

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет ветеринарної медицини та тваринництва

Кафедра біоресурсів, тваринництва та аквакультури

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ЛИСЮК МАКСИМ ВІКТОРОВИЧ

УДК 638.138:633.853.494(477.42)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ БДЖОЛОЗАПИЛЕННЯ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ В
УМОВАХ СФГ "ОБРІЙ" ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Максим ЛИСЮК

Керівник роботи:
Діна ЛІСОГУРСЬКА,
кандидат с.-г. наук, доцент

Житомир – 2026

Висновок кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури

за результатами попереднього захисту:

Протокол засідання кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури
№ __ від «__» _____ 2026 р.

Завідувач кафедри
біоресурсів, тваринництва та аквакультури
Діна ЛІСОГУРСЬКА

«__» _____ 2026 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти Максим ЛИСЮК захистив кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Лисюк М.В. Оцінка ефективності бджолозапилення гірчиці білої в умовах СФГ "Обрій" Житомирської області. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

Встановлено, що бджолозапилення суттєво покращує формування елементів структури врожаю гірчиці білої. За вільного доступу комах-запилювачів кількість пагонів на рослині збільшувалася на 48,1 %, кількість стручків – на 20,5 %, кількість насіння у стручку – на 10,2 %, а маса насіння з рослини – на 30,2 % порівняно з варіантом без запилення. Водночас маса 1000 насінин зросла з 2,05 до 2,36 г. Урожайність насіння гірчиці білої за умов бджолозапилення становила 1,25 т/га, тоді як за відсутності комах-запилювачів – 0,96 т/га. Отримані результати підтверджують важливе значення медоносних бджіл у реалізації продуктивного потенціалу гірчиці білої та свідчать про доцільність використання бджолосімей на насінницьких посівах культури для підвищення врожайності та покращення якості насіння.

Ключові слова: *Sinapis alba* L., медоносна бджола, ентомофільні культури, урожайність, нектаропроодуктивність, пилкопродуктивність.

ANNOTATION

Lysiuk M.V. Evaluation of the effectiveness of bee pollination of white mustard in the conditions of the FF «Obriy» Zhytomyr region – Qualification paper manuscript copyrights.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 204 – Technology of Producing and Processing Livestock Products. – Polissia National University, 2026.

It was established that honey bee pollination significantly improves the formation of yield structure components in white mustard. Under conditions of free access by insect pollinators, the number of shoots per plant increased by 48.1%, the number of pods by 20.5%, the number of seeds per pod by 10.2%, and the seed weight per plant by 30.2% compared to the treatment without pollination. At the same time, the weight of 1,000 seeds increased from 2.05 to 2.36 g. The seed yield of white mustard under bee pollination reached 1.25 t/ha, whereas in the absence of insect pollinators it was 0.96 t/ha. The obtained results confirm the important role of honey bees in realizing the productive potential of white mustard and demonstrate the feasibility of using bee colonies in seed production fields to increase yield and improve seed quality.

Keywords: *Sinapis alba* L., honey bee, entomophilous crops, yield, nectar productivity, pollen productivity.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	5
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	7
1.1. Біологічні особливості гірчиці білої та її господарське значення	7
1.2. Значення бджолозапилення у підвищенні врожайності та якості насіння гірчиці білої	9
1.3. Сучасні напрями та перспективи досліджень бджолозапилення гірчиці білої	11
2. МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	14
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	18
ВИСНОВКИ.....	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	29

ВСТУП

Гірчиця біла (*Sinapis alba* L.) є однією з важливих олійних і медоносних культур, яка набуває все більшого поширення в сучасному сільськогосподарському виробництві. Її значення зумовлене високою адаптивністю до ґрунтово-кліматичних умов, коротким вегетаційним періодом, широким спектром використання продукції та важливою роллю у формуванні екологічно збалансованих агроценозів. Насіння гірчиці білої використовують у харчовій, фармацевтичній, кормовій та переробній галузях, а сама культура є цінним сидератом і добрим попередником у сівозмінах.

Одним із ключових факторів формування високої врожайності та якісних показників насіння гірчиці білої є ефективне запилення квіток. Гірчиця належить до ентомофільних культур, тому важливу роль у процесі її запилення відіграють комахи-запилювачі, насамперед медоносні бджоли. Бджолозапилення сприяє кращому зав'язуванню стручків, підвищенню кількості та маси насіння, покращенню його посівних і товарних якостей. Крім того, використання бджіл у технології вирощування культури є екологічно безпечним і відповідає сучасним принципам сталого агровиробництва.

В умовах змін клімату, скорочення чисельності природних запилювачів та зростання антропогенного навантаження на агроєкосистеми питання ефективного використання медоносних бджіл для запилення ентомофільних культур набуває особливої актуальності. Незважаючи на значну кількість досліджень щодо ролі бджіл у підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур, питання оцінки ефективності бджолозапилення гірчиці білої в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах потребує подальшого вивчення.

Актуальність теми зумовлена необхідністю вдосконалення елементів технології вирощування гірчиці білої шляхом оптимізації бджолозапилення

для підвищення врожайності культури, покращення якості насіння та забезпечення екологічної стійкості агроценозів.

Метою дипломної роботи є оцінка ефективності бджолозапилення гірчиці білої та встановлення його впливу на формування врожайності й показників продуктивності культури.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань:

- проаналізувати наукові джерела щодо особливостей бджолозапилення ентомофільних культур;
- дослідити біологічні особливості цвітіння та запилення гірчиці білої;
- оцінити активність медоносних бджіл на посівах гірчиці білої;
- встановити вплив бджолозапилення на формування елементів структури врожаю;
- визначити ефективність бджолозапилення щодо підвищення врожайності та якості насіння гірчиці білої.

Об'єкт дослідження – процес бджолозапилення гірчиці білої.

Предмет дослідження – вплив медоносних бджіл на продуктивність та показники врожайності гірчиці білої.

Методи дослідження – польові, лабораторні, морфометричні, статистичні та аналітичні методи досліджень.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання результатів досліджень для вдосконалення технології вирощування гірчиці білої, підвищення її врожайності та якості, а також удосконалення взаємодії між галузями рослинництва і бджільництва в умовах сталого агровиробництва.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Біологічні особливості гірчиці білої та її господарське значення

Гірчиця біла (*Sinapis alba* L.) належить до родини капустяних (*Brassicaceae*) і є однією з найбільш поширених однорічних олійних та медоносних культур. У сучасному землеробстві вона має важливе господарське значення завдяки високій екологічній пластичності, короткому періоду вегетації, невибагливості до умов вирощування та багатогалузевому використанню продукції [1]. Культура широко використовується у харчовій, фармацевтичній, кормовій промисловості, а також як сидеральна культура та цінний попередник у сівозмінах [2, 3].

