

**Національна академія аграрних наук України
Інститут сільськогосподарської мікробіології
та агропромислового виробництва**



**Національна академія наук України
Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного**



**РОЛЬ МІКРОБІОЛОГІЇ
В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

**Матеріали Спільної Всеукраїнської науково-практичної
онлайн-конференції молодих учених
(23 жовтня 2025 року, м. Чернігів і м. Київ)**

Чернігів
2025

УДК 579.64+578
Р68

Р68

Роль мікробіології в аграрному виробництві: матеріали Спільної Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції молодих учених (м. Чернігів і м. Київ, 23 жовтня 2025 р.) / Національна академія аграрних наук України, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва; Національна академія наук України, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного. Чернігів : видавець Агеєв В. О., 2025. 120 с.

ISBN 978-617-95517-1-0

У збірнику представлено тези доповідей учасників Спільної Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції молодих учених «Роль мікробіології в аграрному виробництві». Роботи присвячено актуальним проблемам ґрунтової мікробіології й мікробіології кормів, вірусології рослин і тварин, застосуванню мікробних препаратів у рослинництві й тваринництві, мікробним біотехнологіям в аграрному виробництві, ветеринарній мікробіології та імунології.

Для наукових працівників, викладачів і студентів вищих аграрних закладів освіти I–IV рівнів акредитації, аспірантів, спеціалістів сільського господарства.

УДК 579.64+578

Організатори конференції:

Національна академія аграрних наук України,
Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромисло-
вого виробництва;
Національна академія наук України,
Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного.

Редакційна колегія:

Москаленко А. М., доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН; директор (відповідальний редактор);

Волкогон В. В., доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН; начальник відділу сільськогосподарської мікробіології (редактор);

Козар С. Ф., доктор сільськогосподарських наук, с. н. с.; завідувач лабораторії фізіології мікроорганізмів (редактор);

Сасіна Т. С., голова Ради молодих вчених (відповідальний секретар);

Надкєрнична О. В., доктор біологічних наук, професор; завідувач лабораторії рослинно-мікробних взаємодій;

Копилов Є. П., доктор біологічних наук, с. н. с.; головний науковий співробітник лабораторії рослинно-мікробних взаємодій;

Дімова С. Б., кандидат сільськогосподарських наук; завідувач лабораторії ґрунтової мікробіології;

Кравченко Н. О., кандидат ветеринарних наук, с. н. с.; завідувач лабораторії пробіотиків;

Решотько Л. М., кандидат біологічних наук; завідувач лабораторії вірусології;

Гнатюк Т. Т., кандидат біологічних наук; старший науковий співробітник відділу фітопатогенних бактерій ІМВ ім. Д. К. Заболотного.

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНА ЧАСТИНА

В. П. Патика

Використання біологічних препаратів проти бактеріальних збудників хвороб культурних рослин у кліматично змінених умовах України 10

ГРУНТОВА МІКРОБІОЛОГІЯ

О. С. Броварська, І. К. Курдиш, Н. Й. Пархоменко, М. А. Хархота

Порівняльна оцінка методів визначення вуглеводів у кореневих ексудатах гречки при інокуляції мікроорганізмами 13

I. Gatskovskyi, T. Rozhkova

Overcoming Fusarium identification challenges: a two-step method for soil contamination analysis 15

В. В. Глушаков, Т. С. Сасіна, Л. А. Шевченко, І. В. Волкогон

Ефективність збагачених бактеріями мінеральних добрив при вирощуванні пшениці озимої 18

V. V. Dvoretzky, A. A. Bunas, M. V. Dvoretzky

Environmental aspects of the application of organo-mineral fertilizer diamond grow brand HUMI[K] BIO+“PLUS” in the agroecosystem of spring wheat 20

Д. О. Кисельов

Видовий склад і частота трапляння мікомікоти в агроценозах цукрового буряку Західного Лісостепу України 22

Н. І. Ковалжи, С. С. Переходович

Показники мікробіологічної активності чорнозему типового при вирощуванні суниці садової 24

<i>Я. П. Криця, О. А. Тарасов, О. М. Захарова, В. М. Соколюк</i> Секвенування мікробіому ґрунтів: перспективи та роль у дослідженнях	26
<i>А. С. Левішко, П. М. Маменко, О. Ю. Колодяжний</i> Ефективність вермикомпосту та біопрепарату на основі <i>Azotobacter</i> у підтримці функціональності засолених ґрунтів . .	29
<i>Ya. Maliarenko, Ya. Savchuk, S. Syrchin, O. Yurieva, A. Pavlychenko</i> Phosphate-solubilizing potential of <i>talaromyces funiculosus</i> strains	31
<i>Є. А. Савченко, К. А. Баранов, Т. М. Мельничук, Ю. Ю. Вішован</i> Вплив відновлювального комплексу на інтенсивність дихання ґрунтових мікроорганізмів пошкодженого чорнозему південного	33
<i>Abdel Mohsen M. Soliman, Aissa Benselhoub, Nadia Dovbash</i> Microbes' function in helping crops adapt to abiotic stressors . . .	35

МІКРОБНІ ПРЕПАРАТИ В РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ

<i>Д. В. Баранський, М. Т. Шаранюк, Р. В. Рудий</i> Вплив ґрунтової мікробіоти на натуру зерна соняшнику	37
<i>Г. Я. Біловус, О. А. Ващишин, І. М. Голець, Я. Р. Бернат</i> Ураження ячменю озимого темно-бурою плямистістю та шляхи його обмеження	39
<i>М. В. Гунчак</i> Біологічний метод захисту яблуні проти парші в умовах Західного лісостепу України	42
<i>О. В. Куц, І. І. Семененко, С. В. Семененко</i> Мікробні препарати в живленні рослин огірка	45

О. В. Логоша, Ю. О. Воробей, С. Ф. Козар, О. С. Дука Комплексний інокулянт для підвищення ефективності живлення та врожайності озимої пшениці	47
М. В. Мілова, Я. В. Чабанюк Вплив передпосівної обробки насіння на симбіотичний потенціал сої	49
А. М. Охмакевич, Т. П. Пирог Вплив дріжджового індуктора та попередників біосинтезу фітогормонів на антимікробну щодо фітопатогенних бактерій активність поверхнево-активних речовин <i>Rhodococcus</i> <i>erythropolis</i> IMB Ac-5017	51
М. М. Пархоменко Вертикальна міграція біогенних елементів за дії добрив і мікробних препаратів	53
Т. Р. Pirog, Т. А. Shevchuk, N. O. Leonova Influence of <i>Nocardia vaccinii</i> IMV B-7405, <i>Acinetobacter</i> <i>calcoaceticus</i> IMV B-7241 and <i>Rhodococcus erythropolis</i> IMV Ac-5017 exometabolites on the harvest of tomato, pepper and barley	56
Ю. В. Шиліна, І. В. Жук, О. С. Моложава, Ю. І. Шевченко, С. В. Літвінов Вплив ліпополісахаридів, виділених із сапрофітних штамів бактерій <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , на стійкість проростків арабідопсису до фітопатогенного штаму <i>P. aeruginosa</i> IMB 9096	57
М. В. Якимович, О. В. Тертична, В. О. Пінчук Екологічні біотехнології для переробки побічної продукції . .	60

МІКРОБНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

<i>К. В. Авдіюк, Л. Д. Варбанець</i> Кератиназа <i>Bacillus megaterium</i> УКМ В-5710 як ефективний засіб для розщеплення пір'я	63
<i>Т. В. Булигіна, О. С. Броварська, Л. Д. Варбанець</i> Роль мікробіоти лікарських рослин в агробіотехнологіях	65
<i>О. А. Гож, Ю. О. Лавриненко, Т. Ю. Марченко</i> Ефективність мікробіологічних препаратів за вирощування органі- чної кукурудзи в умовах зрошення	67
<i>О. В. Гудзенко, Л. Д. Варбанець</i> Властивості протеаз <i>Bacillus</i> sp. L9	69
<i>К. Е. Гусейнова, В. Ю. Потупа, І. М. Волошина</i> Важливість використання наночасток металів в аграрному секторі	71
<i>О. Л. Зюзько, В. В. Шопінський, Л. М. Буценко</i> Вплив <i>Bacillus</i> sp. на насіння ярої пшениці	73
<i>A. Kharchuk, M. Kharkhota, M. Kharchuk, O. Kisten, S. Rogalsky, O. Tarasyuk, L. Avdieieva</i> Physicochemical properties of polyhydroxyalkanoates synthesized by <i>Bacillus toyonensis</i> 5W2 and genetic organization of its PHA-biosynthetic cluster	76
<i>A. О. Матвієнко, Я. І. Савчук, С. О. Сирчін</i> Загальний вміст хлорофілів і каротиноїдів в етанольних екстрактах пагонів пшениці при обробці <i>Trichoderma</i> <i>koningii</i> 1515	78
<i>I. P. Movchan, E. D. Tkach, A. A. Bunas, O. V. Sherstoboeva</i> Organic carbon of agroecosystems and the efficiency of destructors	81

<i>Н. В. Пиляк, І. В. Шевчук</i> Ефективність застосування комплексного препарату проти основних шкідників сливи	82
<i>T. P. Pirog, T. A. Shevchuk, N. O. Leonova</i> Effect of tryptophane on synthesis of certain exometabolites by bacteria of genus <i>Acinetobacter</i> , <i>Nocardia</i> , <i>Rhodococcus</i> and their properties	84
<i>T. C. Сасіна, В. В. Волкогон, Л. А. Шевченко</i> Вплив біологічної модифікації мінеральних добрив на вміст хлорофілів у листках рослин картоплі	87
<i>О. О. Струмінська, В. І. Вавриків</i> Поведінка композиційних біополімерних плівкоутворювачів для передпосівної обробки насіння за високотемпературних впливів	89
<i>О. О. Струмінська, Т. Р. Дем'янець</i> Мікробіологічні властивості біополімерів ксантану та Na-карбоксиметилцелюлози як основ композицій для передпосівної обробки насіння	92
<i>О. О. Струмінська, П. В. Марціновський</i> Вплив біополімерних композицій на основі ксантану та Na-карбоксиметилцелюлози на урожайність сільськогосподарських культур	94
<i>А. В. Тихенька, Л. М. Васіна</i> Вміст β -каротину та родоспецифічних каротиноїдів у <i>Rhodotorula</i> ssp. за дії n-(фосфонометил)гліцину	96
<i>М. А. Фуртак, Р. Д. Остапів, В. Я. Сирватка</i> Вітамінний та амінокислотний склад біомаси молочнокислих бактерій	98
<i>О. В. Худенко, С. Ф. Козар, О. М. Білоконська</i> Біотехнологічні аспекти застосування <i>Azotobacter chroococcum</i> 2.1 у системі фертигації при вирощуванні капусти білоголової . . .	100

B. A. Cheban, L. V. Khuda

Effect of bisphenol a on phycobiliprotein pigments in
Nostoc commune 102

Ю. М. Ярмак, О. О. Шаховніна

Вплив метаболітів грибів *Cladosporium cladosporioides* на
розвиток рослин сої 105

МІКРОБІОЛОГІЯ КОРМІВ

Г. М. Бондар, В. О. Красінько

Потенціал залізозбагачених дріжджів як кормової добавки . . 107

В. І. Бучковська, Ю. М. Євстафієва

Мікробіологія зернових кормів 109

Ю. А. Янголь

Забруднення зерна фузаріозом: сучасні виклики та підходи
до контролю 111

ВІРУСОЛОГІЯ РОСЛИН І ТВАРИН

К. І. Бондаренко, А. А. Бунас

Фітовірусний пул агроценозів гороху: склад, поширення та
екологічне значення 113

І. В. Глухенький, О. В. Щербак

Високопатогенний пташиний грип H5N1 — нові виклики
для тваринництва 115

М. Ю. Река

Interactions of *Alphacoronavirus 1* strains with receptors of
domestic animals and humans 117

ПЛЕНАРНА ЧАСТИНА

УДК 576.8:579.84:631.484:632.35

ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ПРОТИ БАКТЕРІАЛЬНИХ ЗБУДНИКІВ ХВОРОБ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН У КЛІМАТИЧНО ЗМІНЕНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ

В. П. Патика

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного
НАН України*

вул. Академіка Заболотного, 154; м. Київ, 03143, Україна

e-mail: patykavolodymyr@gmail.com

Невід’ємним елементом сучасних природоохоронних агротехнологій і суттєвим ресурсом підвищення продуктивності рослинництва є застосування біологічних препаратів мікробного походження. Такі препарати не лише покращують мінеральне живлення рослин, а й використовуються ними як джерело біологічно активних речовин — вітамінів, гормонів, ферментів, антибіотиків тощо.

В умовах кліматичних змін, що відбуваються останнім часом, інтенсифікація сільського господарства, як і недотримання головних засад агротехнологій, призводить до накопичення фітопатогенного комплексу мікроорганізмів у ґрунті, тому інтродукція в агроєкоценози корисних мікроорганізмів є одним із шляхів повернення природної рівноваги, необхідної для забезпечення оптимальних умов реалізації продуктивного потенціалу рослин.

У системі контролю чисельності фітопатогенів важлива роль відводиться мікроорганізмам, які проявляють антагонізм до збудників хвороб рослин, проте не пригнічують розвиток

агрономічно цінних штамів. Здатність бактерій пригнічувати фітопатогени може бути зумовлена як високою швидкістю зайняття своєї екологічної ніші в ризосфері, так і біосинтезом антибіотиків та антифунгальних метаболітів.

Учені з різних країн світу займаються розробкою шляхів подолання проблеми погіршення фітосанітарного стану агро-екосистем в умовах глобалізації, пошуком і впровадженням біологічних препаратів у вирощування сільськогосподарських рослин. Нині біологічні препарати є ефективними екологічними конкурентами хімічним препаратам, що використовуються у сільському господарстві, часто маючи переваги за рахунок пролонгованості дії. Усі світові виробники біопрепаратів з метою одержання екологічної продукції аграрного сектора економіки вводять в технології вирощування сільськогосподарських культур мікробіологічні препарати.

Одним із негативних аспектів кліматичних змін в Україні є збільшення шкідливості наявних типових фітопатогенів і розповсюдження нових збудників хвороб культурних рослин. В умовах сучасної глобалізації спостерігається зниження ефективності карантинних заходів проти поширення збудників небезпечних хвороб рослин, особливо, з урахуванням кліматичних змін, що відбуваються. Стає зрозумілим, що насамперед треба приділяти увагу профілактиці хвороб. Враховуючи невисоку собівартість біопрепаратів і те, що їх застосування сприяє зменшенню норм використання мінеральних добрив, підвищується економічна ефективність при виробництві сільськогосподарської рослинної продукції.

Хвороби рослин, збудниками яких є фітопатогенні бактерії і фітоплазми, є одним з основних обмежувальних факторів у вирощуванні культурних рослин. Епіфітотії, що виникають в окремі роки, можуть не лише знизити врожаї, а й зумовити припинення виробництва сільськогосподарських культур у цілих регіонах.

У підсумку досліджень запропоновано ефективні штами бактерій-антагоністів збудників хвороб сільськогосподарських культур. Одержані нові штами рекомендовано використовувати для створення біопрепаратів і сформульовано засади їх оптимального використання в агровиробництві.

З огляду на те, що застосування ефективних штамів бульбочкових бактерій, завдяки позитивному впливу на фізіологічний стан рослин, сприяє зменшенню наслідків шкідливої дії фітопатогенних бактерій, фітоплазми випробувано й відібрано ефективні штами бульбочкових бактерій проти шкідливих проявів фітопатогенів бобових культур і сформульовано засади технології їх використання.

ҐРУНТОВА МІКРОБІОЛОГІЯ

УДК 547.454.001.11:[581.144.2:633.12]:579.852.11

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ВУГЛЕВОДІВ У КОРЕНЕВИХ ЕКСУДАТАХ ГРЕЧКИ ПРИ ІНОКУЛЯЦІЇ МІКРООРГАНІЗМАМИ

**О. С. Броварська, І. К. Курдиш, Н. Й. Пархоменко,
М. А. Хархота**

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного
НАН України*

*вул. Академіка Заболотного, 154; м. Київ, 03143, Україна
e-mail: oksanabro2016@gmail.com*

Мікроорганізми — важливі компоненти агроєкосистем. Їх функціонування в агроценозі тісно пов'язано з кореневою ексудацією рослин, у процесі якої до 40 % продуктів фотосинтезу може виділятися в прикореневу зону. Це спричиняє значний вплив на формування мікробіому ризосфери. На сьогодні вплив окремих видів мікроорганізмів, у тому числі компонентів мікробних препаратів, на кореневу ексудацію рослин є недостатньо дослідженим. У зв'язку з цим **метою** цієї роботи було визначення впливу бактерій *Bacillus subtilis* ІМВ В-7023 та *Azotobacter vinelandii* ІМВ В-7076 — компонентів комплексного бактеріального препарату Азогран — на накопичення вуглеводів у корневих ексудатах рослин.

Матеріали і методи. Рослини гречки (*Fagopyrum esculentum*) вирощували протягом 14 діб в умовах фітотрону в середовищі Фареуса, в яке додавали бактерії *B. subtilis* ІМВ В-7023 в концентраціях 10^5 – 10^7 КУО/мл, а також в таких самих кількостях цей штам сумісно з *A. vinelandii* ІМВ В-7076. Після вирощування рослин середовище видаляли, визначали його об'єм і суху

масу. Загальний вміст вуглеводів визначали фенол-сірчаноокисним методом Дюбуа, а моносахаридний склад корневих ексудатів — методом газової хроматографії з мас-спектрометричним детектором (ГХ\МС).

Результати. Максимальний вихід сухої речовини та вуглеводів (30–46,8 мкг/мл за методом Дюбуа) зафіксовано у варіантах з високою концентрацією інокуляту (10^6 – 10^7 КУО/мл), що свідчить про стимулювальний вплив бактерій на накопичення цих сполук у середовищі. У складі корневих ексудатів ідентифіковано шість основних моносахаридів: глюкозу, галактозу, манозу, арабінозу, ксилозу й рамнозу. У контролі переважали арабіноза і рамноза (сумарно 4,91 мкг/мл). За вирощування рослин у присутності бактерій 10^5 – 10^6 КУО/мл сумарний вміст моносахаридів у середовищі зростав щодо контролю у 8–15 разів та майже у 50 разів — за вмісту 10^7 КУО/мл. У варіанті з інокуляцією 10^7 КУО/мл виявлено домінування галактози (224,1 мкг/мл), що описано вперше для гречки й може свідчити про селективну регуляцію метаболізму моносахаридів за взаємодії рослина – мікроорганізм.

Метод Дюбуа є неспецифічним і визначає сумарні вуглеводи, включно з моно-, оліго- та полісахаридами, а також деякі глікокон'югатами, що можуть реагувати з фенолом. Натомість ГХ\МС дозволяє кількісно оцінити лише індивідуальні моносахариди після гідролізу й дериватизації, причому результати залежать від ефективності цих етапів і стабільності окремих сполук. Крім того, можливий вплив матричних компонентів ексудату: фенольні та азотовмісні сполуки можуть викликати завищення показників у колориметричному аналізі, тоді як використання ГХ\МС дає змогу кількісно визначити окремі моносахариди в суміші. В окремих випадках, як у варіанті сумісного застосування обох досліджуваних штамів у концентрації 10^7 кл/мл, ГХ\МС фіксувала значно вищі показники вмісту вуглеводів, як порівняти з методом Дюбуа, що, імовірно, пов'язано з переважанням вільних моносахаридів у складі ексудату

та зниженою реакційною здатністю цих сполук у фенол-сірчанокислому методі. Отже, поєднання обох методів дає більш повне уявлення про якісний і кількісний склад вуглеводів у корневих виділеннях.

Висновок. Бактеріальна інокуляція середовища вирощування гречки суспензією *B. subtilis* IMB В 7023 та її поєднанням із *A. vinelandii* IMB В-7076 сприяє накопиченню вуглеводів у середовищі вирощування рослин і змінює їхній якісний склад, що може створювати умови для формування специфічних мікробних асоціацій у ризосфері. Порівняння методів показало значні відмінності результатів, що зумовлено різною аналітичною специфічністю. Отримані дані підтверджують здатність інокуляції вищезгаданими бактеріями модифікувати кількісний і якісний склад ексудатів, що має важливе значення для регуляції мікробних взаємодій у ризосфері.

UDC 579.64:631.461

OVERCOMING FUSARIUM IDENTIFICATION CHALLENGES: A TWO-STEP METHOD FOR SOIL CONTAMINATION ANALYSIS

I. Gatskovskyi, T. Rozhkova

*D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology,
NAS of Ukraine*

*154 Akademika Zabolotnoho Str., Kyiv, 03143, Ukraine
e-mail: yurii.aht@gmail.com*

Fusarium is a large and ecologically diverse genus of filamentous fungi commonly found in soil and plant debris. Many species within this genus are significant plant pathogens, causing diseases such as wilt, root rot, seedling blight, and ear and stalk rot in a wide range of crops. Over 81 of the 101 economically important plants

listed by the Phytopathological Society have at least one *Fusarium*-associated disease. The genus is known for producing a diverse array of secondary metabolites, including several mycotoxins that are major concerns in agriculture due to their association with plant diseases and their ability to contaminate crops, posing significant toxicological risks to livestock and humans.

Due to their morphological similarity with other soil fungi and the presence of numerous closely related species within the genus, accurate identification of *Fusarium* is often challenging. While general-purpose media such as Czapek-Dox support the growth of a broad spectrum of soil fungi, they are not ideal for the selective isolation of *Fusarium* species, particularly when present in mixed microbial communities. Fungi from *Aspergillus*, *Penicillium* and *Trichoderma* display much faster growth on these media and tend to occupy the entire surface.

A range of fungicides has been previously screened as candidates for selective media. Out of several chemical classes, the chlorinated phenol fungicide pentachloronitrobenzene (PCNB, FRAC Group 14) has shown the best fungal growth inhibition properties while allowing *Fusarium* to grow and develop its characteristic colony morphology. A specific medium was developed containing peptone (15 g/L), potassium phosphate monobasic (KH_2PO_4) (1 g/L), magnesium sulfate heptahydrate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (0.5 g/L), and pentachloronitrobenzene (750 mg/L). The use of this medium enhances the recovery and enumeration of *Fusarium* isolates from soil using the dilution plate technique. However, a number of problems arose from introducing pentachloronitrobenzene into the medium due to its limited solubility in water. A modification of the medium was developed that enabled the creation of a microemulsion of pentachloronitrobenzene in an aprotic solvent using polyethoxylated sorbitan.

For specific genus identification, the PCNB medium is not sufficient because specific spore morphology is nonetheless affected by pentachloronitrobenzene. The best way to overcome this limitation

is to subculture the isolates onto a separate medium for identification. We found that a low-nutrient, cost-effective minimal medium is highly effective for this step. This minimal medium will contain: potassium phosphate monobasic (KH_2PO_4) (1 g/L), potassium nitrate (KNO_3) (1 g/L), magnesium sulfate heptahydrate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (0.5 g/L), potassium chloride (KCl) (0.5 g/L), glucose (0.2 g/L), and sucrose (0.2 g/L). The development of both macro- and microconidia is characteristic on this media. The uniformity of morphology is further improved by introducing a 1 cm² sterilized filter paper on the media surface, which enhances the formation of conidiophores and makes macroconidia morphology even more uniform.

The successful isolation and accurate species identification of *Fusarium* directly from the soil samples requires a two-step approach: first, using a specialized selective medium containing pentachloronitrobenzene to suppress competing, fast-growing fungi in soil samples; and second, transferring the isolated colony to a low-nutrient minimal medium supplemented with a filter paper to induce and standardize the production of macroconidia and microconidia. The practical importance of this methodology lies in its ability to allow for the accurate and dependable identification of *Fusarium* soil contamination. This precision will significantly help researchers better understand the distribution, disease dynamics, and crop damage caused by specific pathogenic *Fusarium* species, thereby enabling the development of more targeted and effective disease control and mitigation strategies.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗБАГАЧЕНИХ БАКТЕРІЯМИ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

**В. В. Глушаков, Т. С. Сасіна, Л. А. Шевченко,
І. В. Волкогон**

*Інститут сільськогосподарської мікробіології
та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14030, Україна
e-mail: voldemarherson@gmail.com*

Для збереження стійкості агроєкосистем і довкілля, а також забезпечення підвищення врожайності сільськогосподарських культур потрібні нові екологічно обґрунтовані способи ведення аграрного виробництва. Водночас є усвідомлення, що для підтримки функцій екосистем вирішальне значення має оптимізація функціонування угруповань мікроорганізмів у ґрунтах через їхню провідну роль у колообігу, утриманні та вивільненні основних поживних для рослин речовин. У зв'язку з цим у технологіях вирощування сільськогосподарських культур сьогодні активно використовуються агрономічно корисні мікроорганізми (PGPM). Однак регулярному використанню біопрепаратів на основі активних штамів PGPM перешкоджають технологічні причини, серед яких — необхідність інокулювати насіння перед посівом, що не завжди є прийнятним у виробництві. Сьогодні пропонуються альтернативні способи застосування активних мікроорганізмів. Одним із них є збагачення бактеріями мінеральних добрив.

