

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МІКРОБІОЛОГІЇ ТА  
АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

**ЖУРБА МИХАЙЛО АНАТОЛІЙОВИЧ**

УДК 579.64:631.461:631.847.21:631.86/87

**БІОЛОГІЧНА ІНДИКАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИДІВ  
І НОРМ УДОБРЕННЯ КАРТОПЛІ ТА ГОРОХУ**

03.00.07 – мікробіологія

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата сільськогосподарських наук

Чернігів – 2017

Дисертацією є рукопис  
Робота виконана в лабораторії ґрунтової мікробіології Інституту  
сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН

**Науковий керівник:** доктор сільськогосподарських наук, професор,  
член-кореспондент НААН  
**Волкогон Віталій Васильович,**  
Інститут сільськогосподарської мікробіології та  
агропромислового виробництва НААН, директор

**Офіційні опоненти:** доктор сільськогосподарських наук, професор,  
член-кореспондент НААН  
**Патика Микола Володимирович,**  
завідувач кафедрою екобіотехнології та  
біорізноманіття  
Національний університет біорізноманіття і  
природокористування України

доктор сільськогосподарських наук, старший  
науковий співробітник  
**Чабанюк Ярослав Васильович**  
завідувач відділу агроекології і біобезпеки  
Інститут агроекології і  
природокористування НААН

Захист відбудеться " 09 " лютого 2017 р. о 13<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 79.377.01 в Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН за адресою: м. Чернігів, вул. Шевченка, 97

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН за адресою: м. Чернігів, вул. Шевченка, 97

Автореферат розіслано "05" січня 2017 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
кандидат сільськогосподарських наук



В. П. Горбань

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Стратегії оптимізації мінерального живлення рослин повинні бути зорієнтовані на вирішення таких різнопланових завдань як одержання стабільних високих урожаїв сільськогосподарських культур з оптимальними показниками біологічної якості і гігієнічної чистоти, мінімізацію навантаження засобів хімізації на ґрунти для збереження їх родючості й екологічних функцій [Никитишен, 2003; Добровольский, 2006]. Відповідно до цього, оцінка ефективності застосування добрив повинна здійснюватися з урахуванням не лише економічної та агрономічної цінності, але й з точки зору їх впливу на довкілля та якісні характеристики продукції рослинництва [Волкогон, 2006]. Особлива увага повинна приділятися азотним добривам. З точки зору екологічної доцільності раціональні норми азотних добрив для сільськогосподарських культур повинні бути такі, що максимально використовуються рослинами для забезпечення конструктивного метаболізму і не завдають шкоди довкіллю. Їх обґрунтування є надзвичайно важливим для збереження довкілля і отримання якісної продукції.

Як відомо, в основі процесів трансформації сполук біогенних елементів у ґрунтах агроценозів, крім рослинності, є діяльність мікроорганізмів, тож встановлення особливостей їх розвитку й функціональної діяльності за різних умов агрохімічного забезпечення забезпечить розуміння залежності спрямованості зазначених процесів. Важливим при цьому може бути використання мікробних препаратів, оскільки інтродукція в агроценози активних штамів агрономічно корисних бактерій здатна змінити співвідношення в угрупованнях мікроорганізмів ґрунту і, відповідно, вплинути на перебіг низки важливих в агрономічному відношенні ґрунтових процесів [Патика з співав., 2003; Bashan, 2004; Волкогон, 2006; Надкернична, 2007; Умаров, 2007; Курдиш, 2010; Гадзало з співав., 2015].

У зв'язку з вищезазначеним, актуальним є обґрунтування надійних способів визначення екологічно доцільних видів і норм удобрення сільськогосподарських культур. При цьому інформативними й показовими можуть бути методи біологічної індикації стану агроценозів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано в лабораторії ґрунтової мікробіології Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН у відповідності з ПНД НААН 05 «Сільськогосподарська мікробіологія» за завданням 05.00.01.01. Дослідити особливості процесів біологічної трансформації азоту в агроценозах за дії біологічних та абіогенних чинників удобрення сільськогосподарських культур (2011–2015 рр.) (ДР № 0111U000980).

**Мета досліджень:** визначити інформативність мікробіологічних методів індикації екологічної доцільності видів і норм удобрення сільськогосподарських культур на прикладі картоплі і гороху (культур, які відрізняються характером живлення та вимогами щодо агрофонів) для обґрунтування раціональних параметрів удобрення культур.

Для досягнення поставленої мети проводили дослідження за наступними завданнями:

- в умовах польового стаціонарного дослідження визначити в динаміці чисельність мікроорганізмів, які приймають участь у процесах трансформації сполук азоту в ризосферному ґрунті рослин картоплі та гороху за різної інтенсивності удобрення та передпосівної бактеризації;

- дослідити спрямованість біологічної трансформації азоту в ризосферному ґрунті рослин картоплі та гороху за різних рівнів удобрення та використання мікробних препаратів;

- дослідити перебіг процесів азотфіксації, емісії  $N_2O$  і  $CO_2$  в агроценозах картоплі та гороху за впливу біогенних та абіогенних чинників удобрення культур;

- визначити продуктивність картоплі і гороху за впливу добрив та інокуляції;

- за дослідженими параметрами обґрунтувати екологічну доцільність використання добрив та інокуляції в технологіях вирощування картоплі і гороху;

- визначити економічну та енергетичну ефективність екологічно обґрунтованих технологій вирощування картоплі і гороху.

