

УДК 635.132; 631.847.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.9>

МІКРОБНІ ПРЕПАРАТИ В ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ МОРКВИ

Семененко С.В. – доктор філософії,
старший науковий співробітник лабораторії агрохімічної досліджень
та якості продукції,

Інститут овочівництва і баштанництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-6606-1151

Куц О.В. – д.с.-г.н.,
доцент кафедри рослинництва,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0003-2053-8142

Семененко І.І. – к.с.-г.н., старший дослідник,
науковий співробітник,
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка»
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-6485-0077

Рожков А.О. – д.с.-г.н., професор,
старший науковий співробітник
лабораторії агрохімічної досліджень та якості продукції,
Інститут овочівництва і баштанництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-9138-7973

Коверя Р.А. – здобувач лабораторії агрохімічної досліджень
та якості продукції,
Інститут овочівництва і баштанництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0005-8628-8993

У статті представлено результати досліджень, спрямованих на оцінювання ефективності різних систем оптимізації живлення рослин моркви в органічній технології вирощування в умовах Лісостепу України. Дослідження виконувалися у 2024-2025 роках на базі Інституту овочівництва і баштанництва НААН України. Вирощування моркви сорту Нантська харківська здійснювали в овоче-кормовій сівозміні із застосуванням краплинного зрошення. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний важкосуглинковий на лесових породах. Встановлено, що системи оптимізації живлення суттєво впливають на ріст, урожайність і якісні характеристики культури в умовах Лісостепу України. Використання як мінеральних, так і біологічних препаратів забезпечує значне зростання загальної та товарної врожайності порівняно з контролем – на 24,1–56,6 %. Застосування систем живлення із використанням мікробних препаратів і біодобрив сприяє формуванню високого рівня продуктивності моркви та за ефективністю не поступається внесенню $N_{30}P_{30}K_{30}$, що підтверджує доцільність їх впровадження в органічній технології вирощування. Найбільш результативною виявилася система, що передбачає внесення препарату Граундфікс (5 л/га) під час передпосівної культивування, проведення фертигації препаратами Азотохелп (1 л/га) і Органік Баланс (1,5 л/га), а також дворазове позакореневе підживлення добривом HelpRost овочевий (по 2 л/га), яка забезпечила



© Семененко С.В., Куц О.В., Семененко І.І., Рожков А.О., Коверя Р.А., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

максимальні показники врожайності культури. Для одержання продукції з підвищеним вмістом біохімічних компонентів доцільно застосовувати обробку насіння препаратом Мікофренд у поєднанні з підживленнями біодобривом Гуміфренд, що забезпечує тенденцію до зростання вмісту в коренеплодах сухої речовини (12,04 %), зацального цукру (8,37 %) і вітаміну С (6,1 мг/100 г), а також суттєве підвищення вмісту каротину (22,18 мг/кг). Отримані результати підтверджують перспективність застосування комплексних біологічних систем оптимізації живлення як екологічно безпечної та ефективної альтернативи традиційному мінеральному удобренню при вирощуванні моркви.

Ключові слова: овочеві рослини, мікробні препарати, гумінові добрива, товарність, урожайність.

Semenko S.V., Kuts O.V., Semenenko I.I., Rozhkov A.O., Koveria R.A. Microbial preparations in the optimization of carrot nutrition

