

ОПТИМІЗАЦІЯ АЗОТНОГО УДОБРЕННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ БІОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АЗОТУ В АГРОЦЕНОЗАХ

Волкогон К.І.

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

Наведено результати трирічного визначення особливостей перебігу біологічної трансформації азоту в корневих сферах рослин пшениці озимої за дії різних доз мінерального азоту та бактеріальних препаратів Поліміксобактерину і Діазофіту. Показано доцільність визначення екологічно прийнятних доз азотних добрив за використання біологічного тестування. Екологічно доцільними дозами мінерального азоту є ті, що не перевищують 60 кг/га. Доза N_{90} є пороговою в екологічному відношенні. Застосування мікробних препаратів суттєво поліпшує екологічну ситуацію в агроценозах.

Ключові слова: азотфіксація, денітрифікація, пшениця озима, екологічно доцільні дози добрив, Поліміксобактерин, Діазофіт.

Необхідність визначення оптимальних доз мінеральних добрив у технологіях вирощування сільськогосподарських культур не викликає сумніву. Насамперед це стосується мінерального азоту, оскільки надлишок елемента в ґрунті призводить до забруднення довкілля і ризику захворювань людей і тварин. Найчастіше розрахунки робляться на запланований урожай за врахування показників попередньо проведеної ґрунтової діагностики. За умови 100 %-го використання рослинами діючої речовини з добрив метод був би ідеальним. Але враховуючи низький рівень засвоєння азоту з добрив (у межах 35-50 %), використання зазначених методичних підходів призводить до планування значної частини розрахованих доз на забруднення довкілля.

Точні розрахунки оптимальних для довкілля і формування урожаїв сільськогосподарських культур доз азотних добрив стали можливими з відкриттям явища асоціативної азотфіксації. Оскільки фіксація атмосферного азоту є процесом раціональним

з енергетичної точки зору, в лабораторних умовах вона не здійснюється мікроорганізмами за наявності доступних форм азоту, адже зв'язаний азот енергетично вигідніший для бактеріальної клітини, порівняно з газоподібним N_2 . Однак, при функціонуванні азотфіксувальних бактерій в асоціації з рослинами, останні привносять свої корективи. Це проявляється в тому, що рослини асимілюють значну частину внесеного в ґрунт азоту. Певна частина добрив залучається також до метаболічних процесів ґрунтових мікроорганізмів та закріплюється в ґрунті. При цьому інгібуючий вплив зв'язаних форм азоту на активність і розвиток азотфіксувальних мікроорганізмів частково або повністю нівелюється, залежно від дози азотних добрив. Більше того, добрива, стимулюючи розвиток рослин на перших етапах органогенезу і підвищуючи продуктивність фотосинтетичного апарату, сприяють, після зменшення концентрації азоту в ґрунті, зростанню активності процесу асоціативної азотфіксації на наступних стадіях розвитку рослин [1]. Дози азотних добрив, оптимальні для перебігу процесу асоціативної азотфіксації, було визначено як дози, що не перевищують фізіологічних потреб рослин в цьому елементі [2]. Можемо також назвати їх екологічно оптимальними.

Дослідження в даному питанні надали можливість визначення екологічно прийнятних доз азотних добрив у конкретному агроценозі. Визначивши активність азотфіксації в кореневій зоні культурних рослин у динаміці за вегетаційний період залежно від доз внесених азотних добрив та порівнявши її з показниками контрольного варіанту, можемо вважати доцільними ті дози, за яких азотфіксувальна активність є вищою, ніж у контролі. Екологічно оптимальними дозами мінерального азоту вважатимуться ті, які забезпечили найвищу продуктивність процесу. Екстраполяція результатів визначення активності процесу азотфіксації можлива також за іншим принципом, а саме – виявлення доз мінерального азоту, які триваліший час сприяють підвищеній, порівняно з контролем, активності. Додатковим тестом доцільності визначених таким чином доз азотних добрив є дослідження особливостей перебігу процесу біологічної денітрифікації в кореневій зоні рослин [3].