**Об'єкт дослідження:** особливості удобрення сільськогосподарських культур.

**Предмет дослідження:** біологічна індикація екологічного стану агроценозів за впливу біотичних та абіотичних чинників удобрення картоплі та гороху.

**Методи дослідження:** метод індукції – використовували для визначення кращих варіантів дослідження; метод синтезу – узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків; експерименту – дослідження об'єкту і процесів, що відбуваються в ньому; польового дослідження – визначення оптимальних видів і норм удобрення, у т. ч. за поєднання з мікробними препаратами; лабораторні дослідження (мікробіологічні, газохроматографічні, спектрофотометричні і фотокolorиметричні, математичної статистики).

**Наукова новизна одержаних результатів.** Отримано нові знання щодо інформативності методів біологічної індикації стану агроценозів. Вперше досліджено спрямованість процесів біологічної трансформації азоту в агроценозах картоплі і гороху за різних видів і рівнів удобрення та використання мікробних препаратів; визначено інтенсивність емісії  $N_2O$  і  $CO_2$  з ґрунту при вирощуванні цих культур залежно від технологічних чинників.

За використання методів біологічної індикації обґрунтовано екологічні параметри удобрення картоплі та гороху за їх вирощування на чорноземі вилуженому.

Вперше встановлено, що застосування мікробних препаратів при вирощуванні сільськогосподарських культур по екологічно доцільних агрофонах сприяє, крім зменшення втрат газоподібних сполук азоту, активізації секвестрування вуглецю в агроценозах. При цьому найбільшою мірою забезпечується приріст урожайності культур від бактеризації. Мікробні препарати, використані на високих агрофонах, зумовлюють збільшення втрат газоподібних сполук азоту.

Застосування мікробного препарату по фоні прямої дії 40 т/га гною (внесеного під картоплю) не забезпечує позитивних змін у перебігу процесів біологічної трансформації азоту та достовірних приростів урожаю, що пояснюється формуванням висококонкурентного для інтродукованих бактерій фоні мікроорганізмів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Виробництву рекомендовано екологічно доцільне удобрення картоплі та гороху при вирощуванні культур на чорноземі вилуженому.

Принципи біологічної індикації доцільності видів і норм добрив пропонуються як важливе доповнення при плануванні систем удобрення сільськогосподарських культур.

Результати досліджень емісії парникових газів можуть бути використані для розрахунків при інвентаризації парникових газів у сільськогосподарському секторі економіки.

**Особистий внесок здобувача.** Автором самостійно проаналізовано наукову літературу з тематики досліджень, виконано весь обсяг експериментальної роботи: проведено лабораторні та польові дослідження, статистичну обробку одержаних результатів та їх порівняльний аналіз із літературними даними, а також підготовку матеріалів до публікації.

Планування роботи, аналіз результатів та формулювання основних положень і висновків дисертації здобувачем проведено за участі наукового керівника роботи, д. с.-г. н., проф., члена-кореспондента НААН В. В. Волкогона.

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертації були представлені на IX науковій конференції молодих вчених "Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві" (м. Чернігів, 2013 р.); II Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених "Біотехнологія: звершення та надії" (м. Київ, 2013 р.); IX Міжнародній науковій конференції студентів і аспірантів "Молодь і поступ біології" (м. Львів, 2013 р.); Міжнародній науковій конференції "Селекція та генетика бобових культур: сучасні аспекти та перспективи" (м. Одеса, 2014 р.); IV міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених "Перспективні напрями розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва" (м. Тернопіль, 2014 р.); X науковій конференції молодих учених "Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві" (м. Чернігів, 2014 р.); International Scientific and Practical Internet Conference "Microbiological aspects of optimizing the production process of cultured crops" (Chernihiv, June 16–18, 2015); XI Міжнародній науково-практичній конференції daRostim "Теория, практика и перспективы применения биологически активных соединений в сельском хозяйстве" (Сыктывкар, Россия 17–19 июня 2015 г.); XI науковій конференції молодих учених "Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві" (м. Чернігів, 2016 р.), на звітних сесіях Інституту с.-г. мікробіології та агропромислового виробництва НААН (2012–2016 рр.).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 20 робіт, у тому числі 6 статей (5 – у фахових виданнях), з них одна зарубіжна, 11 тез доповідей у збірках матеріалів всеукраїнських і міжнародних конференцій, науково-методичні рекомендації.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, огляду літератури, основної частини, висновків і списку використаних літературних джерел із 258 найменувань, з яких 59 латиницею, 28 додатків. Загальний обсяг

роботи становить 218 сторінок, з них 159 сторінок основного тексту. Дисертаційна робота ілюстрована 28 таблицями і 24 рисунками.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Огляд літератури.** Розглянуто особливості біологічної трансформації азоту в цілому та в агроценозах зокрема. Проаналізовано питання біологічної трансформації органічної речовини в ґрунті. Наведено аналіз наукових публікацій з питань оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур, у т. ч. за використання методів біологічної індикації.

**Методи досліджень та умови проведення дослідів.** Дослідження проводили впродовж 2012–2015 рр. у стаціонарному польовому досліді з коротко ротаційною сівозміною (картопля-ячмінь ярий – горох-пшениця озима). Дослід закладено у 2009 р. на чорноземі вилуженому ( $pH_{\text{сол.}}$  – 5,2; вміст гумусу – 3,01 %; азоту, що легко гідролізується – 109 мг / кг ґрунту; рухомих форм фосфору ( $P_2O_5$ ) за Кирсановим – 168 мг; вміст обмінного калію ( $K_2O$ ) за Кирсановим – 58 мг на 1 кг ґрунту).

