



Original researches

The Quantity of Particular Ecological-Trophic Groups of Microorganisms in the Lentil Rhizosphere Under the Influence of Biological Preparations

Received: 05 July 2019
Revised: 09 July 2019
Accepted: 10 July 2019

V. P. Karpenko, T. P. Novikova, R. M. Prytuliak
Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Uman National University of Horticulture,
Instytutska Str., 1, 20305, Uman, Ukraine

Tel.: +38-098-830-90-54
E-mail: seminukt@gmail.com

Cite this article: Karpenko, V. P., Novikova, T. P., & Prytuliak, R. M. (2019). The quantity of particular ecological-trophic groups of microorganisms in the lentil rhizosphere under the influence of biological preparations. *Agrology*, 2(3), 146–150. doi: 10.32819/019021

Abstract. In connection with the increasing application of chemical substances in the farm production, the microbial associations are being exposed to a bigger negative influence. Therefore, researching of a structure and consistency of the microbial associations is a fundamental task on the way to examine the directions of the biological processes in a soil in purpose to biologize the growing technologies of farm crops. This article presents the results of a field experiment on studying of influence of the microbial preparation (*Rhizobium leguminosarum biovar viceae* strain K-29, w. s., 100 ml/ha seed rate), and the plant growth regulator Regoplant (presowing treatment of seeds 250 ml/t), with its further post-emergence application at the rates 50 ml/ha) on the microbiota quantity of particular ecological-trophic groups in the lentil rhizosphere of Linza variety. The quantity of the microorganisms in the phase of budding and blooming after application of the plant growth regulator was investigated on the different substrates: MPB (ammonifiers), S. M. Vynohradskoho (nitrifiers), O. O. Imshenetskoho and L. I. Solncevoi (cellulolytic). The quantity of the microorganisms was denominated in colony-forming units (CFU) in 1 gram of dry soil. It is established, that developing of the ecological-trophic groups of microorganisms in rhizosphere of the lentil was considerably activated in the case of complex application of the investigated biological preparations. The biggest quantity of the nitrifying, ammonifying and cellulolytic microorganisms in the lentil rhizosphere was noticed in the variants of the experiment with pre-sowing treatment of seeds with the mixture of microbial preparation (*Rhizobium leguminosarum biovar viceae* strain K-29, 100 ml/ha seed rate) and plant growth regulator Regoplant (250 ml/t) with its further postemergence application at the rates 50 ml/ha, where the average exceeding compared to control was 63%, 50% and 40% for the ammonifying, nitrifying, and cellulolytic microorganisms. The data obtained complement the scientific understanding of the study of the influence of biological preparations on the microbiological activity of soil microorganisms in the lentil rhizosphere and formation of perspective for the development of biologically technology of growing culture.

Keywords: nitre-, amonification and cellulose lytic microorganisms; gel form of the preparation; plant growth regulators; phases of development.

Чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів

В. П. Карпенко, Т. П. Новікова, Р. М. Прутуляк
Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна

Анотація. Зростання обсягів використання хімічних речовин у сільськогосподарському виробництві спричиняє все більший негативний вплив на мікробні угруповання. Тому вивчення їх структури і складу є фундаментальним завданням у з'ясуванні проблем спрямованості проходження біологічних процесів у ґрунті з метою біологізації технологій вирощування сільськогосподарських культур. Наведено результати польового дослідження з вивчення впливу мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (1 л/т насіння) і регулятора росту рослин Регоплант (250 мл/т – передпосівна обробка насіння; 50 мл/га – посходове внесення) на чисельність мікробіоти окремих еколого-трофічних груп у ризосфері сочевиці сорту Лінза. Чисельність мікроорганізмів визначали у фази бутонізації та цвітіння культури після посходового внесення регулятора росту рослин на середовищах МІБ (амоніфікувальні), С. М. Виноградського (нітрифікувальні), О. О. Імшенецького та Л. І. Солнцевої (целюлозолітичні) та виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) в 1 г абсолютно сухого ґрунту. Встановлено, що за комплексного використання досліджуваних біологічних препаратів розвиток еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці значно активізувався, проте найбільша чисельність нітрифікувальних, амоніфікувальних та целюлозолітичних мікроорганізмів простежувалась у варіантах дослідження зі застосуванням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га, внесенного на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (1 л/т насіння) у суміші з Регоплантом 250 мл/т, де перевищення до контролю становило в середньому 40–63%. Одержані дані доповнюють наукові уявлення стосовно вивчення впливу біологічних препаратів на мікробіологічну