The article presents the results of research aimed at evaluating the effectiveness of various plant nutrition optimization systems for carrot cultivation under organic production conditions in the Forest-Steppe zone of Ukraine. The studies were conducted in 2024–2025 at the Institute of Vegetable and Melon Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Carrot of the 'Nantska Kharkivska' variety was grown in a vegetable–forage crop rotation system using drip irrigation. The soil of the experimental site was typical low-humus heavy loamy chernozem formed on loess parent material. It was established that nutrition optimization systems significantly affect plant growth, yield, and quality characteristics of carrots under the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. The application of both mineral and biological products ensured a substantial increase in total and marketable yield compared to the control by 24.1–56.6%. The use of nutrition systems involving microbial preparations and biofertilizers contributed to the formation of high productivity of carrots and, in terms of efficiency, was not inferior to the application of $N_{30}P_{30}K_{30}$, which confirms the feasibility of their implementation in organic cultivation technologies. The most effective system included the application of Groundfix (5 L/ha) during pre-sowing cultivation, fertigation with Azotohelp (1 L/ha) and Organic Balance (1.5 L/ha), as well as two foliar applications of the fertilizer HelpRost (vegetable formulation) at a rate of 2 L/ha each, which ensured the highest yield performance of the crop. To obtain products with an increased content of biochemical components, it is advisable to apply seed treatment with Mycofriend in combination with fertilization using the biofertilizer Humifriend, which provides a positive trend in increasing the content of dry matter (12.04%), total sugars (8.37%), and vitamin C (6.1 mg/100 g) in root crops, as well as a significant increase in carotene content (22.18 mg/kg).

The obtained results confirm the promising potential of using complex biological nutrition optimization systems as an environmentally safe and effective alternative to conventional mineral fertilization in carrot cultivation.

Key words: vegetable plants, microbial preparations, humic fertilizers, marketability, yield.

Актуальність теми дослідження. За вирощування овочевої продукції в умовах органічного виробництва основним джерелом поліпшення поживного режиму ґрунту є застосування органічних добрив. З різким скороченням тваринництва в Україні постає питання пошуку інших джерел щодо оптимізації живлення рослин за таких технологічних підходів. Дієвою альтернативою є використання сидеральних добрив, але їх широке використання в умовах Лісостепу України обмежується кліматичними умовами, що пов'язане з формуванням певних негативних за рівнем зволоження умов на момент висіву та появи сходів основних видів сидеральних рослин.

Одним з шляхів вирішення даної проблеми є використання мікробних препаратів різної функціональної дії, що забезпечують активацію таких процесів як асоціативна азотфіксація, фосфор- та каліймобілізація, деструкція рослинних залишків, стимуляція ростових процесів тощо [1].

Постановка проблеми. Морква (*Daucus carota* L.) є однією з провідних овочевих культур світового значення, яка характеризується високими вимогами до забезпеченості поживними елементами та чутливістю до порушення поживного режиму ґрунту [2, 3].

В умовах інтенсифікації овочівництва та необхідності зниження екологічного навантаження на агроєкосистеми все більшого значення набуває використання біопрепаратів як складової системи живлення рослин. Традиційні системи удобрення, засновані переважно на мінеральних добривах, часто супроводжуються низькою ефективністю використання поживних речовин і негативним впливом на ґрунтову біоту та довкілля [4].

Ґрунтові мікробні спільноти, що включають різноманітні види, які необхідні для нормального функціонування екосистеми, є рушійною силою біогеохімічного циклу. Ризосфера, що оточує коріння рослин, є центром мікробного різноманіття та містить велику кількість мікроорганізмів, чисельність яких в рази перевищує кількість мікрофлори в інших частинах ґрунту. В таких екосистемах ризобактерії, які стимулюють ріст рослин, відіграють ключову роль у здоров'ї ґрунту, визначають рівень його родючості та сталість виробництва сільськогосподарських культур [5]. Штами ризобактерій посилюють ріст та врожайність рослин за допомогою різноманітних прямих механізмів, включаючи виробництво фітогормонів, фіксацію азоту, підвищення рухомості ґрунтових фосфатів та сполук калію, а також непрямыми шляхами, такими як гіперпаразитизм, антибіоз та генерація каталітичних ферментів [6, 7]. В багатьох дослідженнях, які проведені в різних ґрунтово-кліматичних зонах, застосування мікробних інокулянтів істотно підвищує врожайність сільськогосподарських культур на 12-20%, що підкреслює їхній потенціал як сталої сільськогосподарської стратегії [8, 9].