Метою наших досліджень було визначення екологічно прийнятних доз азотних добрив шляхом біологічного тестування при вирощуванні пшениці озимої за різних агрофонів та під впливом передпосівної бактеризації.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в умовах польових дослідів на лучно-чорноземному ґрунті ($pH_{\text{con.}}$ – 5,30; вміст гумусу – 2,12 %; азоту легкогідролізованого – 95,2 мг/кг; фосфору – 226 мг/кг; обмінного калію – 108 мг/кг) дослідного господарства Інституту сільськогосподарської мікробіології УААН у 2007-2009 рр.

Схема досліді передбачала наступні варіанти:

I. Без інокуляції.

1. Контроль, без добрив.

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.

III. З інокуляцією Діазофітом

11-15. Аналогічні дози добрив.

Схема досліді 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 у 45 ц/га.

Для інокуляції використовували Поліміксобактерин – мікробний препарат на основі рістстимулювальної бактерії *Paenubacillus polytuxa* KB та Діазофіт – на основі активної асоціативної азотфіксувальної бактерії *Agrobacterium radiobacter* 204.

Препарати застосовували для передпосівної інокуляції насіння згідно з існуючими рекомендаціями [4].

У досліді в динаміці, починаючи з фази кушіння, досліджували потенційну активність азотфіксації в кореневій зоні рослин [5] та потенційну активність денітрифікації [6], проводили облік урожаю, визначали вміст білка.

Статистичну обробку одержаних результатів здійснювали за Б. Доспеховим [7].

Результати та їх обговорення. Як свідчать одержані результати досліджень 2007 р. (табл. 1), потенційна активність азотфіксації в ризосферному ґрунті пшениці у фазу кушіння (35

днів після весняного внесення добрив) під впливом невеликих доз мінерального азоту – 30 кг/га (внесення 10 кг/га весною, відповідно) має тенденцію до зростання у порівнянні з контролем. Дози азоту 60 і 90 кг/га сприяють зниженню нітрогеназної активності. За впливом на активність вони не відрізняються між собою, оскільки в досліджувану фазу є аналогами (різниця наступить лише після літнього підживлення рослин у варіанті з N_{90}). Висока доза азотних добрив достовірно знижує нітрогеназну активність.

У блоці варіантів з інокуляцією ПМБК спостерігаємо аналогічний вищеописаному вплив добрив на нітрогеназну активність. У блоці варіантів досліду з інокуляцією Діазофітом відмічаємо достовірне зростання активності азотфіксації у варіанті з внесенням найменшої дози азоту.

У другий строк проведення досліджень (52 дні після весняного і 17 днів після літнього внесення добрив) відмічаємо достовірне зростання нітрогеназної активності у варіанті з N_{30} і тенденцію до збільшення показників у варіанті з внесенням 60 кг/га мінерального азоту як у блоці без інокуляції, так і при застосуванні ПМБК. Діазофіт по-іншому впливає на нітрогеназну активність у ризосферному ґрунті за різних доз азотних добрив. Так, зокрема, найвища активність процесу відмічається при застосуванні азоту в дозі 60 кг/га. Спостерігається також тенденція до зростання у варіанті N_{90} .

Надалі, залежно від строків проведення досліджень, спостерігаються відмінності між активністю процесу азотфіксації у варіантах блоку без бактеризації і варіантами з інших блоків польового досліду. Загальним їх висновком є більш раннє зростання нітрогеназної активності у варіантах з внесенням мінерального азоту під впливом інокуляції. Особливою мірою це стосується Діазофіту. При застосуванні цього препарату діапазон доз мінерального азоту, які можемо визначити як фізіологічно й екологічно доцільні, суттєво розширюється.

