

РОЗВИТОК БАКТЕРІЙ АЗОТНОГО ЦИКЛУ В РИЗОСФЕРІ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ ДОБРИВ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ БАКТЕРИЗАЦІЇ

**П. В. Ковпак, К. І. Волкогон, М. А. Журба,
Н. П. Штанько, І. В. Ларченко**

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14027, Україна
e-mail: polyakovpak@rambler.ru

Наведено результати досліджень впливу мікробного препарату Поліміксобактерину та різних доз мінеральних добрив на розвиток бактерій азотного циклу в ризосферному ґрунті рослин пшениці озимої сорту Сонечко. Встановлено, що роздрібне внесення мінеральних добрив у дозах, які не перевищують $N_{60}P_{60}K_{60}$, та бактеризація насіння оптимізує склад мікробного угруповання у кореневій зоні рослин. Підвищення дози мінеральних добрив супроводжується негативними змінами в чисельності представників окремих функціональних груп мікроорганізмів.

Ключові слова: бактерії, що трансформують сполуки азоту, мінеральні добрива, Поліміксобактерин, пшениця озима.

У всіх ґрунтово-кліматичних зонах України серед основних поживних елементів за впливом на продуктивність рослин і якість врожаю головна роль належить азоту. Так, за узагальненими даними, окупність одного кілограма азоту при-ростами врожаю пшениці озимої коливається від 3 кг до 5 кг зерна в степовій зоні і від 7 кг до 9 кг — в умовах Лісостепу і Полісся [1].

В останні десятиліття досягнуто помітних успіхів у дослідженні особливостей перебігу процесів біологічної трансформації азоту в ґрунтах, які кардинально змінюють уявлення про вклад ґрунтових мікроорганізмів у загальний колообіг азоту в біосфері. Проте нові знання ще не враховуються при розробці стратегій вирішення важливих практичних проблем цивілізації, у т. ч. продовольчої безпеки населення [2].

У трансформації сполук азоту головна роль належить мікроорганізмам. Недостатня увага до мікробіологічного фактора трансформації азоту в ґрунті є однією з причин незбалансованого забезпечення рослин азотом, надмірного накопичення нітратів у продукції, низької ефективності використання азотних мінеральних добрив, масового забруднення біосфери оксидами азоту [3]. У зв'язку з цим, метою досліджень було вивчення чисельності бактерій азотного циклу в кореневій зоні рослин пшениці озимої за дії добрив та такого важливого чинника корекції стану мікробних угруповань у кореневій зоні рослин як передпосівна бактеризація.

Матеріали і методи. Дослідження проводили впродовж 2011–2013 рр. з пшеницею озимою сорту Сонечко у польовому стаціонарному досліді (короткоротаційна сівозміна) Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН на лучно-чорноземному ґрунті, який містить 2,12 % гумусу, 95,2 мг/кг азоту легкогідролізованого, 226 мг/кг фосфору, 108 мг/кг ґрунту обмінного калію; $\text{pH}_{\text{сол}}$ — 5,30. Схема досліді з пшеницею передбачала такі варіанти: 1 — без добрив (контроль); 2 — $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ (N_{20} восени + N_{10} у фазу кущіння); 3 — $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ (N_{20} восени + N_{40} у фазу кущіння); 4 — $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ (N_{20} восени + N_{40} у фазу кущіння + N_{30} у фазу виходу в трубку); 5–8 — те саме з бактеризацією. Площа дослідної ділянки становила $86,4 \text{ м}^2$ ($7,2 \times 12,0$), повторність досліді чотириразова. Агротехніка вирощування пшениці озимої загальноприйнята для зони Полісся. Бактеризацію насіння пшениці озимої проводили згідно СОУ 01.11-37-782:2008 за використання мікробного препарату Поліміксобактерину [4].

Зразки ризосферного ґрунту рослин для проведення мікробіологічного аналізу відбирали у такі фази розвитку рослин пшениці: виходу в трубку, цвітіння та молочно-воскової стиглості. Чисельність амоніфікаторів визначали при висіві розведень досліджуваної суспензії на м'ясопептонний агар (МПА). Кількість мікроорганізмів, які здатні використовувати мінеральні форми азоту, визначали на крохмале-аміачному агарі (КАА) [5]. Облік чисельності азотфіксувальних та денітрифікувальних бактерій визначали згідно існуючих методик [5–7].

Полеві досліди та математичну обробку результатів проводили згідно загальноприйнятих методик [8].