Фосфорсолюбілізуючі бактерії також визначені як доволі важливий фактор підвищення продуктивності різних сільськогосподарських рослин [10, 11]. Переважно ізольовані від ризосфери, такі мікроорганізми є метаболічно активними та здатні трансформувати нерозчинний фосфор у біодоступні форми [12]. Механізм солюбілізації включає секрецію органічних кислот, таких як яблучна, молочна, оцтова, лимонна та бурштинова, поряд з ферментами, такими як фітаза та фосфатаза, та хелатування через сидерофори та позаклітинні полісахариди [13]. Також зазначено, що деякі фосфорсолюбілізуючі бактерії виробляють регулятори росту рослин, включаючи індолоцтову кислоту та гіберелін, які істотно впливають на формування вегетативного маси рослин [14].

Важливим також є використання біопрепаратів з асоціативними азотфіксуючими бактеріями. Але їх застосування не завжди показує високу ефективність через низьку сумісність з рослинами-господарями та слабку конкурентоспроможність в порівнянні з місцевими бактеріями ризосфери [9].

Незважаючи на значні досягнення в дослідженнях ризосферних мікроорганізмів, непропорційно велика увага приділяється зерновим та зернобобовим культурам, тоді як коренеплодам, таким як морква, приділяється порівняно менше уваги. Морква також позитивно реагує на інокулянти мікоризними грибами, які покращують її морфологічні та біохімічні характеристики [15]. Однак вплив мікробних препаратів з іншими корисними мікроорганізмами на урожайність та якість продукції моркви залишається недостатньо вивченим. З іншого боку, хоча корисні мікроорганізми певним чином присутні в ґрунті, їхні популяції часто недостатні, щоб конкурувати з іншими бактеріями в ризосфері. Враховуючи, що успішна колонізація ризосфери є необхідною умовою для позитивного впливу мікроорганізмів на рослини, інокуляція такими мікробними препаратами є критично важливим кроком для збільшення їхньої кількості в ґрунті, тим самим оптимізуючи їхні сільськогосподарські переваги.

Ряд досліджень вказують також на той факт, що формуляції з різноманітними штамами різної функціональної дії зумовлюють більшу ефективність

щодо покращення якісних параметрів ґрунту та збільшення врожайності порівняно з одноштамовими мікробними препаратами з обмеженими функціями [16]. Сучасні дослідження свідчать, що застосування біопрепаратів, які містять азотфіксуючі, фосфат- і каліймобілізуючі мікроорганізми, сприяє підвищенню доступності елементів живлення, активізації ґрунтових мікробіологічних процесів і покращенню фізико-хімічних властивостей ґрунту. Зокрема, встановлено, що використання комплексних мікробних консорціумів здатне підвищувати вміст доступного азоту, фосфору та калію в ґрунті на 23,7–72,4 %, що супроводжується істотним покращенням ростових показників рослин моркви та збільшенням урожайності до 12,5 % [4]. Крім того, біопрепарати позитивно впливають на формування ризосферної мікрофлори, стимулюючи розвиток корисних мікроорганізмів і підвищуючи біологічну активність ґрунту [17].

Результати інших досліджень також підтверджують ефективність біологічних добрив у технології вирощування моркви, зокрема їх здатність прискорювати проходження фенологічних фаз, збільшувати біомасу рослин і підвищувати врожайність та товарність продукції до 36–43 % порівняно з контролем. У системах органічного та інтегрованого землеробства біопрепарати розглядаються як ключовий елемент оптимізації живлення, що забезпечує підвищення продуктивності культури при зниженні використання мінеральних добрив [18]. Таким чином, дослідження ефективності застосування біопрепаратів у живленні рослин моркви є актуальним напрямом сучасної агрохімії та овочівництва.

Отже, метою дослідження є визначення ефективності застосування різних систем живлення моркви за органічного вирощування в умовах Лісостепу України.

