

АНОТАЦІЯ

Шевчук Н.В. Фізіологічна активність і вплив ендоефітних бактерій на симбіоз *Bradyrhizobium japonicum* – *Glycine max.* – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 «Біологія та біохімія». – Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, Київ, 2026 р.

Дисертаційну роботу присвячено дослідженню фізіологічних та функціональних властивостей нових ендоефітних штамів, виділених з поверхнево стерилізованих бульбочок сої.

Пов'язані з рослинами мікроорганізми, зокрема, ризосферні та ендоефітні бактерії, здатні колонізувати фітосферу, синтезувати метаболіти, які стимулюють ріст культурних рослин, сприяють підвищенню їх стресостійкості та продуктивності. У зв'язку з цим зростає інтерес до бактерій-ендоефітів, їх ролі у формуванні ефективних рослинно-мікробних систем із наданням їм додаткових адаптивних функцій і стабільності. Надзвичайно актуальним є створення новітніх біопрепаратів на основі ендоефітних бактерій з підвищеними стресопротекторними властивостями і екологічною пластичністю для сталого розвитку рослинництва. Ендоефітні бактерії мають стійкі мутуалістичні взаємовідносини з рослинами, проте їх дія у комплексі з ризобіальними бактеріями мало досліджена.

Наукова новизна роботи полягає у вивченні властивостей нововиділених ендоефітних штамів та встановленні їх впливу на симбіотичну систему «ризобіальні бактерії – соя». Показано, що досліджувані ендоефітні бактерії були стійкими до більшості сучасних фунгіцидних та інсектицидних препаратів, за застосування їх у дозах, рекомендованих виробником. Це робить можливим сумісне використання даних пестицидів з ендоефітними та ризобіальними бактеріями за умов масового поширення шкідників та фітопатогенів.

Досліджувані ендofітні штами *Bacillus* sp. 4, *Bacillus* sp. 5 та *Pseudomonas* sp. 6 були здатними рости за впливу супраоптимальних температур у діапазоні 20°C - 42°C, що свідчить про їх стійкість до температурних коливань за використання як інокулянтів у різних кліматичних зонах.

У експериментах *in vivo* та *ex vivo* було виявлено значний біоконтролюючий потенціал ендofітних штамів проти як бактеріальних, так і грибних фітопатогенів. Штами *Ochrobactrum* sp. 2 та *Paenibacillus* sp. 3 інгібували ріст патогенів бобових культур – *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* УКМ В-1066 та УКМ В-1065, а *Bacillus* sp. 5 – *X. axonopodis* pv. *glycines* УКМ В-1162. Найсильніші антагоністичні властивості проти *X. vesicatoria* 7790 проявили штами *Ochrobactrum* sp. 2 та *Pseudomonas* sp. 6, а проти *X. cucurbitae* УКМ В-1063 – *Paenibacillus* sp. 3. Ріст *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* 10₂ – збудника раку томатів або хвороб томатів найефективніше пригнічував *Ochrobactrum* sp. 2. Отже, незважаючи на те, що досліджувані штами були виділені із бульбочок сої, вони проявляли антагонізм до патогенів як бобових, так і овочевих культур, що підкреслює їх потенціал як агентів біоконтролю для різних агрокультур.

Окрім цього, ендofітні штами проявляли антагонізм і до патогенних мікроміцетів, інгібуючи проростання спор та спричиняючи зміни у морфології їх міцелію. Найвищу інгібуючу активність щодо *Alternaria alternata* 150721 проявили супернатанти штамів *Bacillus* sp. 4 та *Pseudomonas* sp. 6, а щодо *Fusarium oxysporum* 080721 – *Ochrobactrum* sp. 2 та *Paenibacillus* sp. 3.

У дослідженнях *ex vivo* була підтверджена ефективність ендofітних бактерій проти фітопатогенних мікроміцетів. Застосування ендofітно-ризобіальної інокуляції насіння за штучного зараження фітопатогенами *A. alternata* 150721 та *F. oxysporum* 080721 сприяло значному зменшенню площ ураження листкових пластин. У той же час, додаткове обприскування вегетуючих рослин супернатантами ендofітів забезпечило захисний ефект проти мікозів на рівні 81,2% - 95,9%.

