

УДК 579.64

АКТИВНІСТЬ АЗОТФІКСАЦІЇ, ЕМІСІЯ N_2O ТА CO_2 В АГРОЦЕНОЗАХ ГОРОХУ ЗА ДІЇ ДОБРИВ І ПЕРЕДПОСІВНОЇ БАКТЕРИЗАЦІЇ

В. В. Волкогон, М. А. Журба

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14027, Україна
e-mail: zhurba-m2013@yandex.ua

В умовах польового стаціонарного досліді на чорноземі вилугуваному (короткоротаційна сівозміна картопля – ячмінь ярий – горох – пшениця озима) досліджено перебіг процесів азотфіксації, емісії N_2O та CO_2 в агроценозах гороху за впливу різних систем удобрення та використання для передпосівної інокуляції насіння мікробного препарату Ризогуміну. Процес симбіотичної азотфіксації активізується за другого року післядії 40 т/га гною ВРХ, застосування сидератів та внесення невисокої ($N_{30}P_{30}K_{30}$) і середньої ($N_{60}P_{60}K_{60}$) в досліді доз мінеральних добрив. Ризогумін сприяє суттєвій активізації процесу азотфіксації за виключенням варіанту з гноєм. Емісія N_2O в варіантах зростає по мірі збільшення доз мінеральних добрив. Застосування біологічного препарату забезпечує зменшення втрат газоподібних сполук азоту за рахунок ініціювання розвитку рослин. Показники емісії вуглекислого газу залежать від виду та доз добрив. Ризогумін сприяє зменшенню емісії газоподібних сполук вуглецю по фонах мінеральних добрив унаслідок його активного використання на формування додаткової продукції.

Ключові слова: горох, симбіотична азотфіксація, емісія N_2O , емісія CO_2 , добрива.

Необхідність врахування активності окремих біологічних процесів у ґрунтах агроценозів диктується сучасними уявленнями про вплив технологічних чинників не лише на продукційний процес сільськогосподарських культур, але й на стан довкілля. Одним із найточніших тестів щодо реакції системи ґрунт – мікроорганізми – рослина на рівні агрохімічного навантаження є активність азотфіксації [1]. Не менш важливим діагностичним показником стану агроценозів є інтенсивність емісії парникових газів (особливо N_2O і CO_2).

Газоподібні втрати азотних добрив пов'язані, передусім, з процесами нітрифікації та денітрифікації, що відбуваються в ґрунті за участю мікроорганізмів. За узагальненими даними 80 польових дослідів, втрати азоту у формі окислів цього елемента становлять у середньому 26 % від внесеного азоту. Розміри втрат збільшуються при внесенні високих доз добрив. Це свідчить про необхідність врахування особливостей перебігу біологічної трансформації азоту в агроценозах при обґрунтуванні принципів удобрення сільськогосподарських культур [2; 3].

Останнім часом все більше уваги приділяється дослідженням потоків вуглецю в екосистемах, що пов'язано як із глобальними змінами вмісту вуглекислого газу в атмосфері, так і з необхідністю додаткового залучення CO_2 до метаболічних процесів культурних рослин з метою підвищення їх продуктивності.

У зв'язку з вищезазначеним, метою наших досліджень є визначення напруженості процесів симбіотичної фіксації атмосферного азоту, емісії N_2O і CO_2 при вирощуванні гороху за різних агрофонів.

Матеріали і методи. Дослідження проводили впродовж 2012–2013 рр. в умовах стаціонарного польового дослідів Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН на чорноземі вилугуваному ($pH_{\text{сол.}}$ — 5,2; вміст гумусу — 3,01 %; азоту, що легко гідролізується — 109 мг/кг ґрунту; рухомих форм фосфору

(P_2O_5) — 168 мг/кг ґрунту (за Кирсановим); вміст обмінного калію (K_2O) (за Кирсановим) — 58 мг/кг ґрунту).

Сівозміна у досліді — картопля – ячмінь ярий – горох – пшениця озима. Повторність дослідів — чотирикратна. Розміщення ділянок — рандомізоване. Площа облікової ділянки 50 м².

