

ОСОБЛИВОСТІ ФОСФОРНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА БАКТЕРИЗАЦІЇ

Волкогон К.І.

Інститут сільськогосподарської мікробіології
та агропромислового виробництва НААН,
вул. Шевченка, 97, м. Чернігів, 14027, Україна
E-mail: rifam@ukrpost.ua

У польових дослідах з пшеницею озимою за вирощування культури на лучно-чорноземному ґрунті по різних агрофонах, без бактеризації та за умов передпосівної інокуляції насіння мікробним препаратом Поліміксобактерином досліджено особливості формування угруповань мікроорганізмів, здатних до гідролізу важкорозчинних сполук фосфору, динаміку вмісту рухомих фосфатів у ризосферному ґрунті, урожайність культури та винос фосфору з урожаєм. Мікробний препарат є активним чинником оптимізації фосфорного живлення рослин пшениці, особливо при взаємодії з мінеральними добривами.

Ключові слова: фосфорне живлення, урожайність, мікроорганізми, здатні до розчинення сполук фосфору, передпосівна бактеризація, Поліміксобактерин.

Фосфор є одним із основних елементів живлення рослин. Проте, при внесенні фосфорних добрив у ґрунт лише частина їх може бути безпосередньо засвоєною культурними рослинами за умови, що вона перебуває в ґрунтовому розчині. Інша частина переходить у нерозчинний стан. Це призводить до парадоксальної ситуації – фосфорного голодування сільськогосподарських культур за високого вмісту фосфатів у ґрунті.

Для забезпечення повноцінного мінерального живлення рослин необхідно підсилити ступінь розчинності ґрунтових фосфатів.

На доступність сполук фосфору може впливати низка чинників, зокрема, збалансованість макроелементів, дотримання

науково обґрунтованих сівозмін, вапнування кислих ґрунтів та ін. Впливовим фактором інтенсифікації фосфорного живлення рослин є активізація розвитку фосфатмобілізувальних мікроорганізмів у ризосферному ґрунті, які за рахунок синтезу фосфатаз та продукування метаболітів здатні вплинути на розчинність фосфатів.

У зв'язку з цим метою наших досліджень було з'ясування можливості оптимізації фосфорного живлення рослин пшениці, вирощуваної за різних агрофонів, при застосуванні такого агроприйому, як передпосівна бактеризація.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в умовах польових дослідів на лучно-чорноземному ґрунті ($pH_{\text{сол.}}$ – 5,3; вміст гумусу – 2,12 %; азоту легкогідролізованого – 95,2 мг/кг; фосфору – 226 мг/кг; обмінного калію – 108 мг/кг) дослідного господарства Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН у 2007–2009 рр.

Схема дослідів.

I. Без інокуляції:

1. без добрив (контроль);
2. $N_{30}K_{30}$ (N_{20} восени + N_{10} ранньою весною);
3. $N_{60}K_{40}$ (N_{30} восени + N_{30} ранньою весною);
4. $N_{90}K_{60}$ (N_{30} восени + N_{30} ранньою весною + N_{30} у фазу виходу в трубку);
5. $N_{120}K_{80}$ (N_{30} восени + N_{45} ранньою весною + N_{45} у фазу виходу в трубку).

II. З інокуляцією Поліміксобактерином (ПМБК):

6–10. Аналогічні дози добрив.

Схема дослідів не передбачала внесення фосфорних добрив через високий вміст фосфатів у ґрунті. Доза азотних добрив 120 кг/га та калійних – 80 кг/га розрахована за виносом з максимально запланованим урожаєм в 4,5 т/га [1]. Калійні добрива вносили восени під оранку, азотні – згідно схеми.

У дослідях вирощували пшеницю озиму сорту Поліська 90. Для передпосівної бактеризації насіння використовували мікробний препарат Поліміксобактерин (на основі фосфатмобілізуючої бактерії *Paenibacillus polytuxa* KB) (ТУ У 24.1-00497360-004:2008).

У динаміці в ризосферному ґрунті рослин досліджували чисельність мікроорганізмів, що розчиняють мінеральні та органічні сполуки фосфору [2, 3]. Вміст фосфору в зразках зерна визначали колориметрично, використовуючи молібденовокислий амоній після озолення зразків [4]; вміст рухомого P_2O_5 у ризосферному ґрунті – у слабо кислих витяжках за Кірсановим [1].

Польові досліді, облік урожаю та статистичну обробку одержаних результатів проводили за Доспеховим [5].