Аналогічні залежності прослідковуються при визначенні потенційної нітрогеназної активності на корінні рослин пшениці озимої (табл. 2). Проте в цьому випадку вони є значно рель'єфнішими і контрастнішими, що дозволяє чіткіше бачити загальну картину перебігу процесу азотфіксації під впливом мінеральних і біологічних добрив.

Таблиця 1. Динаміка потенційної нітрогеназної активності ризосферного ґрунту озимої пшениці, нмоль $C_2H_4/2$ сухого ґрунту/годину, 2007 р.

Дози мінерального азоту	Дні після внесення добрив				
	фаза кущіння (35 днів після внесення добрив)	фаза виходу в трубку (52 дні після весняного і 17 днів після літнього внесення добрив)	фаза колосіння (60 днів після весняного і 25 днів після літнього внесення добрив)	фаза молочної стиглості (75 днів після весняного і 40 днів після літнього внесення добрив)	фаза молочної стиглості (80 днів після весняного і 45 днів після літнього внесення добрив)
Без інокуляції					
N_0	6,2	13,9	0,5	4,7	0,3
N_{30} (20+10)	7,0	19,8*	1,1*	6,0*	0,4*
N_{60} (30+30)	3,9	17,2	0,7	4,8	0,5*
N_{90} (30+30+30)	4,0	2,7	0,5	2,0	0,5*
N_{120} (30+45+45)	1,9	1,3	0,2	0,0	0,1
Інокуляція, ПМБК					
N_0	5,1	15,2	0,6	3,1	0,4
N_{30} (20+10)	6,9	17,8*	0,6	4,3*	0,4
N_{60} (30+30)	4,5	15,9	1,1*	4,1*	0,5
N_{90} (30+30+30)	4,7	2,7	0,6	3,0	0,6*
N_{120} (30+45+45)	3,2	1,9	0,2	1,4	0,4
Інокуляція, Діазофіт					
N_0	6,2	15,0	0,5	4,4	0,4
N_{30} (20+10)	24,4*	19,8*	0,7*	6,0*	0,8*
N_{60} (30+30)	4,9	31,1*	0,9*	6,1*	0,8*
N_{90} (30+30+30)	4,7	17,9	0,6	7,2	1,0*
N_{120} (30+45+45)	3,9	2,7	0,2	1,0	0,5
НІР ₀₅ по досліді	2,7	8,1	0,3	1,7	0,4
для добрив	1,5	4,7	0,1	0,9	0,2
для інокуляції	1,1	3,3	0,1	0,7	0,2

Примітка: тут і далі шрифтом та зірочкою виділено достовірні відмінності показників у межах відповідних блоків варіантів досліді.

Вплив інтродукції корисних мікроорганізмів чітко видно при порівнянні показників блоку без інокуляції з блоком, де застосовували Діазофіт. За використання ПМБК ці відмінності є не настільки контрастними, що є цілком закономірним з огляду на те, що цей препарат включає фосфатмобілізувальні бактерії, на відміну від Діазофіту, виготовленого на основі активної азотфіксувальної бактерії.

В цілому, результати визначення нітрогеназної активності в кореневій зоні рослин пшениці свідчать про те, що екологічно доцільними дозами мінерального азоту при вирощуванні культури на лучно-чорноземному ґрунті є такі, що не перевищують 60 кг/га. Навіть не зважаючи на можливість додаткового надходження атмосферного азоту до рослин, а беручи до уваги показники нітрогеназної активності лише як критерій екологічного благополуччя агроценозу, можемо стверджувати, що зазначені дози добрив протягом тривалого часу вегетації сприяють підтриманню високого рівня активності азотфіксації в зоні коріння.

Застосування біопрепаратів сприяє більш ранньому переходу неблагополучної в екологічному відношенні дози азотних добрив до статусу благополучних. Вочевидь, це відбувається за рахунок зменшення концентрації мінерального азоту в зоні коріння, що може бути наслідком інтенсивнішого залучення сполук азоту до конструктивного метаболізму ініційованих бактеріями та їх метаболітами рослин.