активність ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері сочевиці та складають перспективу щодо розробки біологізованої технології вирощування культури.

Ключові слова: нітри-, амоніфікувальні та целюлозолітичні мікроорганізми; геляна форма мікробного препарату; регулятори росту рослин та фази їх розвитку.

Вступ

Мікробний ценоз ґрунту кореневої зони рослин – це складне угруповання різноманітних мікроорганізмів, що упорядковане на основі трофічних взаємодій (Patyka, 2014). Саме мікроорганізмам відводиться важлива роль у збереженні гомеостазу, відновленні родючості ґрунту та підтриманні екологічної рівноваги ґрунтової екосистеми (Pyda et al., 2007). Проте зі зростанням обсягів використання в аграрному виробництві хімічних речовин мікробні угруповання зазнають все більшого негативного впливу. Тому вивчення структури і складу мікробних угруповань є фундаментальним завданням у з'ясуванні проблем спрямованості проходження біологічних процесів у ґрунті з метою біологізації технологій вирощування сільськогосподарських культур (Kurdys, 2009).

Нині перспективним заходом у технологіях вирощування сільськогосподарських культур є застосування препаратів природного походження, які, за даними науковців, виявляють позитивну дію на ріст і розвиток культурних рослин, кількісний і якісний склад їх ризосферної мікробіоти (Patyka et al., 2012).

Разом з тим відзначимо, що комплексну дію біологічних препаратів (мікробних і регуляторів росту рослин) на розвиток і функціонування еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці не вивчали, що сформувало мету і завдання наших досліджень.

Мета дослідження – з'ясувати вплив геляної форми мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (1 л/т) і регулятора росту рослин Регоплант (250 мл/т) – передпосівна обробка насіння; 50 мл/га – посходове внесення на чисельність амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних мікроорганізмів у ризосфері сочевиці.

Матеріал та методи досліджень

Експериментальну частину роботи виконано в польових і лабораторних умовах Уманського національного університету садівництва протягом 2014, 2018, 2019 років.

У досліді вивчали геляну форму мікробного препарату (МБП) *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* (штам К-29, титр $3,0\text{--}3,5 \times 10^9$ життєздатних бактерій/г препарату), за допомогою якого виконували передпосівну обробку насіння (1 л/т); регулятор росту рослин (РРР) Регоплант (д. р. – продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів – 0,3 г/л, насичені і ненасичені жирні кислоти $C_{14}\text{--}C_{28}$, полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи, комплекс біогенних мікроелементів – 1,75 г/л, калієва сіль альфа-нафтилової кислоти 1 мл/л, аверсектин – продукт життєдіяльності актиноміцету *Streptomyces avermytilis*) використовували для обробки насіннєвого матеріалу (250 мл/т) і обприскування вегетуючих рослин (50 мл/га).

У досліді висівали сочевицю сорту Лінза з розрахунку 2,5 млн схожих насінин/га.

Схема досліді включала три фонові обробки насіння сочевиці перед сівом препаратами: МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* (1 л/т – Фон І); РРР Регоплант (250 мл/т – Фон ІІ); суміш МБП (1 л/т) і РРР Регоплант (250 мл/т – Фон ІІІ). Розміщення ділянок послідовне.

По даних фонах у фазі гілкування культури вносили РРР Регоплант у нормі 50 мл/га з використанням акумуляторного ранцевого обприскувача DS-3WF-3.