Коренева система гірчиці білої стрижнева, добре розвинена, проникає у ґрунт на значну глибину, що забезпечує ефективне використання вологи й поживних речовин. Завдяки цьому рослини характеризуються відносною посухостійкістю та здатністю покращувати агрофізичні властивості ґрунту. Стебло прямостояче, розгалужене, висотою від 50 до 120 см залежно від сорту та умов вирощування. Листки великі, ліровидні або перисто-розсічені, вкриті жорсткими волосками [4].

Квітки гірчиці білої двостатеві, дрібні, жовтого кольору, зібрані у китицеподібні суцвіття. Для культури характерне тривале й нерівномірне цвітіння, яке може тривати від 20 до 40 діб. Кожна квітка функціонує упродовж 1–2 днів і виділяє значну кількість нектару та пилку, що приваблює комах-запилювачів, насамперед медоносних бджіл. Гірчиця біла належить до ентомофільних культур, тому ефективність її запилення значною мірою залежить від активності комах-запилювачів [4].

Плід гірчиці білої – стручок, вкритий жорсткими волосками, який містить від 4 до 8 насінин. Насіння округле, світло-жовтого або кремового кольору, характеризується високим вмістом олії, білка та біологічно

активних речовин. Олія гірчиці використовується у харчовій промисловості, технічному виробництві та медицині. Насіння також є сировиною для виробництва гірничого порошку, приправ та консервної продукції [6].

Гірчиця біла є холодостійкою культурою. Насіння починає проростати за температури $+1...+3$ °C, а сходи здатні витримувати короточасні приморозки до $-4...-6$ °C. Оптимальна температура для росту й розвитку рослин становить $+18...+22$ °C. Культура відзначається скоростиглістю, тривалість вегетаційного періоду залежно від сорту та умов вирощування становить 70–100 діб [7].

Важливою особливістю гірчиці білої є її здатність пригнічувати розвиток бур'янів, фітопатогенних мікроорганізмів і ґрунтових шкідників. Завдяки високому вмісту глюкозинолатів рослини проявляють фітосанітарні властивості, що робить культуру ефективним елементом біологізації землеробства. Використання гірчиці як сидерату сприяє накопиченню органічної речовини, поліпшенню структури ґрунту та підвищенню його родючості [8, 9].

Гірчиця біла має також велике значення як медоносна культура. За сприятливих умов вирощування вона забезпечує високий рівень нектаропродуктивності та є важливим джерелом кормової бази для бджіл. Мед із гірчиці характеризується світлим забарвленням, приємним ароматом і високими смаковими властивостями. Наявність бджіл на посівах культури позитивно впливає не лише на медозбір, а й на рівень запилення рослин, що сприяє підвищенню врожайності та покращенню якості насіння [10].

У сучасних умовах розвитку екологічно орієнтованого землеробства значення гірчиці білої постійно зростає. Її використання сприяє підвищенню біологічної активності агроєкосистем, збереженню біорізноманіття та впровадженню елементів сталого агровиробництва [11]. Тому дослідження біологічних особливостей культури та факторів, що впливають на її продуктивність, мають важливе наукове й практичне значення.

1.2. Значення бджолозапилення у підвищенні врожайності та якості насіння гірчиці білої

Бджолозапилення є одним із важливих біологічних чинників формування врожайності ентомофільних сільськогосподарських культур [12]. Для гірчиці білої (*Sinapis alba* L.), яка належить до родини капустяних (*Brassicaceae*), процес запилення має особливе значення, оскільки забезпечує ефективне запліднення квіток, формування повноцінного насіння та підвищення продуктивності рослин. Незважаючи на здатність культури до часткового самозапилення, перехресне запилення за участю комах значно підвищує ефективність репродуктивних процесів [13].

Основними запилювачами гірчиці білої є медоносні бджоли (*Apis mellifera* L.), які відвідують квітки з метою збору нектару та пилку. Завдяки особливостям будови квітки пилок легко переноситься комахами між рослинами, що забезпечує інтенсивне перехресне запилення [14]. Дослідження багатьох учених свідчать, що наявність бджіл на посівах гірчиці білої позитивно впливає на кількість зав'язаних стручків, число насінин у стручку та масу 1000 насінин [15].

Наукові дослідження підтверджують, що бджолозапилення здатне підвищувати врожайність гірчиці білої на 20–50 % залежно від сорту, погодних умов, щільності розміщення бджолиних сімей та інтенсивності льоту комах [16]. За недостатньої кількості запилювачів спостерігається зниження рівня зав'язування плодів, нерівномірне досягання стручків і формування щуплого насіння. Водночас активне відвідування посівів бджолами сприяє кращому запиленню квіток, що забезпечує більш повне формування генеративних органів рослин [14, 15].

Важливе значення бджолозапилення проявляється не лише у збільшенні врожайності, а й у покращенні якісних показників насіння. Під впливом ефективного перехресного запилення підвищуються енергія проростання та лабораторна схожість насіння, збільшується вміст олії й

білка, покращуються посівні властивості [17]. Формування повноцінного насіння є особливо важливим для отримання високоякісного насіннєвого матеріалу та забезпечення стабільної продуктивності культури у наступних поколіннях [18].

Медоносні бджоли відіграють важливу роль у підтриманні стабільності агроєкосистем і біорізноманіття. Використання бджолозапилення у технології вирощування гірчиці білої є екологічно безпечним агротехнічним заходом, який дозволяє підвищити продуктивність культури без додаткового антропогенного навантаження на навколишнє середовище [19, 20]. У сучасних умовах розвитку органічного землеробства та впровадження принципів Європейської зеленої угоди значення природних запилювачів постійно зростає [21–23]. Ефективність бджолозапилення значною мірою залежить від погодних умов під час цвітіння культури. Найбільш активний літ бджіл спостерігається за температури повітря $+18...+25\text{ }^{\circ}\text{C}$, помірної вологості та слабкого вітру. Неприятливі погодні умови, зокрема дощі, сильний вітер або різкі перепади температур, знижують активність комах і негативно впливають на процес запилення [24]. Крім того, важливим фактором є застосування засобів захисту рослин, особливо інсектицидів, які можуть спричиняти загибель бджіл та зменшення чисельності природних запилювачів [25].

Для підвищення ефективності бджолозапилення рекомендується розміщувати пасіки безпосередньо поблизу посівів гірчиці білої. Оптимальним вважається використання 2–4 бджолиних сімей на 1 га посівів залежно від густоти рослин і умов медозбору [26, 27].

У праці досліджено вплив бджолозапилення на формування продуктивності різних видів гірчиці в умовах південного Степу України. У роботі наголошується, що гірчиця є важливою ентомофільною культурою, рівень урожайності та якість насіння якої значно залежать від активності комах-запилювачів, зокрема медоносних бджіл. Автор підкреслює, що в сучасних умовах інтенсифікації землеробства проблема ефективного

використання природного запилення набуває особливої актуальності, оскільки дозволяє підвищити продуктивність культури без додаткового антропогенного навантаження на агроєкосистеми. За даними О. Г. Жуйкова бджолозапилення різних видів гірчиці є ефективним агробіологічним заходом підвищення насінневої продуктивності культури. Використання медоносних бджіл сприяє не лише збільшенню врожайності насіння, а й суттєвому покращенню його якісних показників, зокрема підвищенню вмісту сирого жиру, а також зростанню валових зборів олії та гірничного шроту. Розміщення пасік на посівах гірчиці з розрахунку 1–2 бджолосім'ї на 1 га забезпечує можливість додаткового отримання 95–180 кг високоякісного меду, що значно підвищує економічну ефективність і господарську доцільність вирощування культури у сівоzmінах [28].