Результати та обговорення. Облік чисельності мікроорганізмів, що гідролізують органічні сполуки фосфору, в динаміці свідчить про їх суттєвий розвиток у кореневій зоні рослин при застосуванні мінеральних добрив. Такі результати, вірогідно, можна пояснити збалансованістю сполук азоту, фосфору і калію за внесення туків.

Проте, значно впливовішим чинником є використання для передпосівної бактеризації насіння мікробного препарату Поліміксобактерину. Інтродукція до корневих сфер фосфатмобілізуючої бактерії сприяє зростанню чисельності мікроорганізмів із специфічною функціональною активністю в кілька разів. При цьому не виключено, що збільшення кількості клітин фосфатмобілізаторів у ризосферному ґрунті рослин пшениці обумовлено, крім ефекту прямої інтродукції, також і впливом інокулянту на енергетичний статус рослини-живителя, зростання кількості фотоасимілятів у корневих сферах і забезпечення додаткового енергетичного субстрату для розвитку аборигенних мікроорганізмів. Наведені в табл. 1 результати підтверджуються даними, отриманими в інші роки проведення досліджень.

Визначення чисельності мікроорганізмів, які здатні до розчинення мінеральних форм фосфатів, свідчить про відсутність помітного впливу азотно-калійного удобрення на їх розвиток. Відмічена особливість просліджується у всі строки і роки спостережень.

Натомість, чітко відмічається ефект взаємодії мінеральних добрив і мікробного препарату (табл. 2). Навіть найнижча в дослідіх доза добрив, більша частина яких використана з осені, стимулює розвиток представників зазначеної групи мікроорганізмів

у ризосферному ґрунті рослин пшениці. По мірі збільшення доз добрив спостерігається зростання кількості клітин досліджуваних мікроорганізмів.

Таблиця 1. Вплив мінерального удобрення та інокуляції на розвиток бактерій, що гідролізують органічні сполуки фосфору, в ризосферному ґрунті рослин пшениці озимої, 2008 р., тис. КУО/г сухого ґрунту

Варіанти досліджу	Фаза куцїння (17.04.08)	Фаза виходу в трубку (30.05.08)	Фаза молочно- воскової стиглості (26.06.08)
<i>Без інокуляції</i>			
Без добрив	520±40	1 033±41	392±71
N ₃₀ K ₃₀	1 411±106	1 033±109	324±62
N ₆₀ K ₄₀	1 552±70	1 405±41	321±0
N ₉₀ K ₆₀	1 098±70	1 653±109	285±35
N ₁₂₀ K ₈₀	1 290±80	2 173±108	178±35
<i>Інокуляція ПМБК</i>			
Без добрив	984±71	1 860±124	452±156
N ₃₀ K ₃₀	2 296±154	1 837±93	453±35
N ₆₀ K ₄₀	1 971±106	1 984±124	642±61
N ₉₀ K ₆₀	1140±40	2 583±71	927±94
N ₁₂₀ K ₈₀	1269±81	2 852±71	883±93

У третій строк досліджень (фаза молочно-воскової стиглості) контрасти між варіантами за кількістю мікроорганізмів згладжуються, що ми пояснюємо затуханням фізіологічних процесів у рослинах. Це позначається також на їх фотосинтетичній активності і продукуванні фотоасимілятів, які є джерелом енергії для мікроорганізмів, у зону коріння.

Справедливість даного припущення підтверджується також результатами визначення вмісту розчинних сполук фосфору у ризосферному ґрунті рослин пшениці (табл. 3).

Таблиця 2. Динаміка чисельності мікроорганізмів, що розчиняють мінеральні сполуки фосфору, за впливу мінеральних добрив та інокуляції в ризосферному ґрунті рослин пшениці озимої, 2008 р., тис. КУО/г сухого ґрунту

Варіанти дослідів	Фаза куціння (17.04.08)	Фаза виходу в трубку (30.05.08)	Фаза молочно- воскової стиглості (26.06.08)
<i>Без інокуляції</i>			
Без добрив	640±40	1 364±71	214±61
N ₃₀ K ₃₀	766±80	1 281±41	288±36
N ₆₀ K ₄₀	650±81	1 240±71	801±35
N ₉₀ K ₆₀	569±40	1 240±71	884±61
N ₁₂₀ K ₈₀	605±69	1 599±187	791±61
<i>Інокуляція ПМБК</i>			
Без добрив	646±71	1 736±124	396±95
N ₃₀ K ₃₀	918±93	1 766±127	883±70
N ₆₀ K ₄₀	1 008±40	2 232±71	856±61
N ₉₀ K ₆₀	1 920±138	2 952±71	820±128
N ₁₂₀ K ₈₀	2 399±146	2 769±41	812±93