Досліджували вплив другого року післядії 40 т/га гною (внесеного під картоплю). Мінеральні добрива вносили у дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{90}P_{90}K_{90}$. Органо-мінеральна система удобрення культури передбачала вплив другого року післядії гною в поєднанні з прямою дією мінеральних добрив, застосованих у невисокій дозі ($N_{30}P_{30}K_{30}$). Для сидерального удобрення як проміжну культуру вирощували редьку олійну. Загортання рослинної маси в ґрунт проводили навесні, проводячи неглибоку оранку (10 см).

Горох сорту Девіз вирощували у двох блоках досліду — без інокуляції і з передпосівною обробкою насіння біологічним препаратом комплексної дії Ризогуміном, до складу якого входить активний штам бульбочкових бактерій і фізіологічно активні речовини біологічного походження (ТУ У 24.1-00497360-003:2007). Застосування препарату забезпечує збільшення польової схожості і енергії проростання насіння, сприяє формуванню розвиненої кореневої системи і активного бобово-ризобіального симбіозу [4].

Активність симбіотичної азотфіксації визначали в динаміці камерним методом за використання ацетиленового тесту [5]. Вміст етилену в зразках визначали на газовому хроматографі «Chrom-4» з полум'яно-іонізаційним детектором. Температура термостату 40 °С; витрата газів: водню — 15 см³/хв., азоту — 100 см³/хв., повітря — 500 см³/хв. Сорбційна колонка зі сталі 3 м заповнена сорбентом Parapak Q 60–80 mesh.

Для оцінки емісії вуглекислого газу та закису азоту в системі «ґрунт – рослина» також використовували метод закритих камер [6; 7] у нашій модифікації. Пряму емісію N_2O досліджували на газовому хроматографі «Цвет – 500 М» з

детектором електронного захвату. Температура колонок 40 °С, температура випарювача 120 °С та детектора 330 °С. Витрата газу-носія (аргон з метаном 95/5) — 35 см³/хв. Сорбційні колонки зі сталі 3 м заповнювали сорбентом Parapak Q 60–80 mesh.

Концентрацію CO₂ визначали на газовому хроматографі «Цвет – 500 М» з детектором теплопровідності (струм мосту 130 mA). Температура колонок 25 °С, детектора — 40 °С. Витрата газу-носія (гелію) — 20 см³/хв. [8]. Сорбційні колонки зі сталі заповнювали сорбентом Parapak Q 60–80 mesh.

Облік урожайності насіння гороху та статистичну обробку одержаних результатів здійснювали згідно існуючих методик [9].

Результати та обговорення. Визначення в динаміці активності азотфіксації демонструє суттєве стимулювання процесу у фазу бутонізації у варіантах з невисокою і середньою дозами мінеральних добрив за використання Ризогуміну для передпосівної інокуляції насіння (рис. 1). Надалі у цих варіантах спостерігаються такі ж особливості. Висока доза мінеральних добрив упродовж значного відрізка часу пригнічує функціональний прояв симбіотичного апарату гороху і починає стимулювати активність симбіотичної азотфіксації лише наприкінці вегетаційного періоду. Другого року післядія гною загалом інтенсифікує перебіг досліджуваного процесу, проте нівелює позитивний вплив передпосівної інокуляції. Органо-мінеральне удобрення тривалий час знижує азотфіксувальну активність. Сидеральне добриво позитивно впливає на активність симбіотичної азотфіксації, починаючи з фази цвітіння гороху, у т. ч. за поєднання з Ризогуміном.

Визначення в динаміці особливостей емісії закису азоту свідчить про значні втрати газоподібних сполук азоту у варіантах з другого року післядією гною та другого року післядією гною + N₃₀P₃₀K₃₀ (рис. 2). Ризогумін у цих варіантах практично не впливає на перебіг процесу. У варіантах з мінеральним удобренням культури емісія N₂O зростає по мірі збільшення доз добрив. Найменші втрати при цьому спосте-