Одним із поширених механізмів бактеріального біоконтролю є синтез сидерофорів. У наших дослідженнях було підтверджено, що усі ендofітні штами продукували сидерофори гідроксаматного типу, а штами *Paenibacillus* sp. 3, *Bacillus* sp. 4 та *Bacillus* sp. 5 синтезували також і катехолатні типи. За кількісного визначення продукції сидерофорів ендofітними штамами було встановлено, що найактивнішими продуцентами були *Paenibacillus* sp. 1 (75,9%), *Bacillus* sp. 4 (57,7%) та *Pseudomonas* sp. 6 (78,3%).

За комплексом морфологічних ознак, фізіолого-біохімічних властивостей, результатами повногеномного секвенування та філогенетичного аналізу активні ендofітні ізоляти *Bacillus* sp. 4 та *Bacillus* sp. 5 було ідентифіковано як *Bacillus velezensis* IMB B-8134 та B-8135 та задепоновано у DDBJ/ENA/GenBank за номерами GCA_051550635.1 та GCA_052976605.1 відповідно. Анотація геномів даних штамів та аналіз біосинтетичних генних кластерів продемонстрували значний біотехнологічний потенціал. Було виявлено гени, відповідальні за синтез антибіотичних сполук (бацилізину, макролактину, бацилаєну, фенгіцину, дифіцидину) та сидерофорів (бацилібактину). Відсутність закодованих генів токсинів та суперантигенів свідчить про їх непатогенність. Це було підтверджено у дослідях *in vivo* (токсиколого-гігієнічний висновок додається). Обидва штами були чутливими до більшості протестованих антибіотичних сполук (аміноглікозидів, фторхінолонів, макролідів, глікопептидів, тетрациклінів, цефалоспоринів, амфеніколів, та карбапенемів), що дозволяє їх використання як інокулянтів у сільському господарстві без ризиків поширення генів антибіотикорезистентності у екосистемах.

У польових дослідженнях виявлено значний адаптогенний вплив ендofітно-ризобіальної інокуляції на рослини сої в умовах посухи. Показано, що комплексна передпосівна інокуляція насіння сої сприяла адаптації рослин до несприятливих умов шляхом активування ферментативних та неферментативних механізмів антиоксидантного захисту. Було відмічено підвищення каталазної активності на 52,2% порівняно з контролем, що свідчить про активацію ферментативного шляху нейтралізації надлишку пероксиду водню (H₂O₂).

Одночасно спостерігали, що антирадикальна активність екстрактів коренів та листя інокульованих рослин сої була нижчою, ніж у контролі на 10,0% та 39,06% відповідно, що зумовлено зниженням оксидативного стресу. Окрім цього, ендofітно-ризобільна інокуляція сприяла покращенню водного режиму рослин сої, а саме підвищувала водозабезпечення та водоутримуючу здатність рослин. Важливо зазначити, що описані ефекти зберігалися і у рослин сої другого покоління, вирощених з насіння, інокульованого минулого року. Такий феномен розглядається як прояв біопраймінгу, який, ймовірно, включає вертикальну передачу ендofітів наступному поколінню рослин з насінням.

У польових дослідах, проведених у посушливих умовах Південного Степу України на зрошуваних землях, було відзначено позитивний вплив комплексної ендofітно-ризобільної інокуляції насіння сої на ризосферну мікробіоту та агрохімічний склад ґрунтів, що сприяло підвищенню стійкості та продуктивності рослин сої. Застосування інокуляції активізувало розвиток мікроорганізмів основних еколого-функціональних груп у ризосферному ґрунті сої. Було відмічено збільшення чисельності амоніфікувальних (у 2,7 рази), амілолітичних (у 2,2 рази), фосфатмобілізувальних (у 3,1 рази), педотрофних (на 20,9%), оліготрофних (2,3 рази) та нітрогенфіксувальних (на 42,2%) мікроорганізмів порівняно з контрольним варіантом без інокуляції. Вміст поживних елементів ґрунту також зростав за використання інокуляції. Так, збільшенню вмісту мінерального нітрогену та обмінного калію сприяло застосування інокуляції Ризобіном^{K+} *B. velezensis* IMB B-8135, а найбільший вміст рухомого фосфору було відмічено у варіантах Ризобін^{K+} *B. velezensis* IMB B-8135 та Ризобін^{K+} *Pseudomonas* sp. 6. Підвищення показників польової схожості, виживання та густоти стояння рослин, покращення структури урожаю забезпечили стабільне зростання урожайності, приріст склав 19,4-40,4%, порівняно з необробленим контролем.