У досліді передбачено два блоки варіантів – з використанням мікробних препаратів та без них. Сорт картоплі Беллароза вирощували на таких агрофонах: без добрив, 40 т/га підстилкового гною ВРХ,  $N_{40}P_{40}K_{40}$ ,  $N_{80}P_{80}K_{80}$ ,  $N_{120}P_{120}K_{120}$ , 40 т/га гною +  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . Мікробний препарат – Біогран (ТУ У 24.1-00497360-006:2009).

Сорт гороху Девіз вирощували на таких агрофонах: без добрив, післядія другого року 40 т/га гною ВРХ,  $N_{30}P_{30}K_{30}$ ,  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , післядія другого року 40 т/га гною +  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . Мікробний препарат – Ризогумін (ТУ У 24.1-00497360-003:2007).

Площа дослідної ділянки – 86,4 м<sup>2</sup> (7,2 × 12,0), повторність досліду чотирьохразова, розміщення ділянок – рендомізоване.

Облік чисельності азотфіксувальних бактерій проводили на напіврідкому середовищі Ешбі за використання ацетиленового тесту (Калининская, 1981), денітрифікувальних – на рідкому середовищі Гільтая за використання реактиву Грісса. Чисельність амоніфікаторів досліджували за використання м'ясо-пептонного агару. Кількість мікроорганізмів, які засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту, визначали на крохмале-аміачному агарі (Звягинцев, 1980).

Для оцінки емісії  $CO_2$  та  $N_2O$  в системі «ґрунт – рослина» застосовували метод закритих камер (Kusa, 2008; Hutchinson, 2000) у власній модифікації. Для цього використовували пластикові відра, об'ємом 10 л, з вмонтованою гумовою пробкою для відбору газів, через яку за допомогою шприца відбирали проби повітря. Камери «врізали» в ґрунт на глибину 5 см. В камеру ставили бюкс з водою, до якого перед початком експозиції додавали кальцій карбід (для вивільнення ацетилену, який інгібує фермент редуктазу оксиду азоту та зупиняє процес дисиміляції  $NO_3^-$  і  $NO_2^-$  на стадії відновлення оксиду азоту). Експозиція – три години. Відібрані газові проби поміщали у вакуумовані флакони з гумовими пробками (Волкогон з співав., 2010).

Дослідження вмісту  $CO_2$  у газових пробах проводили на газовому хроматографі «Цвет – 500 М» з детектором теплопровідності. Пряму емісію  $N_2O$

визначали на газовому хроматографі «Цвет – 500 М» з детектором електронного захвату.

Актуальну активність азотфіксації та продуктивність процесу досліджували ацетиленовим методом у тих же камерах. Газові проби аналізували на газовому хроматографі «Chrom-4» з полум'яно-іонізаційним детектором.

Потенційну активність азотфіксації у ризосферному ґрунті рослин картоплі визначали ацетиленовим методом за додавання до наважки (5 г) розчину глюкози (Умаров, 1976). Потенційну активність денітрифікації в ризосферному ґрунті рослин картоплі та гороху визначали ацетиленовим методом при додаванні до наважки (5 г) розчину глюкози та нітрату калію (Звягинцев, 1980).

Вміст органічної речовини в зразках ґрунту визначали за Тюріним (ГОСТ 26213-91., 1992). Визначення вмісту хлорофілів *a* і *b* у листках рослин картоплі та гороху проводили спектрофотометричним методом (Гродзинский, 1973).

Біометричні показники рослин визначали вимірювально-ваговим методом, площу листової поверхні обліковували методом висічок (Мойсейченко, 1996; Ермантраут, 2008; Посыпанов, 1991). Маса коренів визначали методом їх відмивання з монолітів, відбір робили відразу після збирання урожаю (Колосов, 1962).

Вміст нітратів у бульбах картоплі визначали потенціометричним методом (ГОСТ 29270-95., 2010), вміст крохмалю – за методом Еверса (Ермаков., 1972), вміст аскорбінової кислоти – методом, що базується на редуруючих властивостях вітаміну С (Ермаков., 1972). Вміст загального азоту в зерні гороху визначали за методом К'ельдаля (ДСТУ 7169:2010., 2011).

За методичну основу розрахунків економічної та енергетичної ефективності застосування добрив та біопрепаратів використовували офіційні та загальновідомі методи (Саблук, 2008; Тараріко, 2005).

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою дисперсійного аналізу (Доспехов, 1985), а також за використання комп'ютерної програми (Microsoft Office Excel 2003 – 2007).

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИДІВ І РІВНІВ УДОБРЕННЯ КАРТОПЛІ ЗА ПОКАЗНИКАМИ БІОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АЗОТУ І ВУГЛЕЦЮ**

**Особливості розвитку мікроорганізмів, що приймають участь у трансформації азоту, в ризосферному ґрунті рослин картоплі залежно від добрив та біопрепарату.** Облік чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів у ризосферному ґрунті рослин картоплі демонструє їх значний розвиток у варіантах з внесенням 40 т/га гною ВРХ, що свідчить про наявність відповідних субстратів. Кількість амоніфікаторів збільшується зі зростанням інтенсивності мінеральних агрофонів, що вірогідно пояснюється впливом добрив на фотосинтез і кількість корневих ексудатів, які містять значну кількість азоту в органічній формі. Застосування мікробного препарату по зазначених агрофонах, у свою чергу, стимулює розвиток амоніфікувальних мікроорганізмів, що є проявом опосередкованої дії Біограну – через вплив на розвиток рослин, фотосинтетичний апарат і кількість корневих ексудатів.

