

ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН РІПИ**КУЦ О. В.** – доктор сільськогосподарських наукorcid.org/0000-0003-2053-8142

Державний біотехнологічний університет

ЧЕРНЕНКО Д. С. – аспірантorcid.org/0009-0000-7449-2413

Інститут овочівництва і баштанництва

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Ріпа (*Brassica rapa* L.) є цінною овочевою рослиною, головними особливостями якої є короткий період вегетації, висока харчова цінність та значний вміст біологічно активних речовин (вітаміни С, В₁, В₂, РР, мінерали К, Са, Р, Fe, білки в межах 1,5–1,8 %, клітковина до 1,4 % та безазотисті речовини до 6 %) [1, 2]. Підвищення продуктивності та покращення якості коренеплодів ріпи можливе за рахунок оптимізації живлення рослин з використанням добрив. В той час використання мінеральних добрив має два істотні недоліки в сьогоденнях: 1) висока вартість; 2) можливість посилення негативного впливу на різноманітні біоценози (збільшення концентрації нітратів у ґрунтових водах; погіршення структури ґрунту та ґрунтових екосистем; посилення викидів парникових газів тощо) [3, 4]. Деградація ґрунтів призводить до явних економічних втрат через значну втрату екологічних послуг, що потрібно враховувати на всіх рівнях управління [5].

Ситуація погіршується також за рахунок істотного зниження використання органічних добрив в сільському господарстві України, що пов'язане з різким скороченням поголів'я великої рогатої худоби. Отже, актуальним стає пошук альтернативних способів оптимізації живлення овочевих рослин, в т.ч. й ріпи. Основними альтернативами класичним мінеральним та органічним добривам є використання біопрепаратів, діючими агентами яких є асоціативні азотфіксувальні, фосфор- та каліймобілізуючі мікроорганізми, мікроорганізми, що виробляють фітогормони та ростові речовини, а також біодобрива на основі гумінових речовин, амінокислот та продуктів життєдіяльності водоростей тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наразі в технологіях вирощування овочевих культур стали широко використовувати біопрепарати, які зазвичай містять азотфіксувальні, фосфат- та каліймобілізуювальні бактерії (різні штами *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter salinestris*, *Burkholderia phytofirmans*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Paenibacillus favisporus*, *Paenibacillus polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas stutzeri* та *Rahnella aquatilis*), а також продуценти фітогормонів і біологічно активних речовин [6]. Вказані бактерії забезпечують безліч переваг для рослин, включаючи посилення росту коренів, поглинання поживних речовин та стимуляцію рослинних гормонів, пригнічення патогенної активності та відновлення здоров'я ґрунту шляхом мінералізації органічних забруднювачів [7, 8]. Такі мікроорганізми не є специфічними до господаря, тобто мають перевагу в тому, що можуть

сприяти росту широкого кола рослин [9]. Використання таких мікроорганізмів може зменшити об'єми використання мінеральних добрив, одночасно підвищуючи рівень родючості ґрунту та врожайність рослин [10]. Доведено також позитивний вплив деяких мікроорганізмів на зниження фітотоксичної дії пестицидів. Так, види *Pseudomonas putida* та *Bacillus amyloliquefaciens* зменшують негативний вплив деяких пестицидів (карбендазіму, імідаклоприду та гліфосату), підтримуючи активність ґрунтових ферментів та покращуючи родючість ґрунту [11].

Біопрепарати також активно використовуються для покращення стану рослин в стресових умовах, що викликані абіотичні (посуха, засоленість, холод або спека) та біотичні стресори (патогени) [12]. Протистресова дія мікроорганізмів виражається у виправленні гормонального та поживного дисбалансу, а також покращенні певних фізіологічних та метаболічних змін [13], індукувати стресостійкість через виробництво осмолітів [14], виробництво антиоксидантів [15], активність АСС-дезамінази, вміст фітогормонів [16] та формування біоплівки [17]. Також біопрепарати можуть ініціювати синтез гідролітичних ферментів, екзополісахаридів, біоремедіацію важких металів та стимуляцію індукованої системної резистентності [13].

