МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет агрономії
Кафедра генетики, селекції рослин та біотехнології

Допущено до захисту

«____» _____ 2025 р.

Зав. кафедри, д. с.-г. н., професор

_____ Людмила РЯБОВОЛ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

СЕЛЕКЦІЙНА ОЦІНКА СОРТІВ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконав:

студент ІІ курсу, групи 24 м-а

спеціальності 201 Агрономія

ЛАВРЕНЮК Олександр Русланович

Керівник –ЛЮБЧЕНКО Андрій, к. с.-г. н., доцент

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП…… 3
РОЗДІЛ 1. ВИКОРИСТАННЯ ТА СЕЛЕКЦІЯ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ (огляд літератури)…….…….… 5
1.1. Гірчиця як компонент світового та українського олієжирового комплексу……..……. 5
1.2. Видовий та сортовий асортимент гірчиці в Україні… 7
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ (особливості сортів гірчиці білої Біла принцеса, Запоріжанка, Еталон, Ослава)…….. 11
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ… 13
3.1. Характеристика ґрунту ……..…. 13
3.2. Погодні умови ……...……..... 13
3.3. Схема досліду……...……..… 15
3.4. Агротехніка вирощування гірчиці білої у досліді 15
3.5. Методика проведення досліджень…….…….. 16
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ……..... 18
4.1. Фенологічна оцінка гірчиці білої..…….. 18
4.2. Придатність гірчиці білої до механізованого вирощування..... 19
4.3. Продуктивність гірчиці білої……..... 20
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ 25
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА……. 27
6.1. Моделювання виробничих небезпек під час вирощування гірчиці білої.....……. 27
6.2. Охорона навколишнього природного середовища під час вирощування гірчиці білої...……...…….. 39
ВИСНОВКИ…… 31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ……..……... 32
ДОДАТКИ ……. 39

ВСТУП

Гірчиця є культурою багатовекторного промислового значення завдяки різноманітному використанню. Основною метою виробництва гірчиці є отримання харчової олії, гірчичного порошку і зеленого корму для тварин. У насінні гірчиці міститься 40–48 % високоякісної олії, придатної для харчових і технічних цілей. Крім того, у насінні гірчиці міститься 0,5–1,7 % ефірної олії. Леткі олії у гірчичному насінні гальмують ріст деяких дріжджів, плісняви та бактерій, що дає змогу використовувати гірчицю як природний консервант і продовжувати термін зберігання готових продуктів харчування.

Гірчиця широко відома як сидеральна культура, оскільки вона має унікальну властивість засвоювати важкодоступні форми поживних речовин із ґрунту та переводити їх у легкозасвоювані форми. Також гірчиця як сидерат приваблює аграріїв завдяки великій вегетативній масі, невибагливості рослини і фітосанітарним якостям, серед яких є кореневі виділення, які, як і пожнивні залишки, помітно впливають на зменшення нагромадження в ґрунті багатьох поширених захворювань (фітофтороз, ризоктоніоз, парша бульб, фузаріозні гнилі).

Мета і завдання дослідження. Метою наших досліджень була оцінка сортів гірчиці блої за комплексом господарсько-цінних характеристик в умовах НВВ Уманського НУС.

Для досягнення мети на вивчення поставлено наступні завдання:

- провести фенологічну оцінку сортів гірчиці білої;
- вивчити морфологічні особливості сортів гірчиці білої;
- проаналізувати продуктивність сортів гірчиці білої.

Об’єкт дослідження: особливості росту, розвитку та формування насіннєвої продуктивності сортами гірчиці білої.

Предмет дослідження: сорти гірчиці білої.

Наукова новизна роботи. Проведено аналіз сортів гірчиці білої за комплексом господарсько-цінних в умовах НВВ Уманського НУС.

Практичне значення одержаних результатів. Виділено перспективні сорти для вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах центральної частини Правобережного Лісостепу України та сорти-донори ознак для подальших селекційних досліджень.

Особистий внесок автора полягає в опрацюванні джерел наукової літератури, плануванні та проведенні польових та лабораторних досліджень, статистичній обробці отриманих даних, формулюванні висновків**.**

Апробація результатів кваліфікаційної роботи. Основні положення кваліфікаційної роботи представлено на засіданнях студентського гуртка кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського НУ.

РОЗДІЛ 1
ВИКОРИСТАННЯ ТА СЕЛЕКЦІЯ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ
(огляд літератури)

1.1. Гірчиця як компонент світового та українського олійножирового комплексу

Sinapis alba L. (гірчиця біла) є важливою олійною та експортною культурою, особливо поширеною в Канаді. Її природне походження пов'язане з Близьким Сходом та Середземномор'ям. Основні площі вирощування зосереджені в бороземних і темно-бороземних регіонах західних канадських прерій, а також на північних рівнинах США. Цей вид характеризується високою адаптивністю до теплового режиму та посушливих умов [1], а також стійкістю або толерантністю до низки важливих захворювань [2] і шкідників [3]. Урожайність насіння в західній Канаді є нестабільною, оскільки залежить від комплексу чинників середовища, глибини сівби, норми висіву та строків посіву [4]. За даними 1993–1997 рр. середня врожайність становила 1960 кг/га (у межах 1458–2257 кг/га) [5].

Sinapis alba належить до триби *Brassiceae* родини *Brassicaceae*. Це переважно перехреснозапильний вид, що має виражену спорофітну систему самонесумісності [6]. Типова рослина досягає близько 1 м заввишки [7] і утворює характерні жовті квітки з чотирма чашолистками та пелюстками, типовими для родини капустяних. Стручки завдовжки 2,0–4,2 см мають видовжений, сплюснутий дзьоб, який становить близько третини довжини, та містять по 2–4 насінини у кожному гнізді, відокремлені несправжньою перегородкою. На відміну від багатьох інших видів *Brassicaceae*, стручки білої гірчиці не розтріскуються при дозріванні. Існують жовтонасінні та буронасінні форми, однак у промислових масштабах у Північній Америці культивуються лише жовтонасінні, відомі як "жовта гірчиця".

Насіння білої гірчиці є більшим за розміром (4–6 г на 1000 насінин), ніж у ріпаку (*Brassica napus L.* та *B. rapa L.*), де маса 1000 насінин становить лише 2–3 г (Дауні та Раков, 1987). Насіння відзначається високим вмістом 4-гідроксибензилглюкозинолату [8], який зумовлює цінні приправні властивості культури. Окрім того, оболонка насіння містить слизові речовини, які є корисним біопродуктом із високими емульгуючими, водоутримувальними та стабілізуючими характеристиками [9].

Дослідницькі програми Саскатунського науково-дослідного центру сільського господарства та агропродовольства Канади (SRC-AAFC) спрямовані не лише на вдосконалення сортів приправної жовтої гірчиці, але й на створення форм, придатних для виробництва рослинної олії та білкових продуктів харчування [10].

Належний рівень генетичної варіабельності *S. alba* досі досліджений недостатньо. Проте аналіз ступеня та структури генетичного різноманіття має суттєве значення для ефективного управління генетичними ресурсами, селекції продуктивних генотипів і збереження біорізноманіття [11]. Селекціонери та генетики популяційного рівня активно застосовують оцінку внутрішньо- та міжпопуляційної варіації для прогнозування генетичного прогресу, підтримання зародкової плазми [12], аналізу її структури [13] та відбору вихідного матеріалу [14–17].

Генетичне різноманіття є основою селекційного процесу, забезпечуючи адаптивність культур до біотичних і абіотичних стресів [18]. Минулі епізоотії, такі як масові ураження кукурудзи (*Zea mays* L.) стебловим метеликом (*Ostrinia nubilalis* Hübner) [19], або епідемії іржі в пшениці (*Puccinia graminis Pers.*, *Puccinia triticina Eriks.*) [20]), а також чорної ніжки у ріпаку (*Leptosphaeria maculans*) [21], переконливо продемонстрували важливість зниження генетичної вразливості культур.