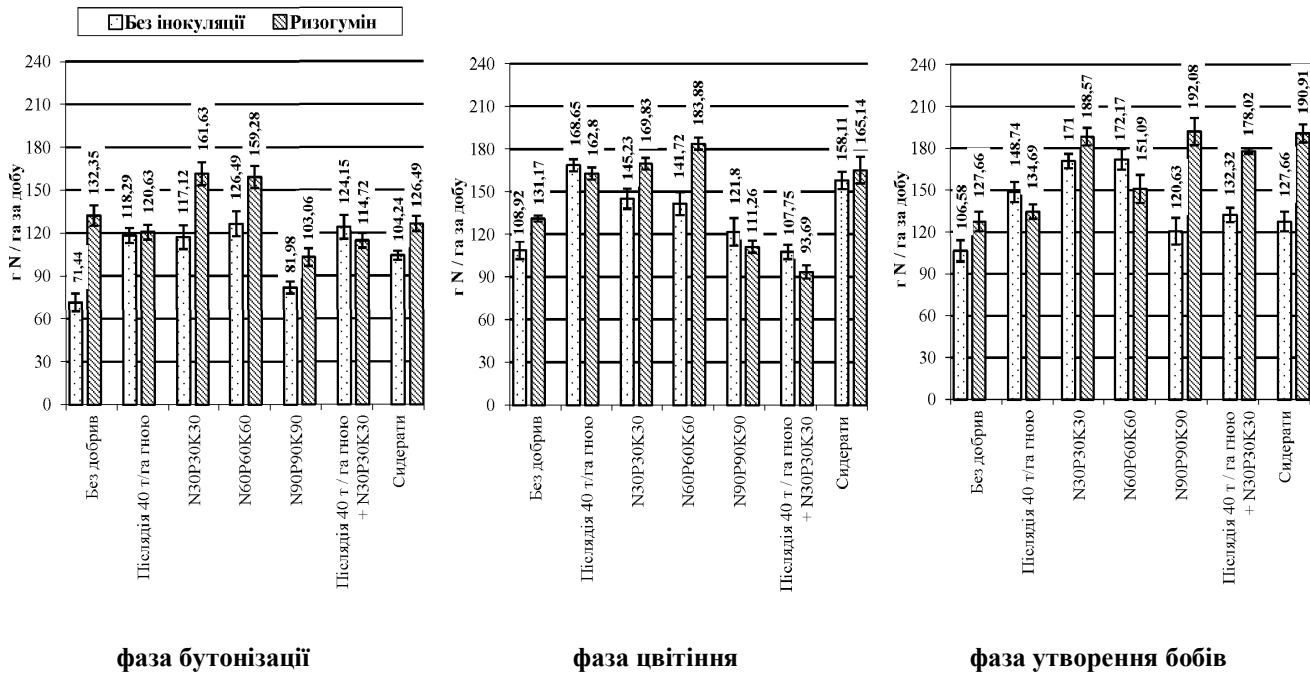


Рис. 1. Динаміка азотфіксації в системі ґрунт-рослини гороху за дії добрив та Ризогуміну