Результати та їх обговорення. Аналіз результатів досліджень свідчить, що особливості формування угруповань мікроорганізмів азотного циклу в ризосфері рослин пшениці були схожими в усі роки проведення досліджень, хоча і відрізнялися за абсолютними показниками. Для прикладу розглянемо характер динаміки чисельності мікроорганізмів у зазначених нішах в 2013 р. Так, чисельність амоніфікувальних бактерій зростає по мірі збільшення доз мінеральних добрив, особливо за дії Поліміксобактерину (рис. 1). На початку вегетації чисельність бактерій зросла від 17,3 млн./г ґрунту ($N_{60}P_{60}K_{60}$) до 21,8 млн./г ґрунту за дії мікробного препарату по фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$. У фазу цвітіння кількість представників досліджуваної групи мікроорганізмів у контрольному варіанті становить 12,9 млн./г ґрунту, за дії Поліміксобактерину — 19,6 млн./г ґрунту. Також інтенсивний розвиток амоніфікаторів спостерігається при застосуванні мікробного препарату по фоні найвищої дози мінеральних добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$) і складає 29,1 млн./г ґрунту, тоді як без бактеризації — 22,2 млн./г ґрунту. Наприкінці вегетаційного періоду чисельність бактерій по фоні мінімального мінерального удобрення ($N_{30}P_{30}K_{30}$) становила 10,5 млн./г ґрунту і зростала при застосуванні Поліміксобактерину до 15,9 млн./г ґрунту.

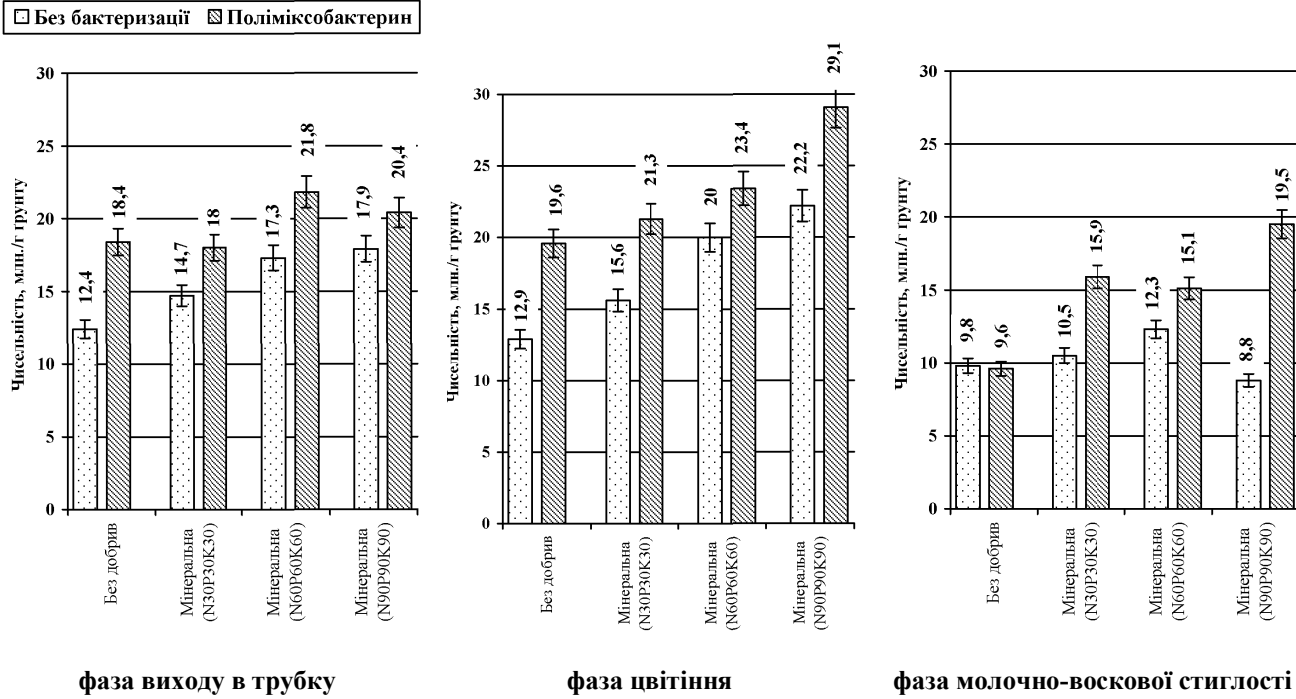


Рис. 1. Вплив бактеризації та добрив на чисельність амоніфікувальних бактерій у ризосферному ґрунті рослин пшениці озимої сорту Сонечко

Зростання чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів у ризосферному ґрунті за використання Поліміксобактерину ми пов'язуємо зі збільшенням кореневої ексудатії бактеризованими рослинами. При цьому в корневих виділеннях залежно від агрофону може зростати кількість органічних сполук азоту, що відомо з літератури [9].

