

**ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА, БІОБЕЗПЕКА ТА
БЛАГОПОЛУЧЧЯ ТВАРИН
VETERINARY MEDICINE, BIOSAFETY AND ANIMAL WELFARE**

УДК 638.15:632.937

doi 10.37143/2786-7730-2024-4(82)6

**БІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВАРООЗУ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОБНИХ
ПРЕПАРАТІВ: ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В ЕКОЛОГІЧНОМУ
БДЖІЛЬНИЦТВІ**

Ю. М. Сиром'ятников,¹ В. П. Шабля,^{2,3} О. М. Харченко,² О. В. Бєлих²

¹Латвійський університет біологічних наук та технологій

Liela Str., 2, м. Єлгава, Латвійська Республіка, 3001

²Державний біотехнологічний університет

вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002

³Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН

вул. Шведська Могила, 1, м. Полтава, Україна, 36013

Анотація. Варооз є однією з найсерйозніших загроз для бджільництва. Він спричиняється паразитичним кліщем *Varroa destructor*, який знижує продуктивність і стійкість бджолиних сімей до несприятливих чинників середовища. Традиційні хімічні методи боротьби часто є ефективними, але мають недоліки, як от накопичення залишків у меду та розвиток стійкості до цих хімікатів у кліщів. Це дослідження присвячене вивченню ефективності біологічних методів контролю вароозу, зокрема мікробних препаратів на основі ентомопатогенних грибів *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae*. **Мета** роботи полягає у визначенні можливостей цих біоконтрольних агентів як безпечної альтернативи хімічним акарицидам та в оцінці їх впливу на продуктивність меду й загальний стан бджолиних сімей. **Матеріали.** У рамках експерименту було використано дві групи препаратів: традиційні хімічні препарати та експериментальні мікробні препарати. Кожна група включала 10 сімей бджіл. Оцінювалися наступні показники: початкова та кінцева зараженість кліщами, зниження зараженості, продуктивність меду, смертність бджіл та загальний стан бджолиних сімей. **Результати.** Мікробні препарати знижували зараженість кліщами до 71 %, тоді як хімічні методи забезпечили зниження на рівні 64 %. Продуктивність меду в експериментальних групах була на 28 % вищою, що підтверджує позитивний вплив біологічних методів. Крім того,

Сиром'ятников Юрій Миколайович, к. т. н., доцент кафедри агроінженерії

e-mail: Gara176@btu.kharkov.ua

<https://orcid.org/0000-0001-9502-626X>

Шапля Володимир Петрович, д. с.-г. н., проф., професор кафедри технологій тваринництва і птахівництва

e-mail: shabliavladimir@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6510-5397>

Харченко Олександр Миколайович, аспірант

e-mail: bdzholyarukraine@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-4955-3478>

Бєлих Олександр Владиславович, аспірант

e-mail: sashafincol@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-5490-4098>

смертність бджіл у групах, оброблених мікробними препаратами, була на 37,5 % нижчою, що свідчить також і про безпечність таких засобів для бджіл. **Висновки.** Науковий аналіз підтвердив, що мікробні препарати на основі *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae* є перспективними для сталого контролю вароозу та можуть бути рекомендовані для екологічного бджільництва.

Ключові слова: бджільництво, біологічний контроль, *Varroa destructor*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, продуктивність меду, смертність бджіл, мікробні препарати, екологічне бджільництво, варооз.

Посилатися на статтю так:

БІБЛІОГРАФІЯ за ДСТУ: Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Харченко О. М., Белих О. В. Біологічний контроль вароозу за допомогою мікробних препаратів: інноваційні підходи в екологічному бджільництві. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2024. Вип. 4(82). С. 80–93. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)6

REFERENCES за APA style: Syromiatnykov, Yu. M., Shablia, V. P., Kharchenko, O. M., & Belykh, O. V. (2024). Biologichnyi kontrol varoозu za dopomohoiu mikrobnikh preparativ: innovatsiini pidkhody v ekolohichnomu bdzhilnytstvi [Biological control of varroatosus using Microbial preparations: innovative approaches in ecological beekeeping]. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 4(82), 80–93 [in Ukrainian]. doi: 10.37143/2786-7730-2024-4(82)6

Вступ. Бджільництво є важливою галуззю тваринництва, яка функціонує в різних зонах та місцевостях України [1]. Разом з тим однією з найсерйозніших загроз для сучасного бджільництва є варооз, адже це паразитарне захворювання, спричинене кліщем *Varroa destructor*, здатне завдавати значної шкоди бджолиним сім'ям, особливо без своєчасного контролю та лікування [2]. Кліщ *Varroa destructor* паразитує на дорослих особинах бджіл та їх розпліді, харчуючись їхньою гемолімфою, що призводить до ослаблення як окремих особин, так і всієї сім'ї. Бджоли, уражені кліщем, стають більш чутливими до хвороб, особливо вірусних інфекцій, які активно розповсюджуються кліщем, що виступає одночасно ще й переносником патогенів. Наслідком зараження є значне зниження продуктивності сімей та їх стійкості до захворювань. При високому рівні зараження варооз може призводити до повного виснаження сімей і навіть їх загибелі, що, своєю чергою, має негативний вплив на загальну продуктивність пасік.