Гумінові речовини виконують кілька екологічних функцій як у природних, так і в антропогенних екосистемах. Вони відповідають за родючість ґрунту, впливаючи на структуру та шпаруватість через дію на агрегацію частинок; постачають поживні речовини як через хелатні мінерали, так і шляхом власного розкладу, та формують угруповання ґрунтової біоти. Багато дослідників підтвердили дію гумінових кислот на покращення росту та вплив на фізіологічні процеси рослин, оскільки було виявлено низку гормонів, що містяться в структурі гумусу [18–20].

За даними численних досліджень, застосування біопрепаратів у технології вирощування капустяних культур, зокрема ріпи, позитивно впливає на ріст рослин і рівень урожайності. Так, використання фосфатмобілізуювальних бактерій у поєднанні з органічними або мінеральними добривами забезпечує істотне збільшення маси коренеплодів та загальної врожайності порівняно з контролем [21]. Дослідження Khan et al. [22] показали, що інокуляція ґрунту біопрепаратами на основі *Bacillus subtilis* сприяла підвищенню врожайності коренеплодів культур родини Brassicaceae на 12–25 % завдяки активізації ростових процесів і покращенню живлення рослин.

Подібні результати отримано і для ріпи, де біопрепарати забезпечували формування більш вирівняних та товарних коренеплодів [23].

На основі аналізу наукових джерел встановлено, що біопрепарати є ефективним засобом підвищення продуктивності ріпи. Їх застосування сприяє покращенню мінерального живлення, активізації ростових процесів, підвищенню врожайності та якості коренеплодів, а також зниженню вмісту нітратів у продукції. Використання біопрепаратів у поєднанні з іншими елементами інтегрованих технологій удобрення є перспективним напрямом розвитку сучасного овочівництва.

Мета роботи – визначити ефективність застосування біопрепаратів для оптимізації живлення рослин ріпи в умовах Західного Полісся України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проведено на Волинській державній сільськогосподарській дослідній станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН впродовж 2023–2025 років.

Ґрунт дослідної ділянки – дерново-підзолистий легкосуглинковий, орний шар якого має наступні з агрохімічні показники: вміст гумусу – 1,18 %; рН сольової витяжки – 5,3; вміст азоту (легкогідролізованого) – 61 мг/кг, рухомого фосфору – 135,1 мг/кг та рухомого калію – 81,3 мг/кг повітряно-сухого ґрунту.

Дослід двофакторний. Фактор А (сорт) включало чотири основні сорти ріпи: Золота куля, Пурпулова, Пурпулепоп та Гейша (насіння висівали у II декаді квітня). Фактор В також включав 4 варіанти: 1) $N_{60}P_{60}K_{70}$ (еталон); 2) Азотохелп (обробка насіння 30 мл/кг насіння + обприскування 0,8 л/га в два строки: 1–2 справжні листка + через 15 днів після першої обробки); 3) Органік баланс (обробка насіння 40 мл/кг насіння + обприскування 1 л/га в два строки); 4) Гуміфренд (обробка насіння 30 мл/кг насіння + обприскування 0,6 л/га в два строки).

Азотохелп – біопрепарат, що містить *Azotobacter chroococcum* не менше ніж $1,0 \times 10^9$ КУО/см³. Препарат забезпечує активну фіксацію молекулярного атмосферного азоту та збагачує ним ґрунт до 60 кг/га (в середньому 20 кг/га); синтезує стимулюючий ріст речовини; покращує схожість насіння; стимулює розвиток кореневої системи і рослини; підвищує стійкість рослин до стресових факторів; покращує засвоєння поживних речовин; зміцнює імунну систему рослини; підвищує врожайність культури.

Органік баланс – біопрепарат для стимуляції росту та розвитку сільськогосподарських культур, стійкості до стресів, та збалансованого живлення. Препарат містить концентровану суміш живих бактерій-продуцентів (азотфіксуючі; фосфор- та каліймобілізуючі; з фунгіцидними властивостями); біологічно-активні продукти життєдіяльності бактерій (фітогормони, вітаміни, антибіотики, фунгіцидні речовини, ферменти, амінокислоти), а також компоненти поживного середовища (макро-, мікроелементи та органічні джерела живлення). Загальне число життєздатних мікроорганізмів - продуцентів не менше $1,0 \times 10^9$ КУО/см³.