У ріпаку якість насіння та врожайність формувалися з вузького генетичного базису: низький вміст ерукової кислоти вперше з’явився у сортах Oro (*B. napus*, 1968) і Span (*B. rapa*, 1971), а низький вміст глюкозинолатів — у

Tower (*B. napus*, 1974) і Candle (*B. rapa*, 1977) [22]. Аналогічні процеси відбувалися у східній гірчиці (*B. juncea*), де стійкість до білої іржі (*Albugo candida*) була спершу введена у сорт Domo (1977), а пізніше — у сорти Cutlass (1985) і AC Vulcan (1994).

Для жовтої олійної гірчиці низький вміст ерукової кислоти походить від лінії BHL-926, а низький рівень глюкозинолатів — від лінії TO92-6669 [23]. Формування широкої генетичної бази цього виду є критично важливим завданням, оскільки саме вона визначатиме потенціал подальшого селекційного прогресу та стійкість до стресових чинників.

Генетичні ресурси рослин Канади та колекції SRC-AAFC містять широкий спектр зразків *S. alba*, включаючи дикорослі форми, селекційні лінії, місцеві сорти та культивари з Канади, Європи, Азії та Близького Сходу. На основі багаторічних польових випробувань 1994–1998 рр. було оцінено 179 зразків за комплексом морфологічних і біохімічних ознак, що дало змогу проаналізувати ступінь генетичного різноманіття та структуру популяцій цього виду.

1.2. Видовий та сортовий асортимент гірчиці білої в Україні

Зразки білої гірчиці, досліджені у повторних випробуваннях, були розподілені на 12 кластерів у 1994 році, 13 кластерів у 1995 році та 12 кластерів у 1998 році. У неповторюваних дослідженнях було виділено п’ять кластерів у 1997 році та десять — у 1998 році (II серія). В усіх випробуваннях більшість зразків (85–95%) були віднесені до певних кластерів, тоді як решта приєднань залишалися як поодинокі або парні утворення. Кофенетичні коефіцієнти кореляції підтверджували високу узгодженість результатів, коливаючись у межах 0,84–0,91.

Було встановлено, що жовтонасінні та буронасінні зразки формували окремі кластери як у 1997, так і у 1998 році (II серія). Отримані групи характеризувалися чіткими відмінностями за морфологічними та біохімічними ознаками. У 1997 році жовтонасінні форми увійшли до кластерів 1–4, тоді як

буронасінні — до кластера 5. Деякі зразки, зокрема SA150 (кластер 2) та SA169 (кластер 4), мали змішане забарвлення насіння — жовто-коричневе, тоді як SA177 (кластер 4) належав до буронасінних форм. Зразки SA174, SA156 і SA161 не були включені до жодного з кластерів через наявність унікальних морфологічних характеристик і розглядалися як окремі одиниці.

Буронасінні зразки, що досліджувалися переважно у 1997–1998 рр., характеризувалися підвищеним умістом ейкозенової кислоти (C22:1) — 53,1%, що перевищувало показники жовтонасінних форм (30,0–38,1%). Водночас вони мали нижчі концентрації олеїнової (C18:1), лінолевої (C18:2) та ейкозанової (C20:1) кислот — 13,2%, 7,4% та 4,7% відповідно (табл. 4). Вміст олії у буронасінних зразків становив у середньому 22,8%, тоді як у жовтонасінних — 24,9–28,1%.

Зразок SA174 вирізнявся від інших буронасінних тим, що мав більшу висоту (130 см), нижчий рівень C18:1 (10,9%) і підвищений вміст C18:3 (12,9%). Незважаючи на ці особливості, він був віднесений до буронасінного кластера під час дослідження 1998 року.

Серед жовтонасінних зразків, досліджених у 1997 році, кластери 1 і 4 мали підвищений уміст C22:1 (37,4% та 38,1% відповідно) порівняно з кластерами 2 і 3 (30,6% та 30,0%). Кластер 1 відрізнявся від кластера 4 за тривалістю до цвітіння (DTF, різниця 9 днів), дозрівання (DTM, різниця 7 днів) і висотою рослин (на 26 см). Кластери 2 і 3 розрізнялися за вмістом олії (на 3,2%), білка у шроті (на 3,9%) та тривалістю дозрівання (на 5 днів).

Зразок SA161 був виділений як статистичний аутлайєр, характеризуючись довшим періодом до цвітіння (46 днів), нижчим умістом C22:1 (15,8%) і вищим C18:1 (41,0%). Цей зразок залишався окремою сутністю у всіх випробуваннях (1997, 1998-I, 1998-II). Приєднання SA156 також мало відмінні риси — більшу висоту (125 см), пізніше дозрівання (94 дні), підвищений вміст олії (29,7%) і C22:1 (39,6%) порівняно з іншими жовтонасінними формами.

Схема кластеризації у 1994 році була подібною до результатів 1997 року: зразки поділялися на дві основні групи за рівнем C22:1 — більше або менше

40% (табл. 5). До кластерів 1–7 належали зразки з підвищеним умістом C22:1 (40,6–45,9%) та зниженим C18:1 (20,0–23,4%). Їх можна було додатково розрізнити за вмістом олії, висотою рослин і масою 1000 насінин. Найвищий вміст олії спостерігався у кластері 1 (29,5%), тоді як у кластерах 2 і 3 ці показники становили 26,2% і 26,7% відповідно, із різницею у висоті рослин на 17 см. Кластери 4–6 мали близький рівень вмісту олії (25,0–25,8%), але відрізнялися за масою насіння; кластер 6 демонстрував найвищий показник C22:1 (44,2%). Кластер 7 характеризувався нижчим вмістом олії (23,3%) і більшою масою насіння (10,1 г).

Кластери 8–12 об'єднували зразки з відносно низьким рівнем C22:1 (33,9–39,4%) і підвищеним C18:1 (24,1–27,5%). Серед них кластер 9 виділявся тривалішим періодом цвітіння (46 днів), дозрівання (102 дні) та нижчою висотою (115 см). Кластер 8 мав найнижчий рівень олії (24,8%), тоді як кластер 11 — найвищу висоту (127 см). Кластер 12 вирізнявся найнижчим показником C22:1 (33,9%) і найвищим C18:1 (27,5%). Сорт AC Pennant відповідав кластеру 10.

Окремі зразки, які не увійшли до кластерів, мали специфічні біохімічні характеристики. Так, SA36 і SA109 (1994 р.) мали високий рівень C22:1 (43,3%) і підвищений уміст олії (34,5%), відзначалися більшою висотою (143 см) і пізнішим дозріванням (104 дні). Зразок SA119 демонстрував найнижчий C22:1 (16,8%) і найвищий C18:1 (46,2%), стабільно проявляючи ці особливості у випробуваннях 1994, 1995 та 1998 років. Зразок SA49 мав підвищений уміст C18:2 (17,9%) і також розглядався як окрема сутність.

Зразок SA36 виявляв стабільно високий вміст олії (на 8–10% вище середнього), тоді як SA109 мав аналогічну тенденцію (на 4,4–5,2% вище за середні показники 1994–1995 рр.). У 1998 році SA36 був позначений як окремий об'єкт, оскільки SA109 до цього випробування не включали.

Спостерігалася стабільність кластерної структури між роками для окремих зразків. Наприклад, жовтонасінні SA28, SA33, SA69, SA70, SA71, SA72 і SA95 постійно потрапляли до груп із найвищим рівнем C22:1 у трьох

різних серіях дослідів. Аналогічно SA150, SA159, SA160, SA169 і SA177 стабільно формували кластери з коротшими вегетаційними періодами (DTF, DTM).