Практичне значення отриманих результатів: На підставі результатів досліджень стресостійкості, біоконтролюючих, адаптогенних, фітостимулювальних властивостей ендofітних штамів та їх позитивного впливу

на соєво-ризобіальний симбіоз розроблено практичні рекомендації щодо застосування комплексної ендofітно-ризобіальної інокуляції насіння сої, які опубліковані в «Удосконалена енергоощадна технологія вирощування сої в умовах зрошення Південного Степу України: науково-методичні рекомендації». Ефективність ендofітно-ризобіальної інокуляції насіння сої підтверджено актами впровадження науково-технічної розробки у Херсонській та Одеській областях (Додаток В). Активні ендofітні штами *Bacillus velezensis* IMB B-8134 та IMB B-8135 поповнили колекцію мікроорганізмів депозитарію Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, а їх повні геномні послідовності задепоновано у базі GenBank.

Ключові слова: ендofіти, ризобії, соя, стійкість до пестицидів, антагоністична активність, біоконтроль, сидерофори, ідентифікація, філогенія, біопраймування, антиоксидантна активність, водний режим, родючість ґрунту, урожайність.

ABSTRACT

Shevchuk N.V. Physiological activity and influence of endophytic bacteria on the *Bradyrhizobium japonicum*–*Glycine max* symbiosis. – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

The thesis for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 091 “Biology and Biochemistry”. – D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NAS of Ukraine, Kyiv, 2026.

This thesis is devoted to the study of the physiological and functional properties of newly isolated strains isolated from surface-sterilized soybean nodules.

Plant-associated microorganisms, particularly rhizosphere and endophytic bacteria, are capable of colonizing the phytosphere, synthesizing metabolites that stimulate the growth of cultivated plants, and enhancing their stress tolerance and productivity. In this regard, there is growing interest in endophytic bacteria and their role in forming effective plant-microbial systems, endowing them with additional adaptive functions and stability. The development of novel bioformulations based on endophytic bacteria with enhanced stress-protective properties and ecological plasticity is of critical importance for the sustainable development of crop production. Endophytic bacteria maintain stable mutualistic relationships with plants; however, their interaction with rhizobial bacteria has been poorly investigated.

The scientific novelty of this work consists in studying the properties of newly isolated endophytic strains and determining their effect on the “rhizobial bacteria–soybean” symbiotic system. It has been shown that the studied endophytic bacteria were resistant to most modern fungicides and insecticides when applied at the doses recommended by the manufacturer. This allows for the combined use of these pesticides with endophytic and rhizobial bacteria under conditions of widespread pest and phytopathogen infestation.

The endophytic strains *Bacillus* sp. 4, *Bacillus* sp. 5, and *Pseudomonas* sp. 6 studied were capable of growing under suboptimal temperatures ranging from 20°C to

42°C, indicating their resistance to temperature fluctuations when used as inoculants in various climatic zones.

In vivo and *ex vivo* experiments revealed significant biocontrol potential of endophytic strains against both bacterial and fungal plant pathogens. Strains *Ochrobactrum* sp. 2 and *Paenibacillus* sp. 3 inhibited the growth of legume pathogens –*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* UCM B-1066 and UCM B-1065 –while *Bacillus* sp. 5 inhibited *X. axonopodis* pv. *glycines* UCM B-1162. The strongest antagonistic properties against *X. vesicatoria* 7790 were exhibited by strains *Ochrobactrum* sp. 2 and *Pseudomonas* sp. 6, and against *X. cucurbitae* UCM B-1063 – by *Paenibacillus* sp. 3. The growth of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* 10₂, which infects tomato plants, was most effectively inhibited by *Ochrobactrum* sp. 2. Thus, despite the fact that the studied strains were isolated from soybean nodules, they exhibited antagonism toward pathogens of both legume and vegetable crops, highlighting their potential for use as biocontrol agents for various agricultural crops. In addition, the endophytic strains exhibited antagonism toward pathogenic microfungi, inhibiting spore germination and causing changes in the morphology of their mycelium. The supernatants of *Bacillus* sp. 4 and *Pseudomonas* sp. 6 exhibited the highest inhibitory activity against *A. alternata* 150721, while the supernatants of *Ochrobactrum* sp. 2 and *Paenibacillus* sp. 3 were the most effective against *F. oxysporum* 080721.

Ex vivo studies have confirmed the efficiency of endophytic bacteria against phytopathogenic fungi. The endophytic-rhizobial seed inoculation following artificial infection with the phytopathogens *A. alternata* and *F. oxysporum* contributed to a significant reduction in the area of leaf damage. At the same time, additional spraying of growing plants with endophyte supernatants provided a protective effect against fungal diseases ranging from 81.2% to 95.9%.