Традиційно для боротьби з вароозом застосовують хімічні акарициди [2, 3], такі як амітраз, флувалінат та інші речовини, які вже протягом багатьох років вважають ефективними у зниженні чисельності кліщів. Однак хімічні препарати мають низку суттєвих недоліків. По-перше, їхнє часте застосування призводить до накопичення залишків акарицидів у меді та воску, що може негативно вплинути на якість кінцевої продукції та її екологічну чистоту. По-друге, тривале застосування одних і тих самих препаратів спричинило розвиток резистентності у *Varroa destructor*, що зменшує ефективність хімічних методів боротьби та вимагає пошуку нових рішень або більш агресивних хімічних комбінацій, що, своєю чергою, підвищує ризик для бджіл і довкілля.

У зв'язку з цими проблемами дослідники останнім часом звернули увагу на біологічні методи контролю вароозу [4, 5], зокрема на використання мікробних препаратів, розроблених на основі ентомопатогенних грибів *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae*. Так дослідження, проведене Fernandez Ferrari та ін. [6], демонструє, що обидва види грибів ефективно знижують популяцію кліщів у

бджолиних сім'ях, не завдаючи шкоди бджолам, що свідчить про перспективність таких біоконтрольних агентів. Інше дослідження, Vilarem та ін. [7], підтверджує, що ці гриби здатні суттєво зменшувати чисельність кліщів, знижуючи тим самим потребу у хімічних обробках і забезпечуючи більш екологічний підхід до контролю вароозу. Результати дослідження Vava та ін. [8] доводять, що *Metarhizium anisopliae* значно знижує чисельність кліщів у польових умовах, не завдаючи шкоди бджолиним сім'ям.

Низка досліджень також підтверджує безпечність та ефективність цих біоконтрольних агентів. Наприклад, Meikle і Mercadier [9] показали, що застосування *Beauveria bassiana* ефективно знижує зараженість кліщами, тим самим підтверджуючи перспективність використання грибів в інтегрованих стратегіях боротьби з вароозом. Nan та ін. [10] продемонстрували, що застосування ентомопатогенних грибів у бджолиних колоніях є не лише ефективним, але й безпечним, що робить ці біоконтрольні агенти перспективною альтернативою хімічним препаратам, оскільки вони не полишають залишків у меді.

Попри перспективність цього підходу, ефективність мікробних препаратів у контролі вароозу потребує подальшого детального вивчення. Наприклад, дослідження Zeng і Zhang [11] демонструє, що *Beauveria bassiana* і *Metarhizium anisopliae* є високоефективними біоконтрольними агентами проти кліща *Varroa*, сприяючи суттєвому зниженню популяції кліщів у колоніях медоносних бджіл. Вивчення екологічної адаптивності цих грибів у тропічних і помірних умовах, проведене Driver, Buckley та Rehner [12], підтверджує, що *Beauveria* і *Metarhizium* ефективно діють в умовах різного клімату, що розширює можливості їхнього застосування у регіонах із різними кліматичними умовами.

Дослідження Ghazoul і Salgado [13] вказує на те, що вибір субстрату для вирощування *Beauveria bassiana* значно впливає на кількість конідій, що може підвищити продуктивність препаратів та їхню ефективність у практичному застосуванні для боротьби з вароозом. Valogun і Onyekachi [14] виявили, що *Metarhizium anisopliae* може бути стійким і ефективним заміном хімічних акарицидів, що відкриває перспективи для сталого контролю вароозу. Крім того, дослідження Tesfaye і Seyoum [15] підкреслює, що місцеві штами *Metarhizium anisopliae* можуть виявляти високу ефективність проти кліщів в умовах різного клімату, наприклад, в Ефіопії, що підкреслює важливість адаптації препаратів до локальних умов.

У польових умовах Fang і Leng [16] продемонстрували, що *Beauveria bassiana* не тільки ефективно пригнічує популяцію кліщів, але й має безпечний профіль для здоров'я бджіл, що підвищує його привабливість як біоконтрольного засобу. Mukherjee та Kumar [17] дослідили вплив клімату на активність ентомопатогенних грибів і підтвердили, що фактори зовнішнього середовища мають значний вплив на ефективність застосування біоконтрольних агентів в умовах пасіки. У дослідженні Tefera і Muthomi [18] було розглянуто інтегрований підхід до боротьби з вароозом, що включає комбінацію грибів *Beauveria* та *Metarhizium* для підвищення стійкості до паразитів в африканських регіонах.

Інші дослідники, такі як Ikegami й Mizuno [19], порівняли ефективність грибкових біопестицидів та хімічних акарицидів, показавши, що біологічні препарати можуть конкурувати з хімічними за ефективністю без шкоди для бджіл. Нарешті, Johnson і Raub [20] продемонстрували ефективність *Metarhizium anisopliae* у регіонах із холодним кліматом, що є важливим для застосування цього

методу в умовах, де бджоларі зазвичай використовують хімічні препарати для швидкого контролю кліща.

Таким чином, зазначені дослідження підтверджують, що мікробні препарати на основі *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae* можуть ефективно контролювати популяцію кліщів *Varroa destructor*, забезпечуючи екологічно чистий та безпечний для бджіл метод боротьби з вароозом, що адаптується до різних кліматичних умов.