Іншим чинником зменшення вмісту азотних сполук у кореневій зоні інокульованих рослин можуть бути зміни в процесах біологічної трансформації азоту внаслідок привнесення в агроценоз додаткової кількості бактерій. Зокрема, дослідження інтенсивності емісії закису азоту внаслідок перебігу процесів нітрифікації та денітрифікації свідчить про те, що інтродукція агрономічно цінних бактерій у кореневу зону рослин пшениці при її вирощуванні на високих агрофонах, сприяє на початкових фазах органогенезу зростанню непродуктивних втрат азоту. Відома теза «природа боїться надлишку азоту і використовує всі можливі чинники для приведення концентрації елементу до норми» чітко підтверджується результатами наших дослідів.

Таблиця 2. Динаміка потенційної нітрогеназної активності на корінні озимої пшениці, нмоль C_2H_4 /г коренів/годину, 2007 р.

Дози мінерального азоту	Фаза куцїння (35 днів після внесення добрив)	Фаза виходу в трубку (52 дні після весняного і 17 днів після літнього внесення добрив)	Фаза колосїння (60 днів після весняного і 25 днів після літнього внесення добрив)	Фаза молочної стиглості (75 днів після весняного і 40 днів після літнього внесення добрив)	Фаза молочної стиглості (80 днів після весняного і 45 днів після літнього внесення добрив)
Без інокуляції					
N_0	2534,9	2465,3	731,6	662,4	1024,2
N_{30} (20+15)	3762,8*	3288,9*	821,7*	776,6	1109,5
N_{60} (30+30)	2146,4	2473,3	907,9*	1194,7*	1302,4*
N_{90} (30+30+30)	2114,4	1996,2	322,9	813,9	1489,1*
N_{120} (30+45+45)	1394,4	1435,1	146,2	597,1	370,9
Інокуляція, ПМБК					
N_0	1919,9	2058,9	732,5	777,6	837,3
N_{30} (20+15)	2241,6	3404,3*	732,0	1063,3*	1001,6
N_{60} (30+30)	1525,0	2050,1	790,3	1215,9*	1398,7*
N_{90} (30+30+30)	1520,4	1203,6	556,9	968,7	1823,1*
N_{120} (30+45+45)	1177,7	796,1	556,2	686,1	969,6
Інокуляція, Діазофіт					
N_0	2664,4	3211,2	836,5	1089,8	1209,8
N_{30} (20+15)	3768,7*	4573,9*	998,6*	1320,3*	1332,0
N_{60} (30+30)	1424,9	3603,8*	998,1*	1579,2*	2324,2*
N_{90} (30+30+30)	1418,8	2813,9	392,4	968,2	1405,0*
N_{120} (30+45+45)	584,7	2089,6	234,0	670,5	976,8
НІР ₀₅ по досліді	890,3	740,6	181,5	447,5	332,7
для добрив	514,0	343,1	83,4	228,4	169,4
для інокуляції	363,0	384,0	92,1	182,7	154,1

Таблиця 3. Динаміка потенційної активності денітрифікації ризосферного ґрунту озимої пшениці, нмоль $C_2H_4/2$ сухого ґрунту/годину, 2007 р.