Важливим агротехнічним заходом є також дотримання екологічно безпечних систем захисту рослин та обмеження використання токсичних препаратів у період цвітіння культури [1–3]. У науковій літературі наголошується, що бджолозапилення є одним із найдоступніших та економічно ефективних способів підвищення продуктивності ентомофільних культур [12, 19, 20].

Поєднання вирощування гірчиці білої та використання медоносних бджіл забезпечує не лише збільшення врожайності культури, а й створює сприятливу кормову базу для бджільництва. Таким чином, бджолозапилення має важливе господарське, екологічне та економічне значення у сучасному агровиробництві.

1.3. Сучасні напрями та перспективи досліджень бджолозапилення гірчиці білої

У сучасному аграрному виробництві проблема ефективного запилення ентомофільних культур набуває особливої актуальності у зв'язку зі змінами клімату, зниженням чисельності природних запилювачів та необхідністю

забезпечення продовольчої безпеки. Гірчиця біла (*Sinapis alba* L.) є цінною олійною, медоносною та сидеральною культурою, продуктивність якої значною мірою залежить від інтенсивності бджолозапилення. У зв'язку з цим наукові дослідження останніх років спрямовані на вивчення особливостей взаємодії культури з комахами-запилювачами, оцінку ефективності використання медоносних бджіл та пошук шляхів підвищення продуктивності посівів.

Одним із основних напрямів сучасних досліджень є вивчення біологічних особливостей цвітіння гірчиці білої та нектаропродуктивності рослин. Науковці приділяють увагу тривалості цвітіння, інтенсивності виділення нектару, вмісту цукрів у нектарі та особливостям привабливості квіток для бджіл. Встановлено, що нектаропродуктивність рослин залежить від погодних умов, сортових особливостей, рівня мінерального живлення та вологості ґрунту. Саме ці чинники визначають інтенсивність відвідування посівів медоносними бджолами та рівень запилення рослин [29].

Значна кількість сучасних досліджень присвячена вивченню впливу бджолозапилення на формування елементів структури врожаю. Учені встановили, що активне відвідування квіток бджолами сприяє збільшенню кількості стручків на рослині, числа насінин у стручку, маси насіння та загальної врожайності культури. Водночас дослідники наголошують, що ефективність запилення значною мірою залежить від щільності бджолиних сімей, їх фізіологічного стану та правильного розміщення пасік поблизу посівів [30].

Важливим напрямом сучасних наукових досліджень є оцінка впливу антропогенних факторів на стан популяцій запилювачів. Особливу увагу приділяють негативному впливу пестицидів, інтенсивного землеробства та деградації природних екосистем на чисельність бджіл. У багатьох країнах світу активно досліджуються питання екологізації технологій вирощування ентомофільних культур, зменшення використання токсичних засобів захисту рослин та створення сприятливих умов для збереження природних

запилювачів. Учені досліджують можливість поєднання бджільництва та рослинництва для формування стабільних агроєкосистем, у яких забезпечується збереження біорізноманіття та підвищення екологічної стійкості агроландшафтів. Встановлено, що використання бджолозапилення у системах органічного виробництва дозволяє не лише підвищити врожайність культури, а й покращити якість продукції без додаткового антропогенного навантаження на довкілля [31].

Сучасні дослідження також спрямовані на використання цифрових технологій та методів моніторингу активності бджіл. Для оцінки ефективності запилення застосовують автоматизовані системи обліку льоту бджіл, GPS-моніторинг переміщення пасік, дистанційне спостереження за станом посівів та математичне моделювання процесів запилення. Такі технології дозволяють більш точно оцінювати взаємозв'язок між активністю запилювачів і продуктивністю культури [32].

Перспективним напрямом є селекція сортів гірчиці білої з підвищеною нектаропродуктивністю та кращою пристосованістю до ентомофільного запилення. Селекційна робота спрямована на створення сортів із тривалішим періодом цвітіння, більшою кількістю квіток та підвищеною привабливістю для бджіл. Це сприятиме підвищенню ефективності природного запилення та стабілізації врожайності культури в умовах кліматичних змін [26, 27].

У сучасних умовах особливого значення набувають комплексні міждисциплінарні дослідження, що поєднують агрономію, ентомологію, екологію та бджільництво. Такий підхід дозволяє більш повно оцінити роль бджолозапилення у функціонуванні агроєкосистем та розробити ефективні заходи для підвищення продуктивності ентомофільних культур. Отже, сучасні напрями досліджень бджолозапилення гірчиці білої спрямовані на вдосконалення екологічно безпечних технологій вирощування культури, збереження популяцій запилювачів, підвищення врожайності та якості насіння, а також забезпечення сталого розвитку аграрного виробництва.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили відповідно до схеми, зображеної на рис. 2.1, у розпліднику Житомирського обласного осередку «Полісся» Всеукраїнської громадської організації «Кінологічна спілка України».

Дослідження проводили протягом 2024–2025 рр. в умовах СФГ "Обрій" Житомирської області на дерново-підзолисті ґрунті. Технологія вирощування сорту гірчиці білої Подолянка була загальноприйнята для зони Полісся. Сорт української селекції Подолянка, занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні. Належить до середньостиглої групи, характеризується високою адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов та стабільною врожайністю. Тривалість вегетаційного періоду становить у середньому 85–95 діб залежно від погодних умов року вирощування. Рослини формують добре розвинене прямостояче стебло висотою 90–130 см, стійке до вилягання та осипання насіння.

Сорт характеризується інтенсивним ростом на початкових етапах органогенезу, високою конкурентоспроможністю щодо бур'янів та добрими показниками посухостійкості. Насіння округлої форми, світло-жовтого забарвлення, маса 1000 насінин становить 5,5–7,0 г. Вміст олії в насінні коливається в межах 30–35 %, що забезпечує високу господарську цінність сорту. Потенційна врожайність насіння за сприятливих умов вирощування може перевищувати 2,0–2,5 т/га.

Сорт Подолянка придатний для вирощування в умовах Полісся, Лісостепу та Степу України. Відзначається підвищеною стійкістю до основних хвороб і шкідників культури, а також характеризується високою технологічністю при механізованому вирощуванні та збиранні. Завдяки тривалому періоду цвітіння і значній нектаропродуктивності рослини є

цінним медоносом, що активно відвідується медоносними бджолами. Це сприяє ефективному перехресному запиленню, підвищенню насіннєвої продуктивності та покращенню якісних показників урожаю.

