

РОЗВИТОК ВІЛЬНОЖИВУЧИХ РИЗОСФЕРНИХ АЗОТФІКСАТОРІВ СОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ

**Карпенко В.П., Грицаєнко З.М. – доктори с.-г. наук, професори
Івасюк Ю.І., аспірант Уманський національний університет садівництва**

*У статті висвітлено результати досліджень з вивчення чисельності ризосферних азотфіксаторів сої за дії різних норм гербіциду Фабіан (90, 100 та 110 г/га), способів застосування регулятора росту рослин Регоплант (250 мл/т – передпосівна обробка насіння, 50 мл/га – посходове внесення) та мікробіологічного препарату Ризобофит (100 мл/т – передпосівна обробка насіння). Встановлено, що підвищену чутливість до дії гербіциду Фабіан виявляли азотфіксувальні мікроорганізми роду *Azotobacter* (їх кількість знижувалась зі збільшенням норм препарату), проте передпосівна обробка насіння мікробіологічним препаратом Ризобофит в суміші з регулятором росту рослин Регоплант сприяла меншому їх пригніченню. Стійкими до дії гербіциду виявились бактерії роду *Clostridium*, разом з тим значне збільшення їх кількості відмічалось на фоні застосування Ризобофиту та Регопланту.*

Родючість ґрунту залежить від життєдіяльності мікроорганізмів, які є основними ґрунтоутворювачами [1]. Водночас кількісний і якісний склад ґрунтової мікробіоти є важливим індикатором стану агроєкосистем, що відображає ступінь антропогенного навантаження на них [2].

Серед ґрунтових мікроорганізмів важливу роль відіграють вільноживучі азотфіксатори, що зосереджені в основному в ризосфері [3]. Нині здатність фіксувати азот атмосфери виявлено більше ніж у 60 видів бактерій, у тому числі й мікроорганізмів родів *Azotobacter* і *Clostridium* [4]. Встановлено, що позитивний вплив бактерій роду *Azotobacter* на рослини обумовлюється двома чинниками: здатністю засвоювати молекулярний азот та синтезувати різні біологічно активні речовини (фітогормони, антибіотики, вітаміни групи В, органічні кислоти, амінокислоти та ін.) [5]. Азотфіксувальні бактерії роду *Clostridium* також асимілюють молекулярний азот і трансформують його в доступні для інших мікроорганізмів і рослин форми [6]. Проте ефективність азотфіксації залежить від антропогенних чинників, у тому числі й агротехнічних, завдяки яким створюються певні умови для розвитку рослин [1]. Також окремі літературні публікації засвідчують залежність розвитку ґрунтових азотфіксаторів від застосування в посівах сільськогосподарських культур гербіцидів і регуляторів росту рослин [7 – 9]. Зважаючи на вищезазначене метою досліджень було встановити вплив комплексу препаратів хімічної та біологічної природи на розвиток агрономічно цінних ризосферних азотфіксувальних бактерій родів *Azotobacter* і *Clostridium* у посівах сої.

Методика досліджень. Досліди з вивчення дії гербіциду Фабіан, регулятора росту рослин Регоплант та мікробіологічного препарату Ризобофит у

посівах сої сорту Романтика на ріст бактерій родів *Azotobacter* і *Clostridium* виконували впродовж 2013–2015 рр. у польових та лабораторних умовах Уманського національного університету садівництва. Схема досліду включала 17 варіантів, деталізацію яких наведено в таблицях. Повторність дослідів триразова.

Ріст і розвиток бактерій роду *Azotobacter* оцінювали на безазотистому живильному середовищі за обростанням колоніями ґрунтових грудочок [10], роду *Clostridium* – на елективному середовищі Виноградського, методом граничних розведень [11].

Результати досліджень. Аналіз одержаних результатів засвідчив, що зі збільшенням норми внесення гербіциду Фабіан кількість бактерій роду *Azotobacter* в ризосфері сої у порівнянні з контролем І зменшувалась (табл. 1). Так, на 10-ту добу обробки посів сої гербіцидом Фабіан у нормах 90, 100 та 110 г/га у 2013 році спостерігалось зниження чисельності бактерій роду *Azotobacter* до контролю І на 13, 14 і 18 шт.; 15, 16 і 19 шт. оброслих колоніями грудочок – у 2014 році та 16, 17 і 19 шт. – у 2015 році.