Встановлено, що чисельність бактерій, які засвоюють мінеральний азот, у ризосферному ґрунті рослин пшениці озимої також зростає по мірі збільшення доз добрив. Так, у фазу виходу в трубку кількість бактерій збільшується від 20,0 млн./г ґрунту (контроль) до 39,7 млн./г ґрунту (N₉₀P₉₀K₉₀). Проте за дії мікробного препарату інтенсивність розвитку мікроорганізмів зменшується в усіх варіантах досліді за винятком варіанту без добрив (рис. 2).

Зазначені особливості, вочевидь, пояснюються зменшенням вмісту трофічного субстрату в корневих сферах бактеризованих рослин внаслідок інтенсивнішого засвоєння мінеральних сполук азоту. Зростання ступеню засвоєння рослинами азоту з добрив при бактеризації показана раніше в досліді за використання важкого стабільного ізотопу ¹⁵N [10].

Результати досліджень показують зростання чисельності азотфіксувальних бактерій у фазу виходу в трубку від 282 500,0 тис./г сухого ґрунту у контролі до 508 500,0 тис./г сухого ґрунту по фоні найменшої дози добрив N₃₀P₃₀K₃₀. У фазу цвітіння цей ефект спостерігається для середньої дози мінеральних добрив – 1 064,0 тис./г сухого ґрунту (у контролі — 734,5 тис./г сухого ґрунту). Наприкінці вегетаційного періоду рослин пшениці озимої спостерігається зростання чисельності азотфіксаторів від 862,5 тис./г сухого ґрунту у контролі до 10 640,0 тис./г сухого ґрунту при застосуванні мінеральних добрив у дозі N₆₀P₆₀K₆₀ (табл. 1). Бактеризація Поліміксобактерином не впливає на розвиток азотфіксувальних бактерій, оскільки основою мікробного препарату є ріст-стимулювальна бактерія *Paenibacillus polymyxa* KB, яка не фіксує атмосферний азот.