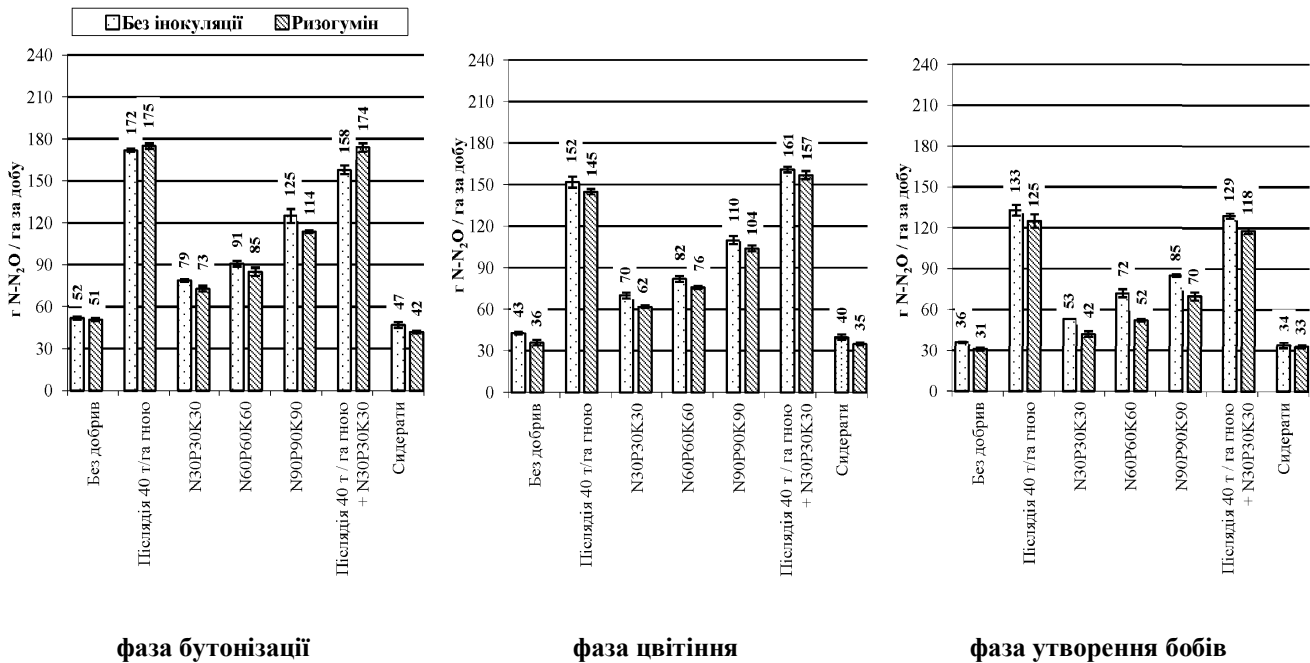


Рис. 2. Емісія N_2O з ґрунту під горохом залежно від добрив та Ризогуміну (2013 р.)

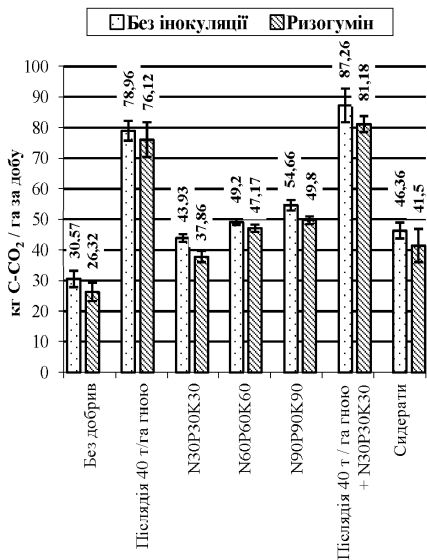
рігаються за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$. Слід відмітити, що і при застосуванні найвищої дози мінеральних добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ спостерігається зменшення втрат газоподібних сполук за дії препарату. На нашу думку, вплив мікробного препарату на обмеження газоподібних втрат азоту обумовлений покращенням симбіотичних властивостей бобово-ризобіальної системи (див. рис. 1) та формуванням додаткової продукції, що буде показано нижче. Включення до технології вирощування гороху зеленого добрива не призводило до підвищення емісії закису азоту порівняно з контрольним варіантом.

Сумарні показники втрат азоту внаслідок емісії N_2O наведено в табл. 1. Найбільші втрати спостерігаються за післядії 40 т/га гною та у варіанті з органо-мінеральним удобренням. Найменші показники відмічено по сидеральному агрофону. Використання Ризогуміну сприяє зменшенню сумарних втрат у варіанті без застосування добрив, за внесення мінеральних добрив, а також по сидеральному агрофону.

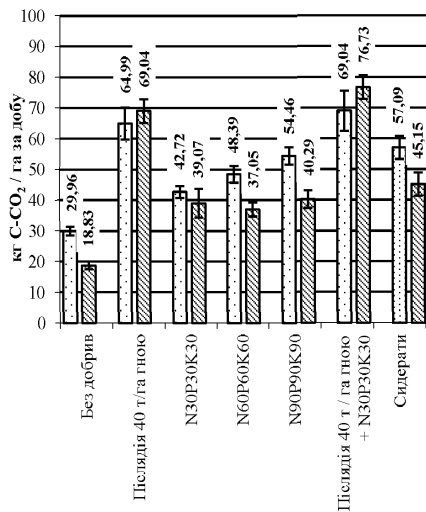
Таблиця 1. Сумарна емісія $N-N_2O$ за вегетаційний період гороху залежно від добрив та інокуляції (2013 р.)