За сумісного застосування гербіциду Фабіан з регулятором росту рослин Регоплант кількість оброслих колоніями бактерій грудочок ґрунту знижувалась до контрольного варіанту І на 9, 11 та 12 шт. (2013 р.); 11, 12 і 13 шт. (2014 р.) та 10, 12 і 14 шт. (2015 р.). Застосування ручних прополювань посівів та внесення по сходах регулятора росту рослин Регоплант забезпечило впродовж 2013–2015 рр. активізацію росту бактерій роду *Azotobacter* у порівнянні з контролем І на 4–5 %.

Передпосівна обробка насіння сої мікробіологічним препаратом Ризобофит у поєднанні з регулятором росту рослин Регоплант сприяла обростанню грудочок ґрунту колоніями бактерій роду *Azotobacter* на рівні 49–50 шт. Посходове внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га на фоні передпосівної обробки насіння сої Ризобофитом і Регоплантом дещо знижувало колонізаційну активність бактерій роду *Azotobacter*, що виражалось у зменшенні кількості оброслих грудочок на 5–8 шт. (2013 р.), 6–9 шт. (2014 р.) та 6–9 шт. (2015 р.).

Сумісне внесення гербіциду Фабіан у мінімальній нормі з регулятором росту рослин Регоплант по фоні виявляло оптимальний вплив на розвиток бактерій роду *Azotobacter*, де зниження кількості оброслих колоніями грудочок ґрунту відповідно до контролю І у середньому за роки досліджень складало 2 шт. або 4 %.

Одержані дані дають підставу стверджувати, що за дії на посіви сої регулятора росту рослин негативна дія гербіциду послаблюється. Аналогічного припущення дотримуються й інші вчені [7, 9, 12].

1. Чисельність ризосферних азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter* в посівах сої за використання гербіциду Фабіан, регулятора росту рослин Регоплант і мікробіологічного препарату Ризобофіт (10 доба після обробки посівів гербіцидом і регулятором росту рослин)

Варіант досліджу	Кількість оброслих колоніями грудочок ґрунту, шт.			Середнє за три роки
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	
Без застосування препаратів (контроль I)	47	44	46	45
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	49	46	48	47
Регоплант 50 мл/га	49	48	49	48
Фабіан 90 г/га	34	29	30	31
Фабіан 100 г/га	33	28	29	30
Фабіан 110 г/га	29	25	27	27
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	38	33	36	35
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	36	32	34	34
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	35	31	32	32
Ризобофіт 100 мл/т + Регоплант 250 мл/т (фон)	50	49	49	49
Фон + Регоплант 50 мл/га	49	49	48	48
Фон + Фабіан 90 г/га	42	38	40	40
Фон + Фабіан 100 г/га	40	37	38	38
Фон + Фабіан 110 г/га	39	35	37	37
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	45	42	44	43
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	44	41	43	42
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	43	40	39	40
<i>НІР</i> ₀₅	1,5	1,3	1,7	—

Дослідженнями В.П. Карпенка і співавторів встановлено, що азотфіксувальні бактерії роду *Clostridium* більш стійкі до дії гербіцидів у порівнянні з мікроорганізмами роду *Azotobacter* [11].

Як показали результати наших досліджень, у 2013 році в варіанті з ручними прополюваннями впродовж вегетації кількість цих бактерій у порівнянні до контролю I зросла на 2,4 тис. КУО/г ґрунту, що, очевидно, може бути наслідком значного покращення умов для росту й розвитку рослин за рахунок повного зняття конкуренції з боку бур'янів та активного надходження у ризосферу ексудатів, унаслідок покращення фотосинтетичних процесів у рослинах.

2. Чисельність ризосферних азотфіксувальних бактерій роду *Clostridium* в посівах сої за використання гербіциду Фабіан, регулятора росту рослин Регоплант і мікробіологічного препарату Ризобофіт (10 доба після обробки посівів гербіцидом і регулятором росту рослин)

Варіант досліджу	Кількість колоній мікроорганізмів, тис. КУО/г ґрунту			Середнє за три роки
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	
Без застосування препаратів (контроль I)	7,6	3,0	7,7	6,1
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	10,0	4,7	10,6	8,4
Регоплант 50 мл/га	9,1	7,6	10,7	9,1
Фабіан 90 г/га	10,6	8,3	12,7	10,5
Фабіан 100 г/га	9,0	7,7	10,0	8,8
Фабіан 110 г/га	8,0	6,3	9,0	7,7
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	13,6	10,0	13,3	12,3
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	12,6	9,3	11,6	11,2
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	11,6	7,0	9,7	9,4
Ризобофіт 100 мл/т + Регоплант 250 мл/т (фон)	10,7	8,4	12,3	10,4
Фон + Регоплант 50 мл/га	13,3	9,6	13,6	12,2
Фон + Фабіан 90 г/га	12,0	13,6	13,7	13,1
Фон + Фабіан 100 г/га	11,3	13,0	12,0	12,1
Фон + Фабіан 110 г/га	9,7	12,0	11,7	11,1
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	14,6	14,0	14,0	14,2
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	12,7	13,3	12,7	12,8
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	11,0	12,6	10,3	11,3
<i>НІР</i> ₀₅	1,4	1,3	2,0	—

За використання в посівах сої гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га кількість бактерії роду *Clostridium* зменшувалась, проте вона перевищувала контроль I на 3; 1,4 та 0,4 тис. КУО/г ґрунту відповідно.