Чисельність мікроорганізмів, які засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту, зростає по мірі збільшення норм добрив, проте за використання Біограну кількість їх у ризосферному ґрунті рослин картоплі зменшується по всіх варіантах, за виключенням органічного та органо-мінерального агрофонів. Зменшення в ризосфері чисельності зазначених мікроорганізмів, вірогідно, відбувається за рахунок зменшення концентрації мінерального азоту через підвищення його засвоєння ініційованими бактеризацією рослинами.

Дослідження в динаміці чисельності азотфіксувальних бактерій свідчить про різний характер їх розвитку залежно від виду і норм добрив (табл. 1).

Таблиця 1

**Вплив добрив та Біограну на чисельність азотфіксувальних бактерій у ризосферному ґрунті рослин картоплі, млн. / г сухого ґрунту**

Варіанти удобрення	Фази розвитку рослин		
	початок бутонізації	цвітіння	початок відмирання бадилля
<i>Без інокуляції</i>			
Без добрив (контроль)	2,68	27,00	47,00
Гній, 40 т/га	10,36	272,50	1035,50
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	2,70	49,50	275,00
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	1,05	37,50	495,00
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	1,07	27,25	272,50
Гній, 40 т/га + N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	1,03	27,00	27,00
<i>Інокуляція Біограном</i>			
Без добрив (контроль)	2,73	49,05	272,50
Гній, 40 т/га	27,50	272,50	1035,50
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	4,95	70,85	490,50
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	1,06	47,70	477,00
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	1,03	27,50	275,00
Гній, 40 т/га + N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	1,05	49,95	102,50

Одні з найвищих показників чисельності діазотрофів відмічаємо у варіанті з гноєм. Починаючи з фази цвітіння, інтенсивний розвиток азотфіксаторів спостерігається за внесення гною та у варіанті з найменшою нормою мінеральних добрив. Зростає чисельність досліджуваних бактерій також і за внесення N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>. Застосування найвищої в досліді норми туків та органо-мінеральне удобрення тривалий час призводить до зменшення чисельності діазотрофів, що свідчить про надмірність внесення сполук азоту за цих умов. На початок відмирання бадилля найвищі показники відмічаються у варіантах з гноєм, а також з невисокою і середньою в досліді нормами мінеральних добрив, особливо за використання мікробного препарату Біограну.

Найвища кількість денітрифікаторів спостерігається за органічного та органо-мінерального удобрення у всі фази органогенезу рослин, що пояснюється як наявністю відповідного субстрату, так і додатковим надходженням

мікроорганізмів з гноєм. Високі показники чисельності денітрифікаторів виявлено за внесення  $N_{120}P_{120}K_{120}$ .

Біогран дещо стимулює розвиток денітрифікаторів у фазу цвітіння майже по всіх варіантах удобрення, що свідчить про надлишкове забезпечення рослин зв'язаним азотом у цей період органогенезу. Надалі по фонах мінеральних добрив, які не перевищують  $N_{80}P_{80}K_{80}$ , за використання біопрепарату відбувається зменшення чисельності денітрифікаторів у ризосферному ґрунті рослин картоплі. Це можна пояснити зменшенням субстрату (нітратів), необхідного для розвитку цих мікроорганізмів.

За внесення в ґрунт найбільшої норми мінеральних добрив у досліді Біогран не забезпечує зменшення кількості денітрифікаторів у ризосферному ґрунті рослин. Орієнтуючись на отримані результати, слід зробити висновок, що за надлишкової кількості азоту в досліджуваній системі використання біопрепарату недоцільне.

**Спрямованість та інтенсивність процесів біологічної трансформації азоту в кореневій зоні рослин картоплі за дії добрив та Біограну.** Визначення в динаміці потенційної активності азотфіксації в ризосферному ґрунті рослин картоплі свідчить про оптимізацію перебігу процесу у варіанті з внесенням 40 т/га гною. Застосування органо-мінерального удобрення тривалий час знижує активність (рис. 1).

Мінеральні добрива в невеликій нормі стимулюють активність досліджуваного процесу, в середній – не змінюють показників у першій строк і стимулюють у фазі цвітіння і початку відмирання бадилля. Застосування високої норми мінеральних добрив призводить до пригнічення азотфіксації протягом тривалого відрізка часу.

Мікробний препарат Біогран сприяє оптимізації екологічної ситуації при вирощуванні картоплі по фоні невисокої норми мінеральних добрив у перші фази органогенезу рослин, що проявляється у зростанні азотфіксувальної активності. Надалі, по мірі розвитку рослин і, відповідно, зменшення концентрації сполук азоту в прикореневому ґрунті спостерігається суттєве зростання нітрогеназної активності не лише по фоні внесення невисокої, але й середньої норм мінеральних добрив. Застосування Біограну по фоні високої норми добрив частково нівелює негативний вплив мінерального азоту на функціональну активність азотфіксувальних бактерій.

Зазначені особливості з певними абсолютними відмінностями простежуються у всі роки досліджень і відображають закономірності впливу добрив на розвиток азотфіксувальних бактерій і перебіг процесу азотфіксації.

Зважаючи на те, що процес азотфіксації є за своєю суттю раціональним і в присутності надлишкової кількості зв'язаних форм азоту проявлятися не може, представлені дані є надійним тестом щодо екологічної доцільності тих чи інших норм добрив, і в першу чергу азотних.