Нами у 2024–2025 рр. досліджено ефективність мікробіологічно збагаченої азофоски при вирощуванні пшениці озимої сорту Кубус у польовому досліді на чорноземі вилугуваному. Азофоску (N-15; P-15; K-15) окремо обробляли суспензіями двох бактерій — *Bacillus amyloliquefaciens* B-22 і *Paenibacillus*

polутуха KB. Застосовані для збагачення добрива штами потужно впливають на ріст і розвиток рослин пшениці за їх використання для передпосівної інокуляції насіння, що було показано у попередніх польових дослідженнях. Збагачені бактеріями добрива використовували у двох дозах — $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{90}P_{90}K_{90}$ (схему досліді наведено в табл.).

Таблиця. Урожайність пшениці озимої за удобрення збагаченою азофоскою

Варіанти досліді	Урожайність, т/га	Приріст до контролів	
		т/га	%
$N_{60}P_{60}K_{60}$, без збагачення (контроль 1)	3,46	—	—
$N_{60}P_{60}K_{60}$, за збагачення <i>B. amiloliquefasciens</i> B-22	4,00	0,54	15,6
$N_{60}P_{60}K_{60}$, за збагачення <i>P. polутуха</i> KB	3,61	0,15	4,3
$N_{90}P_{90}K_{90}$, без збагачення (контроль 2)	4,30	—	—
$N_{90}P_{90}K_{90}$, за збагачення <i>B. amiloliquefasciens</i> B-22	5,79	1,49	34,7
$N_{90}P_{90}K_{90}$, за збагачення <i>P. polутуха</i> KB	5,01	0,71	16,5
HP_{05}	0,27		

Відзначено активізацію розвитку мікробіоти у ризосферному ґрунті рослин пшениці за удобрення культури збагаченими мінеральними добривами. При використанні модифікованої азофоски у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ у ризосфері спостерігали зниження вмісту рухомого P_2O_5 . Фосфатне збіднення ґрунту в зоні коренів опосередковано свідчить про активніше засвоєння фосфору ініційованими рослинами. При внесенні більшої дози добрив за-

значеного ефекту не спостерігали, що, вірогідно, свідчить про достатнє забезпечення рослин фосфором за цих умов.

Облік урожаю свідчить про зростання урожайності пшениці за дії збагачених варіантів азотфоски (табл.).

По невисокому агрофону зростання продуктивності культури спостерігали лише у варіанті з використанням *B. amiloliquefasciens* В-22 (15,6 %). По фону $N_{90}P_{90}K_{90}$ приріст урожайності був суттєвим в обох варіантах зі збагаченням азотфоски — 34,7 % за використання *B. amiloliquefasciens* В-22 і 16,5 % при збагаченні добрива *P. polymyxa* КВ.

UDC 502/504:579.2

**ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE APPLICATION
OF ORGANO-MINERAL FERTILIZER DIAMOND
GROW BRAND HUMI[K] BIO+“PLUS”
IN THE AGROCENOSIS OF SPRING WHEAT**

V. V. Dvoretzky, A. A. Bunas, M. V. Dvoretzky

*Institute of Agroecology and Environmental Management, NAAS
12 Metrolohichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine
e-mail: bio-206316@ukr.net*

Global climate change affects all components of the biosphere. An increase in average monthly temperatures in the winter-summer periods, low levels of precipitation disrupt the ontogenesis of plants, insects, the activity of microbiocenosis in the soil, including the destruction of organic residues, etc. One of the most effective methods of combating phytopathogenic microorganisms of agrocenoses (causative agents of root rot of cereals) is the use of biological products. The use of biological products allows you to obtain healthy and resistant plants to the effects of adverse factors, forming

a microbiocenosis in the rhizosphere of plants from agronomically beneficial microorganisms.

Field studies were conducted to determine the effect of the Diamond grow organic-mineral fertilizer HUMI[K] BIO+”PLUS” on the yield and quality of spring wheat of the Tokata variety. The peculiarity of this fertilizer is the combination of macro and micro-elements, humic acids, algae extract and a complex of 16 strains of microorganisms of the genera *Bacillus*, *Glomus*, *Rhizopogon*, *Pisolithus*, *Scleroderma*. The effect of the DG H[K]B+”PLUS” organic fertilizer on wheat plants was determined by pre-sowing treatment of wheat seeds, treatment of vegetative plants and a combination of treatment of seeds and vegetative plants. Biometric indicators of plants (plant height, leaf surface area); photosynthetic potential of spring wheat (chlorophyll a and b content), yield, quantitative and qualitative indicators were determined using generally accepted laboratory methods.

It was found that the most effective is pre-sowing seed treatment in combination with the treatment of vegetative plants. This type of application contributes to an increase in plant height by 3.2 %, leaf surface area by 19 %, chlorophyll content by 11.7 %, relative to the control. An increase in spring wheat yield by 0.18–0.34 t/ha compared to the control (yield 3.7–3.84 t/ha). An improvement in quality indicators was noted, namely the protein content by 2.7–3.3 %, and gluten by 3–5.6 %. Therefore, the Diamond grow organic-mineral fertilizer of the HUMI[K] BIO+”PLUS” brand is promising for both agricultural producers and researchers in order to determine the ways of forming the spring wheat rhizosphere microbiome.

ВИДОВИЙ СКЛАД І ЧАСТОТА ТРАПЛЯННЯ МІКОМІКОТИ В АГРОЦЕНОЗАХ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Д. О. Кисельов

*Приватне підприємство «Західний Буг»
пров. Юності, 39; с. Павлів, Шептицький р-н,
Львівська обл., 80250, Україна
e-mail: dmytro.kyselov@zahbug.com.ua*

Фітопатогенні гриби — один із головних обмежувальних факторів продуктивності цукрових буряків. Особливої уваги потребують короткоротаційні сівозміни, де інтенсивне формування інфекційного фону сприяє розвитку кореневих та кагатних гнилей. Раніше численні дослідження (Strausbaugh et al., 2018; English, 2023; Kandel et al., 2024) підтвердили ключову роль представників родів *Fusarium*, *Phoma*, *Rhizoctonia*, *Botrytis* як основних ґрунтових патогенів, що зумовлюють розвиток кореневих гнилей. Метою нашого дослідження було виявлення видового складу грибів у коренеплодах і ґрунтів агроценозів Західного Лісостепу.

Матеріалом досліджень слугували 8 зразків цукрового буряку (корені та внутрішня тканина) та 5 зразків ґрунту (Заставнівський кластер ПП «Західний Буг», 2023 р.). Ізоляцію грибів проводили методом накопичувальної культури й серійних розведень на картопляно-глюкозному агарі (КГА), сусло-агарі (СА) та середовищі Чапека (СЧ). Попередню поверхневу стерилізацію виконували 70 %-им етанолом (5 хв.), після чого проби інкубували за 25 ± 2 °С упродовж 14 діб. Ідентифікацію здійснювали за культурально-морфологічними ознаками із використанням визначників (Билай, 1977; Domsch et al., 2007).

Усього отримано 240 ізолятів грибів, що належать до 15 родів, серед яких п'ять видів були визначені як потенційно небезпечні фітопатогени: *Fusarium lactis*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *Verticillium albo-atrum*, *Alternaria alternata*. Частота трапляння *F. oxysporum* сягала 30 % усіх виділень, тоді як *F. solani* та *F. lactis* становили відповідно 18 % і 16 %. Значну кількість ізолятів *Phoma* sp. і *Gliocladium roseum* виявляли як у тканинах буряку, так і в ґрунті. Серед сапротрофів домінували *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Penicillium* spp., *Cladosporium cladosporioides*. На піщаних і карбонатних ґрунтах переважали *Fusarium* spp., тоді як на чорноземах вищою була частка *Phoma* і *Alternaria*.

Встановлено, що в агроценозах цукрового буряку Західного Лісостепу домінують фітопатогени роду *Fusarium*, здатні уражувати як коренеплоди, так і внутрішні тканини рослин. Висока частота трапляння *Phoma* та *Alternaria* підтверджує актуальність їх у комплексі збудників гнилей. Сапротрофні гриби (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*) також становлять ризик як вторинні контамінанти при зберіганні. Отримані результати вказують на необхідність використання інтегрованих систем захисту, що поєднують оптимізацію сівозмін, біологічні препарати (наприклад, на основі *Trichoderma harzianum*) та моніторинг мікобіоти ґрунтів.

УДК [631.445.41:631.461]:631.8(477.52/.54)

ПОКАЗНИКИ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ПРИ ВИРОЩУВАННІ СУНИЦІ САДОВОЇ

Н. І. Ковалжи, С. С. Переходович

*Відокремлений структурний підрозділ
«Житлово-комунальний фаховий коледж
Харківського національного університету міського
господарства імені О. М. Бекетова»
вул. Шевченка, 233-А; м. Харків, 61033, Україна
e-mail: kovalzhy.n.i@gmail.com*

Вступ. Однією з першочергових завдань у забезпеченні сталого розвитку сільського господарства є пошук ефективних методів вирощування культур в інтенсивній системі землеробства, що пов'язано із збереженням і відтворенням родючості ґрунту. На ступінь родючості ґрунту прямо впливає склад і кількість мікроорганізмів, що тісно пов'язані з їхнім середовищем існування та глибиною шару ґрунту й залежать від фази розвитку культури (Дудар та ін., 2024).

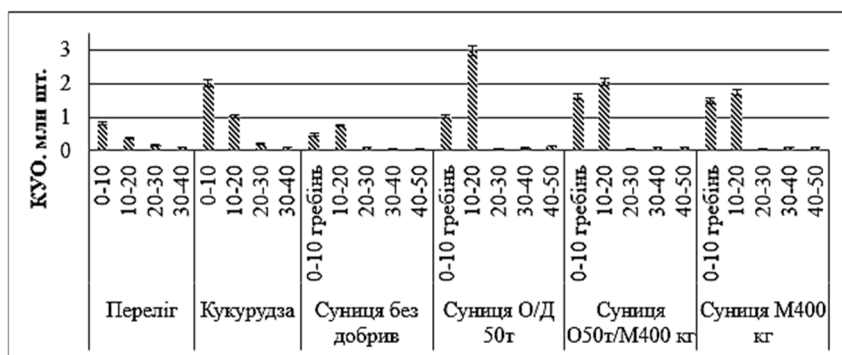
Об'єкти досліджень: чорнозем типовий важкосуглинковий на лесі. **Варіанти дослідження:** ділянка під природнім фітоценозом (переліг); за традиційною системою обробітку (під кукурудзою); суниця без удобрення; суниця за мінеральною системою удобрення; суниця за органо-мінеральною системою удобрення; суниця за органічної системи удобрення. У досліді для удобрення використовували нітроамофоску $N_{16}P_{16}K_{16}$ та напівперепрілий гній. Посадку суниці проводили в шаховому зсунутому порядку у дві стрічки з відстанню між рослинами 25 см з міжряддями 130 см. Полив здійснювали за потребою для забезпечення постійної вологості ґрунту в межах 75 %, яку вимірювали польовим вологоміром. Технологією системи вирощування передбачено застосування хімічних засобів захисту рослин

проти шкідливих організмів і некоренеve підживлення у фазу цвітіння. Зрошувальна вода: 3 клас — непридатна для зрошення за вмістом заліза.

Результати досліджень. Методом дослідження вибрали культивування на щільному середовищі, де визначали чисельність мікроорганізмів, які асимілюють переважно мінеральні сполуки азоту. Ця група мікроорганізмів відображає показник іммобілізації азоту ґрунту.

Найвищий показник асиміляції мінеральних форм азоту спостерігається у 10–20 см шарі ґрунту під суницею за органічним удобренням (3,0 млн КУО / г с. г.) та під насадженням кукурудзи й суниці за органо-мінеральною системою удобрення у шарі ґрунту 10–20 см (2,0 млн КУО / г с. г.) відповідно. Це свідчить про високий вміст легкодоступного вуглецю при розкладанні органічних залишків.

Закономірно, що з глибиною спостерігається зменшення кількості мікроорганізмів у всіх варіантах досліду, що свідчить про глибинну кореляцію надходження органічних решток.



Висновки. У підсумку дослідження виявлено інтенсивну іммобілізацію азоту гетеротрофними мікроорганізмами у верхніх шарах ґрунту в усіх зазначених варіантах.

СЕКВЕНУВАННЯ МІКРОБІОМУ ҐРУНТІВ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА РОЛЬ У ДОСЛІДЖЕННЯХ

**Я. П. Криця, О. А. Тарасов, О. М. Захарова,
В. М. Соколюк**

*Інститут ветеринарної медицини НААН
вул. Донецька, 30; м. Київ, 03151, Україна
e-mail: iana.kritsyia@gmail.com*

Ґрунт — складна та багатокомпонентна екосистема, в якій мікроорганізми відіграють визначальну роль у формуванні родючості, стабільності біогеохімічних циклів і підтриманні екологічної рівноваги. Мікробні угруповання ґрунту відзначаються винятковим різноманіттям, проте більшість із них неможливо дослідити традиційними методами культивування. У зв'язку з цим науковці звертаються до молекулярно-біологічних підходів, серед яких ключове місце посідає секвенування мікробіому.

Технології високопродуктивного секвенування (NGS, метагеноміка, метатранскриптоміка) відкривають принципово нові можливості для розкриття структурного й функціонального потенціалу мікробіоти ґрунтів. Їх застосування дозволяє виявити як відомі, так і нові групи мікроорганізмів, оцінити їхню участь у трансформації органічних речовин, кругообігу елементів живлення та формуванні агроекологічної стійкості (Кірюхін, 2020).

Секвенування ґрунтового мікробіому є інформативним методом, що дозволяє подолати обмеження класичних мікробіологічних підходів. Завдяки аналізу ДНК безпосередньо із ґрунтових зразків можливо:

— ідентифікувати некультивовані мікроорганізми, які складають понад 90 % мікробного різноманіття;

- відтворити повний профіль мікробних угруповань, включно з бактеріями, археями, грибами й вірусами;
- простежити динаміку змін у складі мікробіоти за впливу зовнішніх факторів.

Секвенування забезпечує якісне та кількісне визначення таксонів, а також надає інформацію про наявність генів, пов'язаних із метаболізмом азоту, вуглецю, фосфору, сірки й інших елементів. Це дає змогу зрозуміти функціональну спеціалізацію ґрунтових мікроорганізмів (Патика, 2017; Чабанюк, 2013).

Один із важливих напрямів використання секвенування — оцінка впливу інтенсивного землекористування на мікробний склад ґрунту. Дослідження свідчать, що застосування мінеральних добрив, пестицидів і гербіцидів змінює видовий склад мікробіоти, знижуючи чисельність корисних груп (наприклад, азотфіксаторів, фосфатмобілізувальних бактерій) та збільшуючи частку умовно-патогенних або резистентних мікроорганізмів.

Секвенування дозволяє виявляти маркери забруднення й стресу у мікробних угрупованнях, визначати механізми формування антибіотикорезистентності, а також прогнозувати довготривалі наслідки інтенсивного використання агрохімікатів.

Результати секвенування мікробіому ґрунтів мають широкий спектр практичних застосувань:

1. Сільське господарство. Отримані дані використовують для створення біодобрив, інокулянтів, а також для біоконтролю фітопатогенів. Це сприяє підвищенню продуктивності й зменшенню залежності від хімічних засобів.

2. Екологічний моніторинг. Секвенування дає змогу формувати бази даних стану ґрунтів і створювати системи біоіндикаторів для відстеження деградаційних процесів.

3. Біотехнології. Ідентифікація нових ферментів і метаболічних шляхів відкриває перспективи у галузі біоенергетики, переробки відходів й екологічних біотехнологій.

4. Охорона довкілля. Аналіз ґрунтової мікробіоти використовується для відновлення порушених екосистем, рекультивації земель після промислового навантаження й очищення територій від токсикантів.

Перспективи розвитку. У майбутньому секвенування мікробіому ґрунтів стане основою для створення міжнародних ґрунтових біобанків і глобальних баз даних, що дозволять порівнювати мікробні профілі різних типів ґрунтів у кліматичних зонах. Важливим напрямом є інтеграція метагеноміки з метатранскриптомікою, метапротеомікою та метаболомікою, що дозволить більш повно розкрити функціональні можливості мікробних угруповань (Metzker, 2010; Yang, 2020). Крім того, секвенування відіграватиме ключову роль у прогнозуванні змін ґрунтових екосистем під впливом глобальних кліматичних змін: посух, деградації земель і втрати біорізноманіття.

Отже, секвенування мікробіому ґрунтів є потужним інструментом сучасної науки, який дозволяє комплексно вивчати різноманіття й функції ґрунтових мікроорганізмів. Отримані дані мають фундаментальне й прикладне значення: від розуміння механізмів формування родючості до розробки нових біотехнологій та екологічно сталих агросистем. В умовах зростання антропогенного навантаження та глобальних змін клімату секвенування стає незамінним методом моніторингу й збереження ґрунтових ресурсів як стратегічної основи біосфери.

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВЕРМИКОПОСТУ ТА
БІОПРЕПАРАТУ НА ОСНОВІ *AZOTOBACTER*
У ПІДТРИМЦІ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ЗАСОЛЕНИХ
ҐРУНТІВ**

А. С. Левішко, П. М. Маменко, О. Ю. Колодяжний

*Інститут агроекології і природокористування НААН
вул. Метрологічна, 12; м. Київ, 03143, Україна
e-mail: alodua2@gmail.com*

Засолення ґрунтів є серйозним глобальним фактором, що обмежує ефективність агросистем і потребує впровадження інноваційних та екологічно обґрунтованих підходів до сталого управління й відновлення деградованих земель. Зокрема, використання мікроорганізмів, стійких до високого вмісту солей і здатних покращувати стан ґрунту, відкриває можливості для довгострокового підвищення врожайності сільськогосподарських культур за умов сольового стресу.

З огляду на роль мікроорганізмів у подоланні сольового стресу важливо розуміти, як агротехнічні заходи, зокрема застосування різних типів добрив, можуть модулювати мікробну відповідь на сольовий стрес, що є ключовим для розробки ефективних стратегій відновлення.

Саме тому дослідження впливу органічних і мінеральних добрив на реакцію ґрунтового мікробіома на засолення є важливим для едафічної екології, оскільки мікробіом забезпечує багатофункціональність ґрунту, але вразливий до сольового стресу. Синтетичні добрива (NPK) викликають дисбаланс, знижуючи мікробне багатство та різноманіття. Натомість вермикомпост стимулює бактеріальне різноманіття й активність копіотрофних таксонів, підвищуючи функціональність ґрунту.

Метою було з'ясувати, як добрива впливають на адаптацію мікробіома ґрунту до засолення, зокрема вермикомпост із

біопрепаратом на основі *Azotobacter*, здатний пом'якшувати стрес у рослин і покращувати властивості ґрунту.

Дослідження реалізовано в рамках мікроділянкового польового експерименту, що охоплював ротацію трьох агрономічно значимих культур: пшениці озимої, ячменю ярого та ріпаку ярого. Вибір зразків ґрунту для аналізу здійснювали у критичну фенологічну фазу розвитку рослин — цвітіння, яка для зазначених культур припала на період кінця травня — початку червня. Мінеральні добрива (NPK) вносили одноразово в нормі діючої речовини, застосовували їх як основне удобрення безпосередньо перед посівом (передпосівна культивация).

Показано, що засолення спочатку зменшує чисельність бактерій і грибів, але з часом мікробне угруповання реорганізується: зростає частка галофільних хемогетеротрофів, а кількість представників оліготрофних груп скорочується. Сольовий стрес знижує різноманіття й багатофункціональність мікробіоти. Вермикомпост пом'якшує вплив засолення, а варіант із внесенням біопрепарату на основі *Azotobacter* показує найкращі результати. Мінеральні добрива, навпаки, посилюють негативний ефект, пригнічуючи адаптацію мікроорганізмів. Таким чином, застосування вермикомпосту з *Azotobacter* є оптимальним для підтримки ґрунту в засолених умовах.

Отже, дослідження підтвердило, що вермикомпост діє як ефективний біопротектор, пом'якшуючи негативний вплив засолення та сприяючи стійкості мікробіома. Вермикомпост із додаванням *Azotobacter* показав найкращі результати, демонструючи найвищу здатність до нівелювання сольового стресу. Натомість синтетичні добрива посилюють деструктивний ефект, пригнічуючи адаптаційні механізми мікробіоти.

PHOSPHATE-SOLUBILIZING POTENTIAL OF TALAROMYCES FUNICULOSUS STRAINS

**Ya. Maliarenko, Ya. Savchuk, S. Syrchin, O. Yurieva,
A. Pavlychenko**

*D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology,
NAS of Ukraine*

154 Akademika Zabolotnoho Str., Kyiv, 03143, Ukraine

e-mail: yana_maliarenko@ukr.net

Relevance. Phosphorus is a significant element in plant nutrition, but the amount of available phosphorus in soil is limited. Phosphate-solubilizing microorganisms (PSM) are beneficial to plant and use as component of biopreparations for improvement the plant-growth parameters without intensive using of chemical fertilizers. The cosmopolitan species *Talaromyces funiculosus* is well known for its ability to protect plants from abiotic and biotic stress factors, as well as to synthesize a wide range of bioactive compounds with phytohormonal activity. Due to the high potential of *T. funiculosus* for application in agriculture, it is crucial to investigate its ability to improve mineral nutrition, specifically phosphorus solubilization. **The aim** of this study was to research the phosphorus-solubilizing ability of *T. funiculosus* strains and compare it with *Penicillium bilaiae* strains, which are well-known solubilizers in agriculture.

Methods. Twenty-three strains of *T. funiculosus* and 2 strains of *P. bilaiae* obtained from the collection of the Department of Physiology and Systematics of Micromycetes. The modified Czapek medium with tricalcium phosphate as a sole inorganic source of insoluble phosphorus were used to investigate the phosphate solubilization. The phosphate solubilizing index (PSI) was determined as the ratio of the total diameter (colony + halo zone) to the colony diameter to assess phosphate-solubilizing activity. The experiment was repeated three times. Statistical significance was defined as $p < 0.05$.

Results. The zones of dissolving phosphorus were defined for all strains on the 2nd day of cultivation. The highest activity of *T. funiculosus* strains was observed on the 2nd and 4th days of cultivation, while *P. bilaiae* strains exhibited the highest phosphate-solubilizing index on the 6th day of cultivation. The PSI values for *T. funiculosus* strains ranged from 1.4 to 2.0, 1.2 to 2.0, 1.2 to 1.6, 1.1 to 1.4, and 1.1 to 1.4 on the 2nd, 4th, 6th, 8th, and 10th days of cultivation, respectively. Conversely, PSI values for *P. bilaiae* strains ranged from 1.3 to 1.4, 1.5 to 1.8, 1.7 to 1.9, 1.8 to 2.3, and 1.7 to 1.9 at the corresponding cultivation time points. The data obtained indicate that the phosphate solubilizing activity of the studied strains is comparable to that of the *P. bilaiae* that is used commercially as JumpStart® liquid inoculant by Novonesis.

Conclusions. All the experimental strains have the ability to solubilize phosphorus from tricalcium phosphate. *P. bilaiae* strains were identified as more efficient phosphate solubilizers based on PSI values, while *T. funiculosus* strains demonstrate greater solubilization effectiveness by assessing the diameter of halo zones. Strains *Talaromyces funiculosus* 16783, 16826, and 16825-01021 were recognized as potential candidates for further research for application in the agricultural industry.

ВПЛИВ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ДИХАННЯ ҐРУНТОВИХ МІКРООРГАНІЗМІВ ПОШКОДЖЕНОГО ЧОРНОЗЕМУ ПІВДЕННОГО

**Є. А. Савченко, К. А. Баранов, Т. М. Мельничук,
Ю. Ю. Вішован**

*Національний університет біоресурсів
і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15; м. Київ, 03041, Україна
e-mail: lizavetabaranova2506@gmail.com*

Повномасштабне вторгнення в Україну спричинило не лише значні соціально-економічні, а й екологічні наслідки. Через вибухи боєприпасів, пожежі та хімічні забруднення порушується структура ґрунтового покриву, знижується родючість ґрунтів і пригнічується діяльність мікробіоти. Одним із найчутливіших показників стану ґрунтових екосистем є інтенсивність дихання мікроорганізмів, що відображає рівень їхньої метаболічної активності та функціонування процесів кругообігу вуглецю.