Відбір зразків ризосферного ґрунту для аналізів проводили за загальноприйнятими методиками (Volkohon et al., 2010). Досліджуваних мікроорганізмів у ризосфері обчислювали за методом граничних розведень (Zvyagintsev et al., 1991), де чисельність амоніфікувальних бактерій вивчали на м'ясо-пептонному бульйоні (МПБ), целюлозолітичних – на середовищі О. О. Імшенецького та Л. І. Солнцевої, нітрифікувальних – на елективно-му середовищі С. М. Виноградського. Чисельність мікроорганізмів визначали у фазах бутонізації та цвітіння культури після посходового внесення регулятора росту рослин та виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) в 1 г абсолютно сухого ґрунту. Статистичну обробку результатів досліджень проводили за методом дисперсійного аналізу (Dospikhov, 1985).

Результати

Залежно від виду, способу внесення препаратів та їх комбінування в ризосфері сочевиці простежувалися зміни в чисельності амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних мікроорганізмів (таблиця). Зокрема, амоніфікувальні мікроорганізми, які беруть участь у трансформації органічної речовини за допомогою протеолітичних ферментів та мінералізують як прості, так і складні білки з виділенням азоту у формі аміаку (Patyka, 2014; Patyka & Kolodiazny, 2014) нарощували свою чисельність у всіх варіантах досліді зі застосуванням біологічних препаратів. Так, передпосівна обробка насіння сочевиці Регоплантом (Фон І) забезпечила зростання їх кількості у фазу бутонізації відносно контролю на 32%, мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 (Фон ІІ) – 39%, сумішю МБП і регулятора росту рослин Регоплант (Фон ІІІ) – 45%.

Позитивний вплив біологічних препаратів на чисельність згаданої групи мікроорганізмів у ризосфері сочевиці простежувався і в разі внесення по обраних фонах регулятора росту рослин Регоплант (50 мл/га), зокрема використання РРР по Фоні І, перевищення до контролю становило 23%, що може бути обумовлено позитивною рістрегулювальною дією Регопланту на ростові процеси кореневої системи (Ponomarenko, 2010), що й створювало додаткову площу для росту й розвитку мікроорганізмів. За посходового внесення РРР Регоплант по Фоні ІІ чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів зростала на 55%, а по фоні ІІІ – 64%. Очевидно, формування найбільшої чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів на фоні комплексного використання РРР і МБП (передпосівна обробка насіння сочевиці МБП і РРР та внесення по сходах РРР) обумовлено покращенням азотного обміну в рослинах завдяки життєдіяльності бактерій *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* та стимулюванням проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів з боку дії регулятора росту рослин (Malynovska, 2007; Patyka et al., 2017), чим було зумовлено виділення в прикореневу зону підвищеної кількості ексудатів.

Чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів у ризосфері сочевиці залежала не лише від застосовуваних препаратів, а й від фаз розвитку культури. Так, у варіантах досліді зі застосуванням МБП, МБП + Регоплант 50 мл/га, МБП + Регоплант 250 мл/т, МБП + Регоплант 250 мл/т + Регоплант 50 мл/га їх кількість у фазі цвітіння зростала порівняно з фазою бутонізації в середньому на 28–30%. Разом з тим у фазі цвітіння варіанта з комплексним використанням РРР (обробка насіння та вегетуючих рослин) їх кількість перевищувала контроль на 46%, а за використання згаданої комбінації з МБП – на 62%.