Використання Біограну по фоні 40 т/га гною практично не змінює показників.

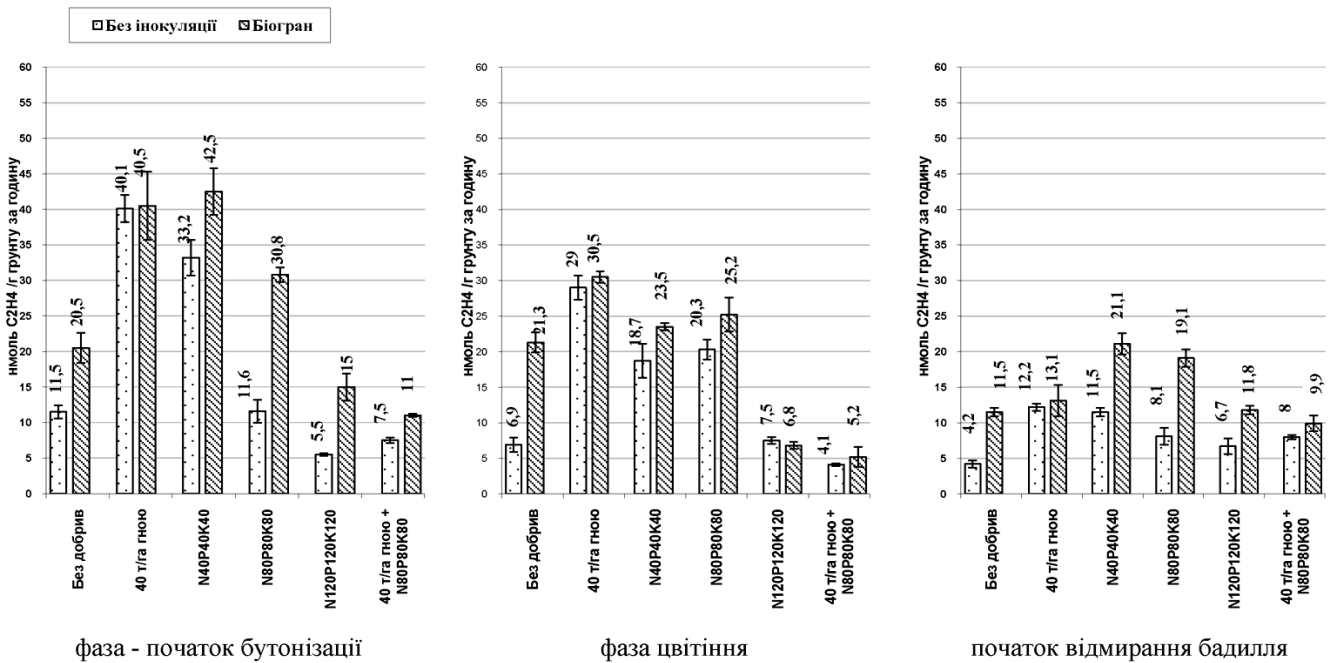


Рис. 1. Вплив бактеризації та добрив на потенційну нітрогеназну активність ризосферного ґрунту рослин картоплі

Ми пояснюємо це тим, що разом із гноєм до ґрунту надходить величезна кількість мікроорганізмів, які створюють потужне конкурентне середовище для азотфіксувальних бактерій біопрепарату. За цих обставин позитивний ефект від інокуляції нівелюється.

Поряд з інформацією щодо потенційної активності азотфіксації, показники спрямованості перебігу потенційної активності денітрифікації можуть бути додатковим тестом визначення оптимальних норм добрив в агроценозах.

Як свідчать отримані результати, у перший строк проведення досліджень зростання емісії закису азоту порівняно до контролю спостерігається у всіх варіантах. Високу активність втрат газоподібних сполук азоту відмічено при внесенні гною, використанні органо-мінерального удобрення, середньої та найбільшої в досліді норм мінеральних добрив. Застосування Біограну у цей період стимулює емісію N<sub>2</sub>O.

У другий строк досліджень спостерігається подібна залежність інтенсивності біологічної денітрифікації від мінеральних та органічних добрив. Проте вплив Біограну в цей час змінюється. У всіх варіантах, окрім удобрення гноєм, відмічається зменшення втрат закису азоту при застосуванні мікробного препарату.

У третій строк досліджень найбільші втрати газоподібних сполук азоту спостерігаються за органічного та органо-мінерального удобрення. Активність біологічної денітрифікації у варіантах з мінеральними добривами пропорційна їх нормі. Біологічний препарат сприяє зниженню активності емісії N<sub>2</sub>O по фонах мінеральних добрив, які не перевищують N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>. Це може свідчити, що внаслідок ініціювання росту і розвитку рослин, вони засвоюють суттєво більшу

кількість азоту і тим самим зменшують обсяг субстрату для нітратного дихання мікроорганізмів.

У досліді протягом 2013–2015 рр. ми також визначали пряму емісію  $N_2O$  камерним методом. Як свідчать отримані результати, всі види і норми добрив призводять до збільшення втрат закису азоту (рис. 2). Внесення 40 т/га гною забезпечує значні втрати азоту практично протягом усього вегетаційного періоду. За використання органо-мінерального удобрення ці втрати збільшуються. Мінеральні добрива стимулюють емісію  $N_2O$  пропорційно застосованих норм.

Бактеризація дещо підвищує втрати газоподібних сполук азоту у всіх варіантах з добривами у перший строк відбору зразків. Починаючи з фази цвітіння, спостерігається зменшення емісії  $N_2O$  у варіантах з невисокою і середньою нормами мінеральних добрив.