Гуміфренд – комплексне добриво на основі гумату калію з додатковим вмістом корисних мікроорганізмів

та продуктів їх метаболізму. Добриво містить калійні солі гумінових та фульвових кислот; комплекс мікроорганізмів: (*Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, *Bacillus muciloginosus*, *Bacillus macerans*, *Paenibacillus polymyxa*); амінокислоти, пептиди, янтарну (бурштинову) кислоту; поліетиленгліколь; мікроелементи (сірка, магній, цинк, залізо, марганець, бор, мідь, кремній, молібден, кобальт).

Дослідження закладались у чотириразовому повторенні згідно методики дослідної справи в овочівництві і баштанництві [24, 25]. Якісні показники продукції (вміст сухої речовини, крохмалю, білку та вітаміну С) визначали тільки для коренеплодів сорту ріпи Золота куля.

Результати досліджень. Ефективність біопрепаратів в порівнянні з застосуванням мінеральних добрив істотно варіює в залежності від сорту (табл. 1). Встановлено, що, не зважаючи на короткий період вегетації ріпи, використання біопрепаратів та гумінових добрив не поступається застосуванню під культуру рекомендованої норми мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{70}$). Для сорту ріпи Золота куля взагалі відімається позитивна тенденція зростання урожайності ріпи за внесення біопрепаратів Азотохелп та Органік баланс, а також гумінового добрива Гуміфренд, як за роками досліджень, так і в середньому. Урожайність коренеплодів ріпи в середньому за роки досліджень від використання біопрепаратів та Гуміфренду для даного сорту коливалася в межах 23,8–24,5 т/га, що було на рівні урожайності за внесення $N_{60}P_{60}K_{70}$ (23,9 т/га).

Для сорту Пурпулова в 2023 році зазначена тенденція щодо підвищення урожайності за використання біопрепаратів та гумінового добрива, тоді як в 2024 та 2025 років – тенденція щодо зменшення урожайності відносно застосуванню мінеральних добрив. В середньому за роки досліджень використання Органік баланс забезпечує тенденцію до підвищення урожайності, але на рівні 0,4 т/га або 1,6 %.

Для сорту Пурпулепоп позитивну тенденцію зростання урожайності ріпи від біопрепаратів та Гуміфренду також відмічено в 2023 році, але в наступні роки урожайність була нижчою за еталон (не істотно). В середньому за роки досліджень зазначено тенденцію за зниження урожайності ріпи за використання Азотохелп та Гуміфренд; урожайність становила 24,3–24,5 т/га за значення при внесенні мінеральних добрив на рівні 25,7 т/га.

Подібна закономірність прослідковується і для сорту Гейша. В середньому за роки досліджень використання Азотохелп та Гуміфренд зумовлюють тенденцію до зниження рівня урожайності ріпи (22,6–23,2 т/га), застосування Органік баланс – тенденцію до підвищення урожайності (24,1 т/га) відносно застосування мінеральних добрив (23,5 т/га).

Позитивним аспектом використання біопрепаратів є істотне підвищення вмісту в коренеплодах деяких біохімічних показників (табл. 2). Зазначено істотне зростання вмісту сухої речовини в коренеплодах ріпи за використання Органік баланс та Гуміфренд (16,4–16,7 %).

Вміст крохмалю навпаки знижувався відносно застосуванню рекомендованої норми мінеральних добрив за

Таблиця 1

Вплив біопрепаратів та добрив на загальну урожайність ріпи (2023–2025 рр.)

Сорти	Препарати	Урожайність коренеплодів, т/га			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє
Золота куля	$N_{60}P_{60}K_{70}$	28,0	20,1	21,6	23,9
	Азотохелп	28,6	21,5	21,3	23,8
	Органік баланс	28,7	22,2	22,5	24,5
	Гуміфренд	28,5	21,6	21,7	24,0
Пурпурова	$N_{60}P_{60}K_{70}$	27,5	23,1	22,9	24,5
	Азотохелп	28,3	22,5	21,7	24,5
	Органік баланс	29,3	22,7	22,8	24,9
	Гуміфренд	28,8	22,2	21,9	24,3
Пурпулепоп	$N_{60}P_{60}K_{70}$	28,4	22,5	22,3	25,7
	Азотохелп	29,3	22,3	21,8	24,5
	Органік баланс	30,3	22,9	22,3	25,2
	Гуміфренд	29,8	22,6	22,1	24,8
Гейша	$N_{60}P_{60}K_{70}$	25,8	22,6	22,1	23,5
	Азотохелп	26,7	20,7	20,5	22,6
	Органік баланс	27,9	22,3	22,1	24,1
	Гуміфренд	25,9	21,5	21,3	23,2
$HIP_{0,95}$ для фактору А		1,12	1,06	1,11	
$HIP_{0,95}$ для фактору В		1,67	1,95	1,49	
$HIP_{0,95}$ для взаємодії факторів		2,31	2,03	1,98	