Методика досліджень. Експериментальні дослідження проводили у 2024–2025 рр. на базі Інституту овочівництва і баштанництва НААН України з дотриманням загальноприйнятих методичних підходів [19]. Об'єктом досліджень виступала морква сорту Нантська харківська, яку вирощували в умовах овоче-кормової сівоzmіни із застосуванням краплинного зрошення за густоти стояння рослин 850 тис. шт./га.

Ґрунт експериментальної ділянки представлений чорноземом типовим малогумусним важкосуглинковим на лесових породах, орний шар якого характеризується наступними показниками: рН сольової витяжки – 5,7; сума ввібраних основ – 26,0 мг-екв на 100г ґрунту; вміст гумусу – 4,3 %, вміст нітрогену, що гідролізується, – 126 мг/кг; рухомого фосфору – 185 мг/кг і обмінного калію – 147 мг/кг ґрунту.

Схема досліді включала чотири варіанти різних систем оптимізації живлення рослин: контроль (без обробок); варіант із локальним внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ (як еталон інтенсивної технології); варіант із застосуванням комплексу мікробних препаратів (внесення препарату Граундфікс у нормі 5 л/га під передпосівну культивуацію, проведення першої фертигації препаратом Азотохелп у нормі 1 л/га, другої – препаратом Органік баланс у нормі 1,5 л/га, а також дворазове позакореневе підживлення добривом HelpRost овочевий у нормі 2 л/га у фазі 3–4 справжніх листків та через 25 діб); варіант із передпосівною обробкою насіння препаратом Мікофренд (1 л/т), проведенням фертигації препаратом Гуміфренд (2 л/га) та дворазовим позакореневим підживленням Гуміфрендом у нормі 1,5 л/га.

Застосовані у дослідженнях препарати характеризуються комплексною дією. Так, *Граундфікс* є ґрунтовим біодобривом, що містить фосфор- і каліймобілізуювальні, а також азотфіксувальні мікроорганізми (зокрема *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Azotobacter chroococcum*, *Paenibacillus polymyxa*), які підвищують біологічну активність ґрунту та пригнічують розвиток фітопатогенів.

Азотохелп – мікробний препарат на основі *Azotobacter chroococcum*, що сприяє фіксації атмосферного азоту, активізації ростових процесів і підвищенню стійкості рослин до стресових факторів. Органік баланс містить комплекс корисних мікроорганізмів і біологічно активних сполук (фітогормони, амінокислоти, вітаміни), що забезпечують інтенсифікацію росту та оптимізацію живлення рослин.

Мікофренд є мікоризоутворювальним препаратом, до складу якого входять гриби роду *Glomus* і *Trichoderma harzianum*, а також супутні ризосферні мікроорганізми, які сприяють формуванню мікоризи, покращенню засвоєння елементів живлення та підвищенню стійкості рослин.

Гуміфренд – гумінове добриво на основі солей гумінових і фульвокислот, збагачене мікроорганізмами та їх метаболітами, що забезпечує стимуляцію ростових процесів і покращення живлення рослин.

Добриво *HelpRost овочевий* містить комплекс макро- і мікроелементів у доступній формі, амінокислоти, вітаміни та біологічно активні речовини, що сприяють підвищенню інтенсивності засвоєння поживних елементів, проявляють пролонговану дію та підвищують адаптивність рослин до абіотичних стресів.

В досліді проведено поділянкове визначення рівня урожайності моркви з встановленням товарності, а також досліджено зміни основних біохімічних показників якості коренеплодів: вміст сухої речовини [20], загального цукру [21] аскорбінової кислоти [22] та каротину [23]. Статистичну обробку результатів виконували за допомогою дисперсійного аналізу [24].