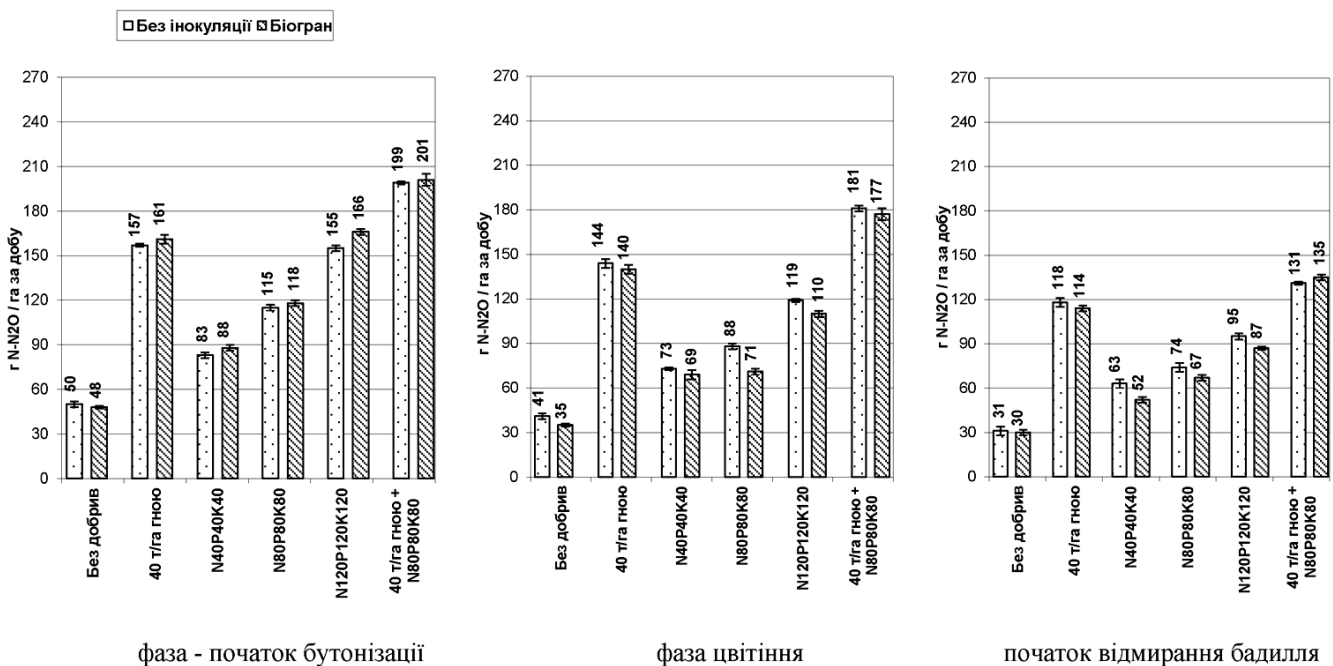


Рис. 2. Емісія  $N_2O$  з ґрунту під картоплею за впливу добрив та інокуляції.

Наприкінці вегетаційного періоду інтенсивність емісії газоподібних сполук азоту зменшується і у варіанті з підвищеною нормою туків. Цю особливість ми пояснюємо змінами в часі концентрацій зв'язаних сполук азоту в ризосфері рослин.

**Вплив удобрення картоплі на перебіг окремих процесів вуглецевого колообігу.** Як свідчать проведені дослідження, емісія вуглекислого газу зростає у варіантах з мінеральними добривами, але найбільші втрати вуглецю спостерігаються за органічної та органо-мінеральної систем удобрення (рис. 3). Це обумовлено, насамперед, наявністю свіжої органічної речовини в ґрунті. Крім того, з гноєм, як вже зазначалося вище, до ґрунту привноситься величезна кількість мікроорганізмів, які можуть мінералізувати рослинні рештки.

У варіантах досліді з використанням Біограну по фонах мінеральних добрив, які не перевищують  $N_{80}P_{80}K_{80}$ , відмічено зниження емісії  $CO_2$ , що на нашу думку, може свідчити про залучення вуглекислого газу рослиною до метаболічних

процесів ініційованих бактеризацією рослин. Це опосередковано підтверджує зростання площі асиміляційної поверхні рослин та вміст фотосинтетичних пігментів у листках.

Інші залежності спостерігаються за використання Біограну по органічному та органо-мінеральному агрофонах. Застосування біопрепарату, як правило, не зменшує емісії CO<sub>2</sub>. Вочевидь, така ситуація складається через високий ступінь забезпечення ґрунту мікроорганізмами гною.