One of the common mechanisms of bacterial biocontrol is the synthesis of siderophores. Our studies confirmed that all endophytic isolates were capable of producing hydroxamate-type siderophores, while the strains *Paenibacillus* sp. 3, *Bacillus* sp. 4, and *Bacillus* sp. 5 were capable of synthesizing both hydroxamate- and

catecholate-type siderophores. Quantitative determination of siderophore production by endophytic isolates revealed that *Paenibacillus* sp.1 (75,9%), *Bacillus* sp. 4 (57,7%) and *Pseudomonas* sp.6 (78,3%) were the most active producers.

Based on a complex of morphological characteristics, physiological and biochemical properties, whole-genome sequencing results, and phylogenetic analysis, the active endophytic isolates *Bacillus* sp. 4 and *Bacillus* sp. 5 were identified as *Bacillus velezensis* IMV B-8134 and IMV B-8135 and deposited in DDBJ/ENA/GenBank under the accession numbers GCA_051550635.1 and GCA_052976605.1, respectively. Genome annotation of the strains and analysis of biosynthetic gene clusters demonstrated significant biotechnological potential. Genes responsible for the synthesis of antibiotic compounds (bacilysin, macrolactin, bacillaene, fengycin, difficidin) and siderophores (bacillibactin) have been identified. The absence of encoded toxins and superantigens indicated that they are nonpathogenic. This was confirmed in *in vivo* experiments (toxicological and hygienic conclusion attached). Both strains exhibited sensitivity to most of the tested antibiotic compounds (aminoglycosides, fluoroquinolones, macrolides, glycopeptides, tetracyclines, cephalosporins, amphenicols, and carbapenems), allowing their use as inoculants in agriculture without the risk of spreading antibiotic resistance genes in ecosystems.

Field studies have demonstrated a significant adaptogenic effect of endophyte-rhizobial inoculation on soybean plants under drought conditions. It was shown that complex pre-sowing inoculation facilitated plant adaptation to adverse conditions by activating enzymatic and non-enzymatic mechanisms of antioxidant defense. It was observed, that catalase activity increased by 52.2% compared to the control, indicating the activation of the enzymatic pathway for neutralizing excess hydrogen peroxide (H₂O₂). At the same time, the antiradical activity of root and leaf extracts from inoculated soybean plants was 10.0% and 39.06% lower than in the control, respectively, due to a reduction in oxidative stress. In addition, endophyte-rhizobial inoculation improved the water regime of soybean plants, specifically increasing water supply and water-holding capacity. It is important to note that the described effects

persisted in second-generation soybean plants grown from seeds inoculated the previous year, indicating the likely vertical transmission of endophytes to the next generation of plants.

In field experiments conducted under arid conditions in the Southern Steppe of Ukraine on irrigated lands, a positive effect of complex endophytic-rhizobial inoculation of soybean seeds on the rhizosphere microbiota and the agrochemical composition of the soil was observed, which contributed to increased resistance and productivity of soybean plants. The application of inoculation stimulated the number of microorganisms belonging to the main ecological-functional groups in the soybean rhizosphere soil. An increase was observed in ammonifying (2.7-fold), amylolytic (2.2-fold), phosphate-mobilizing (3.1-fold), pedotrophic (20.9%), oligotrophic (2.3-fold), and nitrogen-fixing (by 42.2%) microorganisms compared to the control variant without inoculation. The content of soil nutrients also increased with the use of inoculation. Thus, the application of inoculation with Ryzobin^K + *B. velezensis* IMV B-8135 contributed to an increase in the content of mineral nitrogen and exchangeable potassium, and the highest content of available phosphorus was observed in the variants with Ryzobin^K + *B. velezensis* IMV B-8135 and Ryzobin^K + *Pseudomonas* sp. 6. Improved field germination, survival, and plant density, as well as the positive effect of endophytic-rhizobial inoculation on crop structure, ensured a stable increase in yield, with a gain of 19.4–40.4% compared to the untreated control.

Practical significance of the results obtained: Based on the results of studies on the stress tolerance, biocontrol, adaptogenic, and phytostimulatory properties of endophytic strains and their positive effect on the soybean-rhizobial symbiosis, practical recommendations have been developed for the use of a complex endophytic-rhizobial inoculation of soybean seeds, which are published in “Advanced Energy-Efficient Technology for Soybean Cultivation under Irrigation Conditions in the Southern Steppe of Ukraine: Scientific and Methodological Recommendations”. The efficiency of endophyte-rhizobial inoculation of soybean seeds has been confirmed by reports on the implementation of scientific and technical developments in the Kherson and Odesa regions (Appendix B). The active endophytic strains *B. velezensis* IMV B-

8134 and B-8135 have been deposited in the Depository at the D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine, and their complete genomic sequences have been deposited in the GenBank database.