Результати досліджень. Встановлено, що як використання мінеральних добрив, так і застосування мікробних препаратів різної функціональної дії зумовлює істотне підвищення урожайності моркви (табл. 1). Без застосування добрив загальна урожайність моркви становила 21,1 т/га, товарна – 15,0 т/га за рівня товарності 72,2 %. Внесення мінеральних добрив локально в дозі N₃₀P₃₀K₃₀ (даний варіант виступав еталоном в дослідженні) сприяло істотному підвищенню загальної урожайності культури на 6,1 т/га або 28,9 % відносно контролю. Рівень товарної урожайності зростав на 7,2 т/га або 48,0 %, що пов'язане зі зростання товарності продукції до рівня 82,6 %.

Таблиця 1

**Вплив різних систем оптимізації живлення на урожайність моркви
(середнє за 2024-2025 рр.)**

| Система оптимізації живлення | Загальна урожайність | | Товарна урожайність | | Товарність, % |
|--|----------------------|---------|---------------------|---------|---------------|
| | т/га | приріст | т/га | приріст | |
| 1. Контроль | 21,1 | - | 15,0 | - | 72,2 |
| 2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ (еталон) | 27,1 | 6,1 | 22,3 | 7,2 | 82,6 |
| 3. Граундфікс + Азотохелп + Органік баланс + HelpRost овочевий | 28,8 | 7,7 | 23,6 | 8,5 | 82,0 |
| 4. Мікофренд + Гуміфренд | 26,2 | 5,1 | 21,3 | 6,2 | 81,8 |
| НР _{0,95} 2024 р. | | 2,34 | | 2,02 | |
| 2025 р. | | 2,56 | | 2,23 | |

Система оптимізації живлення з використання комплексу мікробних препаратів (Граундфікс + Азотофіт + Органік Баланс + HelpRost овочевий) зумовлювало отримання максимального рівня загальної та товарної урожайності моркви. При цьому прирости загальної урожайності становили 7,7 т/га або 36,5 %, товарної

урожайності – 8,5 т/га або 56,7 % за рівня товарності 82,0 %. Система комплексного внесення Мікофренд та Гуміфренд (мікоризоформуючого та гумінового препаратів) забезпечила загальну урожайність 26,2 т/га з приростом до контролю на рівні 5,1 т/га, товарну урожайність 21,3 т/га з приростом до контролю на рівні 6,2 т/га за товарності 81,8 %.

Визначено вплив різних систем оптимізації живлення моркви на зміни основних показників якості продукції, а саме: вміст сухої речовини та цукру, вміст вітаміну С та каротину, які мають важливе значення для аналізу харчової цінності овочевої продукції (табл. 2).

Таблиця 2

**Вплив різних систем оптимізації на моркви на біохімічний склад
(середнє 2024-2025 рр.)**

| Система оптимізації живлення | Вміст в коренеплодах, % | | | |
|--|-------------------------|-----------------|---------------------|------------------|
| | суха речовина | загальний цукор | вітамін С, мг/100 г | каротин мг/100 г |
| 1. Контроль | 11,28 | 8,11 | 5,95 | 18,19 |
| 2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ (еталон) | 12,01 | 8,44 | 6,60 | 20,41 |
| 3. Граундфікс + Азотохелп + Органік баланс + HelpRost овочевий | 11,39 | 7,93 | 5,45 | 20,83 |
| 4. Мікофренд + Гуміфренд | 12,04 | 8,37 | 6,10 | 22,18 |
| НІР _{0,95} 2024 р. | 1,14 | 0,76 | 0,55 | 1,92 |
| 2025 р. | 1,03 | 0,82 | 0,59 | 2,01 |

Максимальний позитивний вплив на біохімічний склад коренеплодів забезпечує використання мінеральних добрив та система внесення препаратів Мікофренд та Гуміфренд. За таких способів оптимізації живлення рослин зазначається позитивна тенденція щодо зростання вмісту сухої речовини до рівня 12,01-12,04 % та загального цукру – до рівня 8,37-8,44%, а також істотне підвищення в коренеплодах вмісту вітаміну С (6,10-6,60 мг/100 г) та каротину (20,21-22,18 мг/100 г). При цьому мінеральні добрива забезпечують більший вплив на вміст вітаміну С, тоді як застосування біопрепаратів – на вміст каротину.