У середньому більшість жовтонасінних зразків, оцінених у дослідженні, були подібні за основними ознаками до сучасних сортів жовтої гірчиці, вирощуваних у Західній Канаді. Водночас виділено зразки, які суттєво відрізнялися за фенотипом і могли бути використані як джерела нових цінних ознак. Зокрема, ранньостиглі зразки SA150, SA158, SA159, SA160, SA169 і SA177 можуть бути перспективними донорами для селекції сортів із коротшим періодом вегетації. Зразки SA158, SA159 і SA160, що характеризувалися зменшеною висотою рослин (за результатами 1997, 1998-I та 1998-II років), становлять потенційний матеріал для створення компактних, стійких до вилягання, високоврожайних сортів із підвищеним індексом урожайності.

Гірчиця жовта має потужну вегетативну масу, однак її середня врожайність зазвичай нижча, ніж у споріднених культур — *Brassica juncea* та *B. napus*. За даними Drost (1999), у 1997 році середня врожайність становила 1458, 2001 та 2167 кг/га для *S. alba*, *B. juncea* та *B. napus* відповідно. Отже, підвищення врожайності насіння залишається ключовим напрямом селекційної роботи для забезпечення конкурентоспроможності жовтої олійної гірчиці на світовому ринку.

Отже, для забезпечення конкурентоспроможності жовтої олійної гірчиці на світовому ринку необхідним є підвищення врожайності насіння шляхом залучення широкої генетичної бази, оптимізації технологій вирощування та розширення спектра господарсько-цінних ознак.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ
(особливості сортів гірчиці білої Біла принцеса, Запоріжанка, Еталон, Ослава)

Біла принцеса. Заявник: Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України».

Урожайність-3,0т/га. Вміст олії 40 %. Висота рослини середня – до 132 см. Тривалість вегетаційного періоду 102 дні. Суцвіття – китиця довжиною 23-26 см. Плід – стручок довжиною 2–4 см. Маса 1000 насінин – 4-6 г. Стійкий проти вилягання, осипання насіння та посухи. Стійкий проти хвороб і середньостійкий проти шкідників. Вміст білка в насінні – 27 %. Врожайність насіння складає 2,5 т/га. Дозволений до вирощування в Степу, Лісостепу і Поліссі сільсько-господарськими підприємствами різних форм власності.

Запоріжанка. Заявник: Інститут олійних культур Української академії аграрних наук.

Ранньостиглий сорт. Тривалість вегетаційного періоду – 90 діб. Висота рослин – 140 см. Потенційна урожайність – 2,0 т/га. Збільшена маса 1000 насінин – до 7-8 г. Вміст олії у насінні – 30 %. Покращені біохімічні показники – на 50 % знижено вміст ерукової кислоти. Можливе використання на сидерати. Сорт стійкий проти вилягання рослин та осипання насіння, проти хвороб та шкідників. Технологічний, придатний для механізованого вирощування. Адаптований до умов вирощування. Рекомендовано для вирощування в Степовій, Лісостеповій та Поліській зонах України.

Еталон. Заявник: Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України».

Сорт Еталон – це рослини ярої гірчиці білої висотою 132 см. Стебло округле, товщиною 7-9 мм, на якому розміщені 6-7 гілок першого порядку. Тривалість вегетаційного періоду 102 дні. Суцвіття – волоть довжиною 24-25 см. Плід – стручок довжиною 9-11 см, в якому розміщується 24-34

насінин округлої форми світло-жовтого кольору. Маса 1000 насіння 3,5 г. Вміст олії в насінні – 15,6 мкмоль/г.

Ослава. Заявник: Інститут олійних культур Української академії аграрних наук.

Рекомендується для використання як кормова, технічна та сидеральна культура. Характеризується підвищеною кормовою та насіннєвою продуктивністю. Вегетаційний період: до укісної стиглості – 40-45 днів, до збирання насіння – 85-95 днів. Урожай: сухої речовини зеленої маси – 6,0-6,5 т/га, насіння – 2,8-3,0 т/га. Вміст у сухій речовині зеленої маси і сухої речовини: сирого протеїну – 18-19 %, клітковини – 21-22 %. Вміст у сухій речовині насіння: олії – 26-28 %, сирого протеїну – 28-30 %.

РОЗДІЛ 3
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика ґрунту

Дослідження проводились протягом 2024-2025 років на дослідному полі Уманського національного університету садівництва, розташованому в Маньківському природно-господарському районі Середньодніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції України з географічними координатами за Гринвічем 48° 46" північної широти, 30° 14" східної довготи, висота над рівнем моря 245м.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений малогумусний важкосуглинковий. Він містить невисокий вміст гумусу (3,31 % в 0–30см шарі) і має грудкувато-пилувату структуру. За вмістом рухомих форм фосфору і калію ґрунт належить до середньо забезпечених (80 – 130 мг/кг ґрунту), а за вмістом легко гідролізованого азоту – до слабко забезпечених (100 мг/кг ґрунту) і має слабко кислу, близьку до нейтральної реакцію ґрунтового розчину (pH 6,5– 6,7) та високу водопроникність [33].

Територія дослідного поля представляє собою вирівняне підвищене плато водорозділу рік з пологими схилами (2–3°) південно-східної і північно-західної експозиції. Підземні води залягають на глибині 22–24 м, тому польові культури переважно використовують вологу, що нагромаджується в ґрунті з атмосферних опадів. За кількістю опадів район характеризується періодичними посухами (2–3 роки за десятиріччя є посушливими) і відноситься до зони нестійкого зволоження.

3.2. Погодні умови

Погодні умови мають значний вплив на ріст та розвиток рослин.

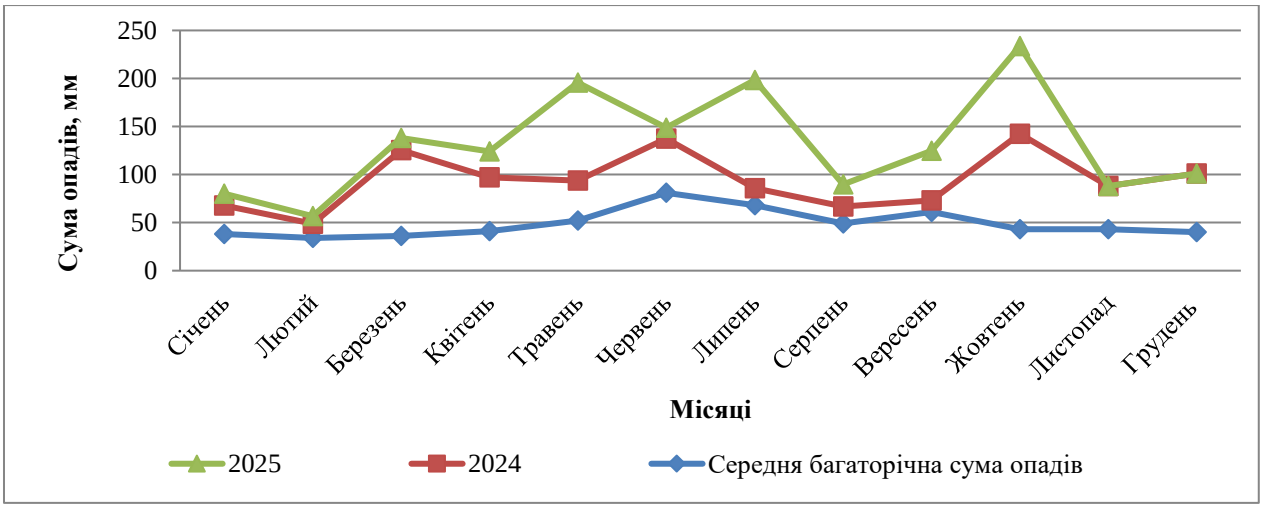


Рис. 1. Кількість опадів протягом проведення досліджень (за даними метеостанції Умань)