Keywords: endophytes, rhizobia, soybean, pesticide resistance, antagonistic activity, biocontrol, siderophores, identification, phylogeny, biopriming, antioxidant activity, water regime, soil productivity, yield.

СПИСОК ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

(*– особистий внесок здобувача)

Статті:

1. Tytova, L., Dubynska, O., **Shevchuk, N.**, & Iutynska, G. (2026). Enhancing soybean adaptive potential and productivity with endophyte-rhizobial inoculation. *Biological Systems: Theory and Innovation*, 17(2), pp. 92-105. <https://doi.org/10.31548/biologiya/2.2026.92> (*експериментально досліджено чисельність мікроорганізмів агрономічно корисних еколого-функціональних груп у ризосферному мікробіоценозі сої за застосування передпосівної ендofітно-ризобіальної інокуляції за умов зрошення, проведено аналіз отриманих даних, оформлення та написання розділів результати та обговорення)
2. **Shevchuk, N.V.**, Tytova, L.V. (2026). Identification of new *Bacillus velezensis* endophytic strains – probiotic agents for soybean symbiotic systems development. *The European Journal of Technical and Natural Sciences*, 2, pp. 3-7. <https://doi.org/10.29013/EJTNS-26-2-3-7> (*експериментально визначено біохімічні властивості досліджуваних штамів, проведено порівняння геномів обох штамів з типовим штамом *B. velezensis*, виконано аналіз отриманих даних, оформлення та написання розділів результати та обговорення)
3. **Shevchuk, N.V.**, Tytova, L.V., Sergiienko, V.G., Iutynska, G.O. (2025). Phytoprotective potential of soybean endophytic microsymbionts. *Microbiological journal*, 87 (6) pp. 27-40. <https://doi.org/10.15407/microbiolj87.06.027>. (*експериментально досліджено антагоністичні властивості та здатність ендofітів синтезувати сидерофори, проведено аналіз отриманих даних, оформлення та написання розділів результати та обговорення)

4. **Shevchuk, N.V.**, Tytova, L.V., Iutynska, G.O., Sergiienko, V.G., Katrii, V.B. (2025). Influence of rhizobia and endophytic bacteria on adaptation and productivity of *Glycine max* (L.) Merr. under hyperthermia and drought conditions. *Microbiological journal*, 87 (5), pp. 12-25. <https://doi.org/10.15407/microbiolj87.05.012> (*експериментально визначено антиоксидантну активність етанольних екстрактів листя і коренів сої та параметри водного режиму рослин сої залежно від передпосівної обробки насіння ендofітними та бульбочковими бактеріями, проведено аналіз отриманих даних, оформлення та написання розділів результати та обговорення)
5. Голобородько, С., Іутинська, Г., Титова, Л., Дубинська, О., **Шевчук, Н.** (2024). Агрокліматичні фактори та продуктивність різних за скоростиглістю сортів сої за ендofітно-ризобіальної інокуляції в умовах неполивного землеробства південного степу України. *Біологічні системи: теорія та інновації*, 15 (1), pp. 5-11. [http://dx.doi.org/10.31548/biologiya15\(1\).2024.001](http://dx.doi.org/10.31548/biologiya15(1).2024.001) (*експериментально досліджено чисельність мікроорганізмів агрономічно корисних еколого-функціональних груп у ризосферному мікробіоценозі сої за застосування передпосівної ендofітно-ризобіальної інокуляції в умовах неполивного землеробства Південного Степу України, проаналізовано та оформлено результати дослідження).