Метою даного дослідження є порівняння ефективності різних хімічних та мікробних методів обробки проти кліща *Varroa destructor*, а також оцінка їх впливу на продуктивність меду та загальний стан бджолиних сімей.

Матеріали та методи досліджень. Експеримент проводився в польових умовах. Для детального аналізу дії препаратів на бджолині сім'ї, а також для визначення побічних ефектів були залучені дві групи бджолосімей: на першій випробовували традиційні хімічні методи обробки, а на другій, експериментальній групі – мікробні препарати. Випробовано також комбінований варіант спільного застосування хімічних і мікробних препаратів. Здійснено порівняння результатів з метою виявлення найефективніших варіантів (табл. 1).

Таблиця 1. Особливості застосування хімічних і мікробних препаратів для зниження рівня зараження *Varroa destructor* у бджолиних сім'ях

Назва препарату	Тип препарату	Активна речовина	Спосіб застосування	Доза
1	2	3	4	5
Біпін	Хімічний	Амітраз	Обробка розчином із використанням дим-пушки	робоча емульсія – 0,5 мл на літр води, 10 мл на вуличку
Тактик	Хімічний	Амітраз	Розчин для розбризкування по вуличках	робоча емульсія – 1 мл на літр води, 10 мл на вуличку
Апістан	Хімічний	Флувалінат	Смужки, які встановлюються у вулику	3 смужки на вулик
Варроадез	Хімічний	Флувалінат	Смужки для розміщення у вулику	3 смужки на вулик
Оксивар	Хімічний	Щавелева кислота	Розчин для розбризкування	5,7 %-й розчин, 5 мл на вуличку
ЧекМайт	Хімічний	Кумофос	Смужки для встановлення у вулику	2 смужки на вулик
Апігارد	Хімічний	Тимол	Гель для розміщення всередині вулика	50 г на вулик
Боверин	Мікробний	<i>Beauveria bassiana</i>	Розпилення розчину на рамки, стільники та бджіл	1,5 %-й розчин, 5 мл на вуличку
Метаризин	Мікробний	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Внесення в міжрамковий простір	1,5 %-й розчин, 5 мл на вуличку

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
Комбінація: Боверин + Метаризин	Мікробний	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Metarhizium anisopliae</i>	Обробка комбінованим розпиленням	1,5 %-й розчин Боверину + 1,5 %-й розчин Метаризину у співвідношенні 1:1, 5 мл на вуличку
Комбінація: Біпін + Боверин + Метаризин	Комбіно- ваний	Амітраз + <i>Beauveria bassiana</i> + <i>Metarhizium anisopli</i>	Змішане обприскування	Біпін (0,5 мл/л H ₂ O) + Боверин (1,5 %-й) + Метаризин (1,5 %-й) у співвідношенні 2:1:1, 5 мл на вуличку

Об'єктом дослідження стали бджолині сім'ї, інфіковані кліщем *Varroa destructor*. Кожна група включала 10 або більше бджолиних сімей, уражених кліщем, які обробляли відповідними препаратами.

За традиційних хімічних методів обробки застосовували такі препарати, як Біпін, Тактик, Апістан, Варроадез, Оксivar, ЧекМайт і Апігارد. Ці препарати використовувалися згідно з інструкціями виробників для порівняння їхньої ефективності з біологічними методами, які були застосовані в експериментальній групі. Мікробні препарати, що застосовані в експериментальній групі, включали Боверин та Метаризин, виготовлені на основі грибів *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae*. Крім того, в експерименті було використано комбінований метод із застосуванням обох мікробних препаратів у співвідношенні 1:1, а також спільне використання розчину Біпіну та комбінації Боверину й Метаризину (2:1:1).

Для оцінки ефективності кожного методу обробки було обрано низку ключових показників: перш за все – рівень зараженості кліщем, який вимірювали до і після обробки для обох груп.

Цей показник визначався як відсоток уражених особин, що дало змогу отримати чітке уявлення про початковий рівень зараженості та кінцеві зміни після обробки. Другий показник – зниження рівня зараженості, розраховувався як відношення різниці між відсотком початкової й кінцевої зараженості до початкової зараженості. Цей параметр є основним критерієм ефективності обробки, адже відображає здатність препарату зменшувати кількість кліщів.

Крім того, важливим критерієм оцінки ефективності методу обробки стала продуктивність меду, тобто кількість меду, зібраного сім'єю після обробки. Цей показник визначав загальний економічний вплив методів обробки на пасіку. У дослідженні також враховували смертність бджіл після застосування препаратів, яка відображала побічний ефект, що міг свідчити про безпечність препаратів для бджолиних сімей.

Для статистичного аналізу отриманих результатів використовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA), який допомагав визначити, чи існують статистично значущі відмінності між контрольною та експериментальною групами за всіма показниками. Це дало змогу не тільки оцінити ефективність кожного з методів обробки, але й визначити, який із них найпридатніший для довготривалого контролю вароозу, враховуючи ефективність, безпечність і вплив на продуктивність меду.

Завдяки такому підходу вдалося отримати вичерпні дані щодо впливу різних методів обробки на рівень зараженості, продуктивність меду, смертність бджіл і загальний стан бджолиних сімей, що стало основою для формулювання висновків та рекомендацій щодо застосування мікробних препаратів у боротьбі з кліщем *Varroa destructor*.