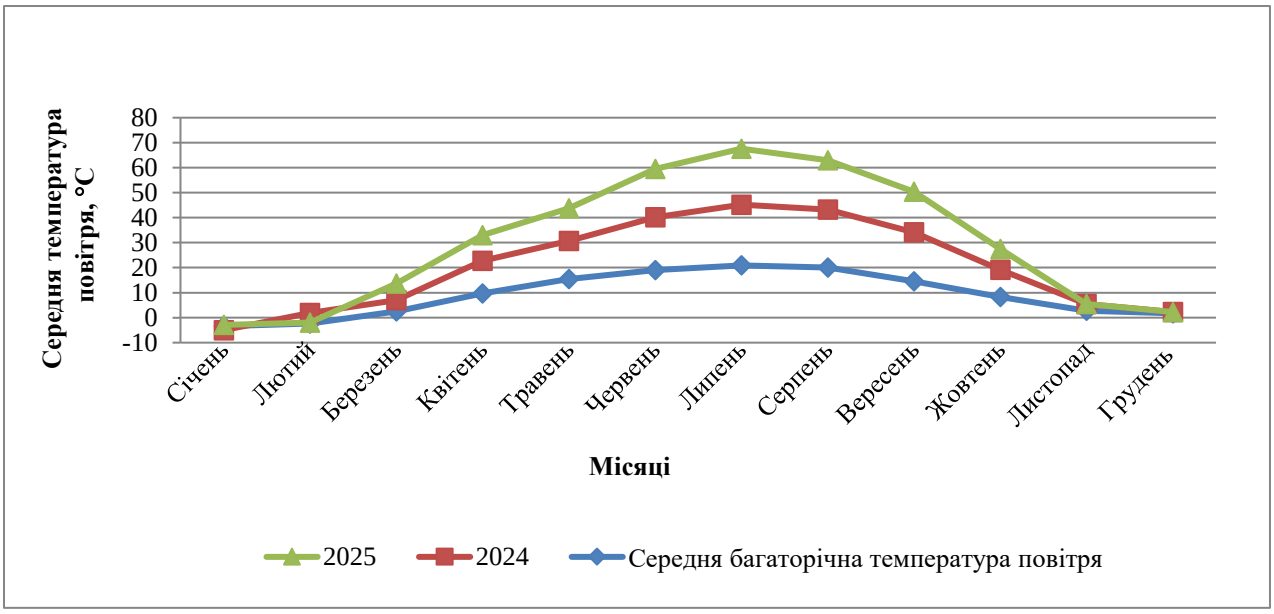


Рис. 2. Середня температура повітря протягом проведення досліджень (за даними метеостанції Умань)

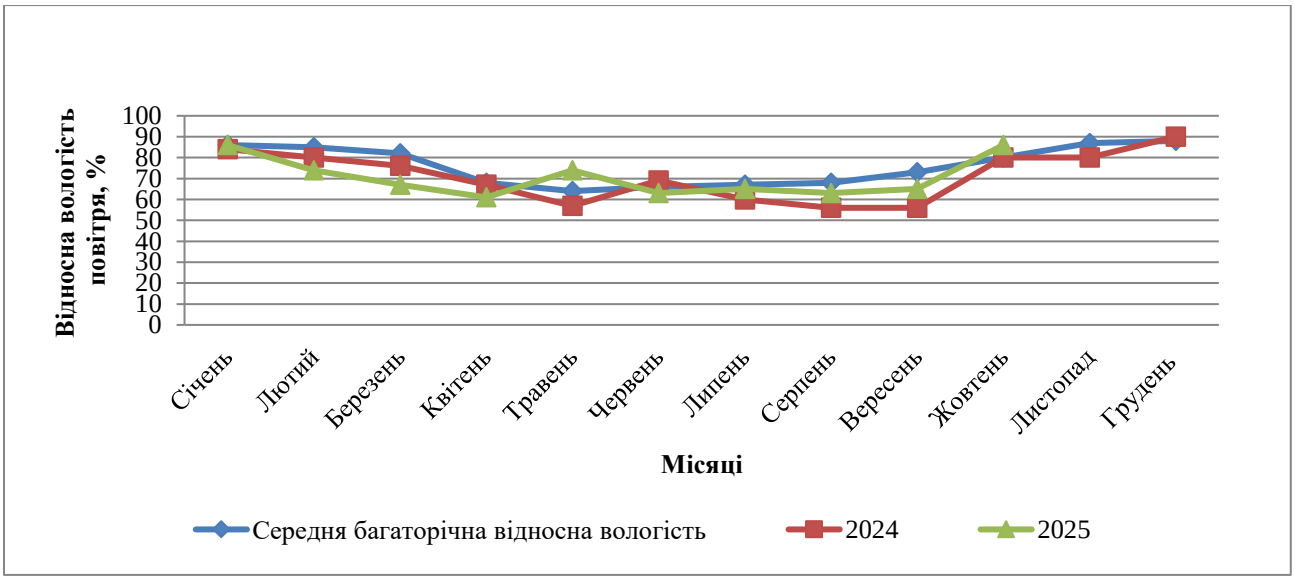


Рис. 3. Відносна вологість повітря протягом проведення досліджень (за даними метеостанції Умань)

Отже, обидва сільськогосподарські роки показують відхилення від нормальної вологості, температури та кількості опадів, причому 2024–2025 рік – більш нестабільний і екстремальніший.

3.3. Схема досліду

Досліджувані сорти гірчиці білої висівали у 2024 і 2025 роках на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин і біотехнології Уманського національного університету садівництва. Облікова площа ділянки – 5 м^2. Розміщення варіантів у досліді рендомізоване, повторність – трьохразова.

3.4. Агротехніка вирощування гірчиці білої в досліді

У дослідженнях застосовували загальноприйняту для даної зони технологію вирощування гірчиці білої. Основний обробіток ґрунту після попередника – тритикале озимого включав, мілке дискування та оранку на глибину 20–22 см.

Передпосівний обробіток ґрунту спрямований на створення сприятливого

структурно-агрегатного складу посівного шару з ущільненим ложе для розміщення насіння та шару дрібногрудочкуватого ґрунту над ним. Для кращого вирівнювання поверхні ґрунту і проведення якісної сівби культивацію проводили під кутом до оранки на глибину загортання насіння 5–6 см.

Сівбу проводили в оптимально рані для зони строки вручну з міжряддям 30 см, з нормою висіву 1,0 млн схожих насінин/га.

Догляд полягав у міжрядних обробітках, хімічному захисті культури від хвороб та шкідників рекомендовану для культури. Збір врожаю здійснювали вручну за настання повної стиглості.

3.5. Методика проведення досліджень

Під час дослідження сортів гірчиці білої (*Sinapis alba L.*) здійснювали систематичні фенологічні спостереження, спрямовані на фіксацію основних етапів розвитку рослин. Зокрема, відмічали проходження фаз «сівба – сходи», «сходи – цвітіння» та «цвітіння – повна стиглість».

Оцінювання стійкості рослин до вилягання проводили за дев’ятибальною шкалою у кожному повторенні досліду з подальшим визначенням середнього показника для сорту:

1. 9 балів – рослини стійкі, не вилягають;
2. 7 балів – слабке вилягання, нахил пагонів до 30° від вертикалі;
3. 5 балів – середній ступінь вилягання (нахил 31–45°);
4. 3 бали – значне вилягання (нахил 46–60°);
5. 1 бал – сильне вилягання, коли рослини нахилені більш ніж на 60° [34].

Визначення врожайності здійснювали шляхом зважування насіння, зібраного з облікової ділянки, з подальшим перерахунком результатів на гектарну площу. Крім цього, аналізували морфологічні параметри та структурні елементи врожайності досліджуваних сортів гірчиці білої, зокрема: висоту

рослин, характер гілкування, кількість стручків на одній рослині, середню кількість насінин у стручку та масу 1000 насінин [34–36].