У виробництві сорт Подолянка використовується для отримання насіння олійного та харчового призначення, а також може вирощуватися як сидеральна культура для покращення родючості ґрунту та фітосанітарного стану агроценозів. Завдяки поєднанню високої врожайності, доброї адаптивності та цінних господарських ознак сорт є перспективним для широкого впровадження у сучасні технології вирощування гірчиці білої.

Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками [34]. Впродовж вегетації гірчиці білої регулярно проводили фенологічні спостереження. Облік урожайності гірчиці білої проводили у фазу повної стиглості шляхом збирання з кожної ділянки окремо та зважування насіння.



Рис. 1. Гірчиця біла на дослідних ділянках у фазі повного цвітіння, 2025 рік

Облік ентомокомплексу у посівах гірчиці білої проводили шляхом систематичного моніторингу упродовж усього періоду цвітіння культури, а саме від початку розкриття квіток до фази формування зелених стручків. Спостереження здійснювали методом маршрутних обстежень посівів із регулярною реєстрацією комах, що відвідували квітки та потенційно могли виконувати функції запилювачів. Виявлення та облік комах проводили за методикою сканувального відбору, яка широко використовується у міжнародній практиці ентомологічних досліджень. Таксономічну ідентифікацію представників ентомофауни здійснювали за комплексом морфологічних ознак із використанням визначників комах, атласів та спеціалізованих довідкових матеріалів.

Для оцінки інтенсивності бджолозапилення додатково визначали чисельність медоносних бджіл (*Apis mellifera* L.), які відвідували квітки культури на ділянках із вільним доступом запилювачів. Облік проводили на облікових майданчиках площею 10 м² шляхом підрахунку кількості бджіл, що відвідували квітки протягом однієї хвилини спостережень. Спостереження виконували впродовж світлової частини доби у часовому інтервалі з 9⁰⁰ до 18⁰⁰ год із періодичністю через кожні три години. Такий підхід дозволив оцінити добову динаміку льотної активності медоносних бджіл та встановити особливості їх участі у процесі запилення культури залежно від часу доби та умов довкілля [35].

Для оцінки впливу комах-запилювачів на формування врожайності гірчиці білої використовували метод ізоляції рослин, який давав можливість порівняти показники продуктивності за умов вільного доступу запилювачів та за їх повної відсутності. З цією метою в польових умовах встановлювали спеціальні каркасні ізолятори, розміщуючи по одному ізолятору в кожному повторенні досліду.

Ізолятор являв собою металеву конструкцію площею 1 м² та висотою 2 м, яку з усіх боків вкривали поліамідною сіткою з розміром комірок 0,8 мм. Така конструкція унеможливлювала проникнення комах-запилювачів до

рослин, водночас забезпечуючи вільну циркуляцію повітря та створюючи умови для природного вітрозапилення. Використання ізоляторів дозволило об'єктивно оцінити роль медоносних бджіл та інших комах-запилювачів у формуванні елементів структури врожаю і насінневої продуктивності культури [36]. Отримані результати дали змогу встановити різницю між показниками врожайності рослин за умов вільного та контрольованого запилення, що є важливим для визначення ефективності бджолозапилення в агроценозі гірчиці білої.

Для оцінки впливу умов запилення на формування продуктивності гірчиці білої визначали основні елементи структури врожаю відповідно до загальноприйнятих методичних рекомендацій для культур родини капустяних. Аналізували кількість стручків на рослині, кількість насінин у стручку, масу насіння з рослини та інші показники, що характеризують насіннєву продуктивність культури.

Рівень насінневої продуктивності гірчиці білої сорту Подолянка встановлювали з урахуванням фактичної густоти стояння рослин та виходу кондиційного насіння з облікових ділянок. Для цього проводили порівняльний аналіз рослин, вирощених в умовах вільного доступу комах-запилювачів, та рослин, ізольованих від їх впливу за допомогою каркасних ізоляторів. Облік урожаю здійснювали на ділянках площею 1 м² у кожному варіанті досліду. Насіння гірчиці білої було очищено, а масу отриманого насіння було переведено в урожайність з 1 га.

На підставі отриманих даних розраховували потенційний рівень урожайності насіння в перерахунку на одиницю площі, що дозволило об'єктивно оцінити вплив бджолозапилення на формування врожаю гірчиці білої. Застосований підхід забезпечив можливість кількісного визначення внеску комах-запилювачів у реалізацію продуктивного потенціалу культури та встановлення ефективності їх участі у процесах запилення.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ефективне використання бджіл є важливим чинником підвищення продуктивності ентомофільних культур, оскільки запилення забезпечує формування повноцінного врожаю та покращення якісних показників сільськогосподарської продукції. Користь від запилення сільськогосподарських культур медоносними бджолами значно перевищує економічну цінність продукції бджільництва, зокрема меду та інших продуктів пасіки [37].

Гірчиця біла (*Sinapis alba* L.) є однією з найцінніших медоносних культур родини капустяних (Brassicaceae). Висока нектаропродуктивність її посівів забезпечує формування надійної кормової бази для медоносних бджіл та інших комах-запилювачів у період цвітіння. Завдяки значній кількості квіток на рослині та тривалому періоду цвітіння гірчиця біла активно відвідується бджолами протягом усього дня, що сприяє як виробництву товарного меду, так і ефективному запиленню культури [4, 8].

Мед із гірчиці білої характеризується світло-жовтим забарвленням, приємним ароматом, високими смаковими властивостями та значною біологічною цінністю. Він містить легкозасвоювані вуглеводи, ферменти, органічні кислоти, вітаміни та мінеральні речовини, що зумовлюють його харчову й лікувально-профілактичну цінність [38]. Гірчиця біла є цінною медоносною культурою, нектар якої активно використовується медоносними бджолами для виробництва товарного меду високої якості [39]. Завдяки високій нектаропродуктивності посіви культури забезпечують отримання значної кількості меду та сприяють розвитку бджолиних сімей [33].

Нектаропродуктивність гірчиці білої залежить від сортових особливостей, густоти посіву, рівня мінерального живлення, вологості ґрунту та погодних умов під час цвітіння. Найбільш інтенсивне виділення нектару спостерігається за температури повітря 20–25 °C та достатнього забезпечення

рослин вологою. За сприятливих умов вирощування медопродуктивність посівів гірчиці білої може становити від 50 до 150 кг меду з одного гектара, а в окремі роки перевищувати 200 кг/га [33].

Квітки гірчиці білої виділяють нектар із високим вмістом цукрів, що робить їх особливо привабливими для медоносних бджіл (*Apis mellifera* L.). Найбільша інтенсивність відвідування квіток бджолами відзначається в денні години, коли спостерігаються оптимальні температурні умови та максимальне виділення нектару. Одночасно з нектаром бджоли збирають значну кількість пилку, який є важливим джерелом білкового корму для бджолиних сімей [27].

Висока нектаропродуктивність гірчиці білої має важливе господарське значення, оскільки сприяє збільшенню виробництва меду та підвищує ефективність бджолозапилення. Розміщення пасік поблизу посівів культури забезпечує взаємну вигоду для галузей рослинництва та бджільництва: бджоли отримують якісну кормову базу, а рослини – ефективне запилення, що позитивно впливає на формування врожайності та якості насіння [28].