Варіанти дослідів	Емісія $N-N_2O$, кг/га	
	без інокуляції	з інокуляцією
Без добрив, контроль	3,93	3,54
40 т гною (післядія)	13,71	13,35
$N_{30}P_{30}K_{30}$	6,06	5,31
$N_{60}P_{60}K_{60}$	7,35	6,39
$N_{90}P_{90}K_{90}$	9,6	8,64
40 т гною (післядія) + $N_{30}P_{30}K_{30}$	13,44	13,47
Сидерати	3,63	3,30

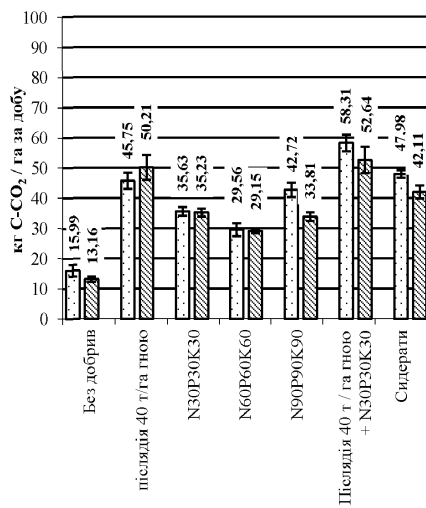
Дослідження емісії CO_2 з ґрунту під горохом у динаміці (рис. 3) демонструє певні залежності активності процесу від особливостей удобрення культури. Встановлено високий рі-



фаза бутонізації



фаза цвітіння



фаза утворення бобів

Рис. 3. Емісія CO₂ з ґрунту під горохом за дії добрив та Ризогуміну (2013 р.)

вень емісії вуглекислого газу у варіантах з післядією 40 т/га гною та з післядією 40 т/га гною + $N_{30}P_{30}K_{30}$. Це може бути пов'язано як зі значною кількістю целюлози, привнесеної з гноєм у попередні роки, так і з активізацією мікробіологічної активності за рахунок надходження при цьому великої кількості мікроорганізмів, на що вказував ще наприкінці XIX ст. В. В. Докучаєв [10]. Інтенсивність «дихання» ґрунту також зростає за використання сидерату, що пояснюється наявністю великої кількості свіжої органічної речовини. Емісія вуглекислого газу підвищується по мірі збільшення доз мінеральних добрив. При цьому застосування Ризогуміну сприяє обмеженню емісії CO_2 . На нашу думку, це зниження можна пояснити оптимізацією азотного живлення рослин, і залученням додаткової кількості вуглецю для конструктивних потреб рослинного організму.

Сумарні показники втрат CO_2 представлені в табл. 2. За дії Ризогуміну спостерігається зменшення емісії у варіантах з мінеральними добривами, та деякою мірою за органо-мінерального удобрення, а також за використання сидератів. У варіанті післядії другого року 40 т/га гною інокуляція зумовлює зростання емісії вуглекислого газу.

Відмічені особливості перебігу процесів азотфіксації, емісії N_2O та CO_2 загалом подібні за обома роками проведених досліджень, хоча і відрізняються за абсолютними показниками.

Облік урожаю гороху в 2012 і 2013 рр. свідчить, що по мірі збільшення дози мінеральних добрив продуктивність культури зростає, хоча віддача урожаєм кожної наступної в досліді дози добрив знижується. Другого року післядії гною забезпечує один із найнижчих у досліді приріст урожайності, проте статистично достовірний. Застосування сидерату також сприяє зростанню продуктивності культури, але показники є найнижчими у досліді (табл. 3).

Суттєвим чинником впливу на формування продуктивності культури є застосування Ризогуміну. Ефективність препарату відмічено у всіх варіантах, проте найбільшою мірою

урожайність від інокуляції зростає по фоні найменшої і середньої доз мінеральних добрив. Дія Ризогуміну за цих агрофонів є еквівалентною впливу добрив у дозі, не меншій за $N_{30}P_{30}K_{30}$. Слід відмітити, що саме по цих варіантах спостерігається найбільше обмеження втрат закису азоту, що підтверджує версію про залучення додаткової кількості азоту до конструктивного метаболізму рослин.