Таблиця. Чисельність еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери сочевиці за використання МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штам К-29 та РРР Регоплант ґрунту (середнє за роки досліджень)

Варіант досліджу	Чисельність мікроорганізмів, 103 КУО/г ґрунту					
	амоніфікувальних		нітрифікувальних		целюлозолітичних	
	фаза бутонізації	фаза цвітіння	фаза бутонізації	фаза цвітіння	фаза бутонізації	фаза цвітіння
Без застосування препаратів (контроль)	108,7	143,6	19,1	31,6	917,4	1225,6
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння), Фон I	143,5	180,8	20,8	34,8	1010,9	1362,7
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 (1 л/т – обробка насіння), Фон II	151,1	196,6	23,9	36,7	1077,0	1421,7
МБП <i>Rhizobium leguminosarum biovar viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння), Фон III	157,6	202,4	24,9	37,3	1112,8	1500,2
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	133,7	176,6	20,2	33,7	957,8	1273,9
Фон I + РРР Регоплант (50 мл/га)	161,9	209,5	23,1	37,6	1128,4	1533,3
Фон II + РРР Регоплант (50 мл/га)	168,7	222,5	23,7	38,8	1156,8	1562,6
Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га)	178,3	232,5	26,2	46,7	1204,5	1788,8
<i>HIP</i> ₀₅ *	7,5–9,9	8,9–12,6	1,1–5,4	1,6–3,2	53,5–96,2	65,2–130,3

Примітка: * – min і max значення за роки досліджень.

Важливе значення у процесах перетворення в ґрунті амонійних форм вуглецевих сполук у нітрати відіграють нітрифікувальні мікроорганізми. Як показали результати досліджень, у фазі бутонізації сочевиці у варіантах з використанням Регопланту для обробки посівів кількість таких мікроорганізмів перевищувала контроль на 6%, насіння – 9%. Комплексне застосування Регопланту (обробка насіння перед сівом та посівів) забезпечило зростання їх чисельності відносно контролю на 21%. За передпосівної інюкуляції насіння сочевиці кількість мікроорганізмів перевищувала варіант без застосування препаратів на 25%. Обробка насіння сочевиці сумішшю МБП з РРР активізувала розвиток нітрифікувальних мікроорганізмів у ризосфері сочевиці на 30%, а за посходового внесення Регопланту по даному фону – на 37%. Водночас у фазі цвітіння культури спостерігалася подібна тенденція до зростання кількості зазначених мікроорганізмів від комбінування досліджуваних препаратів, що і у фазу бутонізації, де найвищі показники реєстрували у варіанті Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га) з перевищенням контролю на 48%.

Досліджуючи еколого-трофічну групу ґрунтових мікроорганізмів, здатних руйнувати целюлозу, виявлено залежність їх кількості від нагромадження корневих рештків, що констатують й інші вчені (Kurdysh, 2009). Так, у варіантах досліджу з передпосівною обробкою насіннєвого матеріалу Регоплантом (Фон I) у фазі бутонізації кількість ґрунтових мікроорганізмів перевищувала контрольний варіант на 10%, тоді як за інюкуляції мікробіологічним препаратом (Фон II) – на 17%. Високі показники кількості целюлозолітичних мікроорганізмів спостерігались у варіанті сумісної дії зазначених препаратів, де перевищення відносно контролю становило 21%. Водночас найактивніше наростання названої групи мікроорганізмів у фазу бутонізації сочевиці простежувалося за обприскування посівів Регоплантом 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння МБП разом із РРР Регоплант, де кількість цієї групи мікроорганізмів перевищувала контроль на 31%. Подібна тенденція у формуванні кількості целюлозолітичних мікроорганізмів спостерігалася й у фазу цвітіння культури, де найвищі показники

відзначені у варіанті Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га) з перевищенням даних контролю на 46%.

Отже, результати обліку основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці у фазу цвітіння засвідчили подібну тенденцію залежності їх розвитку від дії мікробного препарату і регулятора росту рослин, що й у фазу бутонізації. Того ж часу найактивніший розвиток мікробіоти в ризосфері сочевиці у фазу цвітіння відзначено на фоні інюкуляції насіння сумішшю мікробного препарату і регулятора росту рослин з подальшим внесенням останнього під час вегетації культури (перевищення за групами досліджуваної мікробіоти контролю дорівнювало 46–62%).