Формування високої насіннєвої продуктивності ентомофільних культур суттєво залежить від ефективності та інтенсивності їх запилення комахами, насамперед медоносними бджолами. Наукові дослідження свідчать, що повна або часткова відсутність бджолозапилення призводить до суттєвого зниження врожайності насіння у більшості ентомофільних культур як облігатного, так і факультативного типу запилення, а втрати врожаю можуть становити 20–80 % [40]. Провідна роль у процесі запилення належить представникам родини бджолиних (*Apidae*), частка яких у загальній структурі комах-запилювачів коливається від 55 до 90 %, тоді як на інші групи комах припадає лише 10–45% [41].

У структурі ентомофауни, що відвідувала квітки гірчиці білої, домінували представники ряду Перетинчастокрилі (*Hymenoptera*), частка яких становила понад 90 % (табл. 3.1).

Найчисельнішим видом була медоносна бджола (*Apis mellifera* L.), на яку припадало 72,4 % усіх зафіксованих комах-запилювачів.

Таблиця 3.1.

Видовий склад потенційних комах-запилювачів у посівах гірчиці білої

Ряд комах	Рід, вид комах	Частка у загальній структурі
Нуменоптера (перетинчастокрилі)	Медоносна бджола (<i>Apis mellifera</i> L.)	72,4
Нуменоптера (перетинчастокрилі)	Джміль земляний (<i>Bombus terrestris</i> L.)	8,7
Нуменоптера (перетинчастокрилі)	Джміль польовий (<i>Bombus pascuorum</i> Scop.)	4,3
Нуменоптера (перетинчастокрилі)	Поодинокі бджоли (<i>Andrena</i> spp.)	3,9
Нуменоптера (перетинчастокрилі)	Бджола-листоріз (<i>Megachile</i> spp.)	2,1
Diptera (двокрилі)	Муха-журчалка (<i>Eristalis</i> spp.)	3,5
Diptera (двокрилі)	Сирфа звичайна (<i>Syrphus</i> spp.)	1,8
Lepidoptera (лускокрилі)	Білан капустяний (<i>Pieris brassicae</i> L.)	1,2
Lepidoptera (лускокрилі)	Ріпаковий білан (<i>Pieris napi</i> L.)	0,9
Coleoptera (твердокрилі)	Бронзівка волохата (<i>Tropinota hirta</i> Poda)	1,2
Разом		100

Значну роль у запиленні також відігравали джмелі роду *Bombus* та поодинокі бджоли. Представники рядів Двокрилі (Diptera), Лускокрилі (Lepidoptera) та Твердокрилі (Coleoptera) були менш численними і становили близько 10 % загальної кількості зареєстрованих запилювачів. Отримані дані свідчать про провідну роль медоносних бджіл у процесі запилення гірчиці

білої та формуванні її насінневої продуктивності. Результати досліджень щодо впливу умов запилення на формування показників індивідуальної продуктивності гірчиці білої наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Вплив бджолозапилення на формування елементів індивідуальної продуктивності гірчиці білої, середнє за 2024–2025 рр.

Варіанти дослідів	Кількість, шт				Маса, г	
	пагонів з рослини	стручків з 1 рослини	насіння з 1 стручка	насінин з 1 рослини	насіння з 1 рослини	1000 насінин
Без запилення (контроль)	5,4	156	3,15	5002	0,96	2,05
Із запиленням	8,0	188	3,47	651	1,25	2,36

Аналіз отриманих даних свідчить, що бджолозапилення суттєво вплинуло на розвиток генеративних органів рослин та формування елементів структури врожаю. За умов вільного доступу комах-запилювачів кількість пагонів на одній рослині становила 8,0 шт., що на 2,6 шт., або 48,1 %, більше порівняно з варіантом без запилення, де цей показник дорівнював 5,4 шт. Аналогічна тенденція спостерігалася щодо кількості стручків на рослині. За бджолозапилення їх кількість досягала 188 шт., що перевищувало контрольний варіант на 32 шт., або 20,5 %.

Важливим показником насінневої продуктивності є кількість насіння, сформованого у стручку. У варіанті із запиленням цей показник становив 3,47 шт., тоді як за відсутності запилювачів він не перевищував 3,15 шт. Зростання кількості насіння у стручку забезпечило формування більшої кількості насінин на рослині та сприяло підвищенню її загальної продуктивності.

Маса насіння з однієї рослини за вільного запилення становила 1,25 г, що на 0,29 г, або 30,2 %, перевищувало показник контрольного варіанта. Крім того, за участі комах-запилювачів спостерігалось покращення виповненості насіння. Так, маса 1000 насінин збільшилася з 2,05 до 2,36 г, або на 15,1 %.

Отримані результати свідчать, що бджолозапилення є важливим чинником підвищення індивідуальної продуктивності рослин гірчиці білої, оскільки сприяє збільшенню кількості генеративних органів, покращенню зав'язування насіння та підвищенню його маси, що в кінцевому підсумку позитивно впливає на рівень насінневої продуктивності культури.

Результати досліджень щодо впливу умов запилення на формування урожайності гірчиці білої наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2.

Вплив бджолозапилення на урожайність насіння гірчиці білої, т/га.

Варіанти дослідів	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2024–2025 рр.	± до контролю, т/га	± до контролю, %
Без запилення (контроль)	0,92	1,0	0,96	–	–
Із запиленням	1,21	1,29	1,25	+0,29	+30,2
НІР ₀₅	0,09	0,11			

Результати досліджень свідчать про суттєвий вплив бджолозапилення на формування врожайності гірчиці білої. У середньому за 2024–2025 рр. урожайність насіння за відсутності комах-запилювачів становила 0,96 т/га. Забезпечення вільного доступу медоносних бджіл до квіток культури сприяло зростанню врожайності до 1,25 т/га.

Приріст урожайності від бджолозапилення становив 0,29 т/га, або 30,2 % порівняно з контролем. Аналогічна закономірність спостерігалася в обидва

роки досліджень. Так, у 2024 році врожайність за вільного запилення перевищувала контроль на 0,29 т/га, а у 2025 році – на 0,29 т/га.

Підвищення врожайності пояснюється покращенням запліднення квіток, збільшенням кількості сформованих стручків, насінин у стручку та маси насіння з рослини. Отримані результати підтверджують важливу роль медоносних бджіл у реалізації продуктивного потенціалу гірчиці білої та свідчать про доцільність використання бджолосімей на насінницьких посівах культури.

Значення бджолозапилення не обмежується лише підвищенням урожайності. Ефективне запилення сприяє формуванню більш повноцінного насіння, покращує його біохімічний склад, зокрема вміст білків, жирів та інших цінних компонентів, забезпечує більш рівномірне проходження процесів наливу й досягання. Крім того, якісно сформоване насіння характеризується кращими посівними властивостями, вищою лежкістю та більш тривалим збереженням господарсько-цінних показників у післязбиральний період [42]. Отже, бджолозапилення є важливим екологічним чинником підвищення не лише кількісних, а й якісних характеристик урожаю ентомофільних культур.