Дози мінерального азоту	Фаза куціння (35 днів після весняного внесення добрив)	Фаза виходу в трубку (52 дні після весняного і 17 днів після літнього внесення добрив)	Фаза колосіння (60 днів після весняного і 25 днів після літнього внесення добрив)	Фаза молочної стиглості (75 днів після весняного і 40 днів після літнього внесення добрив)	Фаза молочної стиглості (80 днів після весняного і 45 днів після літнього внесення добрив)
Без інокуляції					
N_0	22,4	24,4	26,8	19,4	18,2
N_{30} (20+15)	26,8	27,3	31,2	21,7	24,5
N_{60} (30+30)	38,0*	30,8*	31,2	24,5	24,6
N_{90} (30+30+30)	35,4*	43,9*	46,2*	45,4*	52,7*
N_{120} (30+45+45)	47,4*	57,3*	53,3*	52,1*	58,7*
Інокуляція, ПМБК					
N_0	36,8	21,1	25,6	18,6	9,4
N_{30} (20+15)	35,3	25,2	30,1	17,5	14,7
N_{60} (30+30)	48,4*	31,2*	35,8*	21,0	15,1
N_{90} (30+30+30)	47,6*	51,2*	40,3*	40,8*	15,8
N_{120} (30+45+45)	56,8*	63,5*	58,2*	47,4*	17,1*
Інокуляція, Діазофіт					
N_0	35,8	24,1	19,9	11,8	14,1
N_{30} (20+15)	36,5	29,5	21,9	12,1	20,5
N_{60} (30+30)	47,7*	30,8*	23,8	18,5	20,3
N_{90} (30+30+30)	50,6*	46,8*	55,3*	57,5*	20,3
N_{120} (30+45+45)	63,9*	62,5*	65,5*	69,5*	18,1
$НІР_{05}$ по досліді	17,7	10,9	7,9	12,7	11,3
для добрив	10,2	6,3	4,6	7,3	6,5
для інокуляції	7,2	4,4	3,2	5,2	4,6

Внаслідок інтенсивнішої емісії закису азоту і кращого розвитку бактеризованих рослин, можемо спостерігати після відміченого зростання денітрифікаційної активності зменшення втрат сполук азоту спочатку у варіантах з невисокими дозами азотних добрив, а наприкінці вегетаційного періоду – навіть у варіантах з високим рівнем азотного удобрення (табл. 3).

Визначення потенційної активності денітрифікації на корінні рослин пшениці підтверджує відмічені закономірності. Отже дозою, що не призводить до втрат азоту внаслідок емісії закису азоту є N_{30} . За внесення азотних добрив у дозі 60 кг/га спостерігаємо втрати азоту протягом першої частини вегетаційного періоду. При застосуванні азоту в дозі N_{90} спостерігаємо суттєві показники емісії закису азоту впродовж вегетаційного періоду. І лише застосування мікробних препаратів виводить зазначену дозу добрив у статус екологічно благополучної у фазу молочної стиглості. Найвища в досліді доза мінеральних добрив є однозначно неприйнятною з екологічних міркувань.

Це підтверджується результатами визначення потенційної денітрифікувальної активності на корінні рослин пшениці (табл. 4).

В цілому закономірності перебігу втрат газоподібних сполук азоту в ризосферному ґрунті і на корінні в залежності від дози азотних добрив та під впливом інокуляції є однаковими. Невелика відмінність спостерігається лише в тому, що на корінні мікроорганізми відчують зміни концентрації мінерального азоту дещо раніше за бактерії ризосферного ґрунту.

Визначення нітрогеназної та денітрифікувальної активностей у корневих сферах рослин пшениці озимої в наступні роки досліджень повністю підтверджують одержані в 2007 р. результати.

Отже, згідно результатів визначення потенційної активності азотфіксації та потенційної денітрифікувальної активності екологічно доцільними дозами азотних добрив при вирощуванні пшениці озимої на лучно-чорноземному ґрунті є дози, що не перевищують 60 кг/га. Внесення 90 кг мінерального азоту на гектар посіву є компромісним в екологічному трактуванні. Подальше збільшення рівня удобрення є недоцільним з екологічної точки зору.

Таблиця 4. Динаміка потенційної активності денітрифікації на корінні озимої пшениці, нмоль C_2H_4 /г коренів/годину, 2007 р.