Обговорення

Дослідження зарубіжних і вітчизняних учених свідчать про позитивну дію на ріст і розвиток культурних рослин, кількісний і якісний склад ризосферної мікробіоти препаратів природного походження (Vassilev, 2015; Pathak & Kumar, 2016; Singh et al., 2016; Timmusk et al., 2017; Umesha et al., 2018). Зокрема, за вирощування козлятнику східного (*Galega oritntalis* L.) з використанням мікробного препарату Ризобіфит, виготовленого на основі бульбочкових бактерій *Rh. galegae* J2 й *Bradyrhizobium japonicum* M8, простежувалася позитивна динаміка в зростанні чисельності амоніфікувальних та целюлозолітичних бактерій, кількість яких відносно контролю збільшувалась у 4 і 8 разів відповідно (Patyka et al., 2017). Обробка насіння сої регулятором росту рослин Біолан (20 мл/т) сприяла зростанню кількості амоніфікувальних мікроорганізмів відносно контрольного варіанта на 12%, целюлозолітичних – 6%, мікробним препаратом Ризобіфит (100 г/т) – 21 та 13% відповідно (Holodryha et al., 2015).

За результатами досліджень Didovych et al. (2015), передпосівна обробка насіння сої сорту Берегиня мікробним препаратом Ризобіфит сприяла стимулюванню розвитку целюлозолітичних мікроорганізмів протягом усієї вегетації культури, де перевищення досліджуваного показника у фазу зрілості бобів

відносно фази гілкування рослин становило 1514×10^2 КУО/г абсолютно сухого ґрунту.

Передпосівна обробка насіння сої сорту Романтика сумішшю Ризобіфиту (1 л/т) і Регопланту (250 мл/т) забезпечила збільшення кількості целюлозолітичної мікробіоти до контролю на 89 і 34% відповідно на 10- і 20-ту добу визначення (Karpenko, et al., 2016).

Одержані нами дані стосовно розвитку в ризосфері сочевиці амоніфікувальних, нітрифікувальних і целюлозолітичних мікрорганізмів узгоджуються з показниками, наведеними у наукових матеріалах про позитивний вплив комплексного використання біологічних препаратів на розвиток цих груп бактерій, та з результатами наших попередніх досліджень, що виконані на інших культурах (Karpenko et al., 2018). У середньому за фазами розвитку сочевиці найактивніший ріст мікробіоти встановлено у варіантах дослідів зі застосуванням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штаму К-29 (1 л/т) у суміші з Регоплантом (250 мл/т), де максимальна чисельність амоніфікувальних бактерій перевищувала контроль на 63%, нітрифікувальних – 44%, целюлозолітичних – 40%.

Підсумовуючи викладені літературні дані та показники чисельності мікробіоти в ризосфері сочевиці, можна стверджувати, що за комплексної дії препаратів мікробного та рістстимулювального спрямування ризосферна мікробіота не зазнає негативного впливу, а навпаки – її ріст і розвиток активізуються. Очевидно, що це обумовлюється комплексною дією кількох чинників, зокрема: стимулюванням проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, за рахунок покращення азотного живлення рослин з боку життєдіяльності бульбочкових бактерій; посиленням ростових процесів рослин (збільшенням надземної маси та кореневої системи), обумовлених як активізацією обмінних процесів у рослинах, так і безпосереднім стимулювальним впливом на рослинний організм складових РРР Регоплант; активізацією виділення в прикореневу зону рослин ексудатів, які слугують головним чинником розвитку ризосферної мікробіоти.

Висновки

Комплексне використання РРР Регоплант і МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штаму К-29 стимулює розвиток окремих еколого-трофічних груп мікрорганізмів ризосфери сочевиці сорту Лінза. Найвища чисельність амоніфікувальних, нітрифікувальних, целюлозолітичних мікрорганізмів у середньому за роки досліджень простежувалась у варіанті дослідів з комплексним застосуванням РРР Регоплант 50 мл/га по фоні передпосівної обробки насіння МБП *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* штаму К-29 (1 л/т) разом із РРР Регоплант 250 мл/т, де перевищення контролю становило 40–63%.