Сучасний підхід до організації запилення передбачає використання інтегрованого запилення, яке поєднує діяльність медоносних бджіл із природними популяціями диких запилювачів. Створення сприятливих умов для існування та функціонування різних груп комах-запилювачів у межах агроландшафтів забезпечує більш стабільне та ефективне перенесення пилку, що сприяє підвищенню продуктивності посівів та підтриманню екологічної рівноваги агроценозів [43].

У проведених дослідженнях бджолозапилення розглядалося як важливий елемент технології вирощування гірчиці білої, що впливає на реалізацію потенціалу продуктивності рослин та формування врожаю. Оцінка ефективності запилення медоносними бджолами дозволила встановити їх роль у підвищенні насінневої продуктивності та покращенні

господарсько цінних показників культури. Фактори, що впливають на запилення бджолами гірчиці білої (*Sinapis alba* L.), представлено у вигляді схеми на рисунку 3.1.

Система факторів, що визначають ефективність запилення посівів гірчиці білої медоносними бджолами

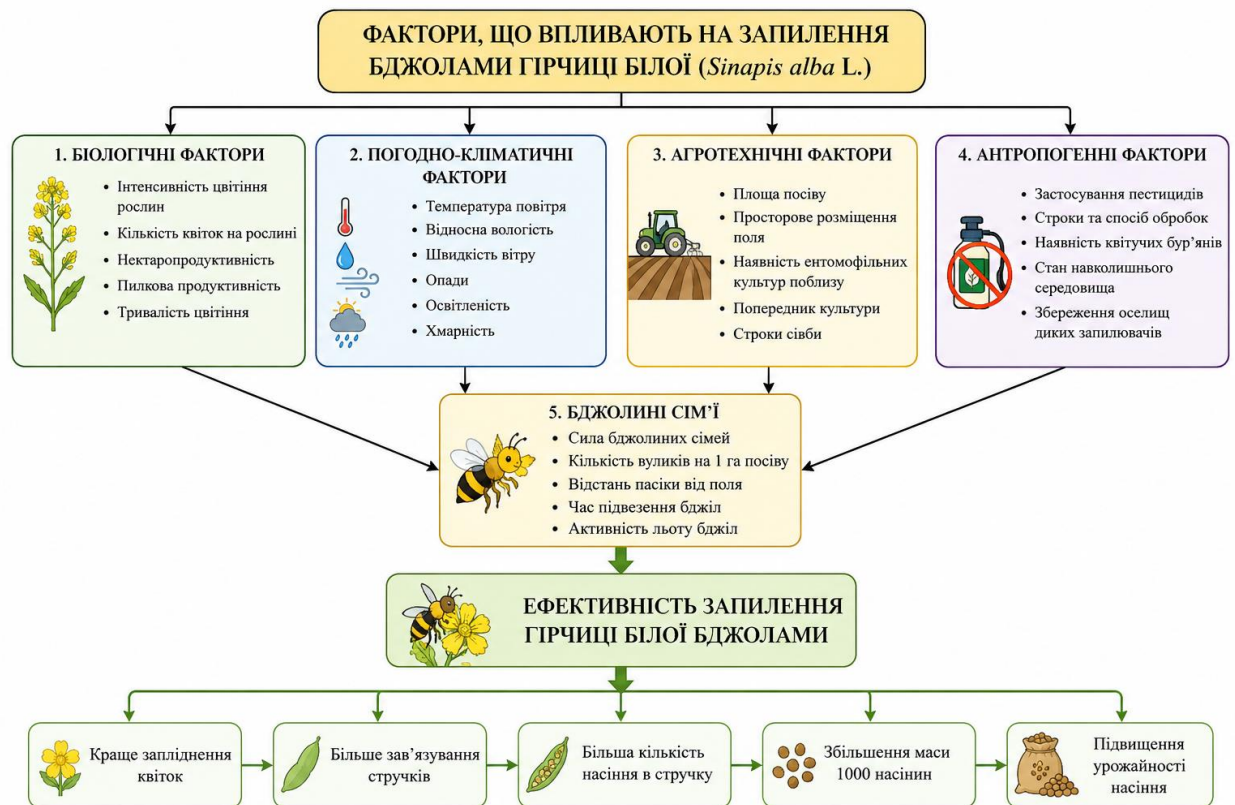


Рис. 3.1. Система факторів, що визначають ефективність запилення посівів гірчиці білої медоносними бджолами*

*Примітка: розроблено автором за власною концепцією з використанням генеративного штучного інтелекту

Аналіз факторів, що впливають на запилення гірчиці білої медоносними бджолами, свідчить, що ефективність цього процесу визначається комплексною взаємодією біологічних, погодно-кліматичних, агротехнічних та антропогенних чинників, а також станом і активністю бджолиних сімей. Найважливішу роль відіграють сила бджолиних сімей, забезпеченість посівів запилювачами, сприятливі погодні умови під час цвітіння та екологічно безпечні технології вирощування культури. Оптимальне поєднання зазначених факторів сприяє підвищенню інтенсивності відвідування квіток

бджолами, покращує процес запліднення, збільшує кількість зав'язаних стручків і насінин у них, а також підвищує масу 1000 насінин. У результаті ефективне бджолозапилення є важливим елементом технології вирощування гірчиці білої, що забезпечує реалізацію її продуктивного потенціалу та підвищення врожайності насіння.

Нектаропроодуктивність ентомофільних рослин є одним із ключових факторів, що визначає активність відвідування посівів медоносними бджолами. Високий рівень виділення нектару сприяє збільшенню медозбору та забезпечує ефективніше запилення рослин [29]. Нектаропроодуктивність визначає її привабливість для медоносних бджіл та інших комах-запилювачів. Від кількості нектару, що виділяється квітками, безпосередньо залежить інтенсивність відвідування посівів бджолами, ефективність запилення та величина медозбору. За сприятливих погодних умов її нектаропроодуктивність може забезпечувати отримання 50–150 кг товарного меду з 1 га посіву, а в окремі роки цей показник може бути ще вищим. Чим більше нектару виділяють рослини, тим активніше бджоли відвідують квітки, збільшуючи одночасно як збір нектару, так і перенесення пилку між рослинами. У ході досліджень виконано розрахунок пилкової продуктивності гірчиці білої за середніми значеннями: кількість квіток на одній рослині гірчиці білої 1200 шт; середня пилкова продуктивність однієї квітки – 0,30 мг; густота стояння рослин – 90 шт/м².

Розрахована пилкова продуктивність однієї рослини гірчиці білої:

$$1200 \times 0,30 = 360 \text{ мг}$$

Отже, одна рослина гірчиці білої здатна сформувати в середньому близько 0,36 г пилку.