У південних регіонах України особливо актуальним є дослідження можливостей біологічного відновлення чорноземів. Біологічна ремедіація передбачає застосування спеціальних відновлювальних комплексів, що містять органічні речовини, біологічно активні сполуки та ефективні мікроорганізми, здатні активізувати мікробні процеси й сприяти детоксикації середовища. Отже, дослідження має не лише наукове, а й практичне значення для формування системи екологічного моніторингу та відновлення ґрунтового покриву в постраждалих регіонах України.

Відбір зразків ґрунтів з локацій, які репрезентують різні типи екологічних порушень, проводили в Миколаївській області: ґрунти селітебної території Снігурівської ТГ та забруднені

пестицидами внаслідок ракетного влучання у склад з отрутохімікатами; ґрунтовий покрив Галицинівського лісу й лісові угіддя після пожеж унаслідок збройного впливу. Як відновлювальний комплекс (ВК) застосували два компоненти: органічне добриво Паросток, що містить велику кількість макро- і мікроелементів, біологічно активних речовин і збалансований симбіотичний консорціум ефективних мікроорганізмів, і бактеріально-метаболічний біопрепарат Ультрачист, призначений для детоксикації та ремедіації забруднених органічними і хімічними речовинами середовищ.

Дослідження швидкості базального дихання ґрунтових мікроорганізмів у відібраних зразках проводили відповідно до вимог ДСТУ ISO 16072:2005 Якість ґрунту. Лабораторні методи визначення мікробного дихання ґрунту та OECD Guidelines for the Testing of Chemicals. Test No. 217: Soil Microorganisms: Carbon Transformation Test.

У підсумку проведених досліджень встановлено, що забруднення чорнозему південного пестицидами після ракетного влучання спричинило порушення процесів вуглецевого циклу, що позначилося на збільшенні в 3,2 раза швидкості базального дихання ґрунтових мікроорганізмів щодо контролю. Так, ґрунт, забруднений пестицидами внаслідок ракетного влучання, мав найвищий показник швидкості вивільненого газу — $6,5 \text{ мкг CO}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, який при внесенні відновлювального комплексу знизився на 35,4 %.

Відновлювальний комплекс сприяв активізації процесу мікробного дихання в більшості досліджуваних зразків. Найбільше зростання показника на 77,8 % встановлено в ґрунті лісових угідь після пожеж унаслідок збройного впливу за внесення ВК. Застосування відновлювального комплексу на фоні лісових угідь за відсутності пожеж також підвищувало активність цього процесу на 57,1 %. Швидкість базального дихання ґрунтових мікроорганізмів чорнозему південного поблизу зони впливу

ракетного влучання у склад з отрутохімікатами за дії ВК також збільшилась на 35,0 %.

Отже, застосування відновлювального комплексу в умовах чорнозему південного, забрудненого пестицидами внаслідок ракетного влучання, та лісових угідь, що зазнали впливу від пожеж, позитивно вплинуло на активність мікробіологічних процесів біотрансформації вуглецю за показниками інтенсивності дихання.

UDC 579.64:579.222.3

MICROBES' FUNCTION IN HELPING CROPS ADAPT TO ABIOTIC STRESSORS

**Abdel Mohsen M. Soliman¹, Aissa Benselhoub^{2,3},
Nadia Dovbash⁴**

*¹Therapeutic Chemistry Department, Pharmaceutical and Drug Industries Institute, National Research Centre
Kasr El-Aini, Cairo, 11562, Egypt*

*²University of Vienna
1 Universitätsring, Vienna, 1010, Austria*

*³Environmental Research Center (C. R. E.)
Sidi Amar, Annaba, 23001, Algeria*

*⁴National Scientific Centre "Institute of Agriculture
of the National Academy of Agricultural Sciences"
2B Mashynobudivnykiv Str., Chabany, 08162, Ukraine
e-mail: amsolimannrc@gmail.com*

Worldwide, there are more instances of biotic and abiotic stressors affecting the yield of major crops. Severe occurrences such as extended climate change are expected to cause an increase in droughts, heavy rainfall and flooding, heat waves, and frost damage

in the future. It takes a variety of mitigation and adaptation techniques to deal with these effects. Managing resources effectively and improving crops and livestock to produce superior breeds can help mitigate abiotic stressors to some degree. However, because these approaches are time-consuming and expensive, simple and inexpensive biological techniques for abiotic stress control are required, which is useful in the short run. In this regard, microorganisms may be useful if we can take use of their special traits, such as their ubiquity, genetic variety, resistance to extremes, and interactions with crop plants, as well as create strategies for their effective application in agricultural production. In addition to producing exopolysaccharides and forming biofilms that affect the physicochemical characteristics of rhizospheric soil, microorganisms can also affect how higher plants react to abiotic stressors such as drought, chilling injury, salinity, metal toxicity, and high temperatures through a variety of mechanisms, including the induction of heat shock proteins and osmo-protectants within the cells of plants. By reducing crop plant stress, the use of these microorganisms in and of itself can lead to new and developing agricultural applications. Additionally, these microbes offer great models for comprehending the mechanisms of stress tolerance, adaptation, and response that can be later incorporated into crop plants to help them with the challenges brought on by climate change.

МІКРОБНІ ПРЕПАРАТИ В РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ

УДК 633.854.78:579.64:631.811

ВПЛИВ ҐРУНТОВОЇ МІКРОБІОТИ НА НАТУРУ ЗЕРНА СОНЯШНИКУ

Д. В. Баранський, М. Т. Шаранюк, Р. В. Рудий

*Львівський національний університет ветеринарної
медицини та біотехнологій імені Степана Ґжицького
вул. Володимира Великого, 1; м. Дубляни, Львівського р-н,
Львівська обл., 80381, Україна
e-mail: dmytrotom916@gmail.com*

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є однією з найважливіших олійних культур у світовому землеробстві та відіграє провідну роль в аграрному секторі України. Його насіння — цінна сировина для виробництва рослинної олії, білково-вітамінних кормів та харчових продуктів. Висока адаптивність соняшнику до різних кліматичних умов, розвинена коренева система й здатність ефективно використовувати вологу роблять цю культуру незамінною у сівоzmінах різних регіонів України. Проте сучасні агротехнології часто супроводжуються надмірним використанням мінеральних добрив, що негативно впливає на стан ґрунтової мікробіоти й екологічну рівновагу агроєкосистем. У цьому контексті зростає значення мікробіологічних препаратів, які базуються на використанні природних або штучно відібраних штамів корисних мікроорганізмів. Такі препарати стимулюють ріст і розвиток рослин, покращують засвоєння поживних елементів, активізують біохімічні процеси в ризосфері й підвищують стійкість культур до стресових факторів. Історично

соняшник був культурою, поширеною переважно в південних і східних регіонах України, де кліматичні умови — висока температура повітря, достатня кількість сонячного світла й низька вологість — сприяли його вирощуванню. Проте в останні десятиліття відбувається активна міграція соняшнику на Захід України, що пов'язано зі змінами клімату, удосконаленням агротехнологій і появою нових, більш адаптованих гібридів.

У 2023–2024 рр. на базі ННЦ ЛНУВМБ ім. С. З. Гжицького, що базується у Дублянах, проведено польові дослідження щодо вивчення впливу мікробіологічних препаратів на натуру зерна соняшнику. Схема досліду передбачала такі варіанти: вар. 1 — контроль, без внесення препаратів; 2 — мікоризний гриб *Glomus intraradices* (препарат Great White Granular One); 3 — мікоризні гриби: *Trichoderma viride*, *Glomus* sp., *Tuber melanosporum* (препарат Біонорма Мікориза); 4 — фосформобілізувальна бактерія *Bacillus megaterium* (препарат Біофосфорин); 5 — мікоризні гриби *Glomus* sp., *Trichoderma harzianum*, фосфатмобілізувальні бактерії *B. megaterium* var. *phosphaticum*, *B. subtilis*, *B. muciloginosus*, *Enterobacter* sp. та ризосферні мікроорганізми *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces* sp. (препарат Мікофренд).

Результати досліду свідчать про виразний позитивний вплив мікробіологічних препаратів на формування натуре зерна соняшнику. У контрольному варіанті без обробки натура становила 396 г/л, що відображає базовий рівень якості насіння. Після застосування мікоризного гриба (вар. 2) показник зріс до 412 г/л, або на 4 %, що свідчить про покращення живлення рослин і ефективніше засвоєння поживних речовин. Значно вищі результати отримано при використанні комбінованих мікоризних культур (вар. 3), де натура досягла 431 г/л і перевищила контроль на 8,8 %. Фосфатмобілізувальні бактерії (вар. 4) забезпечили підвищення до 425 г/л (+7,3 %), що пояснюється активізацією фосфорного живлення і покращенням розвитку кореневої системи. Найвищий показник — 449 г/л, або на 13,4 % більше, ніж у контролі, зафіксовано у варіанті з комплексним

біопрепаратом (вар. 5), який поєднував кілька груп мікроорганізмів різної дії.

Загалом простежується чітка тенденція: зі зростанням мікробного різноманіття у складі препаратів підвищується їхня ефективність. Поодинокі штами забезпечили помірне покращення натури, тоді як комплекс мікроорганізмів сприяв найбільш інтенсивному наповненню зерна, що свідчить про синергічну дію різних мікробних груп і їхню значну роль у формуванні якості насіння сояшнику.

Отже, вивчення впливу мікроорганізмів на показники якості насіння сояшнику має важливе наукове й практичне значення. Використання мікробіологічних препаратів дозволяє підвищити ефективність живлення рослин, зменшити хімічне навантаження на ґрунт і забезпечити стабільне отримання екологічно безпечної продукції в умовах сучасного землеробства.

УДК 633.16:632.4:632.9

УРАЖЕННЯ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ТЕМНО-БУРОЮ ПЛЯМИСТІСТЮ ТА ШЛЯХИ ЙОГО ОБМЕЖЕННЯ

Г. Я. Біловус, О. А. Ващишин, І. М. Голець, Я. Р. Бернат

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

вул. Грушевського, 5; с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., 81115, Україна

e-mail: bilovus.galina72@gmail.com

Найпоширенішими хворобами листя ячменю озимого на території України є різні види плямистостей, які призводять до зменшення фотосинтетичної поверхні й передчасного завершення вегетації. У ячменю основну частину асиміляційної поверхні формують третій, четвертий і п'ятий листки, водночас

близько 36 % припадає на стебло та 11 % — на колос. Тому культура потребує ефективного фунгіцидного захисту протягом усього періоду вегетації.

Серед листових хвороб озимого ячменю найбільшу шкодочинність мають темно-бура та сітчаста плямистості. Темно-бура плямистість поширена повсюдно, проявляється як на сходах, так і на дорослих рослинах у вигляді видовжених темних плям, що з часом світлішають у центрі, зберігаючи темну облямівку. Джерелом інфекції є заражене насіння та пожнивні рештки. Хвороба може розвиватися навіть за температури +3 °С, особливо в умовах м'яких зим, і проявляє підвищену агресивність у загущених посівах під час весняного дефіциту вологи. Середні втрати врожаю становлять 15–20 %, а за сприятливих до хвороби умов ураження може призвести до зниження урожайності на 70 %. У сучасних умовах сільськогосподарського виробництва дослідження впливу біологічних і хімічних препаратів, що використовуються для інокуляції насіння та обприскування рослин на різних етапах їхнього розвитку, набуває особливої актуальності, оскільки має на меті обмеження розвитку збудників хвороб озимого ячменю та зменшення їхнього негативного впливу на довкілля.

У 2021–2023 рр. проводили дослідження ефективності хімічних і біологічних препаратів проти темно-бурої плямистості в польових і лабораторних умовах лабораторії захисту рослин Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН.

Дослід закладено в польових умовах із сортом Дев'ятий вал за такою схемою: 1) контроль (абсолютний); 2) контроль без обробки насіння із застосуванням стандартного удобрення ($N_{30}P_{60}K_{60}$ — восени + N_{20} у поєднанні з Нутрімаксом на IV етапі та НітроТОП на VIII етапі органогенезу); 3) Вінцит 050 CS (2,0 л/т) + стандартне удобрення + Авіатор Хпро 225 ЕС, к. е. (0,8 л/га); 4) Бактофіт (2,0 л/т) + стандартне удобрення + Бактофіт (2,0 л/га); 5) Триходермін СК (2,0 л/т) + стандартне удобрення + Триходермін СК (2,0 л/га); 6) Триходермін-93 (2,0 л/т) + стандартне удобрення + Триходермін-93 (2,0 л/га); 7) Бактофіт

(2,0 л/т) + Триходермін СК (2,0 л/т) + стандартне удобрення + Бактофіт (2,0 л/га) + Триходермін СК (2,0 л/га); 8) Бактофіт (2,0 л/т) + Триходермін-93 (2,0 л/т) + стандартне удобрення + Бактофіт (2,0 л/га) + Триходермін-93 (2,0 л/га). Перед сівбою насіння обробляли відповідно до варіантів досліджуваного препарату: Вінцит 050 CS (2,0 л/т), Бактофіт (2,0 л/т), Триходермін СК (2,0 л/т), Триходермін-93 (2,0 л/т). Дворазове обприскування посівів проводили у фазах ВВСН 32 та 39 із застосуванням препаратів Авіатор Хрго 225 ЕС (0,8 л/га), Бактофіт (2,0 л/га), Триходермін СК (2,0 л/га) і Триходермін-93 (2,0 л/га).

Упродовж періоду досліджень використання препарату Авіатор Хрго 225 ЕС (0,8 л/га) забезпечило найвищу технічну ефективність — 90,5 % у фазі колосіння, а також сприяло мінімальному розвитку хвороби, який становив 0,5 %. Серед біопрепаратів найрезультативнішим був варіант Бактофіт + Триходермін СК, де ефективність сягала 68,0 %. Варто відзначити, що у фазі молочної стиглості за роки досліджень розвиток захворювання становив 12–15 % на 1-му варіанті — контролі (абсолютному). У фазі молочної стиглості найвищу ефективність проти темно-бурої плямистості забезпечив Авіатор Хрго 225 ЕС (88,0 %), а серед біопрепаратів — Бактофіт + Триходермін СК (68,2 %).

Комплексне застосування препаратів (протруювання насіння та дворазове обприскування) істотно підвищувало врожайність культури. Найвищу середню врожайність зерна за 2021–2023 рр. — 4,3 т/га — одержано у варіантах 3 (Вінцит 050 CS, 2,0 л/т + Авіатор Хрго 225 ЕС, к. е., 0,8 л/га) та 7 (Бактофіт, 2,0 л/т + Триходермін СК, 2,0 л/т + Бактофіт, 2,0 л/га + Триходермін СК, 2,0 л/га).

Найбільший умовно чистий прибуток за роки досліджень одержано на варіантах, де посіви обробляли біологічними препаратами, зокрема на 7-му варіанті (Бактофіт, 2,0 л/т + Триходермін СК, 2,0 л/т + Бактофіт, 2,0 л/га + Триходермін СК, 2,0 л/га) і становив 10,6 тис. грн при рентабельності 54,3 %.

УДК 632.937

БІОЛОГІЧНИЙ МЕТОД ЗАХИСТУ ЯБЛУНІ ПРОТИ ПАРШІ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

М. В. Гунчак^{1,2}

*¹Українська науково-дослідна станція карантину рослин
Інституту захисту рослин НААН*

*вул. Наукова, 4; с. Бояни, Чернівецький р-н,
Чернівецька обл., 60321, Україна*

*²Чернівецький регіональний центр державної установи
«Інститут охорони ґрунтів України»*

*вул. Героїв Майдану, 194-А; м. Чернівці, 58006, Україна
e-mail: gunchak00@ukr.net*

Яблуневі насадження уражає велика кількість хвороб, але найпоширенішою в умовах Західного Лісостепу України є парша (Борзих та ін., 2021). Тому метою роботи було вивчення ефективності систем біологічного захисту яблуні проти парші в умовах Західного Лісостепу України.

Дослідження проводили впродовж 2022–2024 рр. на Українській науково-дослідній станції карантину рослин ІЗР НААН (УкрНДСКР ІЗР) за загальноприйнятими методиками (Трибель та ін., 2001).

Перша система біологічного захисту передбачала обробки у фенофазу «відокремлення бутонів» біопрепаратом Флуоресцин БТ, р. у нормі 2,0 л/га та препаратом на основі хелатованих S, Zn; у фенофазу «формування плодів» — Бактофіт БТ, р. (4,0 л/га) та Mg, Mn, Fe, Co; у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) — БіоГібервіт БТ, р. (3,0 л/га); у фенофазу «ріст плодів» (друга декада липня) — Трихопсин БТ, р. (5,0 л/га) + Са; у фенофазу «дозрівання плодів» — Флуоресцин БТ, р. (1,5 л/га). Результатами досліджень встановлено (табл.), що ефективність

цієї системи проти парші на листках становила 54,8 % і на плодах яблуні — 56,4 %, що є найнижчим показником серед досліджуваних систем.

Друга система біологічного захисту базувалася на таких обприскуваннях у фенофазі: «рожевий бутон» — суміш Бактофіту БТ, р. у нормі 4,0 л/га та Трихопсину БТ, р. у нормі 5,0 л/га та препарату на основі хелатованих В, Мо; «ріст плодів» (плід розміром з ліщину) — БіоГібервіт БТ, р. (3,0 л/га) + Mg, Mn, Fe, Co; «ріст плодів» (перша декада липня) — Флуоресцин БТ, р. (1,5 л/га); «ріст плодів» (перша декада серпня) — суміш Трихопсину БТ, р. (3,0 л/га) і Біоспектру БТ, р. (3,0 л/га) та Са; «дозрівання плодів» — Флуоресцин БТ, р. (1,5 л/га). Застосування цієї системи захисту було найефективнішим і дозволило на 66,7 % зменшити розвиток парші на листках і на 64,1 % — на плодах яблуні.

Таблиця. Технічна ефективність біологічних систем захисту яблуні проти парші, 2022–2024 рр.

Препарати	Парша на листках, %			Парша на плодах, %		
	П	Р	ТЕ	П	Р	ТЕ
Контроль (вода)	30,9	4,2	—	11,2	3,9	—
Хімічний еталон	4,9	0,6	85,7	2,1	0,7	82,1
Біологічна система № 1	13,7	1,9	54,8	4,8	1,7	56,4
Біологічна система № 2	10,3	1,4	66,7	3,2	1,4	64,1
Біологічна система № 3	10,6	1,5	64,3	3,4	1,5	61,5

Примітки: П — поширення хвороби, %; Р — розвиток хвороби, %; ТЕ — технічна ефективність, %.

Наступна система біологічного захисту охоплювала обробки у фенофазу «відокремлення бутонів» препаратом на основі хелатованих S, Zn; у фенофазу «рожевий бутон» — сумішшю

біопрепаратів Ампеломіцин БТ, р. у нормі 4,0 л/га та Бактофіт БТ, р. (3,0 л/га) у поєднанні з В, Мо; у фенофазу «формування плодів» — суміш Фітоспорину БТ, р. (5,0 л/га) та Флуоресцину БТ, р. (1,0 л/га) разом з Mg, Mn, Fe, Co; у фенофазу «ріст плодів» (плід розміром з волоський горіх) — БіоГібервіт БТ, р. (3,0 л/га); у фенофазу «ріст плодів» (друга декада липня) — Біоспектр БТ, р. (6,0 л/га) + Са; у фенофазу «дозрівання плодів» — суміш препаратів Трихопсин БТ, р. (3,0 л/га) та Флуоресцин БТ, р. (1,0 л/га). Ефективність цієї системи проти парші на листках становила 64,3 % і на плодах яблуні — 61,5 %.

Як хімічний еталон застосовували систему, яка базувалась на п'яти обприскуваннях хімічними пестицидами. Технічна ефективність цієї системи захисту проти парші на листках становила 85,7 %, проти парші на плодах яблуні — 82,1 %.

Отже, досліджувані системи біологічного захисту дозволили на високому рівні захистити яблуневі насадження від парші.

МІКРОБНІ ПРЕПАРАТИ У ЖИВЛЕННІ РОСЛИН ОГІРКА

О. В. Куц¹, І. І. Семененко², С. В. Семененко³

*¹Державний біотехнологічний університет
вул. Алчевських, 44; м. Харків, 61002, Україна*

*²Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН
Маяцька дорога, 26; с-ще Хлібодарське, Одеський р-н,
Одеська обл., 67667, Україна*

*³Донецька дослідна станція
Інституту овочівництва і багданництва НААН
в'їзд Прикордонників, 5; с-ще Селекційне, Харківський р-н,
Харківська обл., 62478, Україна
e-mail: kutzalexandr@gmail.com*

Серед овочевих рослин, які вирощуються в Україні, огірок є однією з традиційних і найпоширеніших культур. Вживання продукції огірка в свіжому вигляді зумовлює пошук технологічних рішень щодо зниження хімічного навантаження в технології вирощування культури. Наразі інтенсивні технології вирощування огірка передбачають використання від 300 до 1500 кг/га мінеральних добрив, синтетичні інсектициди та фунгіциди, що за часто нерегламентованого застосування стає причиною забруднення продукції, яка вживається українцями у свіжому вигляді.

Актуальною є розробка механізмів оптимізації живлення рослин огірка за органічних технологій вирощування, оскільки рослини огірка дуже вимогливі до умов середовища, а формування вегетативних і репродуктивних органів, ріст плодів тісно пов'язані з комплексом умов: теплом, вологою, освітленням і елементами мінерального живлення. Крім того, певний дефіцит класичних органічних добрив, таких як гній великої рогатої худоби, зумовлює пошук нових рішень з цього питання.

Дослідження проведено на Донецькій дослідній станції Інституту овочівництва і баштанництва НААН (Харківська область, селище Селекційне) на чорноземі типовому малогумусному важкосуглинковому. Програма досліджень передбачала проведення польового досліду за схемою: 1) без обробки (контроль); 2) внесення перегною 30 т/га (еталон); 3) внесення перегною 15 т/га + підживлення в першу фертигацію Гуміфренд 2 л/га + позакореневе підживлення Гуміфренд по 1,5 л/га у фазу 3–5 листків, через 15 днів після другої обробки та за масового цвітіння; 4) внесення вермикомпосту 5 т/га локально в зону рядку + підживлення в першу фертигацію Гуміфренд 2 л/га + позакореневе підживлення Гуміфренд по 1,5 л/га в фазу 3–5 листків, через 15 днів після другої обробки та за масового цвітіння.

Відзначено позитивний вплив використання вермикомпосту на динаміку вмісту нітратного азоту в орному шарі ґрунту (зростання показника, починаючи з фази масового наростання вегетативної маси на 98,7 %), вмісту рухомого фосфору (на 47,4–64,1 %) та обмінного калію (починаючи з фази масового наростання вегетативної маси на 7,2–37,8 %).

Органічні добрива сприяли зростанню урожайності огірка на 4,05–10,48 т/га, або на 23,2–60,2 % від контролю (табл.).

Таблиця. Вплив різних систем удобрення на урожайність огірка (2024 р.)

Система оптимізації живлення	Загальна урожайність, т/га	Приріст, т/га	Товарність, %
1. Контроль	17,40	–	94,3
2. Перегній 30 т/га (еталон)	21,45	4,05	95,1
3. Перегній 15 т/га + Гуміфренд	21,70	4,30	94,8
4. Вермикомпост 5 т/га + Гуміфренд	27,88	10,48	95,0
НІР _{0,95}	2,04		

Ефективним є зниження норми класичних органічних добрив (перегною) на фоні введення в технологію вирощування огірка прикореневих та позакорневих підживлень гуміновими добривами, а також використання вермикомпосту в поєднанні з гуміновими добривами. Ці системи удобрення можуть бути рекомендовані для впровадження на чорноземних ґрунтах Лісостепу України.

УДК 63:579.64

КОМПЛЕКСНИЙ ІНОКУЛЯНТ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИВЛЕННЯ ТА ВРОЖАЙНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

**О. В. Логоша^{1,2}, Ю. О. Воробей¹, С. Ф. Козар^{1,2},
О. С. Дука¹**

*¹Інститут сільськогосподарської мікробіології
та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14030, Україна*

*²Національний університет «Чернігівська політехніка»
вул. Шевченка, 95; м. Чернігів, 14030, Україна*

e-mail: olha.lohosha@gmail.com

Науковці з різних країн досліджують можливість інтродукції азотфіксувальних бактерій у кореневу зону культурних рослин шляхом передпосівної інокуляції насіння. Важливим напрямом є створення біопрепаратів на основі PGPR-бактерій (plant growth-promoting rhizobacteria), які б поєднували технологічну зручність виготовлення й тривале збереження функціональної активності.

Створення ефективних асоціацій інтродукованих азотфіксувальних бактерій із рослинами пшениці озимої потребує

добору активних діазотрофів, що характеризуються високою рістстимулювальною та функціональною активністю, а також здатністю зберігати життєздатність у кореневій зоні рослин протягом зимового періоду. Підвищення активності діазотрофів можливе також шляхом регулювання впливу абіотичних чинників, зокрема використанням речовин, що забезпечують захист бактеріальних клітин (Ali et al., 2023).