Результати дослідження та їх обговорення. Було оцінено ефективність різних хімічних і мікробних препаратів у боротьбі з зараженням кліщем *Varroa destructor* в бджолиних сім'ях (табл. 2).

Таблиця 2. Ефективність хімічних і мікробних препаратів для зниження рівня зараження *Varroa destructor* у бджолиних сім'ях

Назва препарату	Рівень зараження до обробки, (%)	Рівень зараження після обробки, (%)	Ефективність зниження зараження, (%)
Біпін	70	25	64
Тактик	65	30	54
Апістан	68	20	71
Варроадез	69	25	64
Оксивар	72	28	61
ЧекМайт	66	32	52
Апігارد	71	33	54
Боверин	67	35	48
Метаризин	74	40	46
Боверин + Метаризин	73	28	62
Біпін + Боверин + Метаризин	75	22	71

Встановлено, що хімічні препарати загалом показували високу ефективність зниження зараження. Одночасно й мікробні засоби також виявилися перспективними для зменшення рівня інфекції в бджолиних сім'ях, особливо у комбінаціях.

Результати оцінки продуктивності меду у бджолиних сім'ях, яких обробляли різними методами протягом 2020–2022 рр., представлені на рисунку 1. Встановлено, що у 2020 р. продуктивність меду у групах, оброблених хімічними методами, коливалася в межах 24,3–25,6 кг. Наприклад, середнє значення для сімей, оброблених Біпіном, становило 24,3 кг, тоді як за обробки препаратом ЧекМайт – 25,3 кг.

За біологічних методів обробки із застосуванням Боверину або Метаризину спостерігалось суттєве перевищення цих показників – середнє значення продуктивності меду становило відповідно 27,8 кг та 28,5 кг. Найвищі показники за медопродуктивністю (31,1 кг) були у сімей, на яких застосовувався комбінований метод обробки препаратами Біпін + Боверин + Метаризин (2:1:1). Це на 27 % більше, за середній показник по бджолосім'ях, оброблених хімічними методами.

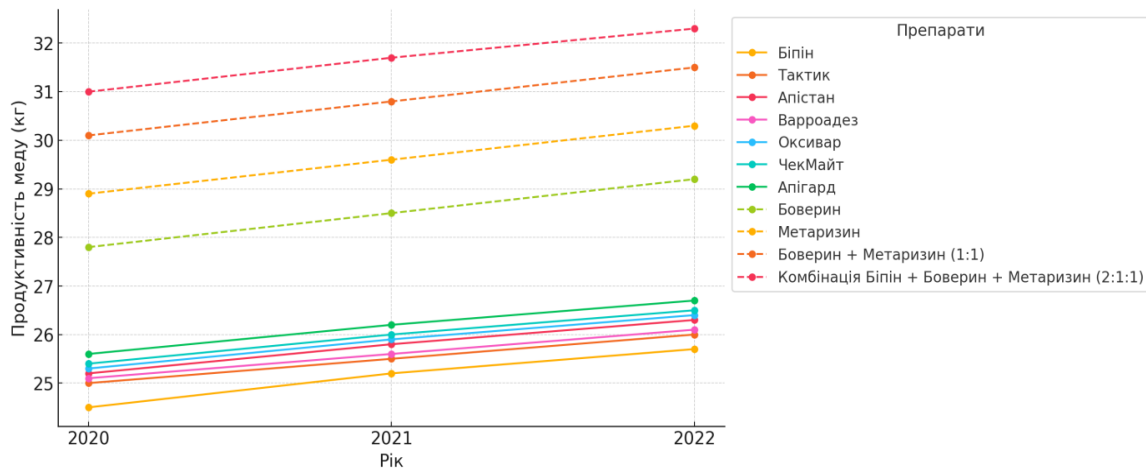


Рис. 1. Вплив різних методів обробки на середню продуктивність меду

Продуктивність меду у 2021 р. виявила зростання для всіх методів обробки, але сім'ї, оброблені біологічними методами, залишалися лідерами. Наприклад, продуктивність бджолосімей, оброблених Метаризином, зросла до 29,1 кг, що на 2,1 % більше порівняно з попереднім роком. Обробка комбінацією препаратів Боверину й Метаризину забезпечила медопродуктивність у 30,8 кг, що на 1,7 % більше порівняно з 2020 роком. Тим часом комбінація Біпін + Боверин + Метаризин показала продуктивність у 31,6 кг, що на 1,6 % більше, ніж у 2020 році.

У 2022 р. спостерігався подальший приріст у продуктивності меду. Ефект від хімічних методів боротьби з вароозом залишався стабільним, з середніми значеннями медопродуктивності в межах 25,1–26 кг. Сім'ї, оброблені препаратом ЧекМайт, наприклад, досягнули продуктивності у 26,0 кг, збільшивши її на 2,8 % порівняно з 2021 роком.

Серед хімічних методів найвищий показник медової продуктивності продемонстровано при обробці препаратом Апігарт, із середнім значенням у 26,3 кг у 2022 р., що, однак на 18 % нижче, ніж продуктивність при застосуванні комбінацій біологічних препаратів.