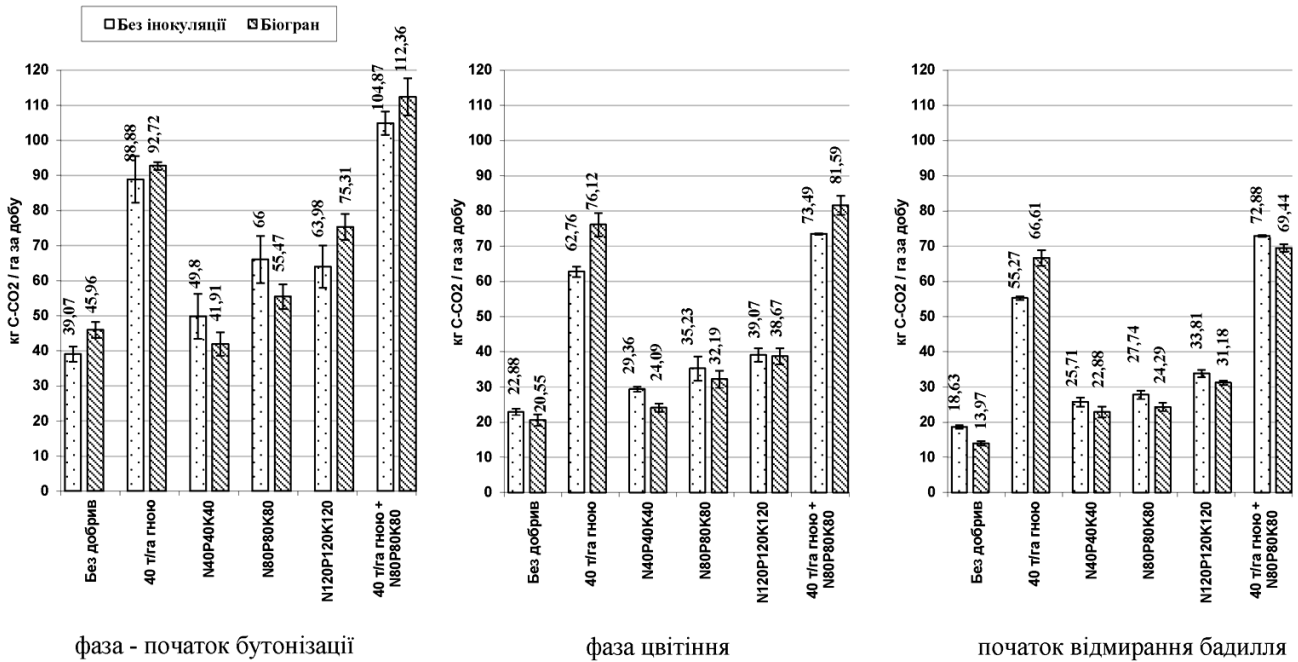


Рис. 3. Емісія CO<sub>2</sub> з ґрунту під картоплею за дії добрив та інокуляції

Отже, за результатами дослідження особливостей розвитку представників окремих фізіолого-трофічних груп мікроорганізмів (у першу чергу, азотфіксаторів і денітрифікаторів), спрямованості і перебігу процесів азотфіксації, емісії N<sub>2</sub>O та CO<sub>2</sub> в агроценозах картоплі екологічно сприятливим є внесення мінеральних добрив у нормах, які не перевищують N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>, а також застосування гною ВРХ (хоча і з певним застереженням, зважаючи на високий рівень емісії N<sub>2</sub>O за використання цього органічного добрива). Біогран сприяє оптимізації перебігу біологічних процесів за використання по екологічно сприятливих фонах мінеральних добрив.

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИДІВ І РІВНІВ УДОБРЕННЯ ГОРОХУ ЗА ПОКАЗНИКАМИ БІОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АЗОТУ І ВУГЛЕЦЮ

**Розвиток мікроорганізмів, що приймають участь у трансформації азоту, в ризосфері рослин гороху залежно від добрив та біопрепарату.** Вплив прямої дії та післядії добрив чітко позначається на розвитку та функціонуванні мікроорганізмів кореневої зони рослин гороху. Амоніфікувальні бактерії активно розвиваються за післядії органічного, а також органо-мінерального удобрення.

Кількість амоніфікаторів у ризосферному ґрунті рослин гороху збільшується зі зростанням інтенсивності мінеральних агрофонів та за використання біопрепарату.

Чисельність мікроорганізмів, які засвоюють мінеральні сполуки азоту, зростає по мірі збільшення агрохімічного навантаження. Проте застосування Ризогуміну забезпечує зменшення кількості цих мікроорганізмів.

За впливу Ризогуміну збільшується кількість азотфіксувальних бульбочок на коренях рослин майже всіх досліджуваних варіантів (табл. 2). Виключенням є варіант з найвищою нормою мінеральних добрив. У цьому варіанті зростання нодуляційної активності спостерігали лише у фазу утворення бобів.

Таблиця 2.

**Вплив бактеризації та систем удобрення на нодуляційну активність рослин гороху, од. бульбочок/рослину**

Варіанти дослідів	Фаза бутонізації	Фаза цвітіння	Фаза утворення бобів
<i>Без інокуляції</i>			
Без добрив, контроль	19,00±0,82	24,67±1,63	29,33±1,22
40 т/га гною (післядія)	21,00±0,41	22,33±0,82	32,67±2,45
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	25,00±0,82	32,00±2,45	40,00±2,04
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	24,33±1,63	27,67±2,04	38,00±1,63
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	19,33±1,63	22,67±1,63	37,67±0,82
Післядія 40 т/га гною + пряма дія N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	22,00±1,63	25,67±2,45	32,67±1,22
<i>Інокуляція Ризогуміном</i>			
Без добрив	30,00±1,22	35,67±2,04	37,33±1,22
40 т/га гною (післядія)	22,33±0,82	28,33±2,45	39,00±1,63
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	32,67±0,82	37,67±2,04	43,00±0,82
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	30,33±2,45	34,00±3,27	41,33±1,63
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	26,33±1,63	24,33±1,63	42,00±0,82
Післядія 40 т/га гною + пряма дія N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	27,67±1,22	29,00±1,63	38,00±0,82

Облік чисельності денітрифікувальних мікроорганізмів свідчить про стимулювальний вплив післядії органічного та органо-мінерального удобрення на їх чисельність у всі фази органогенезу рослин. Мінеральні добрива також стимулюють розвиток денітрифікаторів. По мірі зменшення концентрації сполук азоту в ґрунті їх чисельність знижується, проте високі показники тривалий час спостерігаються по фоні N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>. Застосування препарату сприяє зменшенню кількості денітрифікаторів.

