*. Херсон : Айлант, 2014. Вип. 88. С. 50-56.
 68. Насіння гірчиці від виробника. <https://agrovektor.com/ua/category/786-semena-gorchicy/brand/ot-proizvoditelya-740.html>
 69. Конституція України : Закон України від 28 червня 1996 р. № 254к/96-ВР / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. 1996. № 30. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/-вр#Text>
 70. Про охорону праці : Закон України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
 71. Кодекс законів про працю України. Затверджується Законом № 322-VIII від 10.12.71 ВВР, 1971, додаток до № 50, ст. 375 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>

72. Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування : Закон України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1999, № 46-47, ст.403. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14#Text>
73. Перелік робіт з підвищеною небезпекою (НПАОП 0.00-4.12-2005). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0232-05#Text>
74. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві. Наказ Мінсоцполітики України від 29.08.2018 № 1240. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1090-18#n12>
75. Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці. (НПАОП 0.00-7.17-18). URL: http://sop.zp.ua/norm_праор_0_00-7_17-18_02_ua.php
76. Положення про розробку інструкцій з охорони праці. (НПАОП 0.00-4.15-98) URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0226-98>.
77. Узгодження українського законодавства з європейською нормативноправовою базою з безпеки і гігієни праці: ключові питання. Охорона праці і пожежна безпека. 2019. URL: <https://oppb.com.ua>.
78. Григор'єва О. В. Впровадження європейських стандартів охорони праці в діяльність українських підприємств. Ефективна економіка. 2016. №6.
79. Реформування системи управління охороною праці триває. Фонд соціального страхування України. 2020. URL: <http://www.fse.gov.ua>.
80. Роботодавцям підготували реформу сфери охорони праці та посилення відповідальності. Лігазакон. 2022. URL: <https://buh.ligazakon.net>.
81. Новий закон про безпеку та здоров'я працівників на роботі. Баланс Бюджет. 2021. URL: <https://budget.uteka.ua>.
82. Підкопай Б.Н., Серіков Я.О. Введення європейських норм в українське законодавство в сфері охорони праці / III Міжнар. наук-практ. інтернет-конф. студентів та молодих науковців «Актуальні питання охорони праці у контексті сталого розвитку та європейської інтеграції України» 09-11 листопада 2022 р., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, м. Харків, с. 246-248. URL:

https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/2022/Tezy_2022/_9-11_11_22.pdf#page=246

83. Войналович О. В., Марчишина Є. І., Білько Т. О. Охорона праці у сільському господарстві. Київ. Центр учбової літератури. 2017. 691 с

ДОДАТОК

Технологічна карта та енергетична оцінка технології вирощування
гірчиці у ФГ “Меценат”

Попередник пшениця озима

Технологічна операція	Обсяг робіт	Склад агрегату		Змінні норми виробітку	Термін проведення робіт та агротех-нічні вимоги	Енергетичні витрати антропогенної енергії, МДж
		марка трактора	марка с.-г. машини			
1	2	3	4	5	6	7
Дискування	100	John Deere 8320R	Lemken Rubin 9/600 KUA	66,2	Одразу після збирання попередника	659,3
Оранка на зяб на глибину 20-22 см	100	John Deere 8320R	ПЛН-9-35	6,4	Після проведення лушення	1371,8
Внесення добрив	100	MTЗ-892	РМУ-2Б	67,0	NPK 16-16-16 +10S	928,7
Передпосівна культивация на 5-6 см	100	John Deere 8320R	Компактомат Farnet K 800	25,3	Проводиться за 2-3 дні до посіву	512,9
Сівба	32	John Deere 8320R	Сівалка TERRANOVA-1714	38,5	Діамофос 13% N 41%P ₂ O ₅ (NH ₄ H ₂ PO ₄) 60 кг/га	3472,5
Транспортування пестицидів	30,2	-	КАМАЗ 5320	22,0	-	48,9
Внесення гербіциду	30,5		Опрыскувач самохідний HARDI 463 ALPHA	67,0	Чрез 2 доби після посіву, Тізер, 2 л/га	225,5
Внесення інсектициду	30,2		Опрыскувач самохідний HARDI 463 ALPHA	67,0	Фаза утворення розетки, Колібріс, 0,25л/га	315,9
Внесення фунгіциду	30,5		Опрыскувач самохідний HARDI 463 ALPHA	67,0	Фаза формування бічних пагонів, Капітал, 0,7 л/га	254,8
Внесення гербіциду	30,5		Опрыскувач самохідний HARDI 463 ALPHA	67,0	Фаза стеблуння, Нарапс, 0,35 л/га	225,5
Пряме комбайнування з подальшим подрібненням	100	JOHN DEERE S670	-	13,6	Фаза технічної стиглості	1213,8
Транспортування зерна	100	-	КАМАЗ 5320 УЗСА 40	-	Під час збирання зерна	318,5
Всього:						9548