З наведених у табл. 3 даних можемо бачити зменшення вмісту рухомих фосфатів у кореневій зоні рослин у перший строк досліджень по мірі збільшення доз добрив. Це свідчить про інтенсивніше засвоєння сполук фосфору рослинами в цих варіантах. Зниження концентрації фосфатів поблизу кореня описано в літературі і пояснюється тим, що їх рухомість у ґрунті значно нижча порівняно зі швидкістю поглинання рослиною в окремі фази органогенезу [6].

Ще інтенсивніше проходить процес засвоєння фосфатів інокульованими рослинами. Починаючи з фази виходу в трубку, різниця за вмістом рухомих фосфатів у залежності від дози азотно-калійних добрив нівелюється. У той же час, спостерігається інтенсивне засвоєння фосфатів (і, відповідно, зменшення їх кількості в ризосферному ґрунті) бактеризованими рослинами. Наприкінці вегетаційного періоду відмічена різниця згладжується.

Інтенсивніше засвоєння сполук фосфору за впливу удобрення та інокуляції підтверджується розрахунками виносу цього

елементу з отриманим урожаєм зерна пшениці озимої.

Таблиця 3. Динаміка вмісту водорозчинних фосфатів у ризосферному ґрунті рослин пшениці озимої за дії різних доз добрив та Поліміксобактерину, 2008 р., мг/кг

Варіанти дослідів	Фаза кущіння	Фаза виходу в трубку	Фаза молочно-воскової стиглості
<i>Без бактеризації</i>			
Без добрив	220	215	220
N ₃₀ K ₃₀	218	215	218
N ₆₀ K ₄₀	212	218	212
N ₉₀ K ₆₀	213	218	209
N ₁₂₀ K ₈₀	208	212	211
<i>Інокуляція ПМБК</i>			
Без добрив	214	214	228
N ₃₀ K ₃₀	205	210	229
N ₆₀ K ₄₀	196	179	225
N ₉₀ K ₆₀	195	177	209
N ₁₂₀ K ₈₀	187	180	206
НІР ₀₅	по досліді	10	8
	для добрив	5	4
	для інокуляції	5	4

Як видно з табл. 4, урожайність культури зростає зі збільшенням дози добрив, що цілком закономірно. Проте віддача кожної наступної дози добрив урожаєм при цьому зменшується.

Застосування мікробного препарату сприяє збільшенню ефективності мінеральних добрив. Так, якщо в блоці дослідів без інокуляції збільшення доз добрив з N₉₀K₆₀ до N₁₂₀K₈₀ забезпечує зростання урожайності в межах найменшої істотної різниці, то застосування Поліміксобактерину суттєво підвищує урожайність. Вочевидь, ініційовані бактеризацією рослини для конструктивного метаболізму потребують більшої кількості сполук біогенних елементів, що позначається на збільшенні можливості їх засвоєння з добрив (у випадку азоту і калію) та з ґрунту (що стосується фосфору). Це підтверджується показниками виносу фосфору з урожаєм зерна пшениці. Так, застосування для передпосівної бактеризації Поліміксобактерину забезпечує збільшення виносу

фосфору на 11–23 % залежно від агрофону.

Таблиця 4. Винос фосфору з урожаєм зерна пшениці за впливу різних доз добрив та інокуляції