Застосування комплексу мікробних препаратів (Граундфікс + Азотофіт + Органік Баланс + HelpRost овочевий) відмічається тільки істотне підвищення в коренеплодах вмісту каротину до рівня 20,83 мг/кг. На нашу думку, за використання такої системи оптимізації живлення зазначається істотне зростання урожайності культури проходить на фоні відсутності змін в інтенсивності синтезу біохімічних компонентів, що призводить до зниження їх концентрації в коренеплодах.

Отже, в умовах органічного овочівництва для отримання високого врожаю коренеплодів моркви з підвищеним вмістом каротину можна використовувати комплексну систему застосування біопрепаратів: внесення до ґрунту Граундфікс 5 л/га, в першу фертигацію – Азотохелп 1 л/га, в другу – Органік баланс 1,5 л/га, дворазове позакореневе підживлення HelpRost овочевий по 2 л/га в два строки. Якщо потрібно отримати продукцію з підвищеним вмістом цукрів та сухої речовини, то для оптимізації живлення рослин моркви слід використовувати обробку насіння препаратом Мікофренд та підживлення біодобривом Гуміфренд.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Установлено, що системи оптимізації живлення істотно впливають на ріст, урожайність і якісні показники моркви в умовах Лісостепу України. Застосування як мінеральних, так

і біологічних препаратів забезпечує істотне підвищення загальної та товарної урожайності порівняно з контролем на 24,1-56,6 %.

Системи оптимізації живлення з використанням мікробних препаратів і біодобрив сприяють формуванню високих показників продуктивності моркви та за ефективністю не поступаються внесенню $N_{30}P_{30}K_{30}$, що підтверджує доцільність їх застосування в органічних технологіях вирощування.

Найбільш ефективною виявилася система оптимізації живлення, що включає внесення препарату Граундфікс (5 л/га) під час передпосівної культивування, фертигації препаратами Азотохелп (1 л/га) та Органік Баланс (1,5 л/га), а також дворазове позакореневе підживлення добривом HelpRost овочевий (по 2 л/га), яка забезпечила максимальні показники урожайності культури. Для отримання продукції з високим вмістом біохімічних компонентів слід використовувати обробку насіння препаратом Мікофренд у поєднанні з підживленнями біодобривом Гуміфренд, що забезпечує позитивну тенденцію зростання вмісту в коренеплодах сухої речовини (12,04 %), загального цукру (8,37 %) та вітаміну С (6,1 мг/100 г), суттєве підвищення вмісту каротину (22,18 мг/кг).

Отримані результати свідчать про перспективність використання комплексних біологічних систем оптимізації живлення як екологічно безпечної та ефективною альтернативи традиційному мінеральному удобренню за вирощування моркви.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Chernenko, D., Shapko, M., Molchanov, Y., Kuts, O., Bolokhovskiy, V. Effectiveness of using biopreparations with associative nitrogen-fixing microorganisms in vegetable growing. *Vegetable and Melon Growing*. 2025. (77). P. 82-92. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2025-77-82-92>
2. Riaz N. et al. Development of Carrot Nutraceutical Products as an Alternative Supplement for the Prevention of Nutritional Diseases. *Front Nutr*. 2022. Jan 3. 8. 787351. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.787351>.
3. Yi X. et al. Carrot and carotene and multiple health outcomes: An umbrella review of the evidence. *J. Sci. Food Agric*. 2023. 1032251–2261. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12425>
4. Zhu L. et al. Enhancing carrot (*Daucus carota* var. sativa Hoffm.) plant productivity with combined rhizosphere microbial consortium. *Front. Microbiol*. 2024. 15. 1466300. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1466300>
5. Sangoquiza-Caiza C.A., Pincay-Verdezoto A.K., Park C.H., Zambrano-Mendoza J.L. Diversity of nitrogen-fixing and phosphorus-solubilizing bacteria associated with the rhizosphere of Andean maize in Ecuador. *Braz. J. Biol*. 2023. 83. e273632. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.273632>
6. Basu A. et al. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: Recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability*. 2021. 13. 1140. <https://doi.org/10.3390/su13031140>
7. Fiodor A., Ajijah N., Dziejewit L., Pranaw K. Biopriming of seed with plant growth-promoting bacteria for improved germination and seedling growth. *Front. Microbiol*. 2023. 14. 1142966. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1142966>
8. Grover M. et al. PGPR mediated alterations in root traits: Way toward sustainable crop production. *Front. Sustainable Food Syst*. 2021. 4. 618230. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.618230>
9. Shi Z. et al. Screening of high-efficiency nitrogen-fixing bacteria from the traditional Chinese medicine plant *Astragalus mongolicus* and its effect on plant growth promotion and bacterial communities in the rhizosphere. *BMC Microbiol*. 2023. 23. 292. <https://doi.org/10.1186/s12866-023-03026-1>