Достовірність отриманих результатів сортовипробувань перевіряли шляхом проведення дисперсійного аналізу за методикою, запропонованою В. Ф. Мойсейченком і В. О. Єщенком [37], із застосуванням відповідного статистичного програмного забезпечення.

.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Фенологічна оцінка гірчиці білої

Гірчиця відома як добре досліджена біофумігантна культура. Більшість представників родини капустяних (Brassicaceae) синтезують глюкозинолати, які при контакті з водою та ферментом міразиназою (мірозиназою) у клітинах гірчиці та ріпаку трансформуються на ізотіоціанати. Саме утворення цих сполук зумовлює фумігуючу активність культури.

Ізотіоціанати, особливо алілиційні (AITC), також обумовлюють характерний гіркувато-гострий смак рослин капустяного типу. Вони хімічно схожі на компоненти штучних фумігантів, застосовуваних для захисту ґрунту.

Для ефективної біофумігації необхідно співпадіння просторової локалізації шкідників або патогенів з глибиною внесення культури (15–20 см). Посів планують таким чином, щоб рослини до моменту загортання сформували максимальну вегетативну масу та накопичили високий рівень біоактивних метаболітів (AITC).

Таблиця 1

Тривалість міжфазних періодів гірчиці білої залежно від сорту, діб (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорт	Тривалість міжфазних періодів, діб					Тривалість вегетації, діб
	сівба – сходи	сходи – розетка	розетка – бутонізація	початок цвітіння – кінець цвітіння	кінець цвітіння – повне дозрівання	
Біла принцеса	10	21	10	21	29	90
Запоріжанка	9	20	10	18	27	84
Еталон	9	20	10	17	27	83
Ослава	10	20	10	18	28	86

Дослідження підтверджують, що гірчиця здатна пригнічувати розвиток різноманітних ґрунтових хвороб і шкідників — включно з *Verticillium*,

Rhizoctonia, Fusarium, Pythium, Sclerotinia, паршею коренів і бульб, а також різними видами нематод. Експериментальні дані також свідчать про зменшення шкоди від дротяників за застосування гірчиці як біофуміганта.

Не всі сорти гірчиці мають однакову біофумігантну ефективність: деякі призначені саме для цієї мети й характеризуються підвищеним вмістом глюкозинолатів, швидким ростом і здатністю накопичувати значну біомасу. Деякі з них толерантні до спеки чи посухи й не цвітуть передчасно за стресових умов.

Норми висіву біофумігантної гірчиці зазвичай коливаються в межах 5,6–12,3 кг/га (за рекомендаціями оригінаторів). Ця культура може висіватися як навесні, так і влітку, за умови достатнього зволоження ґрунту для рівномірних сходів. При пізньому літньому посіві сходи можуть бути нерівномірними через дефіцит вологи.

4.2 Придатність гірчиці білої до механізованого вирощування

При використанні розсіву насіння спредером важливо після сівби прикоткувати ґрунт, щоб забезпечити надійний контакт насіння з поверхнею ґрунту та полегшити проростання.

Дата посіву має узгоджуватися з біологією того патогена або шкідника, проти якого проводиться біофумігація. В умовах, коли сорт гірчиці та характеристики середовища дозволяють, для досягнення максимальної біомаси потрібно 60–70 діб.

Таблиця 2

Висота рослин гірчиці білої залежно від сорту, см

(середнє за 2024–2025 рр.)

Сорт¤	2024·рік¤	2025·рік¤	Середнє¤
Біла·принцеса¤	100,1¤	98,7¤	99,4¤
Запоріжанка¤	96,5¤	93,5¤	95,0¤
Еталон¤	93,0¤	90,4¤	91,7¤
Ослава¤	97,4¤	96,5¤	97,0¤
Середнє¤	96,8¤	94,8¤	¤

Для біофумігації оптимальними вважаються нейтральні або слабкокислі ґрунти (pH ≈ 7). Якщо pH нижче 5,5, ефективність може знижуватись, тому перед посівом доцільно внести вапно. Ключовими чинниками є маса вегетативної біомаси та концентрація глюкозинолатів.

Добрива відіграють суттєву роль: азот стимулює ріст та збільшення маси, а сірка — синтез глюкозинолатів. Внесення добрив рекомендовано до або під час посіву. Норми азоту варіюються від 84 до 140 кг/га залежно від передісторії поля та кліматичних умов.

4.3. Продуктивність гірчиці білої

Норма внесення сірки має бути скоригована з урахуванням обраної норми азоту — в співвідношенні 6:1. Наприклад, якщо застосовують азот в нормі 112 кг/га, то пропонована кількість сірки, яку слід внести, становитиме 19 кг/га.

Таблиця 3

Кількість гілок І порядку на рослині гірчиці білої залежно від сорту, шт. (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорт	2024 рік	2025 рік	Середнє
Біла принцеса	4,7	4,4	4,6
Запоріжанка	4,4	4,3	4,4
Еталон	4,2	4,1	4,2
Ослава	4,6	4,3	4,5
Середнє	4,5	4,3	

Гірчицю слід загортати в ґрунт до завершення її цвітіння, але ще до формування життєздатного насіння. Якщо дозріла гірчиця залишиться на полі, падалиця може ускладнити сівозміну наступної культури. Крім того, концентрація глюкозинолатів швидко знижується після початку формування насіння. Ідеальний термін загортання — приблизно через 10–14 днів після початку цвітіння.

Таблиця 4

Кількість стручків на рослині гірчиці білої залежно від сорту, шт. (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорт	2024 рік	2025 рік	Середнє
Біла принцеса	86,7	73,1	79,9
Запоріжанка	75,6	64,5	70,1
Еталон	69,5	57,4	63,5
Ослава	79,3	66,3	72,8
Середнє	77,8	65,3	

До моменту загортання важливо подрібнити рослинну масу (фрезою, подрібнювачем), оскільки близько 80 % фумігантних сполук вивільняється у перші 20 хв після скошування. Також важливо загортати вранці або ввечері, коли рослина найбільше насичена водою, і використовувати машини, які дозволяють розмістити максимальну матеріальну масу в верхній шар ґрунту

(15–20 см), уникати плуга і застосовувати ущільнення після внесення. Після завершення процесу поле залишають у спокої протягом 14 діб — це дає змогу повному розкладу маси. За температури нижче 10 °C розклад відбувається повільніше й потребує більшого часу.

Таблиця 5

Маса 1000 насінин гірчиці білої залежно від сорту, г

(середнє за 2024–2025 рр.)

Сорт	2024 рік	2025 рік	Середнє
Біла принцеса	5,3	5,0	5,2
Запоріжанка	4,9	4,5	4,7
Еталон	4,4	4,4	4,4
Ослава	5,2	4,9	5,1
$НІР_{05}$			

Для заорювання гірчиці-біофуміганта застосовують різні технології: коткове подрібнення, фреза в одне проходження, дискова борона, оборотний плуг, диско-лапові агрегати (наприклад, Horsch Tiger). Найпоширеніший метод — загортання оборотним плугом.

У сівозміні після гірчиці небажано висівати широколисті культури (капустяні, олійні, овочі тощо), тому найвигідніше висівати зернові (пшеницю, ячмінь, кукурудзу). Якщо ж широка культура неминуча, бажано змішувати гірчицю з злаковими компонентами.

Таблиця 6

Урожайність гірчиці білої залежно від сорту, т/га

(середнє за 2024–2025 рр.)

Сорт	2024 рік	2025 рік	Середнє
Біла принцеса	1,75	1,55	1,65
Запоріжанка	1,37	1,09	1,23
Еталон	1,31	1,06	1,19
Ослава	1,61	1,49	1,55
$НІР_{05}$			

Культури, які дають найбільший прибуток за використання гірчиці-біофуміган та в сівозміні:

цукрові буряки;

картопля;

овочі;

садові, ягідні культури та виноградники;

соняшник;

соя і зернобобові;

злакові зернові культури.