Пилкова продуктивність рослин гірчиці білої з 1 м² (за густоти 90 рослин/м²) становить:

$$0,36 \times 90 = 32,4 \text{ г/м}^2$$

Пилкова продуктивність рослин гірчиці білої з 1 га становить:

$$32,4 \times 10000 = 324000 \text{ г}$$

Встановлено, що за густоти стояння рослин гірчиці білої 90 шт/м² пилкова продуктивність становить 324 кг/га.

Між нектаропродуктивністю та медозбором існує пряма залежність: зі збільшенням кількості нектару на одиницю площі зростає чисельність бджіл на посівах і, відповідно, підвищується вихід меду. Водночас інтенсивне відвідування квіток бджолами сприяє кращому запиленню рослин, збільшенню кількості сформованих стручків, насінин у стручку та підвищенню врожайності культури. Нектаропродуктивність гірчиці білої має важливе значення як для бджільництва, так і для підвищення продуктивності агроценозів, виступаючи важливим показником ефективності взаємодії рослин і комах-запилювачів.

Отже, нектаропродуктивність гірчиці білої є важливим показником, який визначає її цінність як медоносної культури та безпосередньо впливає на ефективність бджолозапилення, величину медозбору і формування врожаю насіння.

ВИСНОВКИ

1. Гірчиця біла (*Sinapis alba* L.) є цінною ентомофільною культурою, рівень насінневої продуктивності якої значною мірою залежить від ефективності запилення квіток комахами. Проведений аналіз літературних джерел підтвердив важливу роль медоносних бджіл у формуванні врожайності та покращенні якісних показників насіння культур родини капустяних.

2. У структурі ентомофауни посівів гірчиці білої домінуюче місце належить медоносній бджолі (*Apis mellifera* L.), яка забезпечує основний обсяг запилювальної діяльності під час цвітіння культури. Найвища активність бджіл спостерігалася у денні години за сприятливих температурних умов та достатнього нектаровиділення.

3. Встановлено позитивний вплив бджолозапилення на формування елементів структури врожаю гірчиці білої. За умов вільного запилення кількість пагонів на рослині збільшилася з 5,4 до 8,0 шт., або на 48,1 %, а кількість стручків на рослині – зі 156 до 188 шт., що перевищувало контроль на 20,5 %.

4. Бджолозапилення сприяло покращенню насінневої продуктивності рослин. Кількість насіння в одному стручку зросла з 3,15 до 3,47 шт., а маса насіння з однієї рослини збільшилася з 0,96 до 1,25 г, що забезпечило приріст на 30,2 % порівняно з варіантом без доступу комах-запилювачів.

5. Під впливом бджолозапилення покращилися якісні показники насіння. Маса 1000 насінин зросла з 2,05 до 2,36 г, що свідчить про краще виповнення насіння та ефективніше проходження процесів його формування і досягання.

6. У середньому за роки досліджень урожайність насіння гірчиці білої за відсутності запилювачів становила 0,96 т/га, тоді як за умов вільного бджолозапилення досягала 1,25 т/га. Приріст урожайності від залучення комах-запилювачів становив 0,29 т/га, або 30,2 % порівняно з контролем.

7. Розрахункова пилюкова продуктивність гірчиці білої становила близько 0,36 г з однієї рослини, а потенційна пилюкопродуктивність посівів досягала понад 300 кг/га, що підтверджує високу цінність культури як джерела білкового корму для бджіл.

8. Гірчиця біла характеризується високою нектаропродуктивністю та є важливою медоносною культурою. Вирощування її посівів сприяє зміцненню кормової бази бджільництва та забезпечує отримання додаткової продукції у вигляді високоякісного меду.

9. Використання медоносних бджіл на насінницьких посівах гірчиці білої є ефективним агротехнологічним заходом, який забезпечує підвищення врожайності та покращення якості насіння без додаткового антропогенного навантаження на агроєкосистему. Для підвищення ефективності запилення та максимальної реалізації продуктивного потенціалу гірчиці білої доцільно розміщувати поблизу посівів пасіки з розрахунку 1–2 бджолосім'ї на 1 га посівної площі в період масового цвітіння культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кирилюк В. П., Тимощук Т. М., Кальчук М. М. Урожайність гірчиці білої залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. *Наукові горизонти*. 2019. №2 (75). С. 27–33.
2. Кирилюк В. П., Тимощук Т. М., Шульга С. Ю. Формування бур'янового компоненту агрофітоценозу гірчиці білої залежно від агротехнічних заходів. *Наукові горизонти*. 2018. №7–8 (70). С. 116–124
3. Тимощук Т.М., Кирилюк В.П., Ковальчук Н.В., Невмержицька О.М. Оптимізація технології основного обробітку ґрунту під посів гірчиці білої в умовах сталого сільського господарства. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*, 2025, 2(16), 91–99.
4. Гаврилюк М. М. Гірчиця біла: біологія, технологія вирощування та використання. Харків : Основа, 2019. 184 с.
5. Мазур В. А., Панцирева О. В. Технологія вирощування олійних культур : навч. посіб. Вінниця : Друк, 2021. 312 с.
6. Бурлака В. А., Ганженко О. М. Олійні культури України : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2018. –256 с.
7. Гаврилюк М. М. Олійні культури в Україні : монографія; за ред. А. В. Чехова. Київ : Основа, 2007. 416 с.
8. Гірчиця; за ред. П. І. Гадза. Івано-Франківськ, 2014, 96 с.
9. Мазур В.О., Проців П.Б., Гамалій С.М., Попович Ю.В. Гірчиця. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2009. 88 с.
10. Абрамик М.І., Гузінович С.Й., Зозуля О.Л., Шевчук Я.І.. Гірчиця Івано-Франківськ: Симфонія-Форте, 2011. 32 с.
11. Саблук П. Т. Екологізація землеробства та ефективність аграрного виробництва. Київ : ННЦ ІАЕ, 2018. 432 с.

12. Лісогурська Д., Адамчук Л., Фурман С., Лісогурська О., Тимощук Т. Кероване бджолозапилення – важлива передумова розвитку зеленого сільського господарства в Україні. *Аграрний вісник Причорномор'я*, 2025, 115, 64–73.
13. Sáez A., Aguilar R., Ashworth L., Gleiser G., Morales C.L., Traveset A., Aizen M.A. Managed honeybees decrease pollination limitation in self-compatible but not in self-incompatible crops. *Proceedings. Biological sciences*. 2022. Vol. 289(1972). P. 20220086.
14. Khana K.A., Ghramh H.A. Pollen source preferences and pollination efficacy of honey bee, *Apis mellifera* (Apidae: Hymenoptera) on *Brassica napus* crop. *Journal of King Saud University – Science*, 2021. Vol. 33. P. 101487.
15. Devi M., Sharma H. K. Effect of different modes of pollination on seed set of mustard (*Brassica juncea* L.) sown on different sowing dates. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2018. Vol. 6(2). P. 1889–1893.
16. Hossain M.S., Paul J.K., Rahman M.M., Fazlullah M.U., Sarkar S. Role of honey bee on mustard (*Brassica* spp.) yield. *Journal of Biodiversity Conservation and Bioresource Management*, 2020. Vol. 6(1). P. 25–30.
17. Зароченцева О.Д., Жук А.В., Федоряк М.М., Черлінка Л.В., Твердохліб М.В., Герасимюк П.В., Черлінка В.Р. Вплив комахозапилення на вихід та олійність насіння гібридів *Helianthus annuus* L. *Біологічні системи*. 2022. Т. 14(1). С. 62–71
18. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) / І.А. Шевченко та ін. Запоріжжя : СТАТУС, 2017. 44 с.
19. Адамчук Л., Хлебо Р., Лісогурська Д., Фурман С., Лісогурська О., Тимощук Т. Бджільництво як стратегічна складова сталого сільського господарства. *Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів* : зб. матеріалів VII Міжн. наук.-практ. конф., «5-6 червня 2025 р.», м. Житомир : Поліський національний університет, 2025, С. 135-136.