За сумісного використання гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га з регулятором росту рослин Регоплант чисельність бактерій роду *Clostridium* перевищила контроль I на 79, 66 і 53 %.

Використання гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га по фоні (обробка насіння перед сівбою Ризобофіт + Регоплант) забезпечила перевищення контрольних показників (I) відповідно на 4,4; 3,7 і 2,1 тис. КУО/г ґрунту, а використання цих же норм гербіциду по фоні в суміші з Регоплантом – на 7,0; 5,1 і 3,4 тис. КУО/г ґрунту.

Одержані дані вказують на створення в посівах сої за дії комплексу біологічних препаратів найсприятливіших умов для росту й розвитку бактерій роду *Clostridium*, які складаються, в першу чергу, за активного надходження в ризосферу ескудатів, що слугують джерелом живлення мікробіоти.

У 2014 та 2015 роках у посівах сої спостерігалась аналогічна закономірність з розвитку мікроорганізмів роду *Clostridium* за дії досліджуваних препаратів. Проте найвищі показники чисельності даних мікроорганізмів були відмічені за використання сумішей гербіциду Фабіан з Регоплантом по фоні, зокрема їх кількість в ці роки перевищувала контроль І на 11,0–9,6 та 6,3–2,6 тис. КУО/г ґрунту, що в середньому за роки досліджень перевищувало контроль І на 122–85 %.

Висновки. Таким чином, у результаті проведених досліджень встановлено, що розвиток ризосферних азотфіксаторів у посівах сої залежить від норм і способів застосування досліджуваних препаратів. Підвищену чутливість до дії гербіциду Фабіан виявляють азотфіксувальні бактерії роду *Azotobacter*, у той же час бактерії роду *Clostridium* є стійкими до дії даного хімічного агента. Найвищий рівень активності ризосферних азотфіксаторів родів *Azotobacter* та *Clostridium* простежується за сумісної обробки насіння перед посівом мікробіологічним препаратом Ризобофіт у нормі 100 мл/т з регулятором росту рослин Регоплант 250 мл/т та з наступним посходовим внесенням гербіциду Фабіан у нормі 90 г/га сумісно з регулятором росту рослин Регоплант 50 мл/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андріюк К.І. Функція мікробних угруповань ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К.І. Андріюк, Г.О. Іутинська, А.Ф. Антипчук [та ін.] – К.: Обереги, 2001. – 239 с.
2. Козакова Н.А. Функциональное биоразнообразие почвенных микроорганизмов / Н.А. Козакова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 1 (8). – С. 27–28.
3. Емцев В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин. – М.: Дрофа, 2005. – 445 с.
4. Патики В.П. Біологічний азот / В.П. Патики, С.Я. Коць, В.В. Волкогон. – К. Світ, 2003. – 424 с.
5. Bashan Y. Azospirillum – plant relationship: physiological, molecular, agricultural and environmental advances / Y. Bashan, G. Holguin, L.E. De-Bashan // Appl. Environ. microbial. – 2004. – № 8. – P. 521–577.
6. Петриченко В.Ф. Сільськогосподарська мікробіологія і збалансований розвиток агроєкосистем / В.Ф. Петриченко, І.А. Тихонович, С.Я. Коць та ін. // Вісник аграрної науки. – 2012. – № 8. – С. 5–11.
7. Карпенко В.П. Азотфіксувальні мікроорганізми роду *Azotobacter* ризосфери ячменю озимого за обробки посівів гербіцидом Калібр 75 і регулятором росту рослин Біолан / В.П. Карпенко, Р.М. Притуляк, А.О. Чернега // Наукові записки Тернопільського НПУ ім. Володимира Гнатюка. – 2014. – № 3 (60). – С. 83–87.