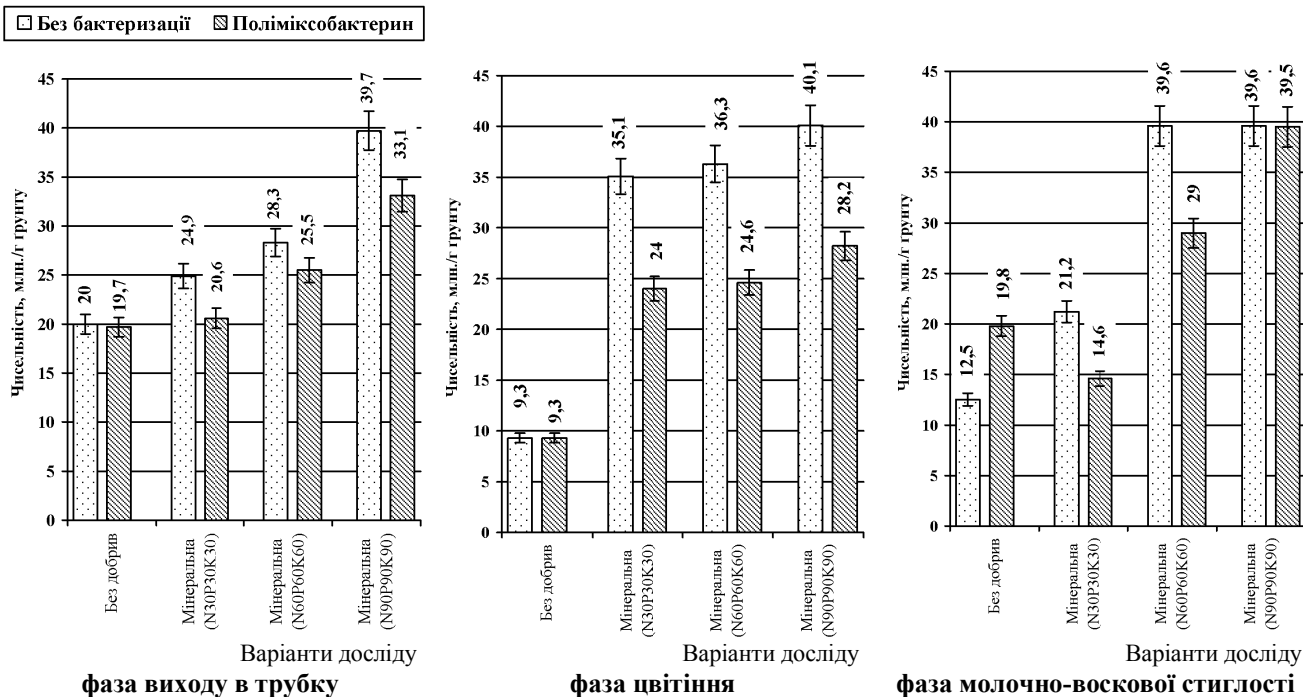


Рис. 2. Вплив бактеризації та добрив на розвиток бактерій, які засвоюють мінеральний азот, у ризосферному ґрунті рослин пшениці озимої сорту Сонечко

Таблиця 1. Вплив бактеризації та добрив на розвиток азотфіксувальних бактерій у ризосферному ґрунті рослин пшениці озимої сорту Сонечко, тис./г сухого ґрунту

Варіанти дослідів	Фаза виходу в трубку	Фаза цвітіння	Фаза молочно-воскової стиглості
Без бактеризації			
Без добрив (контроль)	282 500,0	734,5	862,5
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	508 500,0	832,5	1 083,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	339 000,0	1 064,0	10 640,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	226 000,0	840,0	2 825,0
Бактеризація Поліміксобактерином			
Без добрив	224 000,0	728,0	847,5
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	508 500,0	840,0	1 680,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	282 500,0	1 288,0	12 210,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	280 000,0	1 064,0	2 775,0

Динаміка розвитку денітрифікувальних бактерій свідчить, що використання високих доз мінеральних добрив сприяє зростанню їх чисельності в усі фази розвитку рослин пшениці озимої. Проте застосування Поліміксобактерину привносить свої корективи. Чисельність денітрифікаторів у корневих сферах рослин при цьому зменшується. Так, наприклад, у фазу молочно-воскової стиглості при застосуванні Поліміксобактерину по фоні мінерального удобрення N₆₀P₆₀K₆₀ кількість представників досліджуваної групи мікроорганізмів складала 4 995,0 тис./г ґрунту, у той час як без бактеризації по зазначеному агрофону чисельність бактерій сягала 8 400,0 тис./г ґрунту (табл. 2).

Вплив мікробного препарату на обмеження розвитку чисельності денітрифікувальних мікроорганізмів можна пояснити тим, що ініційовані бактеризацією рослини пшениці озимої інтенсивніше розвиваються, при цьому засвоюють більше азоту з добрив, тим самим позбавляють денітрифіка-

торів субстрату для нітратного дихання. Звичайно, такий ефект буде проявлятися лише при застосуванні для удобрення фізіологічно доцільних доз мінерального азоту.

Таблиця 2. Вплив бактеризації та добрив на чисельність денітрифікувальних бактерій у ризосферному ґрунті рослин пшениці озимої сорту Сонечко, тис./г сухого ґрунту

Варіанти дослідів	Фаза виходу в трубку	Фаза цвітіння	Фаза молочно-воскової стиглості
Без бактеризації			
Без добрив (контроль)	2 800,0	7 345,0	2 875,0
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2 825,0	8 325,0	2 850,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8 475,0	10 640,0	8 400,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	10 735,0	16 800,0	10 735,0
Бактеризація Поліміксобактерином			
Без добрив	2 240,0	7 280,0	508,5
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2 825,0	8 400,0	1 064,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10 070,0	10 640,0	4 995,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	10 640,0	16 800,0	8 325,0

Порівнюючи динаміку чисельності бактерій, які трансформують сполуки азоту, у ризосферному ґрунті рослин пшениці озимої сорту Сонечко, слід прийти висновку про позитивний вплив на зміни угруповань мікроорганізмів мінеральних добрив у дозі, що не перевищує N₆₀P₆₀K₆₀. Підвищення рівня мінерального удобрення забезпечує негативні зміни у складі мікробного угруповання — зростає кількість мікроорганізмів, що засвоюють мінеральні сполуки азоту та денітрифікаторів, зменшується чисельність азотфіксуювальних бактерій. Суттєвим чинником корекції стану угруповань мікроорганізмів є мікробний препарат. За використання Поліміксобактерину інтенсифікується мінеральне живлення рослин, що супроводжується зменшенням чисельності денітрифіку-

вальних бактерій та мікроорганізмів, що засвоюють мінеральні сполуки азоту.