Дози мінерального азоту	Фаза куціння (35 днів після весняного внесення добрив)	Фаза виходу в трубку (52 дні після весняного і 17 днів після літнього внесення добрив)	Фаза колосіння (60 днів після весняного і 25 днів після літнього внесення добрив)	Фаза молочної стиглості (75 днів після весняного і 40 днів після літнього внесення добрив)	Фаза молочної стиглості (80 днів після весняного і 45 днів після літнього внесення добрив)
Без інокуляції					
N_0	7,6	4,4	6,1	4,0	23,4
N_{30} (20+15)	8,8	8,9	6,9	5,4	23,7
N_{60} (30+30)	12,8	9,9	6,6	6,3	24,4
N_{90} (30+30+30)	14,8	10,5	19,1	30,7	24,4
N_{120} (30+45+45)	19,8	12,2	24,9	37,3	27,9
Інокуляція, ПМБК					
N_0	7,5	6,5	6,9	4,0	25,8
N_{30} (20+15)	11,1	7,6	6,8	5,6	25,7
N_{60} (30+30)	12,6	11,6	10,1	8,1	22,6
N_{90} (30+30+30)	16,2	12,1	16,5	30,2	26,3
N_{120} (30+45+45)	22,7	19,0	25,6	32,4	26,1
Інокуляція, Діазофіт					
N_0	7,6	6,0	7,6	5,9	23,7
N_{30} (20+15)	12,1	9,9	7,8	6,0	25,9
N_{60} (30+30)	14,1	10,9	7,9	8,2	25,8
N_{90} (30+30+30)	22,1	15,7	15,4	24,1	26,3
N_{120} (30+45+45)	22,0	26,3	28,2	24,7	26,6
НІР ₀₅ по досліді	9,0	8,5	7,1	4,2	7,9
для добрив	5,1	4,9	4,1	2,4	3,5
для інокуляції	3,6	3,5	2,9	1,7	3,2

Таблиця 5. Вплив мінерального удобрення та інокуляції на урожайність пшениці озимої

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га				Приріст			
	2007 р.	2008 р.	2009 р.	середнє	від кожної наступної дози добрив		від інокуляції та взаємодії	
					т/га	%	т/га	%
Без добрив								
Без інокуляції	2,98	3,71	4,23	3,54	–	–	–	–
Поліміксобактерин	3,31	4,16	4,42	3,96	–	–	0,42	11,9
Діазофіт	3,44	4,30	4,57	4,10	–	–	0,56	15,8
N ₃₀ K ₃₀								
Без інокуляції	3,27	4,35	4,48	4,03	0,49	13,8	–	–
Поліміксобактерин	3,62	4,92	5,07	4,53	–	–	0,50	12,4
Діазофіт	3,79	5,05	5,26	4,70	–	–	0,67	16,6
N ₆₀ K ₄₀								
Без інокуляції	3,54	4,91	5,23	4,56	0,53	13,2	–	–
Поліміксобактерин	4,34	5,50	5,68	5,17	–	–	0,61	13,4
Діазофіт	4,10	5,42	5,82	5,11	–	–	0,55	12,0
N ₉₀ K ₆₀								
Без інокуляції	3,93	5,29	5,77	5,00	0,44	9,6	–	–
Поліміксобактерин	4,73	6,12	6,11	5,65	–	–	0,65	13,0
Діазофіт	4,25	5,60	6,08	5,31	–	–	0,31	6,2
N ₁₂₀ K ₈₀								
Без інокуляції	4,16	5,53	5,98	5,22	0,22	4,4	–	–
Поліміксобактерин	4,89	6,28	6,29	5,82	–	–	0,60	11,5
Діазофіт	4,42	5,76	6,13	5,44	–	–	0,22	4,2
НР ₀₅ по досліді	0,29	0,30	0,21					
для добрив	0,17	0,17	0,15					
для інокуляції і взаємодії	0,12	0,12	0,15					

Таблиця 6. Вплив мінерального удобрення та мікробних препаратів на вміст білка в зерні пшениці озимої