Таблиця 2

Вплив біопрепаратів та добрив на біохімічний склад коренеплодів ріпи сорту Золота куля (середнє за 2023–2025 рр.)

Система оптимізації живлення	Вміст в коренеплодах, %			
	сухої речовини	крохмалю	білку	вітамін С, мг/100г
1. $N_{60}P_{60}K_{70}$	15,8 ± 0,04	6,32 ± 0,03	5,4 ± 0,05	18,7 ± 0,05
2. Азотохелп	15,3 ± 0,02	5,47 ± 0,03	5,7 ± 0,03	19,1 ± 0,04
3. Органік баланс	16,7 ± 0,02	6,35 ± 0,03	6,0 ± 0,02	19,8 ± 0,04
4. Гуміфренд	16,4 ± 0,01	5,51 ± 0,02	5,7 ± 0,03	18,9 ± 0,03

внесення Азотохелп та Гуміфренд (до рівня 5,47–5,51 % за значення на контролі 6,31 %).

За використання біопрепарату Органік баланс відзначено суттєве зростання вмісту в коренеплодах білку до рівня 6,0 %, тоді як за іншими варіантами даний показник знаходиться на рівні еталонного застосування мінеральних добрив.

Використання біопрепаратів Азотохелп та Органік баланс також сприяло суттєвому зростанню вмісту вітаміну С в коренеплодах ріпи до рівня 19,1–19,8 мг/100 г.

Отже, в певному сенсі використання біопрепаратів та гумінових добрив за рахунок посилення ростових процесів може замінити застосування класичних видів мінеральних добрив в технологічних схемах вирощування ріпи. Найбільш продуктивним є використання біопрепарату Органік баланс, так як він містить комплекс мікроорганізмів (азотфіксувальні, фосфат- й калій-мобілізуєчі тощо) та продукти їх життєдіяльності.

Висновки. Впровадження в технологію вирощування ріпи біопрепаратів (Азотохелп, Органік баланс) та гумінового добрива Гуміфренд за впливом на урожайність та якісний склад коренеплодів не поступається використанню рекомендованої норми мінеральних

добрив ($N_{60}P_{60}K_{70}$). Максимальний позитивний вплив забезпечує використання Органік баланс, який на всіх сортах ріпи забезпечує позитивну тенденцію підвищення урожайності коренеплодів, а також сприяє істотному зростанню в коренеплодах вмісту сухої речовини (16,7 %), білку (6,0 %) та вітаміну С (19,8 мг/100 г), а також позитивну тенденцію щодо підвищення вмісту крохмалю (6,35 %).

Перспективним є продовження досліджень за напрямом визначення ефективності спільного використання різних видів біопрепаратів та біодобрив, а також поєднання їх з сидеральними добривами та деструкторами стерні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Salehi B. et al. Phytotherapy and food applications from Brassica genus. *Phytotherapy Research*. 2021. 35. 7. P. 3590-3609. <https://doi.org/10.1002/ptr.7048>
2. Chaïma Z., Nadia T., Chahrazed B., Nouredine D., Manel D. L., Halima A. R., Salah N. N., Tarek H., Mohamed A., Eddine D. S. Comprehensive LC-MS Profiling and Evaluation of Antimicrobial, Antibiofilm, Antioxidant, and Anti-inflammatory Properties of Alcoholic Extracts of *Brassica fruticulosa* subsp.