Метою дослідження були пошук і комплексне вивчення ефективних штамів діазотрофних бактерій для підвищення продуктивності пшениці озимої.

За результатами лабораторних дослідів відібрано штами *Azospirillum brasilense* та *Azotobacter chroococcum*, які характеризувалися найвищими показниками нітрогеназної активності й здатністю стимулювати ріст рослин. Дослідження *in vitro* підтвердили сумісність вибраних штамів. Оптимальне співвідношення бактеріальних суспензій *A. brasilense* та *A. chroococcum* у співвідношенні КУО 10 : 1 забезпечувало максимальне підвищення енергії проростання та маси проростків.

Вегетаційні досліді продемонстрували синергічний ефект сумісної інокуляції, що проявлявся через значне підвищення висоти й сухої маси рослин, як порівняти з моноінокуляцією і контролем.

Польові дослідження протягом трьох років підтвердили ефективність розробленого комплексного інокулянту — зафіксовано суттєве підвищення потенційної нітрогеназної активності в ризосфері й на коренях рослин пшениці озимої. Бактеризація комплексом діазотрофів із полісахаридно-білковим комплексом (ПБК) забезпечила підвищення нітрогеназної активності на відмитих коренях у 5,2 раза проти контролю і в 3,5 раза — проти варіанту з використанням для інокуляції Діазофіту. Азотфіксувальна активність у ризосферному ґрунті за використання експериментального інокулянту перевищувала показники контролю та позитивного контролю в 2,7 і 2,4 раза відповідно.

Параметри структури урожаю (довжина колосу, кількість і маса зерен з колосу та маси 1000 зерен) істотно покращилися за використання комплексного інокулянту та ПБК. Встановлено достовірне підвищення врожайності пшениці озимої на 19,4 % при застосуванні розробленого комплексного інокулянту з ПБК та на 7,8 %, якщо порівняти з препаратом Діазофіт.

Отже, результати досліджень підтверджують перспективність запропонованої стратегії оптимізації активності азотфіксуювальних бактерій шляхом добору ефективних штамів та їх сумісного використання з полісахаридно-білковим комплексом. Такий підхід забезпечує тривале функціонування інтродукованих мікроорганізмів у ризосфері рослин пшениці озимої й сприяє зростанню її продуктивності.

УДК 579.64

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ НА СИМБІОТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СОЇ

М. В. Мілова, Я. В. Чабанюк

*Національний університет біоресурсів
і природокористування України, Інститут агробіології
бульв. Вацлава Гавела, 4; м. Київ, 03124, Україна
e-mail: miroslavamazur@gmail.com*

Соя — одна з найважливіших бобових культур сучасного землеробства, яка за останні п'ятнадцять років набула значного поширення в Україні. Протягом останнього десятиліття інтерес до цієї культури стабільно зростає завдяки її універсальності й високій агрономічній цінності.

Метою дослідження було оцінити ефективність мікробіологічних препаратів Ризоактив і Псеудомонас (окремо та в суміші) при передпосівній обробці насіння сої сорту Титан щодо

формування активного симбіотичного потенціалу та рівня біологічної фіксації азоту. Дослідження проводили на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах. Сівбу здійснювали 2 травня 2025 р. сівалкою «Клен» із нормою висіву 600 тис. схожих насінин/га, міжряддя — 45 см. Насіння обробляли протруйником Максим XL, 1 л/т, а безпосередньо перед сівбою — мікробними препаратами згідно з варіантами дослідів.

Показники активного симбіотичного потенціалу сої істотно залежали від варіанту передпосівної обробки насіння. Максимальні значення отримано при сумісному застосуванні Ризоактив, 2 л/т + Псеудомонас, 2 л/т — 23,3 тис. кг·днів/га за вегетаційний період, що на 9,7 тис. кг·днів/га більше від контролю. Окреме застосування Ризоактиву забезпечило 19,0 тис. кг·днів/га, Псеудомонасу — 16,6 тис. кг·днів/га, що перевищує контроль (13,6 тис. кг·днів/га) відповідно на 39,7 % і 22,1 %.

Кількість симбіотично фіксованого азоту коливалася від 69,8 кг/га (контроль) до 126,6 кг/га при сумісній обробці двома препаратами. Це свідчить про високу біологічну активність інтродукованих штамів та їхню синергічну дію.

Передпосівна обробка насіння мікробними препаратами суттєво підвищує активність симбіозу сої з бульбочковими бактеріями. Найвищі показники симбіотичного потенціалу та фіксації азоту забезпечує комбіноване застосування Ризоактиву та Псеудомонасу. Отримані результати свідчать про доцільність використання біологічних препаратів при вирощуванні сої сорту Титан для оптимізації азотного живлення та підвищення врожайності.

**ВПЛИВ ДРІЖДЖОВОГО ІНДУКТОРА ТА
ПОПЕРЕДНИКІВ БІОСИНТЕЗУ ФІТОГОРМОНІВ
НА АНТИМІКРОБНУ ЩОДО ФІТОПАТОГЕННИХ
БАКТЕРІЙ АКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВО-
АКТИВНИХ РЕЧОВИН *RHODOCOCCLUS*
ERYTHROPOLIS ІМВ Ас-5017**

А. М. Охмакевич¹, Т. П. Пирог^{1,2}

¹Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68; м. Київ, 01033, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного
НАН України
вул. Академіка Заболотного, 154; м. Київ, 03143, Україна
e-mail: anastasia01.roza@gmail.com

Вступ. Серйозною проблемою сьогодення є використання в сільському господарстві хімічних пестицидів, які характеризуються токсичністю, спричиняють забруднення екосистем і кризи біорізноманіття (San Juan et al., 2023). Як сучасну альтернативу розглядають поверхнево-активні речовини (ПАР) мікробного походження завдяки їхній антимікробній активності у поєднанні з легкою біодеградабельністю та відсутністю токсичності (Ashby et al., 2020; Lakatos et al., 2022; et al., 2022). Показано, що поверхнево-активним речовинам *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованим за наявності попередників біосинтезу ауксинів (триптофан) та гіберелінів (еритритол), притаманна антимікробна активність щодо фітопатогенних бактерій (Pirog et al., 2025; Pirog et al., 2024). Встановлено, що антимікробну активність поверхнево-активних речовин штаму ІМВ Ас-5017 щодо умовних патогенів можна суттєво підвищити внесенням у середовище культивування продуцента ПАР дріжджів

Saccharomyces cerevisiae БТМ-1 у різному фізіологічному стані (Okhmakevych et al., 2025).

Мета дослідження. Визначення антимікробної активності поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованих за наявності інактивованих клітин *S. cerevisiae* БТМ-1 як індуктора й попередників біосинтезу фітогормонів.

Матеріали і методи. Культивування *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 здійснювали в рідкому середовищі з етанолом 2 % (об'ємна частка), триптофаном (300 мг/л) і еритритолом (400 мг/л). Як індуктор використовували термічно інактивовані клітини *S. cerevisiae* БТМ-1. Концентрацію позаклітинних поверхнево-активних речовин визначали ваговим методом після екстракції модифікованою сумішшю Фолча. Антимікробну активність ПАР аналізували за показником мінімальної інгібувальної концентрації. Як тест-культури під час визначення біологічної активності ПАР використовували штами бактерій *Xanthomonas vesicatoria* 9098 та *Pectobacterium carotovorum* 8982 з колекції живих культур відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України.

Результати. Встановлено, що поверхнево-активні речовини *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезовані у етанольмісному середовищі з триптофаном та еритритолом за наявності *S. cerevisiae* БТМ-1, характеризувалися вищою антимікробною активністю щодо досліджуваних фітопатогенних бактерій, як порівняти з ПАР, одержаними під час культивування продуцента в середовищі з попередниками біосинтезу фітогормонів, але без індуктора.

Так, внесення в середовище як дріжджових клітин, так і обох попередників біосинтезу фітогормонів супроводжувалося синтезом ПАР, мінімальні інгібувальні концентрації яких щодо тест-культур фітопатогенів *X. vesicatoria* 9098 та *P. carotovorum* 8982 були відповідно у 2,7 і 5,6 рази нижчими, ніж встановлені для поверхнево-активних речовин, утворених без біологічного індуктора (0,18–0,70 та 0,49–3,91 мкг/мл відповідно).

Висновки. У підсумку проведеної роботи встановлено можливість суттєвого підвищення антимікробної активності щодо фітопатогенних бактерій поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 внесенням у середовище інактивованих клітин дріжджового індуктора й попередників біосинтезу фітогормонів ауксинової і гібереліної природи.

УДК 579.64/633.1:633.4: 631.8

ВЕРТИКАЛЬНА МІГРАЦІЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ДІЇ ДОБРІВ І МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ

М. М. Пархоменко^{1,2}

¹*Національний університет «Чернігівська політехніка»
вул. Шевченка, 95; м. Чернігів, 14030, Україна*

²*Інститут сільськогосподарської мікробіології
та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14030, Україна
e-mail: miroslav.parkhomenko@gmail.com*

Протягом 2016–2020 рр. у лізіметрах досліджували вертикальну міграцію біогенних елементів за межі кореневмісного шару ґрунту залежно від систем удобрення та мікробних препаратів. За конструкцією лізіметри — бетонні, насипного типу, заповнені дерново-підзолистим ґрунтом послідовно, починаючи з материнської породи з урахуванням потужності генетичного горизонту. Посівна площа кожної лізіметричної чарунки — 3,8 м², повторність — чотириразова. Шар ґрунту однієї чарунки — 155 см.

Вміст біогенних елементів у лізіметричних водах визначали: NO₃⁻ — дисульфофеноловим методом, P₂O₅ — з аскорбіно-

вою кислотою фотоелектроколориметрично, K_2O — методом полуменевої фотометрії, Ca та Mg — трилонометричним методом.

У дослідженнях моделювали зерно-картопляну короткоротаційну сівозміну (картопля → овес → люпин вузьколистий → жито озиме) за дотримання двох фонів: I — без інокуляції та II — з інокуляцією. Підбір мікробних препаратів для інокуляції насіння проведено залежно від культури сівозміни згідно з рекомендаціями щодо їхнього застосування. Середня сівозмінна норма внесення мінеральних добрив — $N_{60}P_{50}K_{60}$, органічних (гній) — 10 т/га. На фоні інокуляції норми технічного фосфору й азоту зменшували на 20 кг/га в діючій речовині. Як сидеральні культури вирощували люпин вузьколистий і жито озиме.

Втрати азоту з лізіметричними водами відбувалися здебільшого у вигляді нітратів. Максимальна концентрація нітратного азоту відзначена за органічної (гній, 20 т/га) та традиційної (гній, 10 т/га + $N_{60}P_{50}K_{60}$) систем удобрення, і, відповідно, становила 40,4 і 41,0 кг/га на фоні без інокуляції та 37,8 і 37,3 кг/га за інокуляції. За втратами нітратного азоту на рівні контролю (по 25,3 та 20,8 кг/га) були варіанти з альтернативними системами удобрення (табл.).

Встановлено істотну зміну концентрації кальцію в інфільтраті залежно від систем удобрення. За традиційною системою удобрення втрати кальцію були найбільшими — 93,1 кг/га на фоні без інокуляції та 87,2 кг/га за інокуляції насіння. Найнижчі втрати кальцію відзначено за альтернативних систем удобрення, особливо за сидерально-мінеральної — 33,7–33,3 кг/га на фоні інокуляції та 39,0–39,4 кг/га на фоні без інокуляції проти 87,2 та 93,1 кг/га відповідно до фонів за традиційною системою. Подібну закономірність встановлено щодо міграції фосфору й калію за межі кореневмісного шару ґрунту.

Отже, максимальне насичення сівозміни сидеральними добривами зменшує втрати вологи, водорозчинної органічної речовини та біогенних елементів, як порівняти з традиційною системою удобрення.

Таблиця. Втрати водорозчинної органічної речовини та біогенних елементів за різних агро-технічних заходів (середнє за 2016–2020 рр.)

Варіанти	NO ₃ ⁻ , кг/га		P ₂ O ₅ , кг/га		K ₂ O, кг/га		CaO, кг/га		MgO, кг/га		Водорозчинна органічна речовина, кг/га	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Контроль (без добрив)	25,3	20,8	2,8	3,1	3,6	3,2	50,3	46,3	16,1	13,9	13,2	11,7
N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	32,7	28,7	4,5	3,9	3,9	3,4	68,5	61,9	21,9	20,5	20,1	19,8
Сидерат (люпин) + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	24,5	21,4	2,7	2,3	4,2	3,8	39,4	33,3	16,3	14,5	11,6	11,4
Сидерат (жито) + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	22,7	19,9	2,5	2,1	4,2	3,6	39,0	33,7	16,6	14,7	11,8	11,2
Гній, 10 т/га + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	41,0	37,3	4,9	4,5	5,7	5,4	93,1	87,2	22,1	19,7	22,7	22,1
Сидерат (люпин) + гній, 10 т/га + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	33,7	29,4	3,5	3,1	4,3	3,9	63,9	59,0	16,8	15,1	13,0	12,2
Гній, 20 т/га	40,4	37,8	4,6	4,5	5,5	5,4	84,1	80,4	23,3	21,0	23,1	22,6

I — без інокуляції; II — за використання мікробних препаратів.

**INFLUENCE OF *NOCARDIA VACCINII* IMV B-7405,
ACINETOBACTER CALCOACETICUS IMV B-7241 AND
RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS IMV Ac-5017
EXOMETABOLITES ON THE HARVEST OF TOMATO,
PEPPER AND BARLEY**

T. P. Pirog^{1,2}, T. A. Shevchuk², N. O. Leonova²

*¹National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Str.; Kyiv, 01033, Ukraine*

*²D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology,
NAS of Ukraine
154 Akademika Zabolotnoho Str., Kyiv, 03143, Ukraine
e-mail: tapirog@nuft.edu.ua*

It was previously established that *Nocardia vaccinii* IMV B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 synthesize surfactants with antimicrobial activity against phytopathogenic bacteria and a complex of stimulating phytohormones. In this study, it was found that the treatment of tomatoes, peppers and barley with supernatant and phytohormonal extracts of IMV B-7405, IMV B-7241 and IMV Ac-5017 strains was accompanied by stimulation of plant growth and development. In the case of barley seeds treatment with 30-fold diluted supernatants of the culture liquid all strains, the harvest increased by 60–83 %, respectively, compared to treatment of seeds with water. After treatment of the root system of tomato seedlings with phytohormonal extracts of *N. vaccinii* IMV B-7405 (1:10000), *A. calcoaceticus* IMV B-7241 (1:3000) and *R. erythropolis* IMV Ac-5017 (1:1000) we observed an increase in the total weight of vegetables by 70 %, 145 % and 77 %, respectively, compared to water treatment. When treating the root system of pepper seedlings with solutions of phytohormonal extracts of the same concentration, the harvest was

12–77 % higher than after treatment with water. The positive effect of metabolites on the harvest of agricultural plants is the basis for the development of an integrated technology for the production of microbial preparations with growth-stimulating properties and anti-microbial against phytopathogens activity for use in crop production.

УДК 58.084+577.175.1+581.2+579.234

**ВПЛИВ ЛІПОПОЛІСАХАРИДІВ, ВИДІЛЕНИХ
ІЗ САПРОФІТНИХ ШТАМІВ БАКТЕРІЙ
PSEUDOMONAS AERUGINOSA, НА СТІЙКІСТЬ
ПРОРОСТКІВ АРАБІДОПСИСУ ДО
ФІТОПАТОГЕННОГО ШТАМУ
P. AERUGINOSA IMB 9096**

**Ю. В. Шиліна¹, І. В. Жук¹, О. С. Моложава²,
Ю. І. Шевченко³, С. В. Літвінов¹**

¹*Інститут клітинної біології та генетичної
інженерії НАН України
вул. Заболотного, 148; м. Київ, 03143, Україна*

²*ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського
національного університету імені Тараса Шевченка
просп. Академіка Глушкова, 2; м. Київ, 03022, Україна*

³*Syngenta AG
67 Rosentalstr; Basel, 4058, Switzerland
e-mail: j.shilina@gmail.com*

Актуальна потреба пошуку нових імуномодуляторів для захисту рослин стимулює розробку препаратів мікробного походження. Хоча вже показано підвищення стійкості рослин до інфікування фітопатогенами після обробки ЛПС (ліпополісахари-

дами, що є компонентами зовнішньої мембрани грамнегативних бактерій і маркерами їхньої патогенності) (Newman et al., 2013, Piater et al., 2004), однак все ще недостатньо досліджено проблему безпеки використання сапрофітних штамів як джерела ЛПС. Тому метою цієї роботи було дослідити вплив ЛПС, виділених із різних штамів сапрофітних штамів бактерії *Pseudomonas aeruginosa*, на стійкість проростків *A. thaliana* до фітопатогенного штаму *P. aeruginosa*.

Об'єктом досліджень були насіння та проростки *Arabidopsis thaliana* дикого типу (*Col-0*), мутанта *jin1* з порушеним жасмонатним сигналігом, трансгенних рослин *NahG*, які експресують бактеріальний ген саліцилатгідролази *NahG*, та мутанта *npr1*, що не експресує PR-білки.

Насіння стерилізували (96 % етанол : 3 % H_2O_2 = 1 : 1) протягом 10 хв, стратифікували в холодильнику (2–4 °C, 3–5 діб), пророщували в чашках Петрі на водному 1 %-му агарі. Після стратифікації насіння обробляли ЛПС, виділеним із сапрофітних штамів бактерій *Pseudomonas aeruginosa* IMB 8614, *P. aeruginosa* IMB 8615 та *P. aeruginosa* IMB 8616 (ЛПС 8614, ЛПС 8615, ЛПС 8616) шляхом м'якої екстракції 0,85 %-м розчином хлориду натрію.

Обробку проводили шляхом замочування насіння протягом 24 год. у розчині ЛПС (100 мкг/мл). На 4-ту добу пророщування проростки інокулювали суспензією бактерій фітопатогенного штаму *P. aeruginosa* IMB 9096. Визначали проростання насіння (4-та доба), приріст коренів (4–10-та доба) та ураженість проростків (10-та доба).

Встановлено, що обробка насіння арабідопсису ЛПС 8614 підвищувала стійкість проростків до інфікування фітопатогенними бактеріями *P. aeruginosa* IMB 9096 всіх генотипів. Найбільш виражений захисний ефект був у мутанта *jin1*. Захисний ефект продемонстровано також у *jin1* при обробці ЛПС 8615. Проростки *NahG* та *npr1* ЛПС 8615 навпаки сенсibiliзував,

особливо у *NahG*. Обробка ЛПС 8616 знижувала сприйнятливість до інфекції у всіх чотирьох генотипів *A. thaliana*.

Відомо, що між СК- та ЖК-сигнальними системами існує взаємодія, яка може проявлятися через зворотні антагоністичні, адитивні й синергічні ефекти, має адаптивне значення, і є дані щодо впливу ЛПС на індуковану системну стійкість, залежну від ЖК-сигнальної системи (Newman et al., 2007) та індукцію СК-залежної системної стійкості (Mishina et al., 2007).

Прояв захисного ефекту ЛПС у мутанта *jin1* дозволяє зробити припущення, що ЛПС може модифікувати роботу регуляторних механізмів рослин шляхом компенсації дефекту жасмонатної системи за рахунок активації інших компонентів сигнальних мереж, зокрема саліцилатної системи. Можна припустити, що зумовлене обробкою ЛПС зростання чутливості до інфікування у рослин дикого типу може бути проявом патогенності як дисбалансу у функціонуванні сигнальних систем.

Результати наших досліджень свідчать, що дефект саліцилатної ланки є критичним при взаємодії рослин арабідопсису з ЛПС. Наявність захисного ефекту у *jin1* і його відсутність у *npr1* генотипів при обробці ЛПС 8615 вказує на те, що взаємодія жасмонатної та саліцилатної сигнальних систем може здійснюватися не тільки за участю білка-регулятора *Npr1*, а й через інші опосередковані шляхи сигнальної регуляції.

Отже, вплив ЛПС, виділеного з різних штамів сапрофітних бактерій *P. aeruginosa*, може як підвищувати, так і знижувати стійкість рослин до бактеріального ураження. Ефект ЛПС як імунокоректорів залежить від штаму бактерій та ефективності функціонування у рослин саліцилатної і жасмонатної сигнальних систем.

Оскільки саліцилатна і жасмонатна сигнальні системи є мішенями впливу для біотичних еліситорів та інших імуномодуляторів, стимуляторів і засобів захисту рослин, розробка препаратів із бактеріальним ЛПС має супроводжуватись увагою не лише до патогенності штамів бактерій, а й до генетичних

особливостей сортів і видів рослин і передбачати можливості комплексного підходу до обробок рослин задля підвищення ефективності й харчової та екологічної безпеки.

Отже, одержані дані доцільно враховувати при розробці препаратів для індукування системної стійкості у рослин та рекомендацій щодо їх використання.

УДК 631.452:631.147

ЕКОЛОГІЧНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

М. В. Якимович¹, О. В. Тертична^{1,2}, В. О. Пінчук¹

*¹Інститут агроекології і природокористування НААН
вул. Метрологічна, 12; м. Київ, 03143, Україна*

*²Інститут сільськогосподарської мікробіології
та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14030, Україна
e-mail: m.yakimovich13@gmail.com*

Використання органічних добрив у вирощуванні сільськогосподарських культур має значний вплив на якість продукції і позитивну дію та післядію на ґрунт. Проблемою є дефіцит таких добрив у достатній кількості та якості. Використання лише мінеральних добрив призводить до накопиченню їх у надлишкових кількостях у ґрунті. Потенціал родючості знижується, що в майбутньому призведе до більш негативних наслідків деградації ґрунтів. Альтернативною перспективою є використання біотехнологічних рішень у переробці органічних відходів і побічної продукції тваринництва в цінне органічне добриво — компост. Якісно дотримана технологія компостування, збагачення отриманого органічного добрива агрономічно-цінними

мікроорганізмами є екобезпечним підходом, що має позитивний вплив на органічну речовину й біоту ґрунту, підвищує потенціал його родючості та є актуальним і перспективним у сьогоденні реаліях (Слободяник та ін., 2015).

Втрати вуглецю ґрунту, дефіцит вологи й органічної речовини з роками збільшуються. З початком повномасштабної війни, розширення зон бойових дій в Україні мають руйнівний вплив на екологічний стан довкілля. Фінансові збитки, порушені шляхи збуту агропродукції, відсутність і дефіцит коштів, щоразу вищі ціни на мінеральні добрива спонукають аграріїв до пошуку альтернативних шляхів компенсації їх за рахунок органічних добрив. Біокомпостування побічної продукції тваринництва дає змогу перетворити наявний ресурс у цінне органічне добриво й знизити екологічне навантаження. Такий екобезпечний підхід зменшує викиди парникових газів і має позитивний вплив на відновлення біоти ґрунтів, є актуальним і перспективним (Якимович та ін., 2025).

Використання біопрепаратів має позитивний вплив як на мікробіом ґрунту загалом, так і векторно на культуру в сівозміні. З'ясовано особливості впливу біопрепаратів, створених на основі бактерій: *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter* та *Enterococcus*, на основні фізіологічні групи ґрунтових мікроорганізмів за вирощування рослин. Нині у виробничих умовах господарств інтенсивно проходять дослідження із застосування біопрепаратів для переробки, знезараження й збагачення побічної продукції рослинництва, тваринництва та переробної галузі, вивчення їхнього впливу на якість урожаю, кількісні показники й на біорізноманіття ґрунту (Волкогон та ін., 2015).

Отже, біотехнологія переробки побічних продуктів є ефективним і екологічно стійким способом утилізації, що має потенціал для значного зменшення негативного впливу на довкілля. Проте для досягнення максимальних переваг необхідно враховувати можливі ризики та впроваджувати ефективні технологічні рішення. Отримані результати свідчать, що перевагою

виробництва біокомпосту з гною є зменшення використання мінеральних добрив, завдяки комбінуванню їх з органічними або повний перехід на органічне виробництво. Також позитивним наслідком є скорочення площ гноєсховищ і зменшення впливу на ґрунти. Важливими для агроєкосистем є скорочення викидів парникових газів, за рахунок контрольованості процесу компостування (Ribeiro et al., 2017), заселення ґрунту корисною мікрофлорою, яка міститься у компості, зменшення забруднення ґрунту та підземних вод нітратним азотом.

МІКРОБНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

УДК 577.15:577.152.3

КЕРАТИНАЗА *BACILLUS MEGATERIUM* УКМ В-5710 ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ РОЗЩЕПЛЕННЯ ПІР'Я

К. В. Авдіюк, Л. Д. Варбанець

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного
НАН України*

*вул. Академіка Заболотного, 154; м. Київ, 03143, Україна
e-mail: avdikat@i.ua*

У сучасному світі інтенсивний розвиток птахівництва, зокрема виробництво курячого м'яса, супроводжується утворенням великої кількості відходів, значну частину яких становить пір'я. Щорічно у світі накопичуються мільйони тонн пір'я, яке найчастіше утилізують шляхом захоронення на звалищах, спалювання або хімічної переробки (лужного та кислотного гідролізу). Однак усі ці методи мають суттєві недоліки.