Варіанти дослідів	Білок, %				Приріст, %	
	2007 р.	2008 р.	2009 р.	середнє	від кожної наступної дози добрив	від інокуляції та взаємодії
Без добрив						
Без інокуляції	9,01	8,14	8,09	8,41	–	–
Поліміксобактерин	9,34	8,30	8,54	8,73	–	0,32
Діазофіт	9,47	8,66	8,89	9,01	–	0,60
N ₃₀ K ₃₀						
Без інокуляції	9,56	8,45	8,44	8,82	0,41	–
Поліміксобактерин	10,17	9,08	8,97	9,41	–	0,59
Діазофіт	9,68	8,87	9,17	9,24	–	0,42
N ₆₀ K ₄₀						
Без інокуляції	10,80	10,26	9,87	10,31	1,49	–
Поліміксобактерин	10,90	10,17	10,35	10,47	–	1,06
Діазофіт	10,33	10,12	10,47	10,30	–	1,06
N ₉₀ K ₆₀						
Без інокуляції	11,12	10,53	11,05	10,90	0,59	–
Поліміксобактерин	11,69	11,12	11,65	11,49	–	1,02
Діазофіт	11,08	10,96	11,59	11,21	–	0,91
N ₁₂₀ K ₈₀						
Без інокуляції	13,33	12,14	12,09	12,52	1,62	–
Поліміксобактерин	13,61	12,32	12,63	12,85	–	2,38
Діазофіт	13,38	12,34	12,26	12,66	–	1,65
НІР ₀₅ по досліді	0,88	0,90	0,59			
для добрив	0,51	0,52	0,34			
для інокуляції і взаємодії	0,36	0,37	0,24			

Проведення обліку урожаю зерна пшениці показало, що зі зростанням дози мінеральних добрив їх ефективність знижується, що відомо з літератури. Високою є дія мінеральних добрив у межах їхнього фізіологічного оптимуму для рослин пшениці. Отже, біологічні критерії оптимальності азотного удобрення озимої пшениці у представлених дослідіах були близькими до господарських.

Взаємодія мінеральних добрив з бактеріальними проявляється по-різному. Так, застосування ПМБК забезпечує стабільний приріст урожайності культури, незалежно від дози мінерального азоту. Вочевидь, це пояснюється тим, що *Paenibacillus polymyxa* KB, що є діючою основою біопрепарату, характеризується, крім впливу на розчинення мінеральних сполук фосфору, ще й високою рістстимулювальною активністю [8]. Діазофіт позитивно впливає на формування урожаю пшениці лише на екологічно доцільних агрофонах. За цих умов вплив біопрепарату є еквівалентним дії мінеральних азотних добрив у дозі не меншій за N_{30} . Починаючи з дози мінерального азоту 90 кг/га ефективність Діазофіту суттєво знижується.

Визначення вмісту в зерні білка свідчить про значний потенціал взаємодії мінеральних добрив з дослідженими бактеріальними препаратами (табл. 6). Так, на окремих агрофонах приріст синтезу білка внаслідок впливу мінеральних добрив та інокуляції збільшується майже в два рази. Результати визначення вмісту білка також підтвердили недоцільність застосування Діазофіту по високих агрофонах. У цьому випадку вміст білка, обумовлений впливом мінеральних добрив, практично не відрізнявся від показників, отриманих за взаємодії мінерального і біологічного удобрення. Поліміксобактерин ефективно взаємодіє з усіма дослідженими в дослідках дозами добрив.

Результати досліджень свідчать, що фізіологічно доцільними дозами мінерального азоту в дослідках є ті, що не перевищують 60 кг/га. Зазначені дози тривалий період вегетації сприяють активізації процесу азотфіксації в кореневій зоні рослин, що є свідченням екологічного благополуччя, та є дозами, за внесення яких активізація емісії закису азоту спостерігається впродовж короткого відрізка часу. За цих умов внесені добрива спрямовуються за призначенням – для кореневого живлення рослин. Збільшення дози добрив до 90 кг/га є компромісним рішенням. Перевищення доз азотних добрив за 90 кг/га є неприйнятним з екологічних міркувань.