Найнижчі результати серед хімічних методів обробки показав препарат Біпін, із середньою продуктивністю меду у 25,1 кг, що на 21,8 % поступається показникам, отриманим за біологічних методів обробки.

Щодо біологічних методів, показник продуктивності для варіанту обробки комбінацією Боверин + Метаризин підвищився до 31,3 кг, що на 1,6 % більше порівняно з 2021 роком.

А комбінація Біпін + Боверин + Метаризин забезпечила медопродуктивність у 32,1 кг, що є максимальним показником за всі три роки та на 3,2 % вище, ніж у 2021 році. Це також на 28,4 % більше порівняно із середньою продуктивністю сімей, оброблених хімічними методами, яка становила близько 25 кг.

За обробки лише Метаризином спостерігався стабільний приріст продуктивності до 29,5 кг у 2022 р., що на 18 % більше порівняно із хімічними методами. Боверин, використаний окремо, також продемонстрував високі результати за продуктивністю меду, яка досягла 28,7 кг у 2022 р., що на 14,8 % більше порівняно із середнім показником для хімічних методів обробки.

Отже, застосування біологічних методів обробки, особливо при комбінації препаратів, забезпечує значно вищу продуктивність меду порівняно з хімічними методами, показуючи щорічний приріст у середньому на 1,5–3 %.

Результати однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) показали статистично значущу різницю за середньою продуктивністю меду між групами, обробленими різними методами. При цьому значення F-статистики дорівнювало 112,25 та р-значення становило $1,68 \times 10^{-16}$, тобто $p\text{-value} < 0,001$. Це підтверджує вплив методу обробки на продуктивність меду.

Ми провели порівняння показників ефективності та безпеки між контрольною (хімічні препарати) та експериментальною (мікробні препарати) групами (рис. 2) за такими параметрами, як початкова та кінцева зараженість (%), зниження зараженості (%), продуктивність меду (кг), смертність бджіл (%) та загальний стан (оцінений за 10-бальною шкалою).

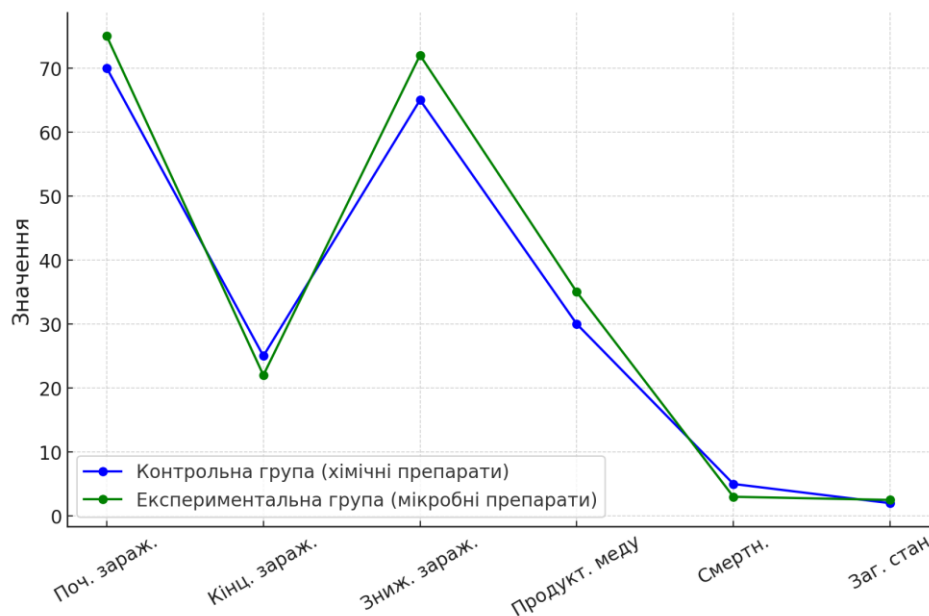


Рис. 2. Порівняння хімічних та біологічних методів обробки за основними господарсько-корисними ознаками бджолосімей (2020–2022 рр.)

Обидві групи мали приблизно однаковий рівень початкової зараженості: у контрольній групі він становив близько 70 %, а в експериментальній – 75 %.

Після обробки кінцева зараженість у контрольній групі знизилася до 25 %. У експериментальній групі досягнуто кращого результату – рівень зараженості знизився до 22 %. Загалом зниження зараженості у контрольній групі становило 64 %, тоді як в експериментальній – 71 %, що на 7 % більше.

Щодо продуктивності меду, контрольна група показала середнє значення у 25,1 кг, тоді як в експериментальній групі продуктивність була суттєво вищою – 32,1 кг, що на 28 % більше. Це свідчить про позитивний вплив мікробних препаратів на продуктивність меду. З огляду на рівень смертності бджіл експериментальна група також була кращою за контрольну. Так, у контрольній групі смертність після обробки становила 8 %, тоді як в експериментальній – 5 %.

що на 37,5 % нижче. Даний факт підкреслює дещо кращу безпечність мікробних препаратів порівняно з хімічними.