8. Грицаєнко З.М. Залежність розвитку еколого–трофічних груп мікроорганізмів ризосфери ячменю ярого від дії гербіцидів і регулятора росту рослин / З.М. Грицаєнко, В.П. Карпенко // Бюлетень інституту сільського господарства степової зони НААН України – 2012. – № 2. – С. 78–82.
9. Карпенко В.П. Влияние гербицида и регуляторов роста растений на биологическую активность почвы в посевах ярового ячменя / В.П. Карпенко, С.П. Полторецкий, Р.М. Притуляк // Периодический журнал научных трудов «ФЭН–Наука». – Бугульма (Татарстан) – 2012. – № 2 (5). – С. 9–10.
10. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. – К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. – 320 с.
11. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : монографія / В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Л.М. Токмакова, Т.М. Мельничук [та ін.]; за наук. ред. В.В. Волкогона. – К.: Аграр. наук., 2010. – 464 с.
12. Карпенко В.П. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин / Карпенко В.П., Грицаєнко З.М., Притуляк Р.М., Полторецкий С.П., Мостов'як І.І., Фоменко О.О.; за ред. В.П. Карпенка. – Умань: Видавець «Сочінський», 2012. – 357 с.

Referens

1. Andriyuk K.I., Iutynska G.A., Antypchuk A.F. [et al.]. *The function of soil microbial groups in conditions of anthropogenic load*. Kyiv: Talismans, 2001. 239 p (in Ukrainian).
2. Kozakov N.A. Biodiversity functional soil microorganisms. *Herald of Ulyanovsk State agrarian Academy*, 2009, no.1 (8), pp.27–28 (in Russian).
3. Emtsev V.T., Myshustyn E.N. *Microbiology*. M.: Bustard, 2005. 445 p.
4. Patyka V.P. Kots S.J., Volkogon V.V. *Biological nitrogen*. Kyiv: World, 2003. 424 p (in Ukrainian).
5. Bashan Y., Holguin G., De-Bashan L.E. Azospirillum – plant relationship: physiological, molecular, agricultural and environmental advances. *Appl. Environ. Microbial*, 2004, no. 8, pp. 521–577 (in Mexico).
6. Petrychenko V.F., Tihonovich I.A., Kots S.J. [et al.]. Used microbiology and balanced development of agro–ecosystems . *Bulletin of Agricultural Science*, 2012, no. 8, pp. 5–11(in Ukrainian).
7. Karpenko V.P., Prytulyak R.M., Chernega A.O. Nitrogen–fixing rhizosphere microorganisms genus Azotobacter winter barley crops for processing herbicide Calibre 75 and plant growth regulator Biolan. *Scientific notes of Ternopil NPU the name of Volodymyr Hnatiuk*, 2014, no. 3 (60), pp. 83–87 (in Ukrainian).
8. Grytsaenko Z.M., Karpenko V.P. Dependence of ecological and trophic groups of rhizosphere microorganisms of spring barley from the effects of herbicides and plant growth regulators. *Bulletin of the Institute of Agriculture NAAS steppe zone of Ukraine*, 2012, no. 2, pp. 78–82 (in Ukrainian).
9. Karpenko V.P., Poltoretsky S.P., Prytulyak R.M. Influence of growth regulators and herbicide on plants soil byological activity in spring barley crops. *Periodical scientific papers "FENG Science"*. Bugulma (Tatarstan), 2012, no. 2 (5), pp. 9–10 (in Tatarstan).

10. Grytsaenko Z.M., Grytsaenko A.O., Karpenko V.P. *Methods of biological and agrochemical research of plants and soils*. Kyiv : "Nichlava", 2003. 320 p.
11. Volkogon V.V., Nadkernychna A.V., Tokmakova L.M., Melnychuk T.N. [et al.]. *Experimental soil microbiology*. Kyiv: Agrar. sciences, 2010. 464 p (in Ukrainian).
12. Karpenko VP Grytsaenko Z.M., Prytulyak R.M., Poltoretsky S.P. [et al.]. *Biological basis of integrated action herbicides and plant growth regulators*. Uman: Publisher "Sochinskiy", 2012. 357 p (in Ukrainian).

Карпенко В.П., Грицаенко З.М., Ивасюк Ю.И.

Развитие свободноживущих ризосферных азотфиксаторов сои при использовании биологически активных препаратов

*В современных условиях аграрного производства с недостаточным внесением удобрений фиксирование атмосферного азота ризосферными микроорганизмами и превращение его в доступные для растений формы имеет очень важное значение. Целью исследований было установить влияние комплекса препаратов химической и биологической природы на развитие агрономически ценных ризосферных азотфиксирующих бактерий родов *Azotobacter* и *Clostridium* в посевах сои. Опыты по изучению действия гербицида Фабиан, регулятора роста растений Регоплант и микробиологического препарата Ризобифит в посевах сои сорта Романтика на рост бактерий родов *Azotobacter* и *Clostridium* выполняли в течение 2013-2015 годов в полевых и лабораторных условиях Уманского национального университета садоводства.*