10. Kumar M. et al. Plant-growth-promoting rhizobacteria emerging as an effective bioinoculant to improve the growth, production, and stress tolerance of vegetable crops. *Int. J. Mol. Sci.* 2021. 22. 12245. <https://doi.org/10.3390/ijms222212245>
11. Shultana R. et al. The PGPR mechanisms of salt stress adaptation and plant growth promotion. *Agronomy.* 2022. 12. 2266. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102266>
12. Wang S. et al. Transcriptome profiling analysis of phosphate-solubilizing mechanism of *Pseudomonas* Strain W134. *Microorganisms.* 2022. <https://doi.org/10.1998.10.3390/microorganisms10101998>
13. Liang J. et al. Novel phosphate-solubilizing bacteria enhance soil phosphorus cycling following ecological restoration of land degraded by mining. *Isme J.* 2020. 141600–1613. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-0632-4>
14. Azaroual S.E. et al. Role of inorganic phosphate solubilizing bacilli isolated from moroccan phosphate rock mine and rhizosphere soils in wheat (*Triticum aestivum* L) phosphorus uptake. *Curr. Microbiol.* 2020. 772391–2404. <https://doi.org/10.1007/s00284-020-02046-8>
15. Yadav K. et al. Traversing arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* for carrot production under salinity. *Saudi J. Biol. Sci.* 2021. 284217–4223. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.06.025>
16. Beneduzi A., Ambrosini A., Passaglia L. M. P. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genet. Mol. Biol.* 2012. 351044–1051. <https://doi.org/10.1590/s1415-47572012000600020>
17. Poku Snr P.A., Sarkodie-Addo J., Logah V., Kyere C.G. Effect of Different Soil Amendments and Variety on the Growth and Yield of Carrot (*Daucus Carota* L.)". *International Journal of Plant & Soil Science.* 2020. 32 (10). P.16–25. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2020/v32i1030335>.
18. Semenenko S.V., Koveria R.A. Effectiveness of organic technology elements in carrot cultivation in the Forest-steppe of Ukraine. *Vegetable and Melon Growing.* 2025. 78. P. 63-71. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2025-78-63-71>
19. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За редакцією Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. Х.: Основа, 2001. 369 с.
20. ДСТУ 7804:2015. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення сухих речовин або вологи. [Чинний від 2015-06-22]. К.: Держспоживстандарт України, 2015. 19 с.
21. ДСТУ 4954:2008. Фрукти, овочі та продукти їх переробки. Методи визначення цукрів. [Чинний від 2009-01-01]. К.: Держспоживстандарт України. 2008. 18 с.
22. ДСТУ 7803:2015. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення вітаміну С. [Чинний від 2016-04-01]. К.: Держспоживстандарт України. 2015. 24 с.
23. ДСТУ 4305:2004 Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Метод визначення вмісту каротину. [Чинний від 2005-07-01]. К.: Держспоживстандарт України. 2004. 22 с.
24. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін. Харків: Майдан, 2016. 314 с.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026