- numidica (Coss.) Maire. *Chemistry & Biodiversity*. 2025. 10. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202500524>
3. Frattini N., Pulido Carrasquero A., Pronsato L. et al. Effects of common fertilizers on the soil ecosystem. *Bull Natl Res Cent*. 2023. 47. 78. <https://doi.org/10.1186/s42269-023-01051-8>
 4. Yu X., Keitel C., Islam R., Dijkstra F. A. Nitrogen and phosphorus fertilizer use efficiency: the interactive effects of fertilization and liming. *Geoderma*. 2025. 459. 117362. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.117362>
 5. Kopittke P. M., Menzies N. W., Wang P., McKenna B. A., Lombi E. Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*. 2019. 132. 105078. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>
 6. Kumar M., Giri V. P., Pandey S., Gupta A., Patel M. K., Bajpai A. B., Jenkins S., Siddique K. H. M. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria Emerging as an Effective Bioinoculant to Improve the Growth, Production, and Stress Tolerance of Vegetable Crops. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. 22. 12245. <https://doi.org/10.3390/ijms222212245>
 7. Ferchichi N., Toukabri W., Boularess M., Smaoui A., Mhamdi R., Trabelsi D. Isolation, identification and plant growth promotion ability of endophytic bacteria associated with lupine root nodule grown in Tunisian soil. *Arch. Microbiol.* 2019. 201. P. 1333–1349. <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01702-3>
 8. Artyszak A., Gozdowski D. The Effect of Growth Activators and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) on the Soil Properties, Root Yield, and Technological Quality of Sugar Beet. *Agronomy*. 2020. 10. 1262. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091262>
 9. Kour D., Rana K. L., Yadav N., Yadav A. N., Kumar A., Meena V. S., Singh B., Chauhan V. S., Dhaliwal H. S., Saxena A. K. Rhizospheric Microbiomes: Biodiversity, Mechanisms of Plant Growth Promotion, and Biotechnological Applications for Sustainable Agriculture. In *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Agricultural Sustainability*; Springer: Singapore, 2019. P. 19–65. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7553-8_2
 10. Sudewi S., Ala A., Patandjengi B., BDR M. F., Rahim A. Screening of Plant Growth Promotion Rhizobacteria (PGPR) to increase local aromatic rice plant growth. *International journal of pharmaceutical research*. 2020. 13. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2021.13.01.151>
 11. Kumar M., Yusuf M. A., Chauhan P. S., Nigam M. *Pseudomonas putida* and *Bacillus amyloliquefaciens* alleviates the adverse effect of pesticides and poise soil enzymes activities in chickpea (*Cicer arietinum* L.) rhizosphere. *Tropical Plant Research*. 2017. 4. P. 405-418. <https://doi.org/10.22271/tpr.2017.v4.i3.054>
 12. Porter S. S., Bantay R., Friel C. A., Garoutte A., Gdanetz K., Ibarreta K., Moore B. M., Shetty P., Siler E., Friesen M. L. Beneficial microbes ameliorate abiotic and biotic sources of stress on plants. *Functional Ecology*. 2019. 34. P. 2075-2086. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13499>
 13. Kalozoumis P., Savvas D., Aliferis K., Ntatsi G., Marakis G., Simou E., Tampakaki A., Karapanos I. Impact of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Inoculation and Grafting on Tolerance of Tomato to Combined Water and Nutrient Stress Assessed via Metabolomics Analysis. *Front. Plant Sci*. 2021. 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.670236>
 14. Paul D., Lade H. Plant-growth-promoting rhizobacteria to improve crop growth in saline soils: A review. *Agron. Sustain. Dev*. 2014. 34. P. 737-752. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0233-6>
 15. Jyothsna P., Murthy S. D. S. A review on effect of senescence in plants and the role of phytohormones in delaying senescence. *Int. J. Plant Anim. Environ. Sci*. 2016. 6. P. 152–162.
 16. Kaushal M., Wani S. P. Plant-growth-promoting rhizobacteria: Drought stress alleviators to ameliorate crop production in drylands. *Ann. Microbiol*. 2015. 66. P. 35–42 <https://doi.org/10.1007/s13213-015-1112-3>
 17. Slettengren M., Mohanty S., Kamolvit W., van der Linden J., Brauner A. Making medical devices safer: Impact of plastic and silicone oil on microbial biofilm formation. *J. Hosp. Infect*. 2020. 106. P. 155–162.
 18. Canellas L. P., Olivares F. L., Aguiar N. O., Jones D. L., Nebbioso A., Mazzei P., Piccolo A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic*. 2015. 196. P. 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
 19. Ampong K., Thilakarathna M. S., Gorim L. Y. Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. *Front. Agron*. 2022. 4. 848621. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.848621>
 20. Ma Y., Cheng X., Zhang Y. The Impact of Humic Acid Fertilizers on Crop Yield and Nitrogen Use Efficiency: A Meta-Analysis. *Agronomy*. 2024. 14. 2763. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122763>
 21. Adesemoye A. O., Torbert H. A., Kloepper J. W. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbial Ecology*. 2009. 58. P. 921–929.
 22. Khan N., Bano A., Zandi P. Effects of plant growth promoting rhizobacteria on growth, yield and nutrient uptake of Brassica crops. *Journal of Plant Nutrition*. 2017. 40. P. 1–15.
 23. Kumar S., Kumar S., Maji S., Pandey V. K. Effect of inorganic fertilizers and bio-fertilizers on growth, yield and quality of radish (*Raphanus sativus* L.). *Int. J. Plant Sci*. 2016. 11. P. 71-74. <https://doi.org/10.15740/HAS/IJPS/11.1/71-74>
 24. Бондаренко Г. Л., Яковенко А. І. Методика дослідної справи в овочівництві та баштанництві. Харків : Основа, 2001. 369 с.
 25. Дослідна справа в агрономії: в 2 книгах. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень. А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська, та інші. Харків : Майдан, 2016. 314 с.