20. Тимошук Т., Лісогурська Д., Лисюк М., Кирилюк В. Оцінка ролі керованого бджолозапилення у формуванні врожаю насіння гірчиці. Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якості і безпечність харчових продуктів : зб. матеріалів VII Міжн. наук.-практ. конф., «5-6 червня 2025 р.», м. Житомир : Поліський національний університет, 2025, С. 82-85.

21. Швець Т.В., Лісогурська Д.В., Тимошук Т.М., Фурман С.В. Вектори розвитку зеленого сільського господарства в Україні. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 556–563.

22. Фурман С., Лісогурська Д., Лісогурська О., Тимошук Т. (2025). Безпечність харчових продуктів у контексті Європейської «зеленої» інтеграції. *Аграрний вісник Причорномор'я*, 2025. 116), 55–67.

23. Тимошук Т. М., Лісогурська Д. В., Фурман С. В., Іванова І. Є. Європейська Зелена Угода та аграрний сектор: виклики і можливості для України. *Агроекологічна безпека та використання аграрного потенціалу зони Полісся*: Зб. тез Всеукр. наук.-практ. конф. 22 квітня 2026 р. Житомир: ІСГП НААН, 2026. С. 156–160.

24. Адамчук Л. О. Ефективне використання бджіл для запилення садів та ягідників : методичні рекомендації. Київ: СТ-Друк, 2020. 130 с.

25. Omelchun Y. A., Shevchenko L. V., Nikitina L. M., Solomon V. V., Mykhalska V. M., Furman S. V., Lisohurska D. V., Lisohurska O. V. Pesticides as a cause of honeybee (*Apis mellifera*) mortality and their persistence in honey. *Biosystems Diversity*, 2025. Vol. 33 (1), e2501.

26. Лісогурська Д.В., Лісогурська О.В., Фурман С.В., Адамчук Л.А. Забезпечення запилення бджолами основних сільськогосподарських ентомофільних культур в Україні. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*, 2021. Том. 4 (47), 92-98.

27. Адамчук Л., Лісогурська Д., С Фурман., Лісогурська О.. Забезпеченість бджолозапилення в Україні: метод. посібник. Житомир: Поліський національний університет, 2021. 83 с.

28. Жушков О.Г. Додаткове запилення медоносними бджолами як фактор підвищення продуктивності видів гірчиці в агроценозах Південного Степу України. Таврійський науковий вісник. 2015. № 92. С. 19-24.

29. Діденко В. І., Кічігіна О. О., Постоєнко Д. М., Куценко Н. І., Костіков І. Ю. Потенційна нектаропродуктивність культивованих видів лікарських рослин в умовах Лівобережного Лісостепу. *Бджільництво України*, 2024. Т. 12, С. 28-37.

30. Khalifa S.A.M., Elshafiey E.H., Shetaia A.A., El-Wahed A.A.A., Algethami A.F., Musharraf S.G., AlAjmi M.F., Zhao C., Masry S.H.D., Abdel-Daim M.M., et al. Overview of Bee Pollination and Its Economic Value for Crop Production. *Insects*. 2021. Vol. 12. P. 688.

31. Лисюк М.В. Кероване бджолозапилення як чинник підвищення врожайності гірчиці білої. Зелене сільське господарство як інструмент післявоєнного відновлення та сталого розвитку України на шляху до ЄС: зб. матер. І Міжнар. наук.-практ. конф. (30 кв. 2026 р., м. Житомир). Житомир: Поліський національний університет, 2026. С. 142–145.

32. Лісогурська Д., Тимошук Т., Фурман С., Лісогурська О. Цифрові технології в агросекторі: роль ІІІ у забезпеченні сталості та принципів *One Health*. *Органічне виробництво і продовольча безпека: цифрові технології та інновації* : Збірник пр. ХІІ Міжнар. наук.-практ. конф. (15-16 травня 2025 року). Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 110–111.

33. Маслій І., Прусова Г., Бачевська Є., Марченко О., Дувін В. Пилос рослин та його роль у екосистемі: медоносна бджола – людина (оглядова). *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. 2025. № 134. С. 84–98.

34. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами / В.Ф. Сайко та ін. ; за ред. П.С. Вишнівського. Київ. 2011. 76 с.

35. Zameer S.U., Bilal M., Fazal M. I., Sajjad A. Foraging behavior of pollinators leads to effective pollination in radish *Raphanus sativus* L. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 2017. Vol. 5, P. 221–227

36. Younas M., Ali M., Khan F.Z.A., Awan T.H. Effectiveness of Native Insect Pollinators in Radish (*Raphanus sativus* L.) Seed Production. *Plant Bulletin*. 2023. Vol. 2(1). P. 2959–3387.

37. Цицюра Я. Г. Роль бджолозапилення в реалізації насіннєвої продуктивності редьки олійної. Бджільництво України, 2025. №15. С. 120-129.

38. Delaplane K. S., Mayer D. F. *Crop Pollination by Bees*. Wallingford : CABI Publishing, 2000. 344 p.

39. Kevan P. G., Imperatriz-Fonseca V. L. *Pollination and Environmental Conservation*. São Paulo : Brazilian Ministry of Environment, 2002. 313 p.

40. Yang J., Wu P., Zhao Y., Olhnuud A., Bai J., Wu K., Zhang Y., Liu Y. Managed pollinators improve oilseed rape yield: A global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2024. Vol. 374. P. 109135

41. Aizen M.A., Garibaldi L.A., Cunningham S.A., Klein A. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 2009. Vol. 103. 1579–1588

42. Woodcock B.A., Garratt M.P.D., Powney G.D., Shaw R.F., Osborne J.L., Soroka J., Lindström S.A.M., Stanley D., Ouyard P., Edwards M.E. Meta-analysis reveals that pollinator functional diversity and abundance enhance crop pollination and yield. *Nature Communications*. 2019. Vol. 10. P. 1481

43. Divekar P.A., Mishra A., Kumar R.. Bee pollination in vegetables: current status, challenges and prospects. *Circular Agricultural Systems*. 2024. Vol. 4. e016