Загальний стан бджолиних сімей оцінювався за 10-бальною шкалою. У контрольній групі він становив 7 балів, тоді як в експериментальній – 8 балів, що на 14,3 % більше. Відтак встановлено дещо ліпший фізичний стан сімей після обробки мікробними препаратами. Загалом, експериментальна група за умов використання мікробних препаратів продемонструвала вищу ефективність як за рівнем зниження зараженості, так і за продуктивністю меду, а також більшу безпечність, що робить такий біологічний метод перспективним у боротьбі з кліщем *Varroa destructor*.

Висновки. 1. Встановлено статистично значущу ($p < 0,001$) різницю за середньою продуктивністю меду між групами сімей бджіл, оброблених традиційними хімічними та експериментальними біологічними методами.

2. Дослідження показало, що мікробні препарати, такі як Боверин і Метаризин, а також їх комбінація, забезпечують ефективне зниження зараженості кліщем *Varroa destructor* у бджолиних сім'ях порівняно з хімічними препаратами. У експериментальній групі за обробки мікробними препаратами продемонстроване більше зниження рівня зараженості, яке становило 71 %, тоді як за хімічних методів обробки цей показник перебував на рівні 64 %.

3. Продуктивність меду в бджолиних сім'ях, оброблених мікробними препаратами, була в середньому на 28 % вищою, ніж у групі за застосування хімічних препаратів, що підкреслює економічну доцільність використання біологічних засобів.

4. Мікробні препарати також показали менший рівень побічних ефектів порівняно з хімічними. Зокрема, смертність бджіл в експериментальній групі була на 37,5 % нижчою порівняно з контрольною групою, що свідчить про безпечність біологічних методів обробки. Загальний стан бджолиних сімей, оцінений за 10-бальною шкалою, також був кращим у групі бджіл, оброблених мікробними препаратами, що відображає позитивний вплив цих засобів на здоров'я комах.

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях передбачається визначення оптимальних концентрацій і методів застосування мікробних препаратів для забезпечення максимальної ефективності з мінімальними побічними ефектами на бджіл. Доцільним є дослідження тривалості дії препаратів на кліща *Varroa destructor* та їх впливу на інші показники здоров'я бджолиних сімей. Особлива увага приділятиметься вивченню ефективності препаратів у поєднанні з іншими методами біологічного контролю. Також важливо дослідити вплив мікробних препаратів у різних кліматичних умовах та їх довготривалий вплив на продуктивність бджолиних сімей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шапля В. П., Сиромятников Ю. М. Відновлення напрямку бджільництва в Харківському національному технічному університеті сільського господарства ім. Петра Василенка. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Технічні науки / Харків. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків: ХНТУСГ, 2011. Вип. 211: Інноваційне, технічне та технологічне забезпечення галузі тваринництва. С. 106–108.

2. Căuia D. Improving the *Varroa* (*Varroa destructor*) control strategy by brood treatment with formic acid – A pilot study on spring applications. *Insects*. 2022. Vol. 13(2). 149. doi: 10.3390/insects13020149
3. Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Медведєва Ю. В. Вплив акарицидів на масу бджолиних маток. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Технічні науки. Харків: ХНТУСГ, 2011. Вип. 211. Інноваційне, технічне та технологічне забезпечення галузі тваринництва. С. 82–84.
4. Mancuso T., Croce L., Vercelli M. Total brood removal and other biotechniques for the sustainable control of *Varroa* mites in honey bee colonies: Economic impact in beekeeping farm case studies in northwestern Italy. *Sustainability*. 2020. Vol. 12(6). 2302. doi: 10.3390/su12062302
5. Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Белих О. В., Харченко О. М. Видалення бджолиного розплоду як біометод контролю вароозу. *Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування*: матеріали Міжнар. наук. конф., 25–26 квіт. 2024 р. / Держ. біотехнол. ун-т. Харків, 2024. С. 220–222. URL: <http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/> (дата звернення: 20.08.24).
6. Fernandez Ferrari, M. C., Favaro R., Mair S., Zanotelli L., Malagnini V., Fontana P., Angeli S. Application of *Metarhizium anisopliae* as a potential biological control of *Varroa destructor* in Italy. *J. of Apicultural Research*. 2020. Vol. 59(4). P. 528–538. doi: 10.1080/00218839.2020.1736814
7. Vilarem C., Piou V., Vogelweith F., Vétillard A. *Varroa destructor* from the laboratory to the field: Control, biocontrol and IPM perspectives – A review. *Insects*. 2021. Vol. 12(9). 800. doi: 10.3390/insects12090800
8. Bava R., Castagna F., Piras C., Musolino V., Lupia C., et al. Entomopathogenic fungi for pests and predators control in beekeeping. *Veterinary Sci*. 2022. Vol. 9(2). 95. doi: 10.3390/vetsci9020095
9. Meikle W. G., Mercadier G. Efficacy of *Beauveria bassiana* in reducing *Varroa destructor* populations. *Apidologie*. 2011. Vol. 42. P. 456–466. doi: 10.1051/apido/2011020
10. Han J. O., Naeger N. L., Hopkins B. K., Sumerlin D., Stamets P. E., Carris, L. M., Sheppard W. S. Directed evolution of *Metarhizium fungus* improves its biocontrol efficacy against *Varroa* mites in honey bee colonies. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11(1). 10582. doi: 10.1038/s41598-021-89811-2
11. Zeng Z., Zhang Y. Evaluation of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* as biocontrol agents against *Varroa* mites in honey bee colonies. *Biocontrol Sci. and Technology*. 2023. Vol. 33(4). P. 541–553. doi: 10.1080/09583157.2023.1929374
12. Driver F., Buckley E., Rehner S. A. Ecological adaptability of *Beauveria* and *Metarhizium*: Tropical and temperate applications in pest control. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2022. Vol. 8(7). P. 215–228. doi: 10.3389/fevo.2022.215
13. Ghazoul S., Salgado V. Effects of substrate choice on the conidial production of *Beauveria bassiana* for *varroa* control applications. *J. of Economic Entomology*. 2021. Vol. 114(6). P. 2378–2386. doi: 10.1093/jee/toab174
14. Balogun R., Onyekachi C. Application of *Metarhizium anisopliae* as a sustainable alternative to chemical acaricides. *Pest Management Sci.*, 2020. Vol. 76(11). P. 3598–3604. doi: 10.1002/ps.5994