REFERENCES:

1. Salehi, B. et al. (2021). Phytotherapy and food applications from Brassica genus. *Phytotherapy Research*, 35, 3590-3609. <https://doi.org/10.1002/ptr.7048>
2. Chaïma, Z., Nadia, T., Chahrazed, B., Nouredine, D., Manel, D. L., Halima, A. R., Salah, N. N., Tarek, H., Mohamed, A., Eddin, e D. S (2025). Comprehensive LC-MS Profiling and Evaluation of Antimicrobial, Antibiofilm, Antioxidant, and Anti-inflammatory Properties of Alcoholic Extracts of Brassica fruticulosa subsp. numidica (Coss.) Maire. *Chemistry & Biodiversity*, 10. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202500524>
3. Frattini, N., Pulido Carrasquero, A., Pronsato, L. et al. (2023). Effects of common fertilizers on the soil

- ecosystem. Bull Natl Res Cent., 47, 78. <https://doi.org/10.1186/s42269-023-01051-8>
4. Yu, X., Keitel, C., Islam, R., Dijkstra, F. A. (2025). Nitrogen and phosphorus fertilizer use efficiency: the interactive effects of fertilization and liming. *Geoderma*, 459, 117362. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.117362>
 5. Kopittke, P. M., Menzies, N. W., Wang, P., McKenna, B. A., Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, 132, 105078. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>
 6. Kumar, M., Giri, V. P., Pandey, S., Gupta, A., Patel, M. K., Bajpai, A. B., Jenkins, S., Siddique, K. H. M. (2021). Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria Emerging as an Effective Bioinoculant to Improve the Growth, Production, and Stress Tolerance of Vegetable Crops. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 12245. <https://doi.org/10.3390/ijms222212245>
 7. Ferchichi, N.; Toukabri, W.; Boularess, M.; Smaoui, A.; Mhamdi, R.; Trabelsi, D. (2019). Isolation, identification and plant growth promotion ability of endophytic bacteria associated with lupine root nodule grown in Tunisian soil. *Arch. Microbiol.*, 201, 1333–1349. <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01702-3>
 8. Artyszak, A.; Gozdowski, D. (2020). The Effect of Growth Activators and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) on the Soil Properties, Root Yield, and Technological Quality of Sugar Beet. *Agronomy*, 10, 1262. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091262>
 9. Kour, D.; Rana, K. L.; Yadav, N.; Yadav, A. N.; Kumar, A.; Meena, V. S.; Singh, B.; Chauhan, V. S.; Dhaliwal, H. S.; Saxena, A. K. (2019). Rhizospheric Microbiomes: Biodiversity, Mechanisms of Plant Growth Promotion, and Biotechnological Applications for Sustainable Agriculture. In *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Agricultural Sustainability*; Springer: Singapore, 19–65. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7553-8_2
 10. Sudewi, S.; Ala, A.; Patandjengi, B.; BDR, M. F.; Rahim, A. (2020). Screening of Plant Growth Promotion Rhizobacteria (PGPR) to increase local aromatic rice plant growth. *International journal of pharmaceutical research*, 13. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2021.13.01.151>
 11. Kumar, M.; Yusuf, M. A.; Chauhan, P. S.; Nigam, M. (2017). *Pseudomonas putida* and *Bacillus amyloliquefaciens* alleviates the adverse effect of pesticides and poise soil enzymes activities in chickpea (*Cicer arietinum* L.) rhizosphere. *Tropical Plant Research*, 4, 405–418. <https://doi.org/10.22271/tpr.2017.v4.i3.054>