Гірчиця особливо цінна для органічного землеробства, оскільки вона не лише служить біофумігантом, але й виступає в ролі сидерата: покращує структуру ґрунту, підвищує вміст гумусу, запобігає ерозії та сприяє рециркуляції поживних речовин.

Таблиця 7

Вміст жиру в насінні гірчиці білої залежно від сорту, %

Сорт	2024 рік	2025 рік	Середнє
Біла принцеса	29,1	30,6	29,9
Запоріжанка	28,9	31,0	30,0
Еталон	29,1	31,6	30,4
Ослава	29,4	31,4	30,4
Середнє	29,1	31,2	30,1

Хоча гірчиця є хорошим біофумігантом, вона також має й інші переваги, властиві для будь-якої покривної культури: хороший сидерат покращує

структуру ґрунту, збільшує вміст гумусу та підвищує ґрунтову родючість запобігає ґрунтовій ерозії покращує рециркуляцію поживних речовин у ґрунті засіб захисту від багатьох комах.

Таблиця 8

Збір олії гірчиці білої залежно від сорту, г/рослину

Сорт	2024 рік	2025 рік	Середнє
Біла принцеса	0,484	0,558	0,521
Запоріжанка	0,420	0,550	0,485
Еталон	0,515	0,590	0,553
Ослава	0,412	0,538	0,475
Середнє	0,458	0,559	0,508

Інші культури та їхні суміші (гречка, просо, сорго-суданська трава, ріпак, олійна редька, дайкон, рукола, суміші гірчиці з дайконом тощо) також здатні виконувати функцію біофумігантів. Наприклад, вирощування цукрових буряків без передсіву біофуміганта часто супроводжується накопиченням нематод.

Гірчицю можна використовувати в різних агропрактиках (класичне, No-till, Strip-till) не тільки як сидерат-добриво, а й як ефективний біофумігант, що знижує витрати на хімічні препарати й підвищує економічну ефективність агропродукції.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ

Аграрний сектор є стратегічно важливою галуззю для України, відіграючи ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Сталий розвиток цієї сфери та збереження незалежності країни в контексті продовольства значною мірою залежить від збільшення виробництва олійних культур. Їх вирощування залишається одним із найбільш перспективних, стабільних і прибуткових напрямків діяльності сільськогосподарських підприємств. Продукція олійних культур користується значним попитом як на внутрішньому, так і на світовому ринках. Серед основних високорентабельних і популярних олійних культур особливо виділяються хрестоцвіті, зокрема біла гірчиця, яка за обсягами поступається лише соняшнику, ріпаку та сої. Її виробництво має широкий спектр застосування і значний ринок збуту.

Ефективне вирощування білої гірчиці пов’язане з удосконаленням агротехнічних підходів, враховуючи її біологічні особливості та умови навколишнього середовища. Саме тому оптимізація технологій вирощування є актуальним завданням, що дозволить зменшити виробничі витрати і водночас збільшити обсяги отриманої продукції. Грошові витрати на вирощування білої гірчиці варіювалися в межах 16349–16796 грн/га. Ціна реалізації становила 21000 грн за тонну, що підтверджує економічну доцільність цієї культури.

У представлених дослідженнях розглянуто особливості росту, розвитку та формування насіннєвої продуктивності білої гірчиці залежно від сортів, строків сівби, норм висіву і використання регулятора росту «Вермибіомаг». За результатами аналізу економічної ефективності було встановлено, що сорт Запоріжанка забезпечує найвищий чистий дохід (9124 грн/га), рівень рентабельності (235,4 %) та найнижчу собівартість 1 тонни насіння (1491 грн) при ранньовесняному строку сівби та обробці посівів регулятором росту «Вермибіомаг» з нормою витрати 8 л/га.

Крім того, оптимальні економічні показники спостерігалися при нормах висіву 1,5–2,0 млн схожих насінин на гектар, що забезпечувало умовно чистий дохід від 7530 до 8864 грн/га і рівень рентабельності 194,6–229,8 %.

Таблиця

Економічна ефективність гірчиці білої залежно від сорту, %

№	Сорт	Урожайність, т/га	Витрати, грн/га	Собівартість, грн/т	Вартість валової продукції, грн/га	Прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
1.	Біла принцеса	1,65	16796	10179,4	34650	17854	206
2.	Запоріжанка	1,23	16547	13452,8	25830	9283	156
3.	Еталон	1,19	16349	13738,7	24990	8641	153
4.	Ослава	1,55	16708	10779,4	32550	15842	195

Найвищу собівартість мав сорт Еталон, що на 286 грн/т більше від сорту Запоріжанка та на 3559 грн/т – сорту Біла принцеса. Проте, від реалізації валової продукції найбільший прибуток 17854 грн/га отримали у сорту Біла принцеса. Найвищий рівень рентабельності показав сорт гірчиці білої Біла принцеса –206 %.

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Моделювання виробничих небезпек під час вирощування сортів гірчиці білої

Для мінімізації негативних наслідків, які можуть виникати під час трудової діяльності, держава розробляє та затверджує методологічні основи та правову базу у сфері охорони праці. В Україні закріплено право громадян на безпечні й нешкідливі умови праці, яке є одним із фундаментальних конституційних прав. Реалізація цього права забезпечується через систему заходів правового, соціально-економічного, організаційно-технічного, санітарно-гігієнічного та лікувально-профілактичного характеру, які формують систему охорони праці. У чинному законодавстві термін «охорона праці» визначається як комплекс дій, спрямованих на створення нормальних і безпечних технічних та санітарно-гігієнічних умов у процесі праці.

Охорона праці — це система правових норм, яка регулює відносини щодо збереження життя, здоров’я та працездатності співробітників через встановлення відповідних умов праці. До цього інституту відносяться правила, що визначають загальні вимоги охорони праці; профілактичні норми для запобігання виробничому травматизму і професійним захворюванням; положення щодо обов’язків роботодавців і працівників у цій сфері; а також спеціальні норми для окремих категорій працівників. Відповідно до Закону України «Про охорону праці», зокрема статті 4, концепція охорони праці ґрунтується на ключових засадах політики в цій галузі.

Для запобігання нещасним випадкам, зменшення виробничого травматизму та уникнення професійних захворювань у працівників передбачено впровадження організаційних та технічних заходів. До організаційних належать такі дії, як раціональна організація робочого процесу,

планування заходів із охорони праці, навчання персоналу, регулярні інструктажі, впровадження системи планово-попереджувального обслуговування небезпечного обладнання, а також поширення інформації про безпеку праці. Технічні заходи спрямовані на дотримання санітарно-гігієнічних вимог і забезпечення безпеки виробничих процесів.

Оцінювання рівня травматизму проводиться за допомогою розрахунків показників його частоти та тяжкості. Показник частоти травматизму визначається за формулою:

$$П_{чт} = 1000А/Т,$$

де $П_{чт}$ — показник частоти травматизму;

А — кількість випадків травматизму за визначений період;

Т — середньоспискова чисельність працівників.

Тяжкість травматизму оцінюється за формулою:

$$П_{тт} = Д/А,$$

де $П_{тт}$ — показник тяжкості травматизму;

Д — кількість днів непрацездатності;

А — кількість випадків травм.

Крім того, показник непрацездатності обчислюється за формулою:

$$П_{нп} = 1000Д/Т,$$

де $П_{нп}$ — загальна кількість людино-днів непрацездатності на 1000 працівників.

Поєднання глибоких знань у сфері охорони праці з високою професійною підготовкою фахівців, дисципліною та відповідальним ставленням до своїх обов'язків допомагає забезпечити високий рівень безпеки на робочих місцях.

З метою підвищення рівня захисту працівників варто впроваджувати такі організаційні заходи:

– покращити якість навчання та інструктажів із питань охорони праці;

– контролювати дотримання правил техніки безпеки, вимог виробничої санітарії та трудової дисципліни;

– обладнати спеціальні зони для відпочинку працівників і підтримувати їх належний санітарний стан.