Під час поступового розкладання пір'я на звалищах у навколишнє середовище виділяються токсичні гази, зокрема аміак і сірководень, а також утворюються шкідливі сполуки, що можуть забруднювати ґрунтові води. Спалювання зі свого боку супроводжується викидами діоксинів, фуранів, оксидів азоту, діоксиду сірки та вуглекислого газу, які не лише погіршують якість повітря та впливають на зміну клімату, а й становлять загрозу для здоров'я людей. Крім того, відходи пір'я можуть бути сприятливим середовищем для підтримки життєдіяльності патогенних мікроорганізмів.

Альтернативним методом утилізації пір'я є його розщеплення кератинолітичними мікроорганізмами, що здатні синтезувати специфічні ферменти — кератинази. Такий підхід є ефективним, екологічно безпечним й економічно вигідним. А отримані гідролізати пір'я можуть застосовуватися як органічні добрива, збагачені азотом та амінокислотами, що покращує ріст рослин. Крім того, вони можуть слугувати джерелом білка в кормах для тварин. Тому метою цієї роботи був пошук високоєфективного продуцента кератинази, здатного ефективно розкласти пір'я.

У результаті скринінгу, проведеного серед 20 штамів бактерій роду *Bacillus*, відібрана культура *B. megaterium* УКМ В-5710, яка продемонструвала найвищу кератиназну активність при вирощуванні на рідкому живильному середовищі із додаванням білого курячого пір'я як єдиного джерела вуглецю і азоту. Показано, що синтез кератинази культурою *B. megaterium* УКМ В-5710 розпочинався з 6-ї години культивування, а рівень білка, протеолітичної активності та вміст амінокислот зростали протягом усього періоду росту культури.

Шляхом підбору оптимальних умов і параметрів культивування (температура 42 °С, вихідне значення рН живильного середовища 10.0, швидкість перемішування 212 об./хв., кількість посівного матеріалу в об'ємі 15 %, 0,5 % — соєве борошно як додаткове джерело вуглецю і азоту) вдалося підвищити рівень кератиназної активності продуцента *B. megaterium* УКМ В-5710 у 4 рази.

Вивчення субстратної специфічності *B. megaterium* УКМ В-5710 з використанням пір'я різного походження (куряче, індиче, папуже) та кольорів показало, що досліджена культура найбільш ефективно розкладала біле куряче та індиче пір'я, ступінь гідролізу яких складав 66 % і 60 % відповідно, трохи повільніше — чорне куряче (43 %) та синє папуже пір'я (39 %). Дослідження впливу кольору пір'я на його стійкість до розкла-

дання засвідчило, що чорне, синє та червоне пір'я є більш стійким та розкладається приблизно вдвічі довше, ніж біле.

Отже, культура *B. megaterium* УКМ В-5710 продемонструвала високий потенціал щодо розщеплення різних видів пір'я. Отримані результати свідчать про можливість використання *B. megaterium* УКМ В-5710 для екологічно безпечної переробки відходів птахівництва з перспективою їх подальшого застосування в аграрному секторі.

УДК [615.32:579.22]:606:63

РОЛЬ МІКРОБІОТИ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН В АГРОБІОТЕХНОЛОГІЯХ

Т. В. Булигіна^{1,2}, О. С. Броварська², Л. Д. Варбанець²

¹ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка
просп. Академіка Глушкова, 2; м. Київ, 03022, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного
НАН України
вул. Академіка Заболотного, 154; м. Київ, 03143, Україна
e-mail: bulyginatv@knu.ua

Лікарські рослини є цінним джерелом біологічно активних сполук і широко використовуються в медицині та фармакології. Проте їхня безпечність та ефективність значною мірою залежать від мікробіологічної чистоти сировини, яка формується під впливом умов зростання й зберігання. Мікробіота лікарських рослин може не лише впливати на якість фітопрепаратів, але й бути джерелом потенційно небезпечних мікроорганізмів. Тому дослідження складу мікробних угруповань і властивостей їхніх компонентів є актуальним як для фармакогнозії, так

і для оцінки безпечності рослинної сировини. **Метою** роботи було дослідити мікробіоту лікарських рослин, вирощених за різних екологічних умов, та охарактеризувати властивості ліпополісахариду (ЛПС), ізольованого з одного зі штамів *Escherichia coli*.

Матеріали та методи. Об'єктами дослідження були *Hyperricum perforatum* L., *Trifolium pratense* L., *Plantago major* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Cichorium intybus* L., зібрані поблизу аеродромів «Жуляни» (м. Київ) та «Ніжин» (Чернігівська обл.). Контролем слугували аптечні лікарські трави. Виділення мікроорганізмів проводили на селективних середовищах (Cetrimide agar, MacConkey agar, XLD agar). ЛПС штаму *Escherichia coli* 43 (ізольованого зі звіробою) екстрагували фенольно-водним методом Вестфалія-Янна з подальшою хімічною та біологічною характеристикою.

Результати. З лікарських рослин виділено 35 ізолятів мікроорганізмів, серед яких були *Pseudomonas aeruginosa* та *E. coli*. Найбільший рівень мікробного забруднення виявлено в конюшині, цикорії та кульбабі, виділених із територій поблизу аеродромів. Ізольований із *E. coli* 43 ЛПС містив 39,8 % вуглеводів, представлених манозою (30,6 %), галактозою (36,4 %), глюкозою (24,1 %), гептозою (4,3 %) та фукозою (2,0 %). У складі ЛПС виявлено такі жирні кислоти: 3-гідрокситетрадеканова (44,9 %), тетрадеканова (32,6 %) і додеканова (22,6 %). Як і більшість досліджених, ЛПС *E. coli* 43 виявився токсичним, але апірогенним. Гетерогенність ЛПС була доведена SDS-PAAG електрофорезом. ЛПС мав характерну S-форму, що містила низку О-специфічних полісахаридних ланцюгів, які відрізнялися молекулярними масами.

Висновки. Отримані результати свідчать, що екологічні умови зростання лікарських рослин істотно впливають на їхню мікробіоту й можуть зумовлювати появу потенційно патогенних мікроорганізмів. Виділений ЛПС *E. coli* 43, асоційованого з рослинною сировиною, характеризується токсичністю за від-

сутності пірогенної дії, що відрізняє його від ЛПС клінічних ізолятів. Це свідчить про важливість комплексної мікробіологічної оцінки лікарських трав і сприяє більш глибокому розумінню ролі бактеріальних компонентів, пов'язаних із рослинами.

УДК 631.67:633.15:631.147(477.7)

ЕФЕКТИВНІСТЬ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ОРГАНІЧНОЇ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

О. А. Гож, Ю. О. Лавриненко, Т. Ю. Марченко

*Інститут кліматично орієнтованого сільського
господарства НААН*

*вул. Маяцька дорога, 24; с-ще Хлібодарське, Одеський р-н,
Одеська обл., 67667, Україна*

e-mail: oleksandr.hozh@barbet.com.ua

Одним із радикальних заходів виробництва екологічно безпечної продукції є науково обґрунтоване застосування систем біологічного захисту рослин із використанням біофунгіцидів і біоінсектицидів проти шкідливих організмів за вирощування зернових і олійних культур (Жуйков, 2022). Біологічний метод захисту рослин є актуальним і одним із важливих інструментів переходу до органічного та екологічного землеробства України. Сам біологічний метод захисту рослин ґрунтується на використанні живих організмів проти шкідників, збудників хвороб.

Останніми роками товаровиробники південної частини України стикаються з серйозними викликами змін клімату, з кожним роком опадів стає менше, вони проходять протягом року нерівномірно, а температура повітря в літні місяці на поверхні ґрунту сягає +60 °С і більше, що зафіксовано в аномально спекотному 2024 році.

У 2024–2025 рр. в умовах Степу України проведено дослідження ефективності мікробіологічних препаратів для захисту від хвороб і шкідників у посівах кукурудзи. Досліджували біофунгіциди Фітохелп і Мікохелп та біоінсектицид Актоверм формула, створені на основі різних штамів мікроорганізмів. Відзначено позитивний вплив на ріст і розвиток рослин кукурудзи за рахунок захисту і боротьби з хворобами й шкідниками. Як наслідок, встановлено підвищення показників урожайності на усіх варіантах (табл.).

Таблиця. Вплив мікробіологічних препаратів на урожайність гібридів кукурудзи в умовах краплинного зрошення, середнє за 2024–2025 рр.

Варіанти	Гібрид Ініці, ФАО 360, т/га	Гібрид P0217AQ, ФАО 460, т/га
Контроль	12,08	12,54
Фітохелп, 2 л/га + Актоверм формула, 6 л/га	13,90	14,61
Мікохелп, 2л/га + Актоверм формула, 6 л/га	14,12	14,98
Фітохелп, 1 л/га + Мікохелп, 1 л/га + Актоверм формула, 6 л/га	14,96	15,58

Досліджувані препарати Фітохелп і Мікохелп мали різний вплив на показники урожайності. Найкращий результат урожайності зерна кукурудзи 14,96–15,58 т/га залежно від гібриду отримано за використання комбінованих обробок препаратами Фітохелп + Мікохелп із біоінсектицидом Актоверм формула. Найменший урожай зерна кукурудзи — 12,08 т/га — отримано на контрольних ділянках за вирощування середньостиглого гібриду Ініці, найвищий — 15,58 т/га — за комплексного застосування препаратів у гібриду P0217AQ. Встановлено ефективну прибавку врожаю від застосування мікробіологічних препаратів

на рівні 1,82–3,04 т/га або 15,07–24,24 %. Оброблені рослини кукурудзи мали мінімальні пошкодження шкідниками із відсутніми ознаками ураження хворобами, що особливо помітно позначилося на їхній продуктивності.

УДК 541.49:546.732/3:547.496.2

ВЛАСТИВОСТІ ПРОТЕАЗ *BACILLUS* SP. L9

О. В. Гудзенко, Л. Д. Варбанець

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного
НАН України*

вул. Академіка Заболотного, 154; м. Київ, 03143, Україна

e-mail: alena.gudzenko81@gmail.com

Останнім часом у зв'язку з широким використанням ферментів у різних сферах життєдіяльності людини актуальним є пошук продуцентів, здатних синтезувати ензими з новими властивостями. Одними з таких ферментів є мікробні протеази, які привертають увагу дослідників через їхній значний біотехнологічний потенціал поряд із низькою вартістю виробництва (Hernández-Martínez et al., 2011). На них припадає близько 60 % загального обсягу продажів ферментів у світі. Серед цих ензимів провідне місце займають протеази, здатні розщеплювати такі протеїни, як еластин, фібрин, фібриноген, колаген. Вони можуть бути використані для підвищення продуктивності тваринництва, покращення засвоєння кормів та якості м'яса. Протеази додають до кормів, щоб розщепити білки на більш прості пептиди й амінокислоти, які легше засвоюють тварини. Це важливо для молодих тварин, які мають не повністю розвинену травну систему, а також для тварин, що харчуються кормами з високим вмістом рослинних білків. Покращене засвоєння білків дозволяє зменшити витрати кормів і підвищити продуктив-

ність тваринництва. Протеази можуть бути використані для покращення текстури й смаку м'яса. Вони розщеплюють колаген та інші білки сполучної тканини, роблячи м'ясо більш ніжним і соковитим.

Раніше нами із сухої трави прибережної зони Кінбурнської коси було виділено низку штамів *Bacillus* sp., які можуть бути перспективними для подальших досліджень як продуценти протеаз із фібринолітичною та фібриногенолітичною активністю. Тому метою роботи було виділення, очистка та дослідження властивостей фібрин(оген)ази одного із цих штамів, а саме *Bacillus* sp. L9. Із супернатанту культуральної рідини *Bacillus* sp. L9 виділено ензимний препарат з фібрин(оген)олітичною активністю. Вихід ензима внаслідок очищення становив 1,8 %. Питома фібриногенолітична і фібринолітична активність складала 483 і 383 од./мг білка відповідно. Молекулярна маса очищеного ензиму складала близько 40 кДа. Під час дослідження впливу рН на швидкість гідролізу фібриногену встановлено, що оптимум дії фібриногенази *Bacillus* sp. L9 був за рН 8,0. Крім того показано, що очищений ензимний препарат *Bacillus* sp. L9 активний у діапазоні рН від 3,0 до 12,0. При значеннях рН 3,0 і 4,0 активність становила лише 25 % і 33 % відповідно. Тоді як за значень рН близьких до оптимального, а саме рН 9,0, 10,0, 7,0 і 6,0, — 96 %, 85 %, 82 %, 70 % відповідно. За рН 11,0 активність становила 63 %, а за рН 12,0 і 5,0 — 54 % і 52 % відповідно.

Ензимний препарат був активним у діапазоні значень температур від 4 до 70 °С. За температури 4 і 70 °С, фібриногенолітична активність становила лише 10 % і 20 % відповідно. Тоді як за 15 °С — 35 %, за 20 °С — 59 %, за 30 °С — 95 %. При збільшенні значень температур вище за оптимальні також відзначали досить високу активність. Так, за 50 °С вона становила 75 %, за 60 °С — 45 %. Тоді як за температури 70 °С фібриногенолітична активність складала лише 15 % від початкової, а за температури 80 °С ензим повністю інгібувався.

Відомо, що активність багатьох фібринолітичних ензимів залежить від присутності двовалентних іонів металів. Показано, що фібрин(оген)олітична активність *Bacillus* sp. L9 найбільше підвищувалася під впливом Ca^{2+} — на 91,2 %, дещо менше під дією Hg^{+} — на 29,2 %, а під впливом Li^{+} і Ni^{2+} — на 16 %. Тоді як найбільшу інгібуючу дію відзначали іонами Ag^{+} — на 65 %, Na^{+} — на 54 %, Zn^{2+} і NH_4^{+} — на 25 %, K^{+} і Mg^{2+} — на 21 %. Отже, показано, що протеаза *Bacillus* sp. L9 проявляє властивості, які є перспективними для впровадження у сільському господарстві.

УДК 620.3:63

ВАЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НАНОЧАСТОК МЕТАЛІВ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ

К. Е. Гусейнова, В. Ю. Потупа, І. М. Волошина

Київський національний університет

технологій та дизайну

вул. Мала Шияновська, 2; м. Київ, 01011, Україна

e-mail: wirn@ukr.net

Сільське господарство — один з найперспективніших секторів світової економіки, оскільки воно забезпечує їжею як людей, так і тварин, а також виробляє сировину для різних галузей промисловості. Проте зі швидким зростанням населення та погіршенням стану навколишнього середовища традиційне сільське господарство стикається з біотичними (віруси, бактерії, гриби, нематоди, паразитичні рослини, бур'яни й комахи) та абіотичними (солоність, посуха, спека, високий вміст легких та важких металів) стресовими факторами. Абіотичний стрес викликає морфологічні, фізіологічні, біохімічні й молекулярні зміни в рослинах. Ці зміни нерідко супроводжуються утворен-

ням активних форм кисню (АФК) і пошкодженням мембран, модифікацією метаболічних процесів і загальним пригніченням життєдіяльності рослин. Тим часом біотичний стрес призводить до змін у метаболізмі рослин і фізіологічних пошкоджень, що веде до зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Для підвищення стійкості й продуктивності рослин за умов стресових чинників активно застосовують різні підходи, включно з використанням нанометалів (NPs) (Ahmad, 2022; Ahmad, 2024). Застосування NPs дозволяє не тільки мінімізувати шкоду від впливу патогенів і несприятливих умов середовища, а й суттєво скоротити потребу в надмірному використанні хімічних добрив, які регулярно вносяться в ґрунт. Наночастки металів характеризуються низкою унікальних властивостей, зокрема таких як малий розмір із великою площею поверхні, більша стабільність, тривалий термін зберігання, контрольоване вивільнення активних компонентів, уповільнене розкладання та покращена розчинність у воді, які зумовлюють їхній високий потенціал для застосування в сільському господарстві. Крім того, вплив NPs на рослини може відрізнятися залежно від хімічного складу, розміру й морфології наночасток металів. За результатами аналізу літературних джерел встановлено, що для боротьби зі шкідниками й патогенами активно використовують такі наночастки металів, як Ag, Cu, Mg, Zn та Ti (Zhang, 2021). Наприклад, експерименти з вивчення бактеріальної активності показали, що CuNPs, навіть за низьких концентрацій, проявили високу ефективність проти бактерій *Xanthomonas axonopodis* pv. *punicae*, які є збудниками бактеріального опіку граната (Mondal, 2011).

Згідно з результатами кількох досліджень, активно застосовуються різні типи наночастинок металів, зокрема ZnO, TiO₂, Fe₂O₃, Si та Ce, які зменшують шкідливий вплив абіотичного стресу на такі види сільськогосподарських рослин, як картопля, ячмінь, люцерна, цукровий буряк, льон, кукурудза, рис тощо (Liu, 2021).

Отже, нанотехнології мають великий потенціал для покращення розвитку сільського господарства, захищаючи рослини від різних стресових факторів навколишнього середовища, покращуючи здоров'я рослин та підвищуючи врожайність. Інтеграція нанотехнологій у сучасне сільське господарство відкриває перспективи для зміцнення продовольчої безпеки й сталого розвитку аграрної сфери.

УДК 579.6

ВПЛИВ *BACILLUS* SP. НА НАСІННЯ ЯРОЇ ПШЕНИЦІ

О. Л. Зюзько¹, В. В. Шопінський¹, Л. М. Буценко^{1,2}

¹Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68; м. Київ, 01033, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного
НАН України
вул. Академіка Заболотного, 154; м. Київ, 03143, Україна
e-mail: l.m.butsenko@gmail.com

Бактерії, які належать до групи PGPR, мають великий потенціал, адже їх використання в рослинництві дозволяє скоротити використання пестицидів, хімічних добрив і стимуляторів росту рослин або повністю відмовитися від них.

Метою нашого дослідження було дослідити вплив штамів *Bacillus* sp. A3 та *Bacillus* sp. E12 на проростання насіння пшениці м'якої ярої (*Triticum aestivum* L.) сорту Печерянка. Штам *Bacillus* sp. A3 ізольовано з ґрунту в Київській області, штам *Bacillus* sp. E12 є ендofітним мікроорганізмом, що був ізольований із насіння сосни звичайної. У попередніх дослідженнях вказані штами продемонстрували високу антагоністичну активність щодо широкого кола фітопатогенних бактерій. Обидва

штами зберігаються у відділі фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України.

Насіння пшениці обробляли суспензією клітин бактерій, вирощених на середовищі Омелянського з глюкозою та на картопляному бульйоні. Концентрація клітин у культуральній рідині штамів *Bacillus* sp. A3 та *Bacillus* sp. E12 через 48 годин культивування за температури 25–27 °С на качалці 240 об./хв. становила 10⁹ КУО/мл. Для оброблення насіння використовували розведену 1:50 та 1:100 культуральну рідину. Попередньо продезинфіковане насіння пшениці ярої сорту Печерянка замочували в суспензії живих клітин відповідного штаму впродовж 30 хв. Після чого пророщували у вологій камері.

Згідно з одержаними даними, штами *Bacillus* sp. A3 та *Bacillus* sp. E12 не проявляють фітотоксичної дії на насіння пшениці сорту Печерянка. Вони не вплинули значним чином на схожість насіння, яка в контролі становила 90 %, а за оброблення насіння суспензією клітин штамів *Bacillus* sp. A3 та *Bacillus* sp. E12 — 87–99 %. Необхідно відзначити, що при проростанні насіння пшениці обробленого штамами *Bacillus* sp. A3 та *Bacillus* sp. E12 не було відзначено жодного випадку ураження насінин мікроміцетами, що, на нашу думку, підтверджує високу антагоністичну активність досліджуваних штамів.

Середня висота двотижневих пагонів пшениці сорту Печерянка у контролі становила 6–6,5 см. При обробленні насіння пшениці суспензією клітин *Bacillus* sp. A3, вирощених на середовищі Омелянського з глюкозою, розведеною у 50 разів, висота пагонів становила 10,3–10,8 см (що перевищує контроль на 60 %). За використання для обробки насіння пшениці суспензії клітин *Bacillus* sp. A3 у розведенні 1:100 довжина пагонів збільшувалася на 6–10 % проти контролю. Обробка насіння пшениці суспензією клітин *Bacillus* sp. A3, вирощених на картопляному бульйоні (КБ), значно менше вплинула на ріст пагонів.

За оброблення насіння пшениці суспензією клітин *Bacillus* sp. A3, вирощених на КБ, розведеною у 50 разів, висота пагонів становила 7,1–7,2 см (що перевищує контроль на 10–12 %). Отже, нами встановлено рістстимулювальну активність ізольованого з ґрунту штаму *Bacillus* sp. A3. Така активність залежала від середовища, на якому здійснювали культивування. Штам *Bacillus* sp. E12 виявив слабший стимулювальний ефект. Обробка насіння пшениці сорту Печерянка суспензією клітин *Bacillus* sp. E12, вирощених на середовищі Омелянського, збільшила висоту пагонів на 5 % проти контролю.

Отже, штами *Bacillus* sp. A3 та *Bacillus* sp. E12 перспективні для подальших досліджень та розроблення препаратів для рослинництва.

**PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF
POLYHYDROXYALKANOATES SYNTHESIZED
BY *BACILLUS TOYONENSIS* 5W2 AND GENETIC
ORGANIZATION OF ITS PHA-BIOSYNTHETIC
CLUSTER**

**A. Kharchuk¹, M. Kharkhota¹, M. Kharchuk¹, O. Kisten¹,
S. Rogalsky², O. Tarasyuk², L. Avdieieva¹**

*¹D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology,
NAS of Ukraine*

154 Akademika Zabolotnoho Str., Kyiv, 03143, Ukraine

*²V. P. Kukhar Institute of Bioorganic Chemistry and
Petrochemistry, NAS of Ukraine*

Academician Kukhar Str. 1; Kyiv, 02094, Ukraine

e-mail: alinapoliakova212@gmail.com

Introduction. Large volumes of plastic trash have accumulated as a result of the widespread use of short-lived plastic items in agriculture, such as wires, nets, pots, and geotextiles. Biodegradable polyhydroxyalkanoates (PHAs) have drawn more attention for use in agriculture as a sustainable substitute. Their key advantage lies in their compostability, allowing bioplastic materials to be directly placed into the soil and degraded alongside organic matter. PHA-based agricultural products can also serve as drug-delivery systems with plant-growth promoting substances imbedded on their surfaces improving the growth and development indicators of industrially important plant crops, in particular, cotton, which is of critical importance for Ukraine and requires special growing conditions. Given these benefits, studying bacterial PHAs and the mechanisms governing their biosynthesis is essential for advancing their practical use in agriculture. **The aim** of this study was to study physicochemical

properties of PHAs synthesized by *Bacillus toyonensis* 5w2 and elucidate the genetic organization of its PHA biosynthetic cluster.

Materials and methods. FTIR spectra of PHA samples were obtained on a Vertex-70 Bruker spectrometer (Bruker, Germany) equipped with a DTGS (deuterated triglycine sulfate) detector. Polymer films were brought into contact with an ATR (abnormal total internal reflection) diamond crystal and a spectrum was obtained in the region of 400–4000 cm^{-1} . ^1H NMR spectra of PHA granules were recorded in CDCl_3 solution on a Varian Gemini-2000 (400 MHz) spectrometer (Varian, Inc., USA). The molecular weight of PHB was determined using an Ubbelohde glass capillary viscometer according to the standard procedure. Whole genome sequence of the strain *B. toyonensis* 5w2 was obtained using DNBSEQ PE150, BGI Genomics as a part of PRJNA1332261 BioProject. Genome mining was performed genome in *merlin* program to identify genes responsible for PHA synthesis. The orthologs of these genes were subjected to comparative analysis against known *pha* loci.