Зростання чисельності окремих еколого-трофічних груп мікрорганізмів у ризосфері сочевиці може свідчити про створення для їх розвитку оптимальних умов, які забезпечуються як з боку життєдіяльності бульбочкових бактерій (фіксація азоту), так і з боку дії регулятора росту рослин (стимулювання проходження в рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів).

Одержані дані є перспективними стосовно обґрунтування та впровадження елементів біологізованої технології вирощування сочевиці, оскільки демонструють можливість за рахунок екзогенної регуляції фізіолого-біохімічних реакцій рослин підвищувати продуктивність посівів, чим нівелюється необґрунтоване використання в агроценозах значної кількості хімічних речовин.

References

Didovych, S. V., Turina, O. L., Kulinich, R. O., Abdurashytov, S. F., Horhulko, T. V., & Didovych, O. M. (2015). Vplyv polifunkt-

sionalnykh mikrobykh preparativ na strukturno-dynamichni osoblyvosti mikrobotsenozu i produktyvnist bobovykh kultur [Influence of polyfunctional microbial preparations on structural and dynamic features of microbiocenosis and legumes productivity cultures]. *Agrobiology*, 1, 52–55 (in Ukrainian).

Dospikhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experience]. Ahropromyzzdat, Moscow (in Russian).

Holodryha, O. V., Rozborska, L. V., Leontyuk, I. B., & Zabolotnyi, O. I. (2015). Vplyv herbitsydu Diesiliet, rehuliatora rostu roslyn Biolan i mikrobiolohichnoho preparatu Ryzobofit na aktyvnist hruntovoi mikroflory ta symbiotychnoho aparatu soi [Effect of herbicide Diesiliet, regulator of biology plants growth Biolan and microbiological preparation Ryzobofit on activity of soil microfloor and symbiotic machine soy]. *Ahrobiolohiia*, 1, 44–48 (in Ukrainian).

Karpenko, V. P., Ivasiuk, Y. I., & Hrytsaienko, Z. M. (2016). Osoblyvosti rozvytku ekoloho-trofichnykh hrup mikroorhanizmiv ryzosfery soi za vykorystannia herbitsydu Fabian, rehuliatora rostu roslyn Rehoplant i mikrobiolohichnoho preparatu Ryzobofit [Peculiarities of development of ecological trophic groups of microorganisms of soybean rhizosphere for use of herbicide Fabian, plant growth regulator Regoplant and microbiological preparation Risobofit]. *News of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 4(42), 29–33 (in Ukrainian).

Karpenko, V. P., Novikova, T. P., & Prytuliak, R. M. (2018). Formuvannia symbiotychnoho aparatu sochevytsi za dii biolohichnykh preparativ [Formation of the symbiotic apparatus of lentil for the action of biological preparations]. *Visnyk UNUS*, 39–44 (in Ukrainian). doi: [10.31395/2310-0478-2018-21-39-43](https://doi.org/10.31395/2310-0478-2018-21-39-43).

Patyka, M. B., & Kolodiaznyi, O. Y. (2014). Formuvannia mikrobnogo kompleksu chornozemu typovoho v ahrotsenozii pshenytsi ozymoi za riznykh system zemlerobstva [Formulation of the microbial complex of the chernozem type in the agroecosis of winter crops for the earth-moving systems]. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 26–33 (in Ukrainian).

Kurdysh, I. K. (2009). Rol' mikroorhanizmiv u vidtvorenni rodichosti gruntiv [The role of microorganisms in reproduction of soil fertility]. *Agricultural Microbiology*, 9, 7–32 (in Ukrainian).

Malynovska, I. M. (2007). Stan mikrobiotsenozu ryzosfery soi za kompleksnoho obroblyennia nasinnia fosfatmobilizuiuchymy mikroorhanizmamy i Bradyrhizobium japonicum [State of microbiocenosis of soybean rhizosphere for complex processing of seeds by phosphate-mobilizing microorganisms and Bradyrhizobium japonicum]. *Agroecological Journal*, 3, 79–83 (in Ukrainian).