1. Оптимизация азотного питания растений при интенсивных технологиях / [под ред. Б. С. Носко, А. Я. Буки]. — К. : Урожай, 1992. — 135 с.

2. Заришняк А. С. Мікробіологічна трансформація азоту в ґрунті та її значення для агроценозів / Заришняк А. С., Волкогон В. В. // Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві : тези доп. VI наук. конф. молодих вчених (29–30 вер. 2009 р.). — Чернігів : ЦНТЕІ, 2009. — 112 с.

3. Іутинська Г. О. Ґрунтова мікробіологія : [навч. посібник] / Іутинська Г. О. — К. : Арістей, 2006. — 284 с.

4. Насіння зернових та зернобобових культур. Технологічний процес нанесення мікробних препаратів. Загальні вимоги: СОУ 01.11–37–782:2008. — [Чинний від 2009-07-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2009. — 18 с.

5. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / [Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. та ін.] ; за наук. ред. В. В. Волкогона. — К. : Аграр. наука, 2010. — 464 с.

6. Калининская Т. А. Применение ацетиленового метода для количественного учета разных групп азотфиксаторов методом предельных разведений / Т. А. Калининская, Т. В. Редькина, Ю. М. Белов // Микробиология. — 1981. — Т. 50, № 5. — С. 924–927.

7. Теппер Е. З. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Т. И. Переверзева. — М. : Агропромиздат, 1987. — 239 с.

8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М. : Колос, 1979. — 376 с.

9. Мергель А. А. Участие азота корневых выделений в трансформации азота в почве и в процессе образования экстра азота / [А. А. Мергель, А. В. Тимченко, В. А. Машко и др.] // Агрохимия. — 1992. — № 9. — С. 3–12.

10. Волкогон В. В. Мікробні препарати як фактор підвищення засвоюваності рослинами мінеральних добрив / Волкогон В. В. // Сільськогосподарська мікробіологія. — 2006. — Вип. 4. — С. 21–34.

РАЗВИТИЕ БАКТЕРИЙ АЗОТНОГО ЦИКЛА В РИЗОСФЕРЕ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ УДОБРЕНИЙ И ПРЕДПОСЕВНОЙ БАКТЕРИЗАЦИИ

**П. В. Ковпак, Е. И. Волкогон, М. А. Журба,
Н. П. Штанько, И. В. Ларченко**

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, г. Чернигов

Приведены результаты исследований влияния микробного препарата Полимиксобактерина и различных доз минеральных удобрений на развитие бактерий азотного цикла в ризосферной почве растений пшеницы озимой сорта Сонечко. Показано, что дробное внесение минеральных удобрений в дозах, не превышающих $N_{60}P_{60}K_{60}$, и бактеризация семян оптимизирует состав микробного сообщества в корневой зоне растений. Увеличение дозы минеральных удобрений сопровождается отрицательными изменениями в численности представителей отдельных функциональных групп микроорганизмов.

Ключевые слова: бактерии, трансформирующие соединения азота, минеральные удобрения, Полимиксобактерин, пшеница озимая.

DEVELOPMENT OF BACTERIA OF NITROGEN CYCLE IN THE RHIZOSPHERE OF WINTER WHEAT PLANTS UNDER THE DIFFERENT FERTILIZERS BACKGROUNDS AND PRE-SOWING SEEDS BACTERIZATION

**P. V. Kovpak, K. I. Volkogon, M. A. Zhurba,
N. P. Shtanko, I. V. Larchenko**

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial
Manufacture, NAAS, Chernihiv

The paper depicts the research results of development of bacteria of the nitrogen cycle in the root zone of winter wheat plants (variety Sonechko) under the use of microbial preparation Polymyxobacterin and different doses of mineral fertilizers. It was established that split application of fertilizers at doses that do not exceed $N_{60}P_{60}K_{60}$ and pre-sowing seeds bacterization had optimized the composition of microbial associations in the root zone of plants. The increase of fertilizers doses was followed by the negative changes in the number of bacteria of different functional groups.

Key words: bacteria, that transform nitrogen compounds, fertilizers, Polymyxobacterin, winter wheat.