 12. Porter, S. S.; Bantay, R.; Friel, C. A.; Garoutte, A.; Gdanetz, K.; Ibarreta, K.; Moore, B. M.; Shetty, P.; Siler, E.; Friesen, M. L. (2019). Beneficial microbes ameliorate abiotic and biotic sources of stress on plants. *Functional Ecology*, 34, 2075–2086. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13499>
 13. Kalozoumis, P.; Savvas, D.; Aliferis, K.; Ntatsi, G.; Marakis, G.; Simou, E.; Tampakaki, A.; Karapanos, I. (2021). Impact of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Inoculation and Grafting on Tolerance of Tomato to Combined Water and Nutrient Stress Assessed via Metabolomics Analysis. *Front. PlantSci.*, 12 <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.670236>
 14. Paul, D.; Lade, H. Plant-growth-promoting rhizobacteria to improve crop growth in saline soils: A review. *Agron. Sustain. Dev.* 2014, 34, 737-752. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0233-6>
 15. Jyothsna, P.; Murthy, S. D. S. (2016). A review on effect of senescence in plants and the role of phytohormones in delaying senescence. *Int. J. Plant Anim. Environ. Sci.*, 6, 152–162.
 16. Kaushal, M.; Wani, S. P. (2015). Plant-growth-promoting rhizobacteria: Drought stress alleviators to ameliorate crop production in drylands. *Ann. Microbiol.*, 66, 35–42 <https://doi.org/10.1007/s13213-015-1112-3>.
 17. Slettengren, M.; Mohanty, S.; Kamolvit, W.; van der Linden, J.; Brauner, A. (2020). Making medical devices safer: Impact of plastic and silicone oil on microbial biofilm formation. *J. Hosp. Infect.*, 106, 155–162.
 18. Canellas, L. P.; Olivares, F. L.; Aguiar, N. O.; Jones, D. L.; Nebbioso, A.; Mazzei, P.; Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.*, 196, 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
 19. Ampong, K.; Thilakaranthna, M. S.; Gorim, L. Y. (2022). Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. *Front. Agron.*, 4, 848621. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.848621>
 20. Ma, Y.; Cheng, X.; Zhang, Y. (2024). The Impact of Humic Acid Fertilizers on Crop Yield and Nitrogen Use Efficiency: A Meta-Analysis. *Agronomy*, 14, 2763. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122763>
 21. Adesemoye, A. O., Torbert, H. A., Kloepper, J. W. (2009). Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbial Ecology*, 58, 921–929.
 22. Khan, N., Bano, A., Zandi, P. (2017). Effects of plant growth promoting rhizobacteria on growth, yield and nutrient uptake of Brassica crops. *Journal of Plant Nutrition*, 40, 1–15.
 23. Kumar, S.; Kumar, S.; Maji, S.; Pandey, V. K. (2016). Effect of inorganic fertilizers and bio-fertilizers on growth, yield and quality of radish (*Raphanus sativus* L.). *Int. J. Plant Sci.*, 11, 71–74. <https://doi.org/10.15740/HAS/IJPS/11.1/71-74>
 24. Bondarenko, G. L., Yakovenko, K. I. (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi ta bashtannytstvi [Research methodology in vegetable growing and melon growing]*. Kharkiv : Osнова. 369 p. [in Ukrainian].
 25. *Doslidna sprava v ahronomii: v 2 knyhakh. Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzhen. [Research work in agronomy: a textbook: in 2 books. Statistical processing of the results of agronomic research]*. A. O. Rozhkov, V. K. Puzik, S. M. Kalenska et al. Kharkiv : Maidan, 2016. 314 p. [in Ukrainian].