6.2. Охорона навколишнього природного середовища під час вирощування сортів гірчиці білої

За умови підвищення впливу глобалізаційних процесів на природноресурсний потенціал виникає потреба у виявленні не тільки економічних, а й екологічних пріоритетів у подальшому розвитку сільськогосподарської галузі. Формування урівноваженого розвитку залежить від екологічних процесів, які проявляються через поєднання діяльності людини і можливості відновлення окремих видів природних ресурсів з урахуванням галузевих особливостей. Складові і особливості природно-ресурсного потенціалу аграрного сектору слід розглядати як взаємозв'язок усіх компонентів і впливу природоохоронних дій. Тільки за таких умов можна забезпечити збереження навколишнього середовища, формування продовольчої безпеки країни [45].

Визнання природоохоронної діяльності специфічним виробничим процесом зумовлює потребу розробки теоретичних основ і практичних рекомендацій щодо створення відповідного екологічного механізму виховання, який би підвищував зацікавленість і відповідальність людства за дотриманням норм природоохоронного законодавства запобігання негативного впливу господарської діяльності на навколишнє середовище із збереженням екологічної безпеки на державному рівні. Законом України передбачено створення державної системи моніторингу довкілля і проведення спостережень за станом навколишнього природного середовища, рівнем його забруднення. Виконання цих функцій покладено на Міністерство екології та природних ресурсів України та інші центральні органи виконавчої влади, які є суб'єктами державної системи моніторингу довкілля, а також підприємства, установи і

організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля Відповідно до законодавства України, раціональне використання природних ресурсів регламентує ряд основних програмно-цільових підходів, які включають державні і регіональні програми збереження і відтворення природних ресурсів з метою отримання екологічних пріоритетів розвитку.

Отже, реалізація державних і регіональних програм може забезпечити можливості щодо отримання екологічних пріоритетів розвитку, а саме: поліпшити стан здоров'я населення; удосконалити механізм збереження біорізноманіття, поліпшити стан фінансування заходів щодо збереження біорізноманіття; поліпшити якісний рівень і біологічні особливості окремих видів природних ресурсів.

ВИСНОВКИ

ВИСНОВКИ

1. У середньому за роки досліджень найдовший період вегетації в умовах Лісостепу зафіксовано у сорту Біла принцеса – 92 доби.
2. За роки проведення досліджень висота рослин коливалася від 90,4 см у сорту Еталон у 2025 році до 100,1 см у сорту Біла принцеса у 2024 році, а найбільше гілок на рослині сформував сорт гірчиці білої Біла принцеса 4,7 шт. у 2024 році, при цьому кількість стручків на рослині становило 79,9 шт.
3. У 2024 році і 2025 році маса 1000 насінин всередньому становила 5,0 і 4,7 г, відповідно.
4. Найвищу врожайність мав сорт Біла принцеса, яка становила 1,55 т/га у 2025 році і 1,75 т/га у 2023 році.
5. Всередньому за два роки проведення досліджень однаковий вміст олії в насінні мали сорти гірчиці білої Еталон та Ослава, який становив 30,4 %.
6. Найбільшу кількість олії за два роки проведення досліджень отримали із рослин сорту Еталон, яка становила 0,553 г/рослину.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Блащук М. І., Терещенко Н. М. Вплив строків сівби та доз мінеральних добрив на продуктивність гірчиці білої. Науково-технічний бюлетень Інститут олійних культур НААН. 2014. № 21. С. 65–74.
2. Бутенко С. О., Цзя Пей Пей. Вплив регуляторів росту рослин на якість лікування гірчиці в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Таврійський науковий вісник. 2022. № 124. С. 10–18.
3. Вишнівський П. С., Вишневський В. С. Вплив рівня удобрення та позакореневого підживлення на формування продуктивності різних видів гірчиці. Науково-технічний бюлетень Інститут олійних культур НААН. 2015. № 22. С. 99–109.
4. Характеристика олійно-жирового комплексу України. URL: http://www.geograf.com.ua/ (дата звернення: 9.09.2020).
5. Збір урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України за 2009–2012 роки. Статистичний бюлетень. К. : Державна служба статистики України. 2009–2011.
6. Артеменко С. Соя як один із попередників під озиму пшеницю. Пропозиція. 2013. № 8. С. 66–69.
7. Соя (Glycine max (L.) Merr.) : монографія / В. В. Кириченко та ін.; за ред. В. В. Кириченка. Харків : НААН України, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. 2016. 400 с.
8. Гайдаш В. Д., Климчик М. М., Макар М. М. Ріпак. Івано-Франківськ : Сіверсія ЛТД, 1998. 224 с.
9. Моїсеєва М. Олія для біодизеля. Пропозиція. 2006. № 4. С. 26–30.
10. Моісеєва М. Світовий ринок олійних. Пропозиція : Головний журнал з питань агробізнесу. URL : https://propozitsiya.com/ua/svitoviy-rinok-oliynih (дата звернення: 18.10.2020).
11. Офіційний сайт асоціації «Укроліяпром» URL : http:// www.ukroilprom.org.ua (дата звернення:15.11.2020).
12. Положение на мировом рынке масличных семян. Масла и жиры. 2008. № 8. С. 26 – 27.

13. Для увеличения производства маслосемян нишевых культур в Украине есть все условия – эксперт. URL : http://www.apk-inform.com (дата звернення: 6.09.2020).
14. Вовченко Ю. В. Особливості росту й розвитку видів гірчиці залежно від погодних умов періоду вегетації. Вісник Харківського національного аграрного університету. 2009. № 4. С. 65–73. Хотчинский Н. Н. Агротехника горчицы. Агротехника и селекция масличных культур.1939. № 12–14. 102 с.
15. Гірчиця : посібник / В. Гірчиця. О. Мазур та ін. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2009. 88 с.
16. Губенко Л. В., Любчич О. я. Вплив добрив на продуктивність гірчиці білої. Зернові культури. 2020. Т. 4, № 2. С. 289–295.
17. Жуйков О. Г., Жуйков Г. Є. Економіко-енергетична ефективність виробництва гірчиці в зоні Південного Степу. Бізнес-навігатор. 2014. № 3. С. 188–194.
18. Кирилюк В. П., Тимощук Т. М., Кальчук М. М. Урожайність гірчиці білої залежно від системи основного обробітку підставу та удобрення. Наукові горизонти. 2019. № 2 (75). С. 27–33.
19. Никляев В. С. Основы земледелия и растениеводства. М. : Агропромиздат, 1990. С. 342–345.
20. Вавилов П. П., Гриценко В. В., Кузнецов В. С. Практикум по растениеводству. М. : Колос, 1983. 246 с.
21. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малорозширені культури) / І. А. Шевченко та ін. ; Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України. Запоріжжя : СТАТУС, 2017. 44 с.
22. Маслак О. Основні тенденції ринку олійного середовища. Пропозиція. 2013. № 2. С. 4–7.
23. 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.