15. Tesfaye D., Seyoum E. Performance of native *Metarhizium anisopliae* against *varroa* mites under different climate conditions in Ethiopian beekeeping. *J. of Apicultural Research*. 2021. Vol. 60(2). P. 122–133. doi: 10.1080/00218839.2021.1875973
16. Fang W., Leng B. Field efficacy of *Beauveria bassiana* in varroa mite suppression and its safety profile for bee health. *Environmental Entomology*. 2023. Vol. 52(3). P. 645–653. doi: 10.1093/ee/nvad023
17. Mukherjee D., Kumar S. Impact of climate on entomopathogenic fungi applications in apiaries. *Biocontrol*. 2022. Vol. 67(4). P. 503–515. doi: 10.1007/s10526-022-10128-6
18. Tefera T., Muthomi J. Integrated Pest Management using *Beauveria* and *Metarhizium* in African beekeeping. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2020. Vol. 302. 107088. doi: 10.1016/j.agee.2020.107088
19. Ikegami T., Mizuno K. Comparison of fungal biopesticides and chemical acaricides for *varroa* control. *Pest Management Sci*. 2021. Vol. 77(5). P. 2345–2353. doi: 10.1002/ps.6356
20. Johnson R. M., Raub M. *Varroa* control in cold climates: Efficacy of *Metarhizium anisopliae*. *J. of Invertebrate Pathology*. 2023. Vol. 190. 107607. doi: 10.1016/j.jip.2023.107607

REFERENCES

1. Shablia, V. P., Syromyatnykov, Yu. M. Vidnovlennia napriamku bdzhilnytstva v Kharkivskomu natsionalnomu tekhnichnomu universyteti silskoho hospodarstva im. Petra Vasylenka [Re-establishment of the beekeeping programme at the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Tekhnichni nauky* [Bulletin of the Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture. Technical sciences]. Kharkiv: KHNTUSH, 2021, 211, 106–108 [in Ukrainian].
2. Căuia, D. (2022). Improving the *Varroa* (*Varroa destructor*) control strategy by brood treatment with formic acid – A pilot study on spring applications. *Insects*, 13(2), 149. doi: 10.3390/insects13020149
3. Syromyatnykov, Yu. M., Shablia, V. P., & Medvedyeva, Yu. V. (2021) Vplyv akarytsydiv na masu bdzholynykh matok [The effect of acaricides on the weight of queen bees]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Tekhnichni nauky* [Bulletin of the Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture. Technical sciences]. Kharkiv: KHNTUSH, 211, 82–84 [in Ukrainian].
4. Mancuso, T., Croce, L., & Vercelli, M. (2020). Total brood removal and other biotechniques for the sustainable control of *Varroa* mites in honey bee colonies: Economic impact in beekeeping farm case studies in northwestern Italy. *Sustainability*, 12(6), 2302. doi: 10.3390/su12062302
5. Syromyatnykov, Yu. M., Shablia, V. P., Byelykh, O. V., & Kharchenko, O. M. (2024) Vydalennya bdzholynoho rozplodu yak biometod kontrolyu varroatozu. *Aktual'ni pytannya biotekhnolohiyi, ekolohiyi ta pryrodokorystuvannya* [Elektronnyy resurs]: materialy Mizhnar. nauk. konf., 25–26 kvitnya 2024 r. Derzh. biotekhnol. un-t. – Kharkiv, 220–222 [in Ukrainian] Retrieved from <http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/> (date of access: 20.08.24)