Куц О. В., Черненко Д. С. Використання біопрепаратів для оптимізації живлення рослин ріпи

Мета роботи – визначити ефективність застосування біопрепаратів для оптимізації живлення рослин ріпи в умовах Західного Полісся України. **Методи.** Польові дослідження виконували на Волинській державній сільськогосподарській дослідній станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. В досліді проводили визначення ефективності різних видів біопрепаратів (Азотохелп, Органік баланс) та гумінових добрив (Гуміфренд) за впливом на урожайність та

якісний склад продукції ріпи порівняно з використанням рекомендованої норми мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{70}$). **Результати.** Не зважаючи на короткий період вегетації ріпи, використання біопрепаратів та гумінових добрив не поступається застосуванню під культуру рекомендованої норми мінеральних добрив. Для сорту ріпи Золота куля відімається позитивна тенденція зростання урожайності ріпи за внесення біопрепаратів Азотохелп та Органік баланс, а також гумінового добрива Гуміфренд (23,8–24,5 т/га). Для сорту Пурпурова тільки використання Органік баланс забезпечує тенденцію до підвищення урожайності (на рівні 0,4 т/га або 1,6 %). Для сорту Пурпулепоп та Гейша встановлено тенденцію за зниження урожайності ріпи за використання Азотохелп та Гуміфренд (24,3–24,5 та 22,6–23,2 т/га відповідно). Застосування Органік баланс зумовлює тенденцію до підвищення урожайності відносно застосування мінеральних добрив. **Висновки.** Впровадження в технологію вирощування ріпи біопрепаратів (Азотохелп, Органік баланс) та гумінового добрива Гуміфренд за впливом на урожайність та якісний склад коренеплодів не поступається використанню рекомендованої норми мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{70}$). Максимальний позитивний вплив забезпечує використання Органік баланс, який на всіх сортах ріпи забезпечує позитивну тенденцію підвищення урожайності коренеплодів, а також сприяє істотному зростанню в коренеплодах вмісту сухої речовини (16,7 %), білку (6,0 %) та вітаміну С (19,8 мг/100 г), а також позитивну тенденцію щодо підвищення вмісту крохмалю (6,35 %).

Ключові слова: Brassica rapa, мікробні препарати, гумінові добрива, урожайність, біохімічний склад.

Kuts O. V., Chernenko D. S. Use of biopreparations for optimizing turnip plant nutrition

Purpose. The aim of the study was to determine the effectiveness of biopreparations for optimizing the nutrition

of turnip plants under the conditions of the Western Polissia of Ukraine. **Methods.** Field experiments were conducted at the Volyn State Agricultural Research Station of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The experiment evaluated the effectiveness of various biopreparations (Azotohelp, Organic Balance) and humic fertilizers (Humifrend) in terms of their effects on yield and quality parameters of turnip roots in comparison with the recommended rate of mineral fertilizers ($N_{60}P_{60}K_{70}$). **Results.** Despite the short growing period of turnip, the use of biopreparations and humic fertilizers was not inferior to the application of the recommended rate of mineral fertilizers. For the turnip cultivar Zolota Куля, a positive trend in yield increase was observed with the application of the biopreparations Azotohelp and Organic Balance, as well as the humic fertilizer Humifrend (23.8–24.5 t/ha). For the cultivar Purpurova, only the use of Organic Balance resulted in a tendency toward higher yield (by 0.4 t/ha or 1.6 %). For the cultivars Purplepop and Geisha, a tendency toward yield reduction was noted when Azotohelp and Humifrend were applied (24.3–24.5 and 22.6–23.2 t/ha, respectively). The application of Organic Balance resulted in a positive trend in yield increase compared with mineral fertilization. **Conclusions.** The introduction of biopreparations (Azotohelp, Organic Balance) and the humic fertilizer Humifrend into turnip cultivation technology provides yield and root quality parameters comparable to those obtained with the recommended rate of mineral fertilizers ($N_{60}P_{60}K_{70}$). The greatest positive effect was achieved with Organic Balance, which promoted a consistent tendency toward increased root yield across all turnip cultivars and significantly enhanced the content of dry matter (16.7 %), protein (6.0 %), and vitamin C (19.8 mg/100 g), as well as a positive trend in starch content (6.35 %).

Key words: Brassica rapa, microbial preparations, humic fertilizers, yield, biochemical composition.

Дата першого надходження рукопису до видання: 20.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 19.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025