Таблиця 2. Сумарна емісія CO_2 за вегетаційний період гороху залежно від добрив та інокуляції (2013 р.)

Варіанти дослідів	Емісія C-CO ₂ , т/га	
	без інокуляції	з інокуляцією
Без добрив, контроль	6,88	5,20
40 т гною (післядія)	17,07	17,58
$N_{30}P_{30}K_{30}$	11,00	10,09
$N_{60}P_{60}K_{60}$	11,44	10,20
$N_{90}P_{90}K_{90}$	13,66	11,15
40 т гною (післядія) + $N_{30}P_{30}K_{30}$	19,38	18,94
Сидерати	13,62	11,58

Застосування Ризогуміну поєднано з сидератом та по фоні післядії гною є менш ефективним, проте, зважаючи на низьку собівартість агроприймів, економічно вигідним.

Таким чином, у ході проведення досліджень встановлено взаємозв'язок між особливостями перебігу процесів симбіотичної азотфіксації, емісії N_2O та CO_2 . Застосування мікробного препарату Ризогуміну при вирощуванні гороху на чорноземі вилугуваному по невисоких мінеральних агрофонах забезпечує підвищення активності азотфіксації і обмеження емісії закису азоту. Приріст додаткової продукції за використання Ризогуміну супроводжується підвищенням зв'язування CO_2 . Отже, такий агроприйом як передпосівна інокуляція може активно впливати на колообіг вуглецю в екосистемах.

Таблиця 3. Вплив бактеризації та добрив на урожайність гороху сорту Девіз (2013 р.)

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га	Приріст			
		від добрив*		від інокуляції	
		т/га	%	т/га	%
<i>Без інокуляції</i>					
Без добрив, контроль	1,99	–	–	–	–
40 т гною (післядія)	2,29	0,30	15,1	–	–
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,82	0,83	41,7	–	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,15	1,16	58,3	–	–
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,35	1,36	68,3	–	–
40 т гною (післядія) + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,76	0,77	38,7	–	–
Сидерати	2,24	0,25	12,6	–	–
<i>Інокуляція Ризогуміном</i>					
Без добрив, контроль	2,30	–	–	0,31	15,6
40 т гною (післядія)	2,51	0,52	26,1	0,22	9,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,33	1,34	67,3	0,51	18,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,50	1,51	75,9	0,35	11,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,62	1,66	83,4	0,27	8,1
40 т гною (післядія) + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,05	1,06	53,3	0,29	10,5
Сидерати	2,42	0,43	21,6	0,18	8,0
НІР ₀₅ по досліді	0,29				
для агрофонів	0,17				
для інокуляції і взаємодії	0,14				

Примітка: * — у т. ч. від взаємодії з біопрепаратом

1. Умаров М. М. Микробиологическая трансформация азота в почве / М. М. Умаров. — М. : ГЕОС, 2007. — 138 с.
2. Господаренко Г. М. Агрохімія : підручник / Г. М. Господаренко. — К. : ННЦ «ІАЕ», 2010. — 400 с.
3. Макаров Б. Н. Газообразные потери азота удобрений и их формы / Б. Н. Макаров // Агрохимия. — 1969. — № 12. — С. 3–9.
4. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / [В. В. Волкогон, А. С. Заришняк, І. В. Гриник та ін.]. — К. : Аграрна наука, 2011. — 156 с.
5. The acetylene-ethylene assay for N₂ fixation: laboratory and field evaluation / [R. W. F. Hardy, R. D. Holsten, E. K. Jackson et al.] // Plant physiol. — 1968. — Vol. 43, № 8. — P. 1185–1207.
6. Chamber measurement of surface-atmosphere trace gas exchange: numerical evaluation of dependence on soil, interfacial layer, and source/sink properties / Hutchinson GL, Livingston GP, Healy RW, Striegl RG // Journal of geophysical research. — 2000. — Vol. 105, № 7 — P. 8865–8875.
7. Comparison of the closed-chamber and gas concentration gradient methods for measurement of CO₂ and N₂O fluxes in two upland field soils / Kusa K., Sawamoto T., Hu R., Hatano R. // Soil science and plant nutrition. — 2008. — Vol. 54, № 5. — P. 777–785.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / [И. В. Асеева, И. П. Бабьева, Б. А. Бызов и др. ; под ред. Д. Г. Звягинцева]. — М. : МГУ, 1991. — 304 с.
9. Доспехов В. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / В. А. Доспехов. — [5-е изд., доп. и перераб.]. — М. : Агропромиздат, 1985. — 351 с.
10. Докучаев В. В. К вопросу об открытии при русских университетах кафедр почвоведения и учение о микроорганизмах / В. В. Докучаев // Избранные сочинения. — М. : Гос. изд. с-х литературы, 1948. — Т. 2. — С. 290–318.