Тези:

1. **Shevchuk, N.V.**, Tytova, L.V., Iutynska, G.O. Genotypic and phenotypic characteristics of endophytic *Bacillus* strains with phytoprotective activity. 6th Scientific Conference "Youth and Modern Problems of Microbiology and Virology", 25-26 November, 2025, Kyiv, Ukraine, P. 35. (форма участі – очна)
2. Іутинська, Г.О., Титова, Л.В., **Шевчук, Н.В.**, Дубинська, О.Д. Застосування мікробних препаратів для підвищення резистентності рослин до кліматичних змін. Міжнародна науково-практична конференція

- «Кліматичні зміни та сталий розвиток сільського господарства», 19 вересня 2025 року, Одеса, Україна, С.145-148. (форма участі – заочна)
3. **Shevchuk, N.V.**, Tytova, L.V., Iutynska, G.O., Sergiienko, V.G., Goloborodko, S.P., Dubynska, O.D. The effect of endophytic bacteria on adaptive potential and productivity of *Bradyrhizobium japonicum*-*Glycine max* (L.) Merr. symbiosis under adverse agroclimatic factors. XVI з'їзд Товариства мікробіологів України ім. С.М. Виноградського (ТМУ), 2-6 червня 2025 р., Тернопіль, Україна, Р. 142. (форма участі – заочна)
 4. **Shevchuk, N.**, Tytova, L., Fomenko, S., Bilyavska, L. Stress-protective activity of endophytic bacteria and their influence on the adaptive potential of soybean. V Scientific Conference of Young Researchers "Youth and Modern Problems of Microbiology and Virology", 19-20 November, 2024, Kyiv, Ukraine, Р. 32. (форма участі – очна)
 5. Титова, Л.В., **Шевчук, Н.В.**, Дубинська, О.Д., Голобородько, С.П., Іутинська, Г.О., Павліченко, Ю.М., Білявська, Л.О. Застосування ендofітних бактерій у сучасних агробіотехнологіях. Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2024: матер. VIII Міжнародної науково-практичної конф., присвяченої 95-річчю від дня народження відомого вченого-мікробіолога, фізіолога рослин та популяризатора науки, проф. К.М. Векірчика, 18 – 19 квітня 2024 р., Тернопіль, Україна, С. 296-300. (форма участі – заочна)
 6. **Shevchuk, N.V.**, Tytova, L.V., Sergiienko, V.G., Fomenko, S.V., Bilyavska, L.O. Endophytes and their potential in biotic stresses management and crop productivity. «Modern aspects of microbiology, virology and biotechnology in war and post-war period», 15-16 листопада 2023 р., Київ, Україна, С. 221-223. (форма участі – очна)
 7. Сергієнко, В.Г., Титова, Л.В., **Шевчук, Н.В.** Бактеріальні прератати в системах захисту сої від хвороб. Міжнародна науково-практична конференція «Інновації у сучасному агропромисловому виробництві», 21-22 вересня 2023 р., Одеса, Україна, С. 190-194. (форма участі – заочна)

8. **Шевчук, Н.В.**, Титова, Л.В., Сергійчук, Н.М., Білявська, Л.О. Вплив ендofітно-ризобіальної інокуляції на біорізноманітність мікробіому ризосфери сої. XIX Всеукраїнська науково-практична конференція студентів і молодих вчених, 24 червня 2022 р., Київ, Україна, С.278-279. (форма участі – заочна)

Монографії, розділ у монографії, методичні рекомендації

1. Вожегова, Р. А., Голобородько, С. П., Дубинська, О. Д., Іутинська, Г. О., Титова, Л. В., **Шевчук, Н. В.**, Заєць, С. О., Юзюк, С. М. Наукові основи підвищення ефективності бобово-ризобіального симбіозу рослинами сої на зрошуваних землях Південного Степу України : монографія / Р. А. Вожегова, С. П. Голобородько, О. Д. Дубинська, Г. О. Іутинська, Л. В. Титова, Н. В. Шевчук, С. О. Заєць, С. М. Юзюк; Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України. – Одеса : Олді+, 2025. – 158 с. ISBN 978-617-8559-72-4
2. Вожегова, Р.А., Голобородько, С.П., Дубинська, О.Д., Іутинська, Г.О., Титова, Л.В., **Шевчук, Н.В.** Удосконалена енергоощадна технологія вирощування сої в умовах зрошення Південного Степу України: науково-методичні рекомендації / Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Дубинська О.Д., Іутинська Г.О., Титова Л.В., Шевчук Н.В.; 2024. 34 с.
3. Титова, Л.В., Іутинська, Г.О., Голобородько, С.П., Дубинська, О.Д., Леонова, Н.О., **Шевчук, Н.В.**, Білявська, Л.О., Сергієнко, В.Г. Біотехнологічні основи сталого розвитку агроєкосистем і відновлення порушених ґрунтів. В кн.: “Мікробні біотехнології в сільськогосподарському виробництві”, Ніжин: Вид. Лисенко М.М., 2024. С. 93 – 125.