Варіанти дослідів	2007 р.			2008 р.			2009 р.		
	вміст фосфору, %	урожайність, т/га	винос фосфору, кг/га	вміст фосфору, %	урожайність, т/га	винос фосфору, кг/га	вміст фосфору, %	урожайність, т/га	винос фосфору, кг/га
<i>Без бактеризації</i>									
Без добрив	0,4145	2,99	12,39	0,4196	3,71	15,56	0,3971	4,23	16,80
N ₃₀ K ₃₀	0,3941	3,27	12,90	0,3965	4,35	17,24	0,3975	4,48	17,81
N ₆₀ K ₄₀	0,3886	3,54	13,75	0,3800	4,91	18,66	0,3914	5,23	20,47
N ₉₀ K ₆₀	0,4371	3,93	17,16	0,4107	5,29	21,72	0,3875	5,77	22,36
N ₁₂₀ K ₈₀	0,4481	4,16	18,64	0,4180	5,53	23,11	0,4079	5,98	24,39
<i>Інокуляція ПМБК</i>									
Без добрив	0,4350	3,31	14,41	0,4099	4,16	17,05	0,3948	4,42	17,45
N ₃₀ K ₃₀	0,4043	3,62	14,64	0,4109	4,92	20,21	0,3958	5,07	20,07
N ₆₀ K ₄₀	0,3880	4,34	16,85	0,4093	5,50	22,51	0,3939	5,68	22,37
N ₉₀ K ₆₀	0,4036	4,73	19,08	0,4101	6,12	25,09	0,3990	6,11	24,38
N ₁₂₀ K ₈₀	0,4690	4,89	22,94	0,4203	6,28	26,39	0,4069	6,29	25,59
НІР ₀₅ по досліді для добрив для інокуляції і взаємодії	0,02 0,01 0,01	0,88 0,36 0,50		0,03 0,02 0,01	0,30 0,17 0,12		0,02 0,01 0,01	0,21 0,15 0,15	

Таким чином, вплив абіотичного (добрива) та біотичного (інокуляція) чинників впливу на стан агробіоценозу суттєво позначається на формуванні в кореневій зоні рослин угруповання мікроорганізмів, здатних до ферментативного та кислотного гідролізу важкорозчинних сполук фосфору. Ініційовані бактеризацією рослини пшениці озимої здатні до засвоєння більшої кількості фосфатів, порівняно з не бактеризованими. Додаткову кількість лабільних сполук фосфору при цьому забезпечує активна діяльність фосфатмобілізуювальних мікроорганізмів.

1. Радов А.С. Практикум по агрохимии /А.С. Радов, И.В. Пустовой, А.В. Корольков; п/р И.В. Пустового. – М. : Агропромиздат, 1985. – 312 с.
2. Методические указания по выделению микроорганизмов, растворяющих труднодоступные минеральные и органические соединения фосфора. – Л., 1981. – 17 с.
3. Експериментальна ґрунтова мікробіологія /[В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Л.М. Токмакова та ін.]; ред. В.В. Волкогон. – К. : Аграрна наука, 2010. – 464 с.
4. Методы биохимического исследования растений /под ред. А.И. Ермакова. – Л. : Колос, 1972. – 456 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта /Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. Гуральчук Ж.З. Значення арбускулярних мікориз для забезпечення рослин фосфором та іншими елементами живлення /Ж.З. Гуральчук //Фосфор і калій у землеробстві. Проблеми мікробіологічної мобілізації. – Чернігів-Харків, 2004. – С. 31–36.

ОСОБЕННОСТИ ФОСФОРНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БАКТЕРИЗАЦИИ

Волкогон Е.И.

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, г. Чернигов

В полевых опытах с пшеницей озимой при выращивании культуры на лугово-черноземной почве по фону возрастающих доз удобрений, без бактеризации и в условиях предпосевной инокуляции семян микробным препаратом Полимиксобактерином исследованы особенности формирования сообществ микроорганизмов, осуществляющих гидролиз труднорастворимых соединений фосфора, динамика содержания подвижных фосфатов в ризосферной почве, урожайность культуры и вынос фосфора с урожаем. Микробный препарат является активным фактором оптимизации фосфорного питания растений пшеницы, особенно при взаимодействии с минеральными удобрениями.

Ключевые слова: *фосфорное питание, урожайность, микроорганизмы, растворяющие труднорастворимые соединения фосфора, предпосевная бактеризация, Полимиксобактерин.*

PECULIARITIES OF PHOSPHOROUS NUTRITION OF WINTER WHEAT UNDER THE INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS AND BACTERIZATION

Volkogon K.I.

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

The paper describes peculiarities of formation of microorganisms associations, capable of hydrolysis of hardly soluble phosphorus compounds as well as content dynamics of labile phosphorus in rhizosphere soil, winter wheat productivity and phosphorus carry-over with yield in field experiments without bacterization and at presowing seeds inoculation with microbial preparation Polymyxobacterin on meadow chernozem soils on different agricultural backgrounds. Microbial preparation was shown to be an active optimization element of phosphorus nutrition of winter wheat plants especially on mineral backgrounds.

Key words: *phosphorus nutrition, productivity, phosphorus solubilization microorganisms, presowing seed treatment, Polymyxobacterin.*