6. Fernandez Ferrari, M. C., Favaro, R., Mair, S., Zanotelli, L., Malagnini, V., Fontana, P., & Angeli, S. (2020). Application of *Metarhizium anisopliae* as a potential biological control of *Varroa destructor* in Italy. *J. of Apicultural Research*, 59(4), 528–538. doi: 10.1080/00218839.2020.1736814
7. Vilarem, C., Piou, V., Vogelweith, F., & Vétillard, A. (2021). *Varroa destructor* from the laboratory to the field: Control, biocontrol, and IPM perspectives—A review. *Insects*, 12(9), 800. doi: 10.3390/insects12090800
8. Bava, R., Castagna, F., Piras, C., Musolino, V., Lupia, C., Palma, E., ... & Musella, V. (2022). Entomopathogenic fungi for pests and predators control in beekeeping. *Veterinary Sci.*, 9(2), 95. doi: 10.3390/vetsci9020095
9. Meikle, W. G., & Mercadier, G. (2011). Efficacy of *Beauveria bassiana* in reducing *Varroa destructor* populations. *Apidologie*, 42, 456–466. doi: 10.1051/apido/2011020
10. Han, J. O., Naeger, N. L., Hopkins, B. K., Sumerlin, D., Stamets, P. E., Carris, L. M., & Sheppard, W. S. (2021). Directed evolution of *Metarhizium* fungus improves its biocontrol efficacy against *Varroa* mites in honey bee colonies. *Scientific Reports*, 11(1), 10582. doi: 10.1038/s41598-021-89811-2
11. Zeng, Z., & Zhang, Y. (2023). Evaluation of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* as biocontrol agents against *Varroa* mites in honey bee colonies. *Biocontrol Sci. and Technology*, 33(4), 541–553. doi: 10.1080/09583157.2023.1929374
12. Driver, F., Buckley, E., & Rehner, S. A. (2022). Ecological adaptability of *Beauveria* and *Metarhizium*: Tropical and temperate applications in pest control. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8(7), 215–228. doi: 10.3389/fevo.2022.215
13. Ghazoul, S., & Salgado, V. (2021). Effects of substrate choice on the conidial production of *Beauveria bassiana* for *varroa* control applications. *J. of Economic Entomology*, 114(6), 2378–2386. doi: 10.1093/jee/toab174
14. Balogun, R., & Onyekachi, C. (2020). Application of *Metarhizium anisopliae* as a sustainable alternative to chemical acaricides. *Pest Management Sci.*, 76(11), 3598–3604. doi: 10.1002/ps.5994
15. Tesfaye, D., & Seyoum, E. (2021). Performance of native *Metarhizium anisopliae* against *varroa* mites under different climate conditions in Ethiopian beekeeping. *J. of Apicultural Research*, 60(2), 122–133. doi: 10.1080/00218839.2021.1875973
16. Fang, W., & Leng, B. (2023). Field efficacy of *Beauveria bassiana* in *varroa* mite suppression and its safety profile for bee health. *Environmental Entomology*, 52(3), 645–653. doi: 10.1093/ee/nvad023
17. Mukherjee, D., & Kumar, S. (2022). Impact of climate on entomopathogenic fungi applications in apiaries. *Biocontrol*, 67(4), 503–515. doi: 10.1007/s10526-022-10128-6
18. Tefera, T., & Muthomi, J. (2020). Integrated Pest Management using *Beauveria* and *Metarhizium* in African beekeeping. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 302, 107088. doi: 10.1016/j.agee.2020.107088
19. Ikegami, T., & Mizuno, K. (2021). Comparison of fungal biopesticides and chemical acaricides for *varroa* control. *Pest Management Sci.*, 77(5), 2345–2353. doi: 10.1002/ps.6356

20. Johnson, R. M., & Raub, M. (2023). *Varroa* control in cold climates: Efficacy of *Metarhizium anisopliae*. *J. of Invertebrate Pathology*, 190, 107607. doi: 10.1016/j.jip.2023.107607

BIOLOGICAL CONTROL OF VARROATOSUS USING MICROBIAL PREPARATIONS: INNOVATIVE APPROACHES IN ECOLOGICAL BEEKEEPING

Yu. M. Syromiatnykov,¹ V. P. Shablia,^{2,3} O. M. Kharchenko², O. V. Belykh²

¹Latvia University of Life Sciences and Technologies

2 Liela Str., Jelgava Republic of Latvia, 3001

²State Biotechnological University

44 Alchevskykh Str., Kharkiv, Ukraine, 61002

³Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production NAAS

1 Shvedska Mohyla Str., Poltava, Ukraine, 36013

Varroa is one of the most serious threats to beekeeping, caused by the parasitic mite *Varroa destructor*, which reduces the productivity and resilience of bee colonies to adverse environmental factors. Traditional chemical control methods are often effective but present drawbacks, such as residue accumulation in honey and the development of mite resistance. This study focuses on the effectiveness of biological control methods against varroa, specifically microbial agents based on the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. **Objective** was to determine the potential of these biocontrol agents as a safe alternative to chemical acaricides and to assess their impact on honey productivity and the overall health of bee colonies. **Materials.** The experiment used two groups of drugs: traditional chemical drugs and experimental microbial drugs. Each group included 10 bee colonies. Key indexes were evaluated, including initial and final mite infestation levels, reduction in infestation, honey productivity, bee mortality, and general colony health. **Results** demonstrated that microbial agents reduced mite infestation by up to 71 %, while chemical methods achieved a reduction of 64 %. Honey productivity in the experimental group was 28 % higher, confirming the positive influence of biological methods. Additionally, bee mortality in the group treated with microbial agents was 37.5 % lower, underscoring the safety of these treatments. **Conclusions.** Scientific analysis confirmed that microbial agents based on *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* show promise for sustainable varroa control and can be recommended for ecological beekeeping.

Key words: beekeeping, biological control, *Varroa destructor*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, honey productivity, bee mortality, microbial agents, ecological beekeeping, varroosis.

Отримано 15.10.2024

Отримано після доопрацювання 17.11.2024

Затверджено до видання 11.12.2024