Results. According to the ^1H NMR data (400 MHz, CDCl_3), the signals at 5.25, 2.6, 2.47, and 1.26 ppm correspond to the structure of the polyhydroxybutyrate (PHB) monomeric unit. The IR spectrum of the sample showed characteristic absorption bands at 1720 cm^{-1} ($\text{C}=\text{O}$), 1180 and 1227 cm^{-1} ($\text{C}-\text{O}-\text{C}$), 2976 and 2932 cm^{-1} (CH_3 , CH_2), and a weak band at 3442 cm^{-1} indicating the presence of terminal hydroxyl groups. The intrinsic viscosity $[\eta]$ was determined to be 3.17, corresponding to a molecular weight of approximately 4.25×10^5 Da according to the Mark-Houwink-Kuhn equation. Differential scanning calorimetry (DSC) revealed two endothermic melting peaks at 160.2 and 174.3 $^\circ\text{C}$, while no glass transition temperature was observed. Thermogravimetric analysis showed that polymer degradation begins at 217 $^\circ\text{C}$, with the maximum rate of mass loss occurring at 252 $^\circ\text{C}$, indicating high thermal stability of the sample. Genome mining showed the presence of *pha* locus, containing MaoC family dehydratase (*phaJ* gene) PHA inclusion protein PhaP (*phaP* gene), transcriptional regulator (*phaQ*

gene), PHA synthase (*phaC* gene), PhaR subunit of PHA synthase (*phaR* gene), acetoacetyl-CoA reductase (*phaB* gene) genes, which is in accordance with previously described PHA-synthetic cluster of *Bacillus cereus* YB-4.

Conclusions. *B. toyonensis* 5w2 was shown to synthesize polyhydroxybutyrate (PHB) with structural and physicochemical characteristics typical of high-molecular-weight, thermally stable biopolymers. Spectroscopic and thermal analyses confirmed the polymer's purity, crystallinity, and stability, supporting its potential suitability for agricultural applications. The identified *pha* gene cluster demonstrated high similarity to the PHA-synthetic locus of *Bacillus cereus* YB-4, suggesting a conserved genetic organization underlying PHA biosynthesis in related *Bacillus* species.

Acknowledgements. This study was funded by the National Academy of Sciences of Ukraine, State registration number: 0125U000677.

УДК 579.64+632.9

**ЗАГАЛЬНИЙ ВМІСТ ХЛОРОФІЛІВ
І КАРОТИНОЇДІВ В ЕТАНОЛЬНИХ ЕКСТРАКТАХ
ПАГОНІВ ПШЕНИЦІ ПРИ ОБРОБЦІ
TRICHODERMA KONINGII 1515**

А. О. Матвієнко, Я. І. Савчук, С. О. Сирчін

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного
НАН України*

*вул. Академіка Заболотного, 154; м. Київ, 03143, Україна
e-mail: nastiamatvienko2@gmail.com*

Застосування хімічних пестицидів і добрив для боротьби з фітопатогенами можна замінити використанням антагоністичних мікроорганізмів, що стимулюють ріст рослин (Wang et al.,

2019). Біологічний контроль фітопатогенів привернув увагу наукової спільноти завдяки його безпечнішому використанню та екологічності у порівнянні з хімічними заходами контролю. Агенти біологічного контролю — це природні речовини або мікроорганізми, які пригнічують розвиток фітопатогенів, підвищують стійкість рослин до біотичних і абіотичних стресів, а також можуть опосередковано покращувати якісні показники врожаю. У цьому контексті мікробні агенти, серед яких особливе місце займають гриби роду *Trichoderma*, виконують подвійну роль — насамперед діють як ефективні антагоністи патогенних мікроорганізмів, а також проявляють властивості біостимуляторів росту (Andrzejak, Janowska, 2022; TariqJaveed, та ін., 2021).

Види *Trichoderma* є значно поширеними у природному середовищі, особливо у ґрунті та ризосфері пшениці, де вони утворюють тісні взаємозв'язки з рослиною-господарем. Завдяки продукції біологічно активних метаболітів, таких як гідролітичні ферменти, антибіотики, леткі органічні сполуки, регулятори росту, ці гриби здатні ефективно пригнічувати розвиток патогенів, активувати внутрішні механізми стійкості рослин, а також додатково стимулювати їхній ріст і розвиток. (Andrzejak et al., 2022). У випадку пшениці (*Triticum aestivum* L.) *Trichoderma* spp. сприяють підвищенню вмісту пігментів фотосинтетичного апарату, зокрема хлорофілу *a*, хлорофілу *b* та каротиноїдів. Це забезпечує посилене світлопоглинання, підвищення фотосинтетичної активності та, відповідно, інтенсифікацію ростових процесів.

Дослідження показали, що обробка пшениці *T. koningii* 1515 сприяє збільшенню біомаси пагонів і коренів, що відображається на загальній продуктивності культури. Водночас вміст хлорофілу *a* зріс на 52 %, хлорофілу *b* — на 34 %, а каротиноїдів — на 54 %, якщо порівняти з контролем. Механізм дії цих грибів може бути пов'язаний із синтезом індол-3-оцтової кислоти (IAA) та інших регуляторів росту, а також із підвищенням доступності поживних елементів у ґрунті. Крім того, активація

фотосинтетичних пігментів корелює з індукованою системною резистентністю, яка посилює адаптивний потенціал рослин у відповідь на стресові фактори (Metwally et al., 2020). За інфікування фітопатогенним грибом *Bipolaris sorokiniana* відбувається руйнування хлоропластів і зниження вмісту пігментів. При обробці рослин дослідженим штамом *T. koningii* з наступним інфікуванням фітопатогеном нами не спостерігались ознаки хвороби, а концентрації хлорофілу *a* і каротиноїдів зростали на 48 % та 30 % відповідно за рахунок активації системи резистентності та метаболічної активності рослини. При обробці пшениці в послідовності *B. sorokiniana* + *T. koningii* 1515 рівні хлорофілу *a* та каротиноїдів частково відновлювались (на 6 % та 5 % відповідно), але не перевищували показників, досягнутих при застосуванні лише *T. koningii* 1515. Каротиноїди демонструють тенденцію, подібно до хлорофілу *a*, що підкреслює їхню важливу роль у антиоксидантному захисті клітин рослини. Загалом, досліджений штам *Trichoderma* підвищує фотосинтетичну активність і стійкість пшениці до фітопатогенів.

Отже, отримані результати свідчать, що *T. koningii* 1515 сприяє підвищенню вмісту хлорофілу *a* і каротиноїдів, стабілізуючи фотосинтетичний апарат пшениці, тоді як *B. sorokiniana* викликає протилежний ефект і з часом призводить до деградації пігментної системи пшениці. Порядок застосування грибів виявився критично важливим: первинне внесення *T. koningii* 1515 забезпечує більш стійкі результати, тоді як за умов інфекції *B. sorokiniana* лише частково компенсується наступною дією біоконтролюючого гриба, що свідчить про його ефективність як профілактичного антифунгального агента.

ORGANIC CARBON OF AGROECOSYSTEMS AND THE EFFICIENCY OF DESTRUCTORS

**I. P. Movchan, E. D. Tkach, A. A. Bunas,
O. V. Sherstoboeva**

*Institute of Agroecology and Environmental Management, NAAS
12 Metrohichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine
e-mail: bio-206316@ukr.net*

Plant residues (straw) are a source of organic carbon for soil microorganisms, which include it in the biological cycle. Annually, the agricultural sector of Ukraine produces more than 50 million tons of grain, respectively, the same amount of straw. Modern microbiological preparations allow us to solve the problem of straw on organic residues in the field.

We determined the effectiveness of the use of bacterial (Polymix) and fungal destructors (MicoCell) in the conditions of the southern Forest-Steppe. Experimental scheme: 1. Control (treatment of straw with water). 2. Application of Urea. 3. Polymix 1 kg/ha + Urea. 4. MicoCel 1 kg/ha + Urea. 5. Polymix 0.5 kg/ha + MicoCel 0.5 kg/ha + Urea. The effectiveness of the destructors was determined in soil samples by cellulose-destructive activity and carbon dioxide emission using generally accepted microbiological methods.

The CO₂ emission for the control variant was 31.3 mg CO₂ / kg of soil. The cellulose-destructive activity of variant 2 was 15 %, 3 — 24 %, and variant 5 — 28 %. The highest level of cellulose-destructive activity of 37 % was noted in variant 4. For this variant, the carbon dioxide emission was at the level of 78.2 mg CO₂ / kg of soil, which is 2.5 times higher than the control and 1.8 times higher than in the variant where nitrogen fertilizer was used. Thus, studies of the effectiveness of destructors in the corn agroecosystem indicate a high level of cellulose-destructive activity of the soil and the prospects for the use of both bacterial (Polymix) and fungal (MicoCell)

destructors and combinations of these drugs when solving the issue of post-harvest residue utilization.

УДК 632.937

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПРЕПАРАТУ ПРОТИ ОСНОВНИХ ШКІДНИКІВ СЛИВИ

Н. В. Пиляк¹, І. В. Шевчук²

*¹Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН
Маяцька дорога, 26; с-ще Хлібодарське, Одеський р-н,
Одеська обл., 67667, Україна*

*²Інститут садівництва НААН
вул. Садова, 23; с. Новосілки (м. Київ), 03027, Україна
e-mail: nceb2017@gmail.com*

При вирощуванні рослинницької продукції аграрії віддають перевагу хімічному захисту, не замислюючись над тим, що це призводить до наростання в агроценозах загрозливих явищ, пов'язаних із забрудненням рослин, ґрунтів, води і продуктів харчування залишками хімічних пестицидів, зниженням резистентності шкідливих об'єктів до засобів захисту, порушенням стійкості екосистем через втрату частини біоти внаслідок дії хімічних препаратів. Альтернативою хімічному захисту рослин від хвороб і шкідників можуть бути біологічні препарати. Їх основа — живі мікроорганізми, які виділено з природи та/або їхні метаболіти, нешкідливі для навколишнього середовища, людей, теплокровних тварин і корисної фауни. Особливо перспективними є комплексні препарати, які поєднують властивості кількох біологічних агентів із різною специфікою дії (Бельченко та ін. 2022). Комплексні препарати мають переваги над засобами

захисту рослин, одержаних на основі монокультур, за рахунок синергічної взаємодії правильно підібраних продуцентів, які впливають на сумарний ефект комплексних препаратів. В ІТІ «Біотехніка» НААН зберігається Колекція промислово цінних культур мікроорганізмів для біологізації землеробства (Пиляк та ін., 2023). На основі колекційних культур створено, досліджено та впроваджено у виробництво комплексні препарати різної спрямованості дії.

Результатом наукових досліджень останніх років було створення комплексного препарату Діактаверм БТ для біологічного захисту рослин проти шкідників і хвороб. Діактаверм БТ — препарат на основі непатогенного ґрунтового променистого гриба *Streptomyces avermitilis*, який належить до ґрунтових актиноміцетів і здатний продукувати комплекс природних авермектинів з токсигенною дією, та бактерій *Pseudomonas aureofaciens*, які синтезують різноманітні за структурою антибіотичні речовини, зокрема похідні феназину.

Однією з найпоширеніших плодових кісточкових порід в Україні є слива, яка посідає провідне місце в сучасних інтенсивних насадженнях. Підвищення врожайності і якості плодів можливе при зниженні втрат, спричинених комплексом шкідливих організмів. Так, за сприятливих погодних умов збільшується шкідливість фітофагів (пильщика, плодожерки, товстоїжки, попелиць). Ці шкідники здатні знищити понад 90 % плодів (Шевчук, 2007).

Дослідження проводили протягом 2022–2024 рр. в насадженнях сливи сорту Стенлей Інституту садівництва НААН проти основних шкідників сливи: *Eurytoma schreineri* (товстоїжки сливової), *Sciaphobus squalidus* (довгоносики сірого брунькового), *Grapholita funebrana* (плодожерки сливової), *Hyalopterus pruni* (попелиці сливової обпиленої), *Hoplocampa minuta* (пильщика чорного сливового). Результати досліджень показали, що застосування комплексного препарату суттєво знижує чисельність основних шкідників сливи, а його ефективність

склала від 60,4 % до 85,9 % залежно від виду шкідника. Отримані результати досліджень свідчать про ефективність застосування комплексного мікробного препарату, основу якого складають представники мікроорганізмів із різним таксономічним статусом.

Отже, нині наука із захисту рослин має в своєму розпорядженні певний арсенал біологічних засобів, які без шкоди для довкілля можуть контролювати чисельність шкідливих організмів у біоценозах, що дає змогу отримувати високоякісну продукцію.

UDC 579.663

**EFFECT OF TRYPTOPHANE ON SYNTHESIS
OF CERTAIN EXOMETABOLITES BY BACTERIA
OF GENUS *ACINETOBACTER*, *NOCARDIA*,
RHODOCOCCLUS AND THEIR PROPERTIES**

T. P. Pirog^{1,2}, T. A. Shevchuk², N. O. Leonova²

*¹National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Str., Kyiv, 01033, Ukraine*

*²D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology,
NAS of Ukraine*

154 Akademika Zabolotnoho Str., Kyiv, 03143, Ukraine

e-mail: tapirog@nuft.edu.ua

The efficiency of integrated microbial biotechnologies for obtaining several practically valuable metabolites in one technological process is determined both by the maximum concentration of these substances and their properties. This is especially true of secondary metabolites, the composition and properties of which vary depending on the cultivation conditions of the producer. To research the

effect of tryptophan (a precursor of auxin biosynthesis) in the culture medium on synthesis of certain exometabolites by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 and their properties. *R. erythropolis* IMV Ac-5017, *A. calcoaceticus* IMV B-7241 and *N. vaccinii* IMV B-7405 were cultivated in a medium containing refined and waste sunflower oil, biodiesel waste or ethanol as a carbon source. The concentration of tryptophan in the medium was 300 mg/l. Surfactants were extracted from the supernatant of the cultural liquid with a modified Folch mixture. Phytohormones were isolated from the supernatant of the cultural liquid by sequential extraction with organic solvents after surfactants extraction. Thin layer chromatography was used for preliminary purification and concentration of phytohormones. Qualitative and quantitative determination of auxins was performed using high-performance liquid chromatography. The antimicrobial activity of surfactants was analyzed by the minimum inhibitory concentration. The activity of enzymes of surface-active glyco- and aminolipids biosynthesis (phosphoenolpyruvate synthetase, phosphoenolcarboxykinase, NADP⁺-dependent glutamate dehydrogenase) was determined spectrophotometrically during the oxidation of NADH or NADP. It was found that the presence of tryptophan in the culture medium of *R. erythropolis* IMV Ac-5017, *A. calcoaceticus* IMV B-7241 and *N. vaccinii* IMV B-7405 didn't effect on the synthesized surfactants amount, which was 1.80–1.90, 1.55–1.75 and 1.50–1.65 g/l, respectively. At the same time, cultivation *R. erythropolis* IMV Ac-5017, *A. calcoaceticus* IMV B-7241 and *N. vaccinii* IMV B-7405 in the media with tryptophan increased the amount of phytohormones; it was higher than the amount of phytohormones synthesized during cultivation without a precursor. The introduction of tryptophan into the culture medium of *N. vaccinii* IMV B-7405 and *R. erythropolis* IMV Ac-5017 was accompanied by the formation of surfactants. These compounds showed in 2–4 time's higher antimicrobial activity against the phytopathogenic bacteria (*Agrobacterium tumefaciens* 8628, *Pseudo-*

monas syringae 8511, *Xanthomonas vesicatoria* 9098, *Pectobacterium carotovorum* 8982, *Clavibacter michiganensis* 102 and *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* 140R) than compounds synthesized on a medium without a precursor. The antimicrobial activity of surfactants synthesized by *A. calcoaceticus* IMV B-7241 in the presence of tryptophan either didn't change compared to that for surfactants obtained without tryptophan, or increased slightly. Data on the activity of surfactant biosynthesis enzymes correlated with indicators of their antimicrobial activity. In the presence of tryptophan in the culture medium of *N. vaccinii* IMV B-7405 and *R. erythropolis* IMV Ac-5017 NADP⁺-dependent glutamate dehydrogenase activity in the cells of these strains (a key enzyme of aminolipids biosynthesis of responsible for antimicrobial activity) increased almost in 1.4 times compared to that on tryptophan-free medium. As the result of this work it was found that the presence of tryptophan in the culture medium of *R. erythropolis* IMV Ac-5017, *A. calcoaceticus* IMV B-7241 and *N. vaccinii* IMV B-7405 didn't affect the amount of surfactants. Antimicrobial activity surfactants against phytopathogenic bacteria either increased or remained unchanged compared to that established for surfactants synthesized without a precursor of auxin biosynthesis. The obtained data testify to the high efficiency of the potential use of surfactants complex preparations and phytohormones in crop production to stimulate the plants growth and biocontrol the phytopathogenic bacteria.

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНОЇ МОДИФІКАЦІЇ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА ВМІСТ ХЛОРОФІЛІВ У ЛИСТКАХ РОСЛИН КАРТОПЛІ

Т. С. Сасіна¹, В. В. Волкогон¹, Л. А. Шевченко^{1,2}

*¹Інститут сільськогосподарської мікробіології
та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14030, Україна*

*²Національний університет «Чернігівська політехніка»
вул. Шевченка, 95; м. Чернігів, 14030, Україна
e-mail: taniateri5@gmail.com*

Останнім часом у науковій літературі з'являється інформація щодо можливості біологічної модифікації мінеральних добрив за їх збагачення агрономічно корисними мікроорганізмами (Скрипка та ін., 2016; Ahmad et al., 2017). Дослідження в цьому напрямі поодинокі, проте їх автори відзначають позитивний ефект від застосування біомодифікованих добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур. Такі дослідження проводять в Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. Нами селекціоновано штамми бактерій роду *Bacillus*, які характеризуються низкою агрономічно корисних властивостей. У лабораторних та польових дослідах при вирощуванні картоплі перевірено ефективність збагаченого мінерального добрива азофоска зазначеними штамми. Встановлено позитивний вплив біомодифікованої азофоски, застосованої локально, на урожайність культури.

Також досліджено вплив біологічно модифікованих мінеральних добрив на вміст хлорофілів у листках картоплі. Як відомо, це важливий показник, від якого залежить інтенсивність фотосинтезу. Завдяки фотосинтезу здійснюється синтез органічної речовини за дії сонячної енергії та низки біохімічних пере-

творень на клітинному рівні. Це важливий процес, який впливає на майбутню урожайність сільськогосподарських культур. Близько 75 % органічної речовини рослинних організмів формується в результаті фотосинтезу шляхом фіксації вуглекислого газу. Зі свого боку біохімічні перетворення можливі лише за присутності хлорофілів. Від синтезу хлорофілів *a* і *b* та каротиноїдів залежить природний колір листків і його зміни впродовж вегетації. Молекули хлорофілів і каротиноїдів розташовуються поблизу одна від одної у скупченнях, таким чином максимізуючи захоплення світлової енергії. Забарвлення й фотосинтетична активність листків рослин залежить від кількості пігментів та їхнього співвідношення.

Дослідження показали, що за удобрення експериментальними добривами картоплі сорту Беллароза зростає уміст хлорофілу *b* у листках і сума хлорофілів (табл.).

Таблиця. Вміст хлорофілів у листках картоплі за дії біологічно модифікованих добрив (польовий дрібноділянковий дослід, фаза цвітіння)

Варіанти дослідів	Вміст хлорофілів, г/100 г		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	75,21 ± 0,52	43,57 ± 1,15	118,78 ± 0,27
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ + <i>B. amyloliquefaciens</i> B-22	76,03 ± 0,35	57,32 ± 1,20	133,35 ± 1,83
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ + <i>B. cereus</i> 3/7	73,49 ± 1,43	59,63 ± 3,08	133,12 ± 4,50
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ + <i>B. amyloliquefaciens</i> subsp. <i>plantarum</i> 5/13	73,17 ± 0,35	71,98 ± 4,41	145,15 ± 4,08

Отже, нами показано позитивний вплив біологічно модифікованої азофоски на вміст хлорофілу *b* у листках картоплі, що

підтверджує перспективність подальших досліджень зі збагачення мінеральних добрив агрономічно цінними мікроорганізмами.

УДК 547.1

ПОВЕДІНКА КОМПОЗИЦІЙНИХ БІОПОЛІМЕРНИХ ПЛІВКОУТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЗА ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВІВ

О. О. Струмінська, В. І. Вавриків

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

*вул. Карпатська, 15; м. Івано-Франківськ, 76019, Україна
e-mail: olena.struminska@nung.edu.ua*

Перспективним для розв'язання екологічних завдань є використання біополімерних композицій на основі ксантану та На-карбоксиметилцелюлози, які розглядаються як варіант матеріалів для передпосівної обробки насіння. Модифікація біополімерів є поширеним способом отримання покращених або нових функціональних полімерних матеріалів. Задля можливості введення додаткових функціональних груп у структуру молекул чи перегруповання наявної структури важливим є попереднє дослідження фізико-хімічних характеристик вихідних біополімерів. ДТА-аналіз сухих зразків ксантану (КСА), На-солі карбоксиметилцелюлози (На-КМЦ) здійснювався в інертній атмосфері (N_2) за швидкості розгортки $3\text{ }^\circ\text{C/хв}$. З огляду на графіки залежностей зміни маси зразка (ТГ, %), швидкості зміни маси зразка (ДТГ, %/хв.) та вихідних даних для визначення теплових ефектів процесів (ДТА, мВт/мг) від температури, визначено, що волога в обох зразках виділяється за $76\text{--}78\text{ }^\circ\text{C}$, про що свідчить

ендотермічний ефект в обох випадках. Вона складає до 8–10 % від усієї маси зразка. Даних про температуру плавлення цих біополімерів у літературних джерелах немає, очевидно, речовини, міняючи етап плавлення, починають дегідроксилюватися, руйнується й карбоновий скелет. Проте, можливо,

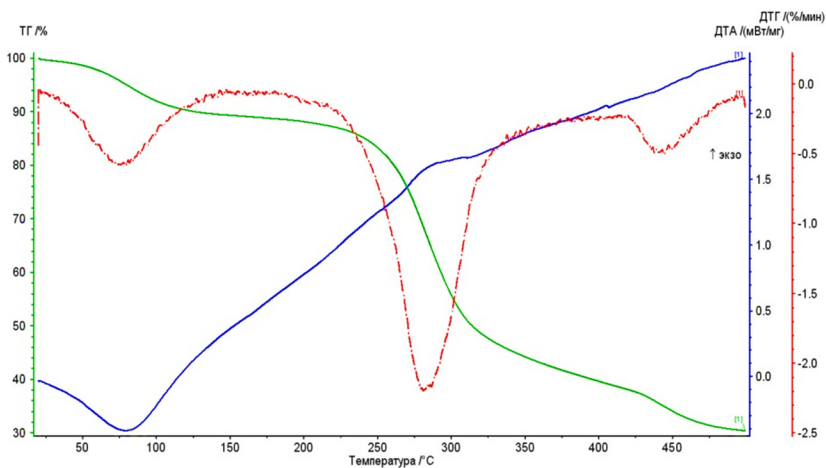


Рисунок 1. Криві ТГ, ДТГ та ДТА зразка ксантанової смоли.

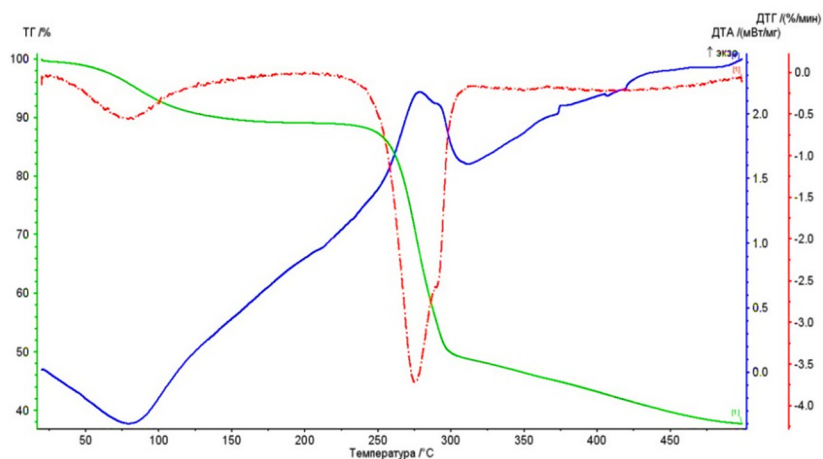


Рисунок 2. Криві ТГ, ДТГ та ДТА зразка Na-солі карбоксиметилцелюлози.

плавлення окремих ділянок частково відбувається в межах 260 °С (КСА) та 215 °С (Na-КМЦ), оскільки за цих температур на термограмах наявні дуже малі ендотермічні ефекти. Деструктивні процеси в структурі молекули КСА починаються за 290–293 °С, у молекулі Na-КМЦ — за 273–275 °С. В результаті деструкції та дегідратації ксантанового зразка у межах 293–312 °С втрачається до 11,1 % його маси, у Na-КМЦ за 275–314 °С втрачається 17,1 % маси, яку складають сполуки-продукти термічних перетворень біополімерів (які визначили за мас-спектрами). На цьому етапі перетворень зафіксовано також найбільшу швидкість втрати маси зразка — до 2,2 %/хв. за температури 280 °С для КСА та до 3,75 %/хв. для Na-КМЦ. Потім швидкість втрати маси різко знижується (до 0,9 %/хв. та до 0,25 %/хв. відповідно), що може свідчити про завершеність цього етапу перетворень. Обвуглення зразків настає у межах 314 °С. В результаті повного обвуглення (до 404 °С та 375 °С відповідно) втрачається до 4–9 % їхньої маси. Водночас швидкість втрати знижується до 0,3–0,2 %/хв.

МІКРОБІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОПОЛІМЕРІВ КСАНТАНУ ТА Na-КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЮЛОЗИ ЯК ОСНОВ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

О. О. Струмінська, Т. Р. Дем'янець

*Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу*

*вул. Карпатська, 15; м. Івано-Франківськ, 76019, Україна
e-mail: chemistry.alyna@gmail.com*

Використання біополімерних композицій на основі ксанта-ну та Na-карбоксиметилцелюлози для передпосівної обробки насіння є перспективним для розв'язання екологічних завдань і збільшення врожайності культур. Актуальність роботи також зумовлена важливістю збереження й відновлення ґрунтового покриву, зокрема у разі порушення екологічної ситуації в умовах воєнного стану. Для проведення мікробіологічного контролю чистоти досліджуваних речовин та композицій було взято: 1) сухі зразки ксантау (КСА) та Na-карбоксиметилцелюлози (Na-КМЦ); 2) розчини цих речовин у стерильній дистильованій воді; 3) розчини речовин у складі композицій на стерильній дистильованій воді. Кількість вирощених мікроорганізмів (мікробне число) виражено в кількості колонієутворювальних одиниць (КУО) в 1 мл розчину або 1 г досліджуваної речовини. У жодному із сухих зразків та приготовлених їхніх розчинів не виявлено бактерій кишкової групи. У зразках Na-КМЦ не виявлено цвілевих грибів, проте виявлено у значній кількості у ксантанових зразках. Ксантанова камедь є гетерополісахаридом, який продукується бактеріями роду *Xanthomonas*, що здатні утворювати спори й цілком можуть бути присутніми у досліджуваному препараті. Як сполука природного походження ксантау може використовуватися як енергетичний субстрат іншими

мікроорганізмами, що швидко оселяються на ньому. Структуру карбоксиметилцелюлози здатна метаболізувати дуже мала кількість мікроорганізмів. Результати представлені у табл.

Таблиця 1. Результати мікробіологічного аналізу досліджуваних зразків ксантану Na-карбоксиметилцелюлози

Проби	№	Середовище			
		МПА	Ендо	Сусло-агар	Чапека
КСА	1	∞	НВ	240 КУО/г	∞
	2	2000 КУО/мл	НВ	28 КУО/мл	∞
	3	255 КУО/мл	НЗ	НЗ	НЗ
Na-КМЦ	1	250 КУО/г	НВ	40 КУО/г	НВ
	2	45 КУО/г	НВ	НВ	НВ
	3	НВ	НВ	НВ	НЗ
Стерильна дист. H ₂ O	1	НВ	НВ	НВ	НВ

Примітка: 1 — сухий зразок у вигляді порошку; 2 — розчин чистого зразка на стерильній дистильованій воді; 3 — розчин зразка композицій на стерильній дистильованій воді; НВ — не виявлено; ∞ — мікроорганізми вирости газом; НЗ — не визначали.

Їхні композиційні розчини проявляють бактерицидні й частково фунгіцидні властивості, інгібуючи ріст мікроорганізмів, наявних у сухих досліджуваних зразках цих плівкоутворювачів. Використання розчинів композицій досліджуваних біополімерів для передпосівної обробки насіння дозволяє зменшити сумарні витрати мінеральних добрив і мікроелементів. Використання цих розчинів, як порівняти з контрольними пробами насіння без передпосівної обробки, дозволяє отримати вищий урожай, ніж на контрольних ділянках. У масовому прирості це може складати 15–25 % з гектара для соняшнику й льону в порівнянні з середньою урожайністю цих культур.

**ВПЛИВ БІОПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙ
НА ОСНОВІ КСАНТАНУ ТА
Na-КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЮЛОЗИ НА
УРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
КУЛЬТУР**

О. О. Струмінська, П. В. Марціновський

*Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу*

вул. Карпатська, 15; м. Івано-Франківськ, 76019, Україна

e-mail: olena.struminska@nung.edu.ua

У зв'язку з посиленням екологічних вимог біополімери успішно конкурують із традиційними полімерами, замінюючи їх. Проведено вивчення мікробіологічних характеристик плівкоутворювачів ксантану (КСА) та Na-карбоксиметилцелюлози (Na-КМЦ) та їх композицій, у підсумку виявлено, що їхні композиційні розчини проявляють бактерицидні й частково фунгіцидні властивості. Ксантанова камедь (ксантан) — сполука природного походження і може використовуватися як енергетичний субстрат іншими мікроорганізмами, які швидко оселяються на ньому. Структуру карбоксиметилцелюлози здатна метаболізувати дуже мала кількість мікроорганізмів. Використання досліджуваних композицій при 20 %-й концентрації мінеральних сполук дає змогу отримати вищий урожай сільськогосподарських культур, ніж на контрольних ділянках з необробленим насінням. У масовому прирості це може складати від 15 % до 25 % з гектара для соняшнику й льону, а для сої і кукурудзи — 50–80 % з гектара в порівнянні з середньою урожайністю цих культур. Також використання досліджуваних композицій дозволяє отримати вищу врожайність, ніж на контрольних ділянках з необробленим насінням, де мінеральні складові вносились безпосередньо в ґрунт за традиційною технологією, що видно

на прикладі КСА- та Na-КМЦ-композицій на гістограмах відсоткового приросту урожайності цих культур (рис. 1 та рис. 2).

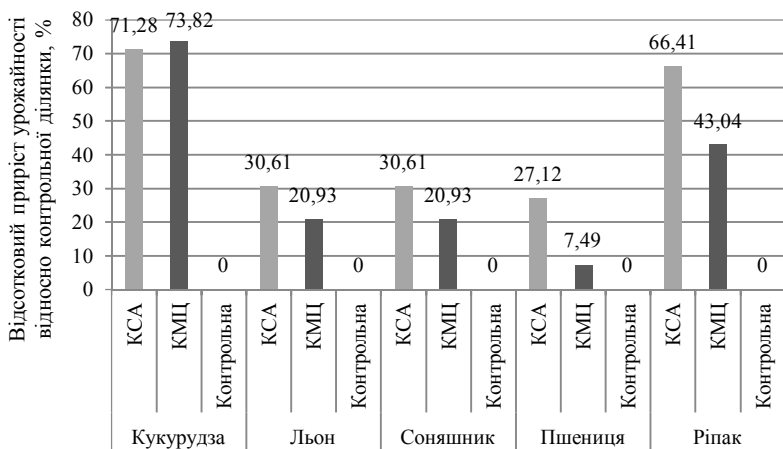


Рисунок 1. Порівняльні гістограми приросту урожайності с.-г. культур на дослідних ділянках відносно контрольних необроблених проб.

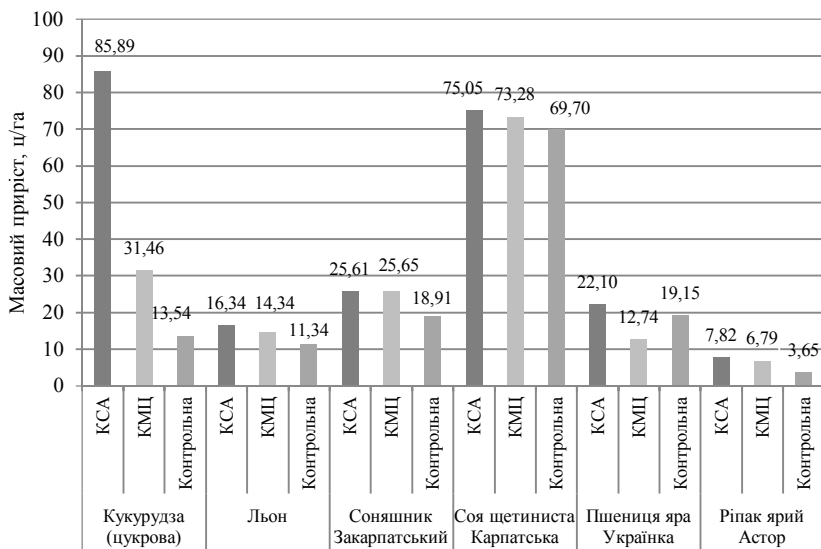


Рисунок 2. Порівняльні гістограми приросту урожайності с.-г. культур на дослідних ділянках.

Використання розчинів досліджуваних композицій біополімерів дозволяє зменшити сумарні витрати мінеральних добрив і мікроелементів. Реальні витрати мінеральних добрив в кг на 1 га площі посіву при нанесенні їх на поверхню насіння у складі біополімерної плівки були в середньому до 40 разів меншими для пшениці, сої та льону, ніж при внесенні цих добрив безпосередньо в ґрунт.

УДК 602.3:[582.284:57.018.6]

ВМІСТ β -КАРОТИНУ ТА РОДОСПЕЦИФІЧНИХ КАРОТИНОЇДІВ У *RHODOTORULA* SSP. ЗА ДІЇ N-(ФОСФОНОМЕТИЛ)ГЛІЦИНУ

А. В. Тихенька, Л. М. Васіна

*Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича*

*вул. Коцюбинського, 2; м. Чернівці, 58002, Україна
e-mail: tykhenka.annarina@chnu.edu.ua*

Каротиноїди становлять велику групу ізопренових пігментів, які синтезуються різними організмами, зокрема мікроорганізмами, де вони є важливими вторинними метаболітами. Беруть участь у фотозахисних процесах, стабілізують клітинні мембрани, захищають біомолекули від активних форм кисню та виконують сигнальні функції. Завдяки антиоксидантній активності й структурній різноманітності ці сполуки мають значення як для життєдіяльності клітин, так і для прикладних цілей у виробництві барвників, фармацевтичних і косметичних засобів. Особливий інтерес становлять пігменти *Rhodotorula* (каротиногенних дріжджів, що характеризуються невибагливістю до складу поживних речовин середовища, толерантністю до несприятливих факторів довкілля), серед яких β -каротин, торулін

і торулародин, що забезпечують фотозахисні та антиоксидантні функції (López et al., 2021).

N-(фосфометил)гліцин (гліфосат) належить до фосфонатвмісних гербіцидів системної дії. Його основний механізм полягає в інгібуванні ензиму 5-енолпірувілшикімат-3-фосфатази, задіяному в біосинтезі ароматичних амінокислот у рослин та багатьох мікроорганізмів (Palberg et al., 2024). Порушення цього шляху спричиняє каскадні зміни клітинного метаболізму (Ma et al., 2025).

Метою роботи була оцінка вмісту β -каротину та родоспецифічних каротиноїдів у *R. rubra* та *R. minuta* за дії N-(фосфометил)гліцину.

Мікроорганізми культивували в середовищі Сабуро — інокулят впродовж 48 год., основна ферментація тривала 14 діб. Екстракцію каротиноїдів здійснювали ацетоном. Оптичну густину екстрактів вимірювали при 450, 509 і 537 нм, що дозволяло кількісно та якісно оцінити вміст β -каротину, торуліну та торулародину.

Проаналізувавши отримані експериментальні дані, можна констатувати таке:

1. У середовищі культивування обох видів роду *Rhodotorula* спостерігали дозозалежні зміни пігментоутворення під впливом гліфосату.

2. Помірні концентрації полютанта переважно проявляли індиферентний ефект, тоді як середні сприяли максимальному накопиченню торуліну, торулародину та β -каротину. Концентрація торуліну зростала в середньому у 1,8 раза, торуліну — в 1,5 раза, а β -каротину — на 26 % від контрольних значень.

3. Подальше підвищення концентрації гербіциду призводило до різкого пригнічення синтезу каротиноїдів. Відзначено, зокрема, зменшення, в середньому, вдвічі рівня родоспецифічних пігментів та критичне зниження вмісту β -каротину.

4. Амплітуда змін пігментного профілю у *R. rubra* була більш вираженою, ніж у *R. minuta*: цей вид продемонстрував як

інтенсивніше зростання вмісту пігментів за дії середніх концентрацій гліфосату, так і більш стрімке їх зниження за високих доз.

На нашу думку, такі дані свідчать, що активація синтезу каротиноїдів за середніх концентрацій гліфосату пов'язана з розвитком оксидативного стресу, який слугує тригером пігментоутворення. За цих умов каротиноїди виконують антиоксидантну та мембранозахисну функції. Високі концентрації гербіциду, навпаки, пригнічують активність ключових ферментів каротиноїдного біосинтезу, що призводить до зниження вмісту пігментів і накопичення безбарвних попередників.

Отже, помірне навантаження гербіциду стимулює захисні процеси, тоді як надмірне призводить до зниження активності пігментоутворення.

УДК 579.6

ВІТАМІНИЙ ТА АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД БІОМАСИ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ

М. А. Фуртак¹, Р. Д. Остапів¹, В. Я. Сирватка²

*¹ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок
вул. Донецька, 11; м. Львів, 79019, Україна*

*²Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4; м. Львів, 79005, Україна
e-mail: vasyi.syrvatka@lnu.edu.ua*

Молочнокислі бактерії характеризуються пробіотичною активністю, яка забезпечується продуктами їхнього біосинтезу, зокрема такими як амінокислоти й вітаміни. Амінокислоти є структурними компонентами ензимів і протеїнів, які забезпечують нормальне функціонування метаболітичних процесів в

організмі і його структурні функції. Вітаміни відіграють важливу роль в процесах метаболізму й чинять корисний вплив на весь організм. Метою нашої роботи було вивчити вітамінний та амінокислотний склад біомаси молочнокислих бактерій, виділених із традиційних сирів Карпатського регіону.

В дослідженні ми проаналізували синтез вітамінів і амінокислотний склад таких штамів молочнокислих бактерій: *Enterococcus faecium* 12, 18; *Enterococcus* sp. 3/28, 3/29, 1/8 та *Pediococcus acidilactici* 2/5. Аналіз проведено за використання високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ). Нарощування біомаси відбувалось у модифікованому рідкому середовищі MRSA для глибинного нарощування біомаси. Бактеріальна біомаса була відібрана шляхом центрифугування, використана специфічна методика підготовки проб для аналізу за допомогою ВЕРХ. Кількісний і якісний вміст вітамінів й амінокислот оцінювався за результатами отриманих хроматограм й обчислювався за допомогою формул.

У підсумку хроматографічного дослідження біомаси бактерій виявлено синтез досліджуваними мікроорганізмами таких вітамінів: В₁, рибофлавін 5-фосфат (форма вітаміну В₂), РР, В₃ та В₅. Рівень біосинтезу вітамінів В₁ та РР штамами *E. faecium* був на такому ж рівні, як і в *P. acidilactici*, проте синтез вітаміну В₃ у штаму 18 нижчий, ніж у штаму 12. Для *Enterococcus* sp. 3/28 і 3/29 синтез В₁, РР та рибофлавін 5-фосфату залишається на тому ж рівні, що і в інших досліджуваних штамів молочнокислих бактерій, проте є вищий рівень синтезу вітамінів В₃ і В₅ у порівнянні з іншими штамами. Синтез рибофлавін 5-фосфату перебував на залишковому рівні у всіх досліджуваних штамів молочнокислих бактерій.

У підсумку хроматографічного аналізу амінокислотного складу біомаси молочнокислих бактерій виявлені такі амінокислоти: аргінін, аспарагін, глютамін, цитрулін, аспартат, пролін, аланін, метіонін, валін, триптофан, феніланін, лейцин, цистин, орнітин, лізин. Показано, що концентрація амінокислот у сере-

довищах, де вирощували бактерії, значно менша, ніж у чистому живильному середовищі, що вказує на поглинання бактеріями амінокислот із середовища, та виділення їх як продуктів життєдіяльності. Концентрація амінокислот у мікроорганізмах значно більша, ніж концентрація амінокислот у середовищі культивування. Штам *Pediococcus acidilactici* 2/5 характеризується найбільшою концентрацією амінокислот, але взагалі всі бактерії мають подібний кількісний і якісний склад амінокислот.

УДК 60:579.6:635.3:631.5

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ *AZOTOBACTER CHROOCOCCUM* 2.1 У СИСТЕМІ ФЕРТИГАЦІЇ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КАПУСТИ БІЛОГОЛОВОЇ

О. В. Худенко¹, С. Ф. Козар^{1,2}, О. М. Білоконська¹

¹Інститут сільськогосподарської мікробіології
та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14030, Україна

²Національний університет «Чернігівська політехніка»
вул. Шевченка, 95; м. Чернігів, 14030, Україна

e-mail: olexandrkhudenko@gmail.com

Аналіз сучасних досліджень українських і закордонних вчених (Патика та ін., 2003; Волкогон, 2007; Курдиш та ін., 2019; Aasfar et al., 2021; Saroj et al., 2022; Ollio et al., 2023) свідчить про те, що вивчення особливостей застосування азотобактера в технологіях вирощування овочевих культур є актуальним.

Мета нашої роботи — оцінити біотехнологічну ефективність і розробити оптимальні параметри застосування штаму

Azotobacter chroococcum 2.1 як біодобрива в системі фертигації для інтенсифікації росту й підвищення врожайності капусти білоголової (*Brassica oleracea* var. *capitata*).

У підсумку проведених досліджень встановлено, що оптимальна концентрація мінеральних добрив, які використовуються при фертигації, для сумісного застосування з *A. chroococcum* 2.1 становить 0,2 %. При поєднанні добрив з азотобактером у вегетаційних дослідах спостерігається стабільний позитивний вплив на біометричні показники рослин, зокрема висоту, довжину кореневої системи, діаметр стебла, площу листової поверхні та суху масу капусти.

Виявлено сортову специфічність реакції капусти на застосування *A. chroococcum* 2.1 у поєднанні з мінеральними добривами. Середньостиглі сорти (Тайсон, Кеплер) найактивніше реагували на низькі концентрації добрив, середньопізні (Сексесор, Сапфір) добре реагували на всі концентрації, а пізньостиглі (Професор, Сторідор) мали високий відносний приріст у ювенільний період при низьких концентраціях.

Польовий дослід, проведений у 2025 р., підтвердив ефективність застосування *A. chroococcum* 2.1 у поєднанні з мінеральними добривами. Інтродукція цих бактерій шляхом фертигації забезпечувала підвищення чисельності азотфіксувальних бактерій в кореневій зоні рослин капусти незалежно від сорту та фону мінерального живлення. Максимальні показники обростання ґрунтових грудочок (до 100 %) зафіксовано у ризосфері пізніх сортів. Бактеризація стимулювала розвиток окремих груп бактерій і мікроскопічних грибів, а коефіцієнт мінералізації залишався стабільним.

Водночас дослідження виявили певні межі ефективності азотобактера: застосування добрив у концентрації вище ніж 0,3 % є пороговим — знижується життєздатність клітин *A. chroococcum* 2.1. Окрім того, у польовому досліді вплив на деякі групи мікроорганізмів у ризосфері не був однозначно позитивним: у низці варіантів інокуляція істотно не вплинула на

чисельність сапрофітних бактерій, а на високих фонах добрив у окремих сортів (наприклад, Професор) навіть знизила кількість бактерій, що переважно споживають мінеральний азот.

Згідно з нашими дослідженнями, біотехнологічні аспекти застосування штаму *A. chroococcum* 2.1 полягають у можливості оптимізації мінерального живлення рослин за рахунок зниження концентрацій добрив без втрати продуктивності капусти, у синергії біологічних і мінеральних факторів при збереженні життєздатності бактерій, у сортовій специфічності, яка дозволяє індивідуалізувати схеми фертигації, а також у поліпшенні мікробіологічного стану ґрунту.

Отже, застосування *A. chroococcum* 2.1 у системі фертигації капусти білоголової є ефективним біотехнологічним прийомом, що забезпечує підвищення продуктивності культури та оптимізацію мінерального живлення рослин.

UDC 579.873:577.152:614.84

EFFECT OF BISPHENOL A ON PHYCOBILIPROTEIN PIGMENTS IN *NOSTOC COMMUNE*

B. A. Cheban, L. V. Khuda

*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
2 Kotsiubynskoho Str., Chernivtsi, 58002, Ukraine
e-mail: cheban.bohdan@chnu.edu.ua*

Over the past decades, plastic polymers have become an integral part of the technosphere, daily life, and simultaneously — a significant factor in environmental pollution. One of the most widespread components of such polymers is bisphenol A (BPA), a synthetic organic compound used in the production of polycarbonates and epoxy resins. The presence of BPA has been recorded in various freshwater systems at concentrations ranging from

nanograms to micrograms per litre, raising concerns about its impact on aquatic organisms. Special attention is given to the effects of bisphenol on cyanobacteria -primary producers in aquatic ecosystems that play a key role in biogeochemical cycles.

The object of this study was the model non-toxic cyanobacterium *Nostoc commune* — a species involved in atmospheric nitrogen fixation, widely distributed in water bodies and soils, and known for its ability to rapidly respond to environmental changes. Under laboratory conditions, the effect of BPA in concentrations ranging from 1 to 50 mg/L was studied over a 21-day period, with monitoring of growth parameters and pigment composition.

Initial results revealed a suppression of *N. commune* growth as early as the third day of BPA exposure, with a clear dose-dependent trend. The most pronounced growth inhibition was observed at higher BPA concentrations (20–50 mg/L). However, by days 17–19, the culture began to show signs of adaptation, particularly an increase in biomass density, which by day 21 nearly reached control levels at elevated BPA concentrations. This effect may be attributed to cellular metabolic reprogramming or activation of defence mechanisms, including antioxidant systems and changes in the profile of photosynthetic pigments.

A key focus of the study was the alteration of phycobiliprotein content — the main pigments involved in the photosynthesis of cyanobacteria. The level of phycoerythrin significantly increased at low BPA concentrations (1–5 mg/L). The increase in phycoerythrin, which absorbs short-wavelength light, may indicate an adaptive cellular response to stress, aimed at maintaining photosynthetic activity. In contrast, the levels of phycocyanin and allophycocyanin consistently decreased with increasing BPA concentrations. The reduction in these pigments suggests a negative impact of BPA on their synthesis and stability, possibly due to oxidative stress, membrane damage, or inhibition of enzymatic systems involved in phycobilin biosynthesis.

Thus, a restructuring of the pigment profile in *N. commune* is observed as a response to the toxic effects of BPA. Cells likely reduce the synthesis of phycobiliproteins due to their sensitivity to damage, compensating by increasing phycoerythrin — a pigment that may be more stable or efficient under altered conditions.

Overall, the results indicate that *N. commune* can serve as a sensitive bioindicator of the presence of BPA in aquatic environments. The culture's response to BPA is complex: initial growth inhibition and pigment composition changes are followed by long-term adaptation during extended exposure. This behaviour may contribute to algal bloom formation, a process characterized by massive cyanobacterial proliferation under chemical pollution conditions.

In conclusion, bisphenol A exhibits toxic effects on *N. commune* even at environmentally relevant concentrations. The cyanobacterial response is dose- and time-dependent — involving short-term suppression and long-term adaptation. The obtained data may be applied in assessing the risks of eutrophication and secondary pollution of water bodies by synthetic organic contaminants. These findings underscore the need for BPA regulation in aquatic ecosystems and highlight the prospects for further studies on algal resistance and adaptation mechanisms to anthropogenic pollutants.

ВПЛИВ МЕТАБОЛІТІВ ГРИБІВ *CLADOSPORIUM CLADOSPORIOIDES* НА РОЗВИТОК РОСЛИН СОЇ

Ю. М. Ярмач, О. О. Шаховніна

*Інститут сільськогосподарської мікробіології
та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14030, Україна
e-mail: incsm@ukr.net*

За умов вегетаційних дослідів проаналізовано вплив метаболітів чотирьох штамів грибів *Cladosporium cladosporioides* (620, 503, G608, 610) у розведеннях 1:100, 1:500, 1:1000 на ростові (надземна маса, маса коренів, площа листкової поверхні, висота рослин) і симбіотичні (кількість, маса, нітрогеназна активність бульбочок) показники рослин сої сорту Арніка.

Достовірний приріст надземної маси рослин сої на 9,3 % і 11,1 % відзначено за використання для обробки насіння культуральної рідини штамів *C. cladosporioides* 503 (у розведенні 1:100) і *C. cladosporioides* G608 (у розведенні 1:1000) відповідно (рис.).

Істотний позитивний вплив на масу сухої речовини коренів спостерігали за використання метаболітів штаму *C. cladosporioides* G608 (у розведеннях 1:100 і 1:1000). Відсотковий приріст до контролю становив відповідно 17,2 % і 12,1 %.

Важливим показником, пов'язаним з активністю процесу фотосинтезу, є площа листкової поверхні, яка достовірно підвищувалася на 8,7 % від застосування для передпосівної обробки метаболітів штаму *C. cladosporioides* G608 (у розведенні 1:1000).

Достовірний приріст висоти рослин не зафіксований, однак за використання культуральної рідини штамів 503 (у розведенні 1:100), G608 (у розведенні 1:1000), 610 (у розведеннях 1:100 і 1:500) спостерігали тенденцію до збільшення висоти рослин.