Узагальнюючи підкреслимо, що визначення особливостей біологічної трансформації азоту в кореневій зоні рослин пшениці озимої відображає потреби культури в азотному удобренні і є надійним критерієм оцінки екологічної ситуації в агроценозах. Широке застосування описаних методичних підходів з метою розрахунків необхідних доз азотних добрив для сільськогосподарських культур

дозволить суттєво поліпшити екологічну ситуацію в агроценозах і спрямувати добрива для безпосереднього засвоєння культурними рослинами без ризику забруднення продукції і довкілля. Порівнюючи результати досліджень біологічної активності в ризосферному ґрунті і на корінні рослин слід прийти висновку про переваги проведення досліджень з корінням. При цьому можна легше стандартизувати відбір зразків і отримати значно рель'єфніші дані.

1. Умаров М.М. Ассоциативная азотфиксация /М.М. Умаров. – М.: МГУ, 1986. – 136с.

2. Umarov M. Incorporation of «biological» nitrogen by nonleguminous plants during associative N₂-fixation /Umarov M., Shabaev V., Smolin V., Aseeva O. //IX Int. Symp. Soil Biol. and conservatuion of the Biosphere. – Pap. Sorpon. – 1985. – P. 65.

3. Волкогон В.В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур /В.В. Волкогон – К.: Аграрна наука, 2007. – 144 с.

4. Рекомендації з ефективного застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур /Мін. аграрної політики України, УААН; [С.І. Мельник, В.А. Жилкін, М.М. Гаврилук та ін.]. – К., 2007. – 52 с.

5. Волкогон В.В. Методичні рекомендації по визначенню активності азотфіксації в ґрунті та кореневій зоні рослин ацетиленовим методом /В.В. Волкогон. – Чернігів: ЦНТЕІ, 1997. – 12 с.

6. Методы почвенной микробиологии и биохимии /Под ред. Д.Г. Звягнцеева. – М.: МГУ, 1991. – 304 с.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта /Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

8. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика /[В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Т.М. Ковалевська та ін.]; за ред. В.В. Волкогона. – К.: Аграрна наука, 2006. – 312 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ПРИ УЧЕТЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОТА В АГРОЦЕНОЗАХ

Волкогон Е.И.

Институт сельскохозяйственной микробиологии УААН,
г. Чернигов

Приведены результаты трехлетних определений особенностей протекания процессов биологической трансформации азота в корневых сферах растений пшеницы озимой под действием различных доз минерального азота и бактериальных препаратов Полимиксобактерина и Диазофита. Показана целесообразность определения экологически допустимых доз азотных удобрений при использовании биологического тестирования. Экологически приемлемыми дозами минерального азота являются те, что не превышают 60 кг/га. Доза N₉₀ является экологически пороговой. Применение микробных препаратов существенно улучшает экологическую ситуацию в агроценозах.

Ключевые слова: азотфиксация, денитрификация, пшеница озимая, экологически приемлемые дозы удобрений, Полимиксобактерин, Диазофит.

OPTIMIZATION OF NITROGEN FERTILIZATION OF WINTER WHEAT CONSIDERING INDICES OF BIOLOGICAL TRANSFORMATION OF NITROGEN IN AGRICOENOSIS

Volkogon E.I.

Institute of Agricultural Microbiology UAAS, Chernihiv

The paper presents the results of three year study of peculiarities of biological transformation of nitrogen in root zones of winter wheat under the influence of different doses of mineral nitrogen and bacterial preparations Polymyxobacterin and Diazofit. The reasonability for detection of environmentally safe doses of nitrogen fertilizers under the use of biological tests was shown. It was established that environmentally acceptable doses of mineral nitrogen are the ones not exceeding 60 kg/ha. The 90 kg/ha was shown to be the threshold dose. The use of microbial preparations had considerably improved the ecological conditions in agricoenosis.

Key words: nitrogen fixation, denitrification, winter wheat, environmentally safe doses of fertilizers, Polymyxobacterin, Diazofit.