Pathak, D. V., & Kumar, M. (2016). Microbial inoculants as biofertilizers and biopesticides. In: D. Singh, H. Singh, & R. Prabha (Eds.), *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity* (pp. 197–209). Springer, New Delhi. doi: [10.1007/978-81-322-2647-5_11](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2647-5_11)

Patyka, N. V., Borodai, V. V., Zhytkevych, N. V., Khomenko, E. V., Hnatiuk, T. T., Koltunov, V. A., & Patyka, V. F. (2012). Vliyanie biopreparatov na dinamiku chislennosti bakteriy i fitopatogenykh gribov v agroekosisteme kartofelya [The effect of biological products on the dynamics of the number of bacteria and pathogenic fungi in the agroecosystem of potatoes]. *Microbiological Journal*, 74(2), 28–35 (in Russian).

Patyka, V. P., Kyryleko L. V., Aliksieiev, O. O., Zakharova, O. M., & Hnatiuk, T. T. (2017). Vplyv biopreparativ, fitopatohennykh mikroorhanizmiv na mikrobiom ґрунту ryzosfery i efektyvnist funktsionuvannia symbiotychnoi systemy bulbochkovi bakterii – soia, kozliatnyk [Influence of biopreparations, phytopathogenic microorganisms on the microbial of the rhizosphere soil and the efficiency of the functioning of the symbiotic system of the tuber bacteria – soya, goat milk]. *Ecology*, 1(68), 123–132 (in Ukrainian).

Patyka, V. F. (2014). Byolohycheskyi azot i novaia stratehiya proyzvodstva produktsyy rastenyevodstva v Ukraine [Biolog-

- ical nitrogen and new crop production strategy in Ukraine]. The Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology, 3(60), 10–15 (in Russian).
- Ponomarenko, S. P. (2010). Biostymuliatsiia v roslynnytstvi – ukrainskyi proryv [Biostimulation in crop production is a Ukrainian breakthrough]. Agrarian Week, 16, 13 (in Ukrainian).
- Pyda, S. V., Hryhoriuk, I. P., & Maiakovska, S. P. (2007). Ekolo-ho-tro-fichni vzaiemodii vyshchikh roslyn i mikroorhanizmiv [Ecological-trophic interactions of higher plants and microorganisms]. Agrarian Science and Education, 8(2), 11–18 (in Ukrainian).
- Singh, D. B., Singh, H. B., & Prabha, R. (Eds.). (2016). Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity. Springer, Delhi. doi: [10.1007/978-81-322-2647-5](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2647-5)
- Timmusk, S., Behers, L., Muthoni, J., Muraya, A., & Aronsson, A.-C. (2017). Perspectives and challenges of microbial application for crop improvement. Frontiers in Plant, 8, 49. doi: [10.3389/fpls.2017.00049](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00049)
- Umesha, S., Singh, P. K., & Singh, R. P. (2018). Microbial biotechnology and sustainable agriculture. In R. L. Singh, & S. Monda (Eds.), Biotechnology for Sustainable Agriculture (pp. 185–205). Woodhead Publishing, Sawston. doi: [10.1016/B978-0-12-812160-3.00006-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812160-3.00006-4)
- Vassilev, N., Vassileva, M., Lopez, A., Martos, V., Reyes, A., Maksimovic, I., Eichler-Löbermann, B., & Malusà, E. (2015). Unexploited potential of some biotechnological techniques for biofertilizer production and formulation. Applied Microbiology and Biotechnology, 99(12), 4983–4996.
- Volkohov, V. V., Nadkernychna, O. V., & Tokmackova, L. M. (2010). Eksperymentalna hruntova mikrobiolohiia [Experimental soil microbiology]. Agrarna nauka, Kyiv (in Ukrainian).
- Zvyagintsev, D. H., Alieva, I. V., Babieva, I. P., & Buzov, B. A. (1991). Metody pochvennoi mykrobiolohyy y byokhymyy [Methods of soil microbiology and biochemistry]. MHU, Moscow (in Russian).