*В статье отражены результаты исследований по изучению численности ризосферных азотфиксаторов сои при действии разных норм гербицида Фабиан (90, 100 и 110 г/га), способов применения регулятора роста растений Регоплант (250 мл/т – предпосевная обработка семян, 50 мл/ га – посходовых внесения) и микробиологического препарата Ризобифит (100 мл/т – предпосевная обработка семян). Установлено, что с увеличением нормы внесения гербицида Фабиан количество бактерий рода *Azotobacter* в ризосфере сои уменьшалось, тогда как численность микроорганизмов рода *Clostridium* находилась на уровне контроля. Совместное внесение гербицида Фабиан в минимальной норме с регулятором роста растений Регоплант по фону способствовало оптимальному влиянию на развитие бактерий родов *Azotobacter* и *Clostridium*. Предпосевная обработка семян микробиологическим препаратом Ризобифит в смеси с регулятором роста растений Регоплант способствовала меньшему их подавлению. Устойчивыми к действию гербицида оказались бактерии рода *Clostridium*, вместе с тем значительное увеличение их количества отмечалось на фоне применения Ризобифита и Регопланта.*

*Таким образом в результате проведенных исследований установлено, что развитие ризосферных азотфиксаторов в посевах сои зависит от норм и способов применения исследуемых препаратов. Самый высокий уровень активности ризосферных азотфиксаторов родов *Azotobacter* и *Clostridium**

прослеживается при совместной обработке семян перед посевом микробиологическим препаратом Ризобифит в норме 100 мл/т с регулятором роста растений Регоплант 250 мл/т с последующим посходовым внесением гербицида Фабиан в норме 90 г/га совместно с регулятором роста растений Регоплант 50 мл/га.

Ключевые слова: *ризосферные азотфиксаторы, гербицид, микробиологический препарат, регулятор роста растений, соя.*

V.P. Karpenko, Z.M. Hrytsaienko, I.I. Ivasiuk

Development of free-living rhizosphere nitrogen-fixers of soybean by using biologically active preparations

Fixation of atmospheric nitrogen by rhizosphere microorganisms and converting it into forms available to plants acquires high importance in modern conditions of agricultural production with low fertilizing. The aim of the study was to establish the influence of the complex of agents of chemical and biological nature on the development of agronomically valuable rhizosphere nitrogen-fixing bacteria of *Azotobacter* and *Clostridium* genera in crops of soybeans. Experiments on the study of the effect of the Fabian herbicide, the Regoplant plant growth regulator and the Rizobofit microbiological preparation in crops of soybean of Romantika varieties on the growth of bacteria of the *Azotobacter* i *Clostridium* genera were performed during 2013–2015 years in the field and laboratory conditions of Uman National University of Horticulture.

The article presents the results of the studies on the number of rhizosphere nitrogen-fixers of soybean under the influence of different rates of the Fabian herbicide (90, 100 and 110 g/ha), methods of using the Regoplant plant growth regulator (250 ml/m – pre-sowing seed treatment, 50 ml/ha – after-sprouting application) and the Rizobofit microbiological preparation (100 ml/m – pre-sowing seed treatment). It was found that the number of bacteria of the *Azotobacter* genus in the rhizosphere of soybean decreased with increasing of application rate of the Fabian herbicide, while the number of microorganisms of the *Clostridium* genus was at the level of control. Joint application of the Fabian herbicide at minimum rate with the Regoplant plant growth regulator by the background promoted optimal impact on the development of bacteria of the *Azotobacter* and *Clostridium* genera. Pre-sowing seed treatment by the Rizobofit microbiological preparation in admixture with the Regoplant plant growth regulator forwarded their less inhibition. Bacteria of the *Clostridium* genus turned to be resistant to the herbicide influence, and with it the significant increase in their number was observed during application of the Rizobofit and Regoplant.

Thus, as a result of the conducted research it was found that the development of rhizosphere nitrogen-fixers in the soybean crops depends on the rates and methods of application of the studied preparations. The highest level of activity of rhizosphere nitrogen-fixers of the *Azotobacter* and *Clostridium* genera is observed before sowing at coprocessing of seeds by the Rizobofit microbiological preparation at the rate of 100 ml/t with Regoplant plant growth regulator at the rate of 250 ml/t followed by

after-sprouting application of the Fabian herbicide at the rate of 90 g/ha, together with the Regoplant regulator plant growth at the rate of 50 ml/ha.

Key words: rhizosphere nitrogen-fixers, a herbicide, a microbiological preparation, plant growth regulator, soybeans.