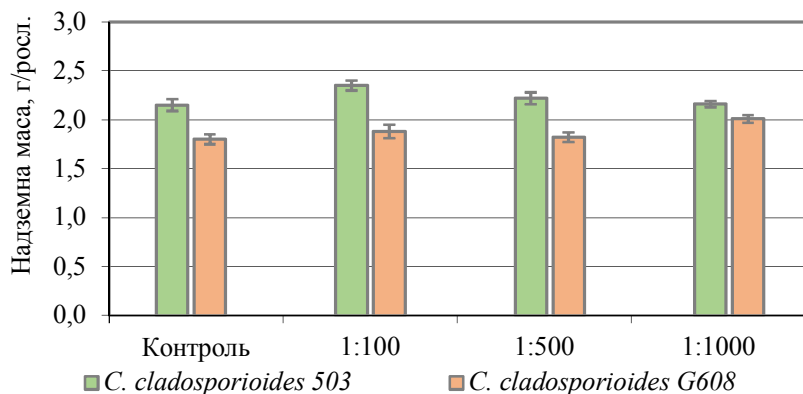


Рисунок. Вплив обробки насіння сої метаболітами грибів Cladosporium cladosporioides на накопичення надземної маси рослинами (вегетаційні дослід, фаза цвітіння).

Оскільки формування й активне функціонування соєво-ризобіального симбіозу сприяє підвищенню продуктивності культури, оцінювали вплив метаболітів досліджуваних грибів на симбіотичний апарат сої.

Значного впливу на кількість бульбочок не спостерігалось, відзначена тенденція до підвищення маси бульбочок проти відповідних контролів за обробки насіння сої метаболітами всіх штамів. Нітрогеназна активність бульбочок достовірно підвищувалася від застосування для передпосівної обробки культуральної рідини *C. cladosporioides* 620 (у розведенні 1:1000) на 85,3 %, *C. cladosporioides* 503 (у розведенні 1:500) — на 48,5 %. За обробки *C. cladosporioides* 610 та *C. cladosporioides* G608 відзначали тенденцію до підвищення нітрогеназної активності бульбочок.

Отже, передпосівна обробка насіння метаболітами грибів *Cladosporium cladosporioides* у відповідних розведеннях позитивно вплинула на розвиток рослин сої, забезпечуючи збільшення надземної маси (штами 503 і G608), маси коренів (штам G608), площі листової поверхні (штам G608), підвищення нітрогеназної активності бульбочок (штами 503 і 620).

МІКРОБІОЛОГІЯ КОРМІВ

УДК 663.12:636.087

ПОТЕНЦІАЛ ЗАЛІЗОЗБАГАЧЕНИХ ДРІЖДЖІВ ЯК КОРМОВОЇ ДОБАВКИ

Г. М. Бондар, В. О. Красінько

*Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68; м. Київ, 01033, Україна
e-mail: abn2292@gmail.com*

Дефіцит заліза залишається важливою проблемою як у харчуванні людей, так і в годівлі тварин. Особливо гостро вона проявляється у молодняка свиней, птиці та риб, де нестача мікроелемента може призвести до анемій, зниження темпів росту, пригнічення імунітету й зменшення виживаності поголів'я.

Новонароджені поросята перебувають в особливій зоні ризику, оскільки народжуються з мінімальними запасами заліза (лише 35–50 мг), яких вистачає лише на кілька днів за їхньої добової потреби у 7–16 мг. Молоко свиноматки містить занадто мало заліза, тому без додаткової профілактики швидко розвивається анемія. Сьогодні стандартним методом профілактики є раннє внутрішньом'язове введення 200 мг комплексу декстрану заліза протягом 2–3 днів після народження, яке дозволяє запобігти розвитку залізодефіцитної анемії (Abbas, 2022; Mazgaj et al., 2024).

У птиці, особливо у бройлерів, дефіцит заліза може призводити до гальмування росту, погіршення конверсії корму, зниження продуктивності й підвищення сприйнятливості до захворювань (Feijo et al., 2023).

Традиційні методи компенсації дефіциту передбачають використання неорганічних солей заліза, проте їхня біодоступ-

ність є обмеженою, а надмірне надходження може призводити до окислювального стресу, подразнення слизової оболонки травного тракту і надмірного виділення мікроелемента у довкілля (Almeldin et al., 2024). У цьому контексті перспективним рішенням стає використання мікробних біотехнологій, зокрема застосування дріжджів, збагачених залізом, як кормової добавки.

Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, *S. boulardii* здатні акумулювати іони Fe^{2+} та Fe^{3+} у клітинних структурах, перетворюючи їх у менш токсичні й більш біодоступні форми. Залізо у складі дріжджової біомаси зв'язане з білками й полісахаридами, що забезпечує поступове вивільнення та кращу засвоюваність, поєднуючи ефекти мінеральної і пробіотичної добавки. Практичний інтерес полягає не лише у біодоступності заліза, а й у додаткових функціональних ефектах дріжджів. Біомаса *S. cerevisiae*, збагачена мікроелементами, чинить імуномодулювальний вплив, стимулює розвиток корисної мікробіоти кишечника та покращує загальні показники росту у сільськогосподарських тварин (Jach et al., 2022). Цей ефект особливо важливий у свинарстві й птахівництві, де проблема антибіотикорезистентності змушує шукати безпечні біотехнологічні альтернативи традиційним стимуляторам росту.

Ще однією перевагою заліозбагачених дріжджів є екологічний аспект. Додавання мінеральних солей у великій кількості призводить до значних втрат заліза з гноєм і сечею, що може забруднювати ґрунти й водойми. У випадку з дріжджами залізо краще утримується та засвоюється, тому потреба в додаткових мінеральних преміксах знижується, а навантаження на екосистему є меншим. Окрім заліза, дріжджі можуть слугувати біоносіями для комплексу мікроелементів (цинк, мідь, селен, хром).

Отже, заліозбагачені дріжджі є перспективним інструментом підвищення збалансованості складу й біологічної активності кормів у сучасній годівлі тварин, що поєднує досягнення мікробної біотехнології, харчової безпеки й екологічної стійкості.

МІКРОБІОЛОГІЯ ЗЕРНОВИХ КОРМІВ

В. І. Бучковська, Ю. М. Євстафієва

*Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
вул. Шевченка, 12; м. Кам'янець-Подільський, 32316,
Україна
e-mail: pp.nika22@ukr.net*

Мікробіологія кормів — це розділ мікробіології, який вивчає мікроорганізми (бактерії, гриби, найпростіші) у кормах для тварин. Вона досліджує, як ці мікроорганізми впливають на якість корму, його зберігання й перетравлення тваринами, а також їх використання для покращення кормових властивостей.

Найчастіше зерно уражається непатогенними мікроорганізмами, однак також трапляється забруднення бактеріальними патогенами. Це стосується, зокрема, сальмонели, кишкової палички та *Bacillus cereus*. Присутність на зерні сальмонели й кишкової палички зазвичай свідчить про те, що його забруднили птахи або гризуни. Це може статися під час збирання врожаю, але частіше відбувається в процесі транспортування через погану гігієну зерновозів. Неналежний контроль шкідників під час зберігання зерна — ще одна з поширених причин ураження його бактеріальними патогенами.

Деякі види грибів, пов'язаних із зерном у полі, можуть утворювати мікотоксини або безпосередньо перед, або одразу після збору врожаю. Їх часто називають «польовими грибами». *Alternaria*, *Fusarium*, *Aspergillus* і *Penicillium* можуть діяти як післязбиральна патогенна біота зерна й утворювати мікотоксини.

Мікотоксини — це токсичні сполуки, які утворюються в результаті життєдіяльності певних видів пліснявих грибів. *Alternaria* та *Fusarium* не проявляють мікробної активності в разі зниженої активності води, тому малоймовірно, що вони

можуть утворювати мікотоксини після висихання зерна або під час зберігання. Натомість *Aspergillus* і *Penicillium* частіше вважаються «грибами зберігання».

Польові плісняві гриби зазвичай заражають зернові до збирання врожаю та передаються з таких джерел, як ґрунт, вода й інфіковані рослини. З іншого боку, плісняві гриби можуть заражати зерно під час післязбирального сушіння або зберігання. Ці плісняві гриби потребують нижчого рівня активності води для свого розвитку, як порівняти з польовими пліснявими грибами.

Мікробний склад зернових має велике значення для зберігання зерна, оскільки за високого рівня вологості мікроорганізмами можуть розмножуватися та змінювати властивості продукту. Вміст води 13 % вважається максимальним значенням для короткочасного зберігання пшениці, кукурудзи, ячменю, хоча температура та концентрація кисню також відіграють важливу роль. Волога зернова маса може зазнати кислого бродіння за дії молочнокислих і кишкових бактерій. За цим можливе спиртове бродіння під дією дріжджів і, нарешті, пліснявіння. На поверхні можуть утворюватися дріжджові плівки, хоча якщо присутні оцтовокислі бактерії, вони здатні окислювати спирт до оцтової кислоти, пригнічуючи ріст плісняви.

Саме тому дуже важливо ретельно досліджувати мікробний склад зерна й контролювати мікроорганізми до появи мікотоксинів.

Просте й сучасне рішення для визначення мікотоксинів у зерні — використання тест-наборів. Аналіз займає декілька хвилин і забезпечує якісні результати (інтенсивність забарвлення тестової лінії обернено пропорційна кількості мікотоксинів у зразку). Для отримання кількісних результатів треба лише зчитати результат якісного аналізу за допомогою ридера. Зчитувач тест-смужок працює як для кількісного визначення мікотоксинів, так і для інших домішок, зокрема ГМО, гліфосату й алергенів. Продуктивність зберігається завдяки контролю

температури, що дає змогу використовувати його в різних умовах навколишнього середовища.

Корми, уражені мікотоксинами, не можна згодовувати без попереднього аналізу вмісту токсинів і розробки спеціальних заходів щодо їх зниження. До найпоширеніших методів зниження рівня мікотоксинів належить використання адсорбентів для зв'язування токсинів у шлунково-кишковому тракті тварин, а також обробка кормів аміаком або кислотами для детоксикації або контролю росту плісняви. Сучасні лабораторії визначають до 15 видів мікотоксинів.

Отже, у боротьбі з мікотоксикозами на перше місце виходить профілактика, яка передбачає заготівлю доброякісних зернових кормів і дотримання відповідних правил зберігання.

УДК 579.64:579.222.3

ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕРНА ФУЗАРІОЗОМ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА ПІДХОДИ ДО КОНТРОЛЮ

Ю. А. Янголь

*Інститут ветеринарної медицини НААН
вул. Донецька, 30; м. Київ, 03151, Україна
e-mail: 2019yangol@gmail.com*

Фузаріозні інфекції зернових культур є одним із найсерйозніших викликів сучасного сільського господарства. Захворювання, викликане грибами роду *Fusarium*, призводить до зниження врожайності, погіршення технологічних властивостей зерна й утворення мікотоксинів, серед яких найбільш поширеними є дезоксиніваленол, зеараленон і фумонізени. Ці токсичні сполуки негативно впливають на здоров'я людини та тварин, викликаючи імундепресію, порушення роботи ендокринної та репродуктивної систем, а також канцерогенні ефекти.

Сучасні кліматичні умови, що характеризуються підвищенням середньодобових температур і збільшенням кількості опадів у вегетаційний період, створюють сприятливе середовище для поширення збудників фузаріозу. Водночас традиційні методи контролю, переважно хімічні фунгіциди, часто демонструють недостатню ефективність і несуть ризики екологічного забруднення та формування резистентних популяцій патогенів.

У зв'язку з цим актуальним є впровадження інтегрованої системи захисту зернових культур від фузаріозу, яка охоплює:

- генетичний підхід — селекцію та вирощування стійких сортів і гібридів;

- агротехнічні заходи — правильну сівозміну, оптимізацію строків посіву, контроль густоти стояння рослин, глибоку оранку, зменшення післяжнивних решток;

- біологічний контроль — застосування антагоністичних мікроорганізмів (*Trichoderma* spp., *Bacillus* spp.) та біопрепаратів на їх основі;

- хімічний захист — використання фунгіцидів нового покоління з мінімальним впливом на довкілля та низьким ризиком розвитку резистентності;

- післязбиральні технології — очищення, сушіння й правильне зберігання зерна для мінімізації розвитку патогенів і накопичення мікотоксинів.

Окремої уваги заслуговує моніторинг мікотоксинів із використанням сучасних методів аналітичної хімії (ВЕРХ, імуоферментний аналіз, мас-спектрометрія), що дає змогу оцінювати рівень забруднення зерна й ухвалювати управлінські рішення.

Отже, боротьба з фузаріозним ураженням зерна потребує комплексного підходу, який поєднує селекційні, агротехнічні, біологічні, хімічні й післязбиральні заходи. Реалізація таких стратегій дозволить знизити економічні втрати агровиробників, забезпечити продовольчу безпеку й мінімізувати ризики для здоров'я населення.

ВІРУСОЛОГІЯ РОСЛИН І ТВАРИН

УДК 502.3/.7:579.2

ФІТОВІРУСНИЙ ПУЛ АГРОЦЕНОЗІВ ГОРОХУ: СКЛАД, ПОШИРЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

К. І. Бондаренко, А. А. Бунас

*Інститут агроєкології і природокористування НААН
вул. Метрологічна, 12; м. Київ, 03143, Україна
e-mail: bio-206316@ukr.net*

Горох посівний (*Pisum sativum* L.) – провідна зернобобова культура помірного клімату з глобальним річним виробництвом понад 15 млн т (FAOSTAT, 2023). У зв'язку зі зростанням площ посівів й активною міжнародною торгівлею насінням посилюється фітосанітарна небезпека, пов'язана з поширенням фітовірусів, що суттєво впливають на стабільність урожаю та якість зерна.

Сприйнятливість гороху до фітовірусів є багатофакторним явищем, яке зумовлене поєднанням генетичних, фізіолого-біохімічних властивостей рослин, патогенності вірусів, а також екологічних і агротехнічних чинників середовища. Інфікування можливе на різних етапах онтогенезу, однак найбільш руйнівним є зараження у фазі 2–4 листків, що призводить до системного ураження та значного зниження врожайності.

Реакція рослини на вірусну інвазію контролюється сигнальними шляхами, зокрема саліцилової кислоти, етилену, жасмонової та абсцизової кислот (JA, SA, ABA). Агротехнічні умови — густина стояння, строки сівби, наявність бур'янів, які є альтернативними господарями, та якість насіннєвого мате-

ріалу — істотно впливають на ризик зараження і динаміку епідемічного процесу.

У світі описано близько 130 вірусів, здатних інфікувати горох, з яких понад 35 виявлено в природних умовах, а близько 10 мають економічне значення (Report Pea Viruses, 2017). В агроценозах України наразі виявлено щонайменше вісім поширених вірусів, домінують серед них описані далі: *Pea seed-borne mosaic virus* (PSbMV) — РНК-вірус родини *Potyviridae*. Передається насінням і попелицями (*Acyrtosiphon pisum*, *Myzus persicae*). Спричиняє мозаїчність, некрози, деформацію бобів і стерильність. Втрати врожаю сягають 40–60 % (Cerna & Cerny, 2017). *Bean yellow mosaic virus* (BYMV) — поліфатічний потівірус, що уражує понад 200 видів рослин; зниження врожайності може досягати 70 % (Tang & Feng, 2023). *Alfalfa mosaic virus* (AMV) — інфікує *Pisum sativum*, люцерну, конюшину. Викликає хлороз, жилковий некроз і зменшення фотосинтетичної активності (Lefeuvre, 2019). *Faba bean necrotic yellows virus* (FBNYV) — карантинний фітовірус Середземномор'я та Середнього Сходу, поширений і в Україні; викликає системну жовтяницю, стерильність і вилягання (Lefeuvre, 2019). Також в агроценозах трапляються *Pea enation mosaic virus* (PEMV), *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Turnip yellow virus* (TuYV).

Більшість зазначених патогенів є облігатними внутрішньоклітинними паразитами, які реплікуються в цитоплазмі, модифікують ендомембранну систему клітин, блокують білковий синтез і порушують роботу хлоропластів. Особливо небезпечними є інфекції, що збігаються з критичними фазами морфогенезу рослин (сім'ядольна, бутонізаційна), коли ураження призводить до стерильності квіток і незав'язування бобів.

Вірусне різноманіття гороху посівного в агроценозах відображає складну взаємодію між рослиною-господарем, патогеном і середовищем. Поширення основних вірусів (PSbMV, BYMV, FBNYV, PEMV) становить суттєвий ризик для стабільності врожаю в умовах зміни клімату. Інтеграція молекулярної

діагностики, селекції на стійкість та екологічного моніторингу є ключем до формування системи біобезпеки агроценозів городу й збереження його продуктивного потенціалу.

УДК 636.2:616.98-036.22:578.832.1

ВИСОКОПАТОГЕННИЙ ПТАШИНИЙ ГРИП H5N1 — НОВІ ВИКЛИКИ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА

І. В. Глухенький¹, О. В. Щербак²

*¹Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця
просп. Берестейський, 35; м. Київ, 03056, Україна*

*²Інститут розведення і генетики
тварин ім. М. В. Зубця НААН
вул. Погребняка, 1; с. Чубинське, Бориспільський р-н,
Київська обл., 08321, Україна*

e-mail: ov19792006@gmail.com

Високопатогенний пташиний грип (HPAI) H5N1 є одним із найбільш небезпечних зоонозних вірусів, який упродовж останніх десятиліть спричиняє значні економічні збитки в птахівництві та становить загрозу для здоров'я людини. У 2020–2025 рр. у світі зафіксовано численні випадки масової загибелі диких птахів, а також спалахи серед свійської птиці, що призвело до чисельних втрат поголів'я.

Особливу увагу привертає новий варіант H5N1 (генотип V3.13, клон 2.3.4.4b), який уперше продемонстрував стійке передавання у великої рогатої худоби. Це явище є безпрецедентним, адже раніше вірус вважався обмеженим переважно пташиним патогеном із поодинокими випадками інфекції у ссавців (лисиці, коти, тюлені, норки).

Встановлено, що основним патогенетичним проявом у великої рогатої худоби є вірусний мастит, який супроводжується різким зниженням молочної продуктивності, зміною фізико-хімічних властивостей молока й підвищенням ризику вторинних бактеріальних ускладнень. Гістопатологічні дослідження продемонстрували високий рівень реплікації вірусу в секреторних клітинах молочної залози, що зумовлює значне виділення вірусних частинок із молоком (Caserta et al., 2024). Це створює потенційний механізм міжвидового передавання, зокрема через споживання сирого молока або продуктів із нього. Важливо, що переміщення субклінічно інфікованих тварин визнано головним фактором поширення інфекції, що ускладнює епізоотичний контроль. Така особливість утруднює діагностику та контроль, оскільки клінічні ознаки можуть бути відсутні або слабо виражені. Водночас вірус активно циркулює у стаді, що створює умови для його адаптації та можливих генетичних змін.

Важливим аспектом є широкий господарський діапазон H5N1, який охоплює не лише птахів, а й різні види ссавців. Це підвищує ризик формування нових варіантів вірусу з потенційною здатністю до ефективного передавання між людьми.

Особливу небезпеку становить те, що інфіковані тварини можуть залишатися субклінічними носіями, продовжуючи виділяти вірус із молоком без виражених симптомів. Це ускладнює діагностику та контроль, а також створює умови для непомітного поширення інфекції у стадах. Отже, велика рогата худоба може стати своєрідним «резервуаром» для еволюції вірусу, що становить серйозну загрозу для тваринництва і здоров'я людини.

З огляду на викладене, вбачаємо що основними завданнями щодо моніторингу, біобезпеки та контролю за поширенням НРАІ H5N1 є: посилений епізоотичний моніторинг серед птахів і великої рогатої худоби; впровадження суворих заходів біобезпеки на фермах; контроль за переміщенням тварин і продуктів тваринного походження; проведення молекулярно-генетичних

досліджень для відстеження еволюції вірусу; оцінка ризиків для людини й розробка рекомендацій щодо споживання молочної продукції.

Отже, поява високопатогенного пташиного грипу H5N1 у великої рогатої худоби, зокрема у молочних корів, є новим викликом для ветеринарної медицини та харчової безпеки. Вірусний мастит, спричинений H5N1, не лише призводить до значних економічних втрат у молочному секторі, а й створює потенційні ризики для здоров'я людини через можливе передавання інфекційних агентів із молочними продуктами. Субклінічний перебіг інфекції ускладнює діагностику й спричинює приховане поширення вірусу, що підвищує ймовірність його адаптації та еволюційних змін.

UDC 578.233.22:575.112

INTERACTIONS OF *ALPHACORONAVIRUS 1* STRAINS WITH RECEPTORS OF DOMESTIC ANIMALS AND HUMANS

M. Yu. Peka^{1,2}

¹*V. N. Karazin Kharkiv National University
4 Svobody Sq.; Kharkiv, 61022, Ukraine*

²*Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production, NAAS
1 Shvedska Mohyla Str.; Poltava, 36009, Ukraine*

e-mail: pekapoltava@gmail.com

Coronaviruses of livestock and companion animals represent an important group of pathogens that affect animal productivity and welfare, and remain a significant concern in veterinary medicine. *Alphacoronavirus suis* (*Alphacoronavirus 1*) strains are capable of

infecting various species, including dogs, cats, and pigs (Whittaker et al., 2018). In particular, *Alphacoronavirus 1* comprises strains of transmissible gastroenteritis virus (TGEV) and porcine respiratory coronavirus (PRCV) in pigs (Xu et al., 2023), feline infectious peritonitis virus (FIPV) and feline enteric coronavirus (FECV) in cats (Domańska-Blicharz et al., 2020), as well as canine coronavirus (CCoV). This diversity confirms not only the broad tropism of *Alphacoronavirus 1* strains for different host species but also for different cell types within the same host. In addition, several cases of human infection with similar canine-like *Alphacoronavirus 1* strains (CCoV-HuPn-2018 and HuCCoV_Z19) have been documented (Vlasova et al., 2022; Lednický et al., 2022).

The interaction of the virus with a receptor on the cell surface — aminopeptidase N (APN) in the case of *Alphacoronavirus 1* — is a critical step in the infectious process. The receptor-binding domain (RBD) of the viral spike protein mediates this interaction (Reguera et al., 2012; Tortorici et al., 2022; Tortorici et al., 2025). The study of RBD complexes with APN from different species has practical importance for monitoring viral infections and can be conducted using *in silico* methods.

To assess the affinity of different *Alphacoronavirus 1* strains for the receptors of three domestic animal species (dog, cat, and pig) and of humans, the corresponding RBD–APN complexes were modeled using an *in silico* homology modeling approach. After modeling, the binding free energy (ΔG) was calculated for the obtained *in silico* complexes. It was found that the RBD of the virulent Purdue strain exhibited slightly higher affinity for pig APN than for the human receptor, as indicated by more negative ΔG values. Similarly, the RBDs of the canine coronavirus strain CCoV 1-71 and the zoonotic strain CCoV-HuPn-2018 showed higher affinity for the dog receptor than for human APN. In contrast, among the feline coronavirus strains analyzed, FIPV 79-1146 and FCoV-23 displayed higher affinity for the cat receptor, while FECV 79-1683, unexpectedly, demonstrated higher affinity for the human receptor.

The obtained results indicate the existence of potential risks of *Alphacoronavirus 1* transmission to humans, given the extensive human–animal contact. These risks are particularly associated with the possibility of further accumulation of mutations in the RBD. Continuous monitoring of the evolution and spread of *Alphacoronavirus 1* strains circulating among domestic animals is essential for ensuring animal health, strengthening veterinary surveillance systems, and preventing possible zoonotic and economic impacts.

Наукове видання

**РОЛЬ МІКРОБІОЛОГІЇ
В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

***Матеріали Спільної Всеукраїнської науково-практичної
онлайн-конференції молодих учених***

(23 жовтня 2025 року, м. Чернігів і м. Київ)

<i>Технічний редактор</i>	<i>В. О. Агєєв</i>
<i>Коректор</i>	<i>О. В. Ільчук</i>
<i>Комп'ютерна верстка</i>	<i>Ю. В. Сопун</i>

Підписано до друку 28.11.2025 р. Формат 60×84/16.

Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times.

Умовн. друк. арк. 6,98. Обл.-вид. арк. 4,63.

Зам. № 25259. Наклад 100 прим.

Видавець та виготовлювач: ФОП Агєєв В. О.

Свід. про внесення до держ. реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК, № 8282 від 02.05.2025.

Запис в єдиному держ. реєстрі № 2010350000000182294 від 01.08.2022.

Україна, 14005, м. Чернігів, вул. В'ячеслава Чорновола, 4, к. 15.

<http://siver-druk.com.ua>

e-mail: siverdruk11@gmail.com