Отже, використання Ризогуміну для передпосівної інокуляції насіння гороху позитивно впливає на формування симбіотичного азотфіксувального апарату при вирощуванні гороху по мінеральних агрофонах, які не перевищують N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

**Інтенсивність процесів біологічної трансформації азоту в кореневій зоні рослин гороху за дії добрив та Ризогуміну.** Визначення активності азотфіксації

демонструє суттєве стимулювання процесу у фазу бутонізації у варіантах з невисокою і середньою нормами мінеральних добрив за використання Ризогуміну (рис. 4). Надалі у цих варіантах спостерігаються такі ж особливості. Висока норма мінеральних добрив загалом не пригнічувала активність процесу порівняно з контрольним варіантом, проте показники азотфіксації протягом значного відрізка часу були нижчими за відповідні значення варіантів з найменшою та середньою в досліді нормами мінеральних добрив. Високий мінеральний агрофон сприяв стимулюванню процесу азотфіксації лише наприкінці вегетаційного періоду.

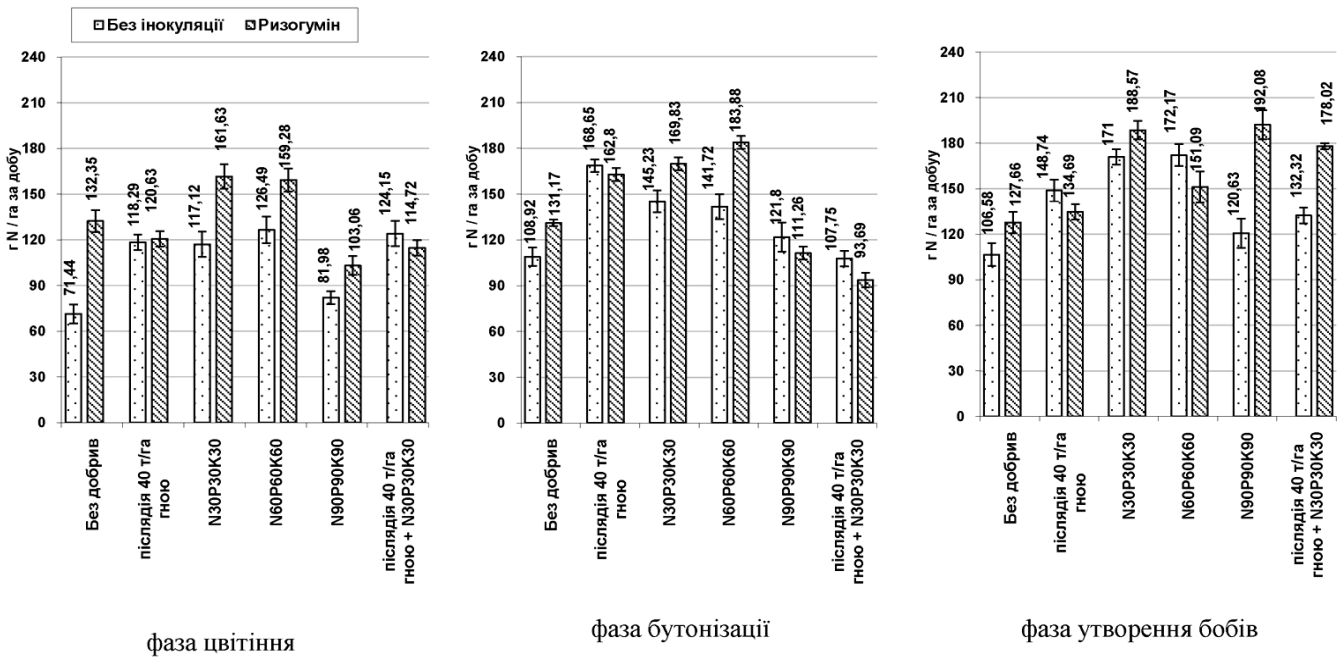


Рис. 4. Динаміка азотфіксації в кореневій зоні рослин гороху за дії добрив та передпосівної інокуляції насіння

Другого року післядія гною загалом інтенсифікує перебіг досліджуваного процесу, проте нівелює позитивний вплив передпосівної інокуляції. Органо-мінеральне удобрення тривалий час знижує азотфіксувальну активність.

Оскільки процес азотфіксації не може проходити за надлишку мінеральних сполук азоту, фізіологічно й екологічно сприятливими агрофонами при вирощуванні гороху слід визнати мінеральні добрива у нормах, що не перевищують  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , а також післядію гною.

Визначення в динаміці прямої емісії  $N_2O$  камерним методом свідчить (рис. 5) про значні втрати газоподібних сполук азоту у варіантах з другого року післядії гною та другого року післядії гною +  $N_{30}P_{30}K_{30}$ .

Ризогумін у цих варіантах практично не впливав на перебіг процесу. У варіантах з мінеральним удобренням культури емісія  $N_2O$  зростала по мірі збільшення норм добрив.

Найменші втрати спостерігали за внесення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . Біопрепарат при цьому сприяв обмеженню втрат закису азоту, що пояснюється зменшенням концентрації мінеральних сполук азоту в ризосферному ґрунті ініційованих бактерізацією рослин.