АКТИВНОСТЬ АЗОТФИКСАЦИИ, ЭМИССИЯ N_2O И CO_2 В АГРОЦЕНОЗАХ ГОРОХА ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДОБРЕНИЙ И ПРЕДПОСЕВНОЙ БАКТЕРИЗАЦИИ

В. В. Волкогон, М. А. Журба

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, г. Чернигов

В условиях полевого стационарного опыта на черноземе выщелоченном (короткоротационный севооборот картофель – ячмень яровой – горох – пшеница озимая) исследована динамика процессов азотфиксации, эмиссии N_2O и CO_2 в агроценозах гороха под влиянием различных систем удобрения и использования для предпосевной инокуляции семян микробного препарата Ризогумина. Процесс симбиотической азотфиксации активизируется по фону второго года последействия 40 т/га навоза КРС, применения сидератов, внесения невысокой ($N_{30}P_{30}K_{30}$) и средней ($N_{60}P_{60}K_{60}$) в опыте доз минеральных удобрений. Ризогумин способствует существенной активизации процесса азотфиксации, за исключением варианта с навозом. Эмиссия N_2O в вариантах возрастает по мере увеличения доз минеральных удобрений. Применение биологического препарата обеспечивает уменьшение потерь газообразных соединений азота за счет иницирования развития растений. Показатели эмиссии углекислого газа зависят от вида и доз удобрений. Ризогумин способствует уменьшению эмиссии газообразных соединений углерода по фонам минеральных удобрений вследствие его активного использования на формирование дополнительной продукции.

Ключевые слова: горох, симбиотическая азотфиксация, эмиссия N_2O , эмиссия CO_2 , удобрения.

ACTIVITY OF NITROGEN FIXATION, EMISSION OF N_2O AND CO_2 IN PEA AGROCENOSIS UNDER THE INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS AND PRE-SOWING SEEDS BACTERIZATION

V. V. Volkogon, M. A. Zhurba

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial
Manufacture, NAAS, Chernihiv

The paper covers the study of nitrogen fixation activity and emission of N_2O and CO_2 in pea agrocenosis under the influence of pre-sowing seeds inoculation with microbial preparation Rhizohumin on different fertilization backgrounds in stationary field experiments on leached black soils (short crop rotation system: potatoes – spring barley – peas – winter wheat). The process of symbiotic nitrogen fixation had become active in the second year after application of 40 t/ha cattle manure, use of green manure, low ($N_{30}P_{30}K_{30}$) and medium ($N_{60}P_{60}K_{60}$) doses of mineral fertilizers. Rhizohumin had significantly increase nitrogen fixation activity in all variants except of the one with manure. N_2O emission in all experimental plots was higher in variants with higher doses of mineral fertilizers. Seeds inoculation with biological preparation had reduced losses of nitrogen gas due to the promotion of plants growth and development. Carbon dioxide emissions values had correlated to the type and dose of fertilizers. Rhizohumin had reduced the emission of gaseous carbon compounds in variants with different fertilizers backgrounds due to its extensive use in the formation of additional products.

Key words: peas, symbiotic nitrogen fixation, N_2O emission, CO_2 emission, fertilizers.