24. Могилянська Н. Сучасний стан і перспективи переробки олійних культур. Зернові продукти і комбікорми. 2014. № 1 (53). С. 22–25.
25. Оптимізація системи живлення гірчиці сизої в умовах Північно-Східного Лісостепу України / А.В. В. Мельник та ін. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2018. № 9 (36). С. 60–63.
26. Поливаний С. В., Голунова Л. А. Анатомічні особливості будови листкового апарату рослин гірчиці білої для дії стимуляторів росту. Біологія та екологія. 2020. Т. 6, № 1/2. С. 48–50.
27. Сайко В. Ф., Вишневський В. С. Вплив елементів технології на формування продуктивності гірчиці білого сорту Еталон. Збірник наукових праць Національного наукового центру "Інститут землеробства НААН". 2015. Вип. 4. С. 72–78.
28. Україна входить у ТОП-3 країн виробників гірчиці світу. URL : https://propozitsiya.com/ua/ukrayina-vhodyt-u-top-3-krayin-vyrobnykiv-girchycisvitu (дата звернення: 11.10.2020).
29. Урожайність гірчиці залежно від погодних умов та норми висіву на чорноземах південних / В.В. В. Гамаюнова та ін. Таврійський науковий вісник. 2014. Вип. 88. С. 50–56.
30. Волошин П. Українська олійна продукція відповідає міжнародним стандартам Національний промисловий портал. URL : http://uprom.info/news/agro/ukrayinska-oliyna-produktsiya-vidpovidayemizhnarodnim-standartam/ (дата звернення:27.10.2020).
31. Могилянська Н. О. Сучасний стан і перспективи переробки олійних культур. Зернові продукти і комбікорм. 2014. №1 (53). С. 22–25.
32. Шахід А. Вплив норм мінеральних добрив на рис та розвиток рослин гірчиці білої в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Таврійський науковий вісник. 2018. № 101. С. 136–140.

33. Агроекологічні методи підвищення продуктивності нішевих бобових культур / Н. Телекало та ін. Український екологічний журнал. 2019. № 9 (1). С. 169–175.
34. Вплив вирощування та регідратації на ріст та фізіологічні особливості розсади гірчиці / П. Цзя та ін. Журнал сільського господарства Центральної Європи. 2021. Том 22 (4). С. 836–847.
35. Вплив регуляторів росту з антистресовою активністю на параметри продуктивності Sinapis alba L. / С. Бутенко та ін. Журнал екологічної інженерії. 2022. Том 23 (9). С. 128–135.
36. Вплив строків сівби на ріст та продуктивність ріпаку-гірчиці: огляд / Р. Бхагат та ін. Journal of Oilseed Brassica. 2023. № 14 (1). С. 1–10.
37. Масеровська М.Л. Квіткові нектарники та нектароутворення у гірчиці коричневої (Brassica juncea) та гірчиці білої (Sinapis alba) (Brassicaceae). Систематика та еволюція рослин. 2003. Т. 238. С. 97–107.
38. Buchholz H., Robbelen G., Schliephake D., Zoebelein H. Natiirliche Ole und Fette. Teil II. In. Nachwachsende Rohstoffe Holz und Stroh- Natiirliche Ole und Fette- Alkohole fur Kraftstoffe (Hrsg.: D. Schliephake). Verlag J. Kordt. Bochum. 1986. 61 s.
39. Sinha T., Mishra A., Mishra U. S., Sachan R. & Singh D. Interaction effect of sulphur and Boron on growth characteristics, yield components and productivity parameters of mustard (Brassica juncea L.) under rainfed condition of Chitrakoot region. Int. J. Plant. Soil. Sci. 2022. 34, 1329–1336.
40. Tremazi S. A stady of factors influensing the oil content of the seeds of Toria (Brassica campestris L.), 195. № 2. 142 s.
41. Pandey S., Mishra V. P., Kher D., Azad A. R. & Prakash A. Effect of nitrogen and sulphur levels on growth attributes and yield of Indian mustard [Brassica juncea (L.) Czern & Coss] in Vindhya Plateau Region of Madhya Pradesh, India. Asian J. Environ. Ecolog. 2024. 23, 30–37.

42. Bhinda N. K., Dixit Y. S. A. K. & Kuma D. Effect of sulphur, zinc and Boron on growth and yield of irrigated Indian mustard (Brassica juncea L) in Bundelkhand region. J. Oilseed Brassica. 2023. 14, 99–104.
43. Архипенко Ф. М. Слюсар С. М., Оксимець О. Л. Гірчиця біла – культура широкого діапазону використання. Агроном. 2006. № 3. С. 20–22.
44. Rana K., Parihar M., Singh J. P. & Singh R. K. Effect of sulfur fertilization, varieties and irrigation scheduling on growth, yield, and heat utilization efficiency of Indian mustard (Brassica juncea L). Commun. Soil. Sci. Plant. Anal. 2020. 51, 265–275.
45. Li Z. et al. Properties and characterization of sunflower seeds from different varieties of edible and oil sunflower seeds. Foods. 2024.13(8), 1188. https://doi.org/10.3390/foods13081188.
46. Yang X. et al. Identification of anthocyanin biosynthesis genes in rice pericarp using PCAMP. Plant Biotechnol. J. 2019. 17(9), 1700–1702. https://doi.org/10.1111/pbi.13133.
47. Бомба М. Універсальна культура «біла гірчиця». Тваринництво України. 1993. № 3. 21 с.
48. Singh, T., Bohra, J. S., Singh, R. K., Singh, D. N. & Singh, P. Effect of sulphur and Boron levels, and integrated nutrient management on growth and yield of Indian mustard [Brassica juncea (L.) Czernj. and Cosson]. Annals Agricultural Res. 2022. 43, 311–316.
49. Ma X. & Liu Y. A modified geometrical optical model of row crops considering multiple scattering frame. Remote Sens. 2020. 12(21), 3600. https://doi.org/10.3390/rs12213600.
50. Diwakar S. K. et al. Effect of integrated nutrient management and mulching practices on growth attribute and yield of mustard (Brassica juncea L). Pharm. Innov. J. 2021. 10, 931–934.
51. Yadav S. L., Umesha C. & Yadav V. Influence of nitrogen and sulphur on growth attribute, yield and yield attribute of mustard (Brassica juncea) Prayagraj condition. Int. J. Environ. Clim. Change. 2022. 12, 622–628.

52. Ma X., Wang T. & Lu L. A refined four-stream radiative transfer model for row-planted crops. Remote Sens. 2020. 12(8), 1290. https://doi.org/10.3390/rs12081290.
53. Ma, X. et al. Developing a 3D clumping index model to improve optical measurement accuracy of crop leaf area index. Field Crops Res. 2022. 275, 108361. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108361.
54. Vijayeswarudu, C. Y. N. A., Singh, R. & Khan, W. Effect of biofertilizers and sulphur on yield, yield attributes and economics of yellow mustard (Sinapis alba). Pharm. Innov. J. 2021. 10, 321–323.
55. Zhang, B. et al. A multi-baseline forest height estimation method combining analytic and geometric expression of the RVoG model. Forests. 2024. 15(9), 1496. https://doi.org/10.3390/f15091496.
56. Жуйков О. Г. Комплексна агробіологічна оцінка сучасного сортового складу гірчиці білої в умовах сухого степу зрошуване землеробство : збірник наукових праць. Листопад 2012 р. Вип. 58. С. 94–99.
57. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5. Approved Summary for Policymakers. URL: http://www.climate2013.org/spm (дата звернення:18.09.2020).
58. Петриченко В. Ф. Бабич А. О. Наукові основи сучасних технологій вирощування високобілкових культур. Вісник аграрної науки. 2003. С. 15–19.
59. Вовченко Ю. В. Особливості росту й розвитку видів гірчиці залежно від погодних умов періоду вегетації. Вісник Харківського національного аграрного університету. 2009. № 4. С. 65–73.
60. Keivanrad S., Delkhosh B., Hossein A., Rad S., Zandi P. The Effect of Different Rates of Nitrogen and Plant Density on Qualitative and Quantitative traits of Indian mustard. Advances in Environmental Biology, № 6, 2012. P. 145- 152.
61. Мельник А.В. Жердецька С. В. Вплив доз мінеральних добрив на врожайність гірчиці ярої сизої в умовах північно-східного Лісостепу

України. Науковий вісник нац. університету біоресурсів і природокористування України. Київ. 2017. № 269. С. 177-185.

62. Кернасюк Ю. Експортний тренд – нішеві культури. Агробізнес сьогодні. 2015. № 4. С. 23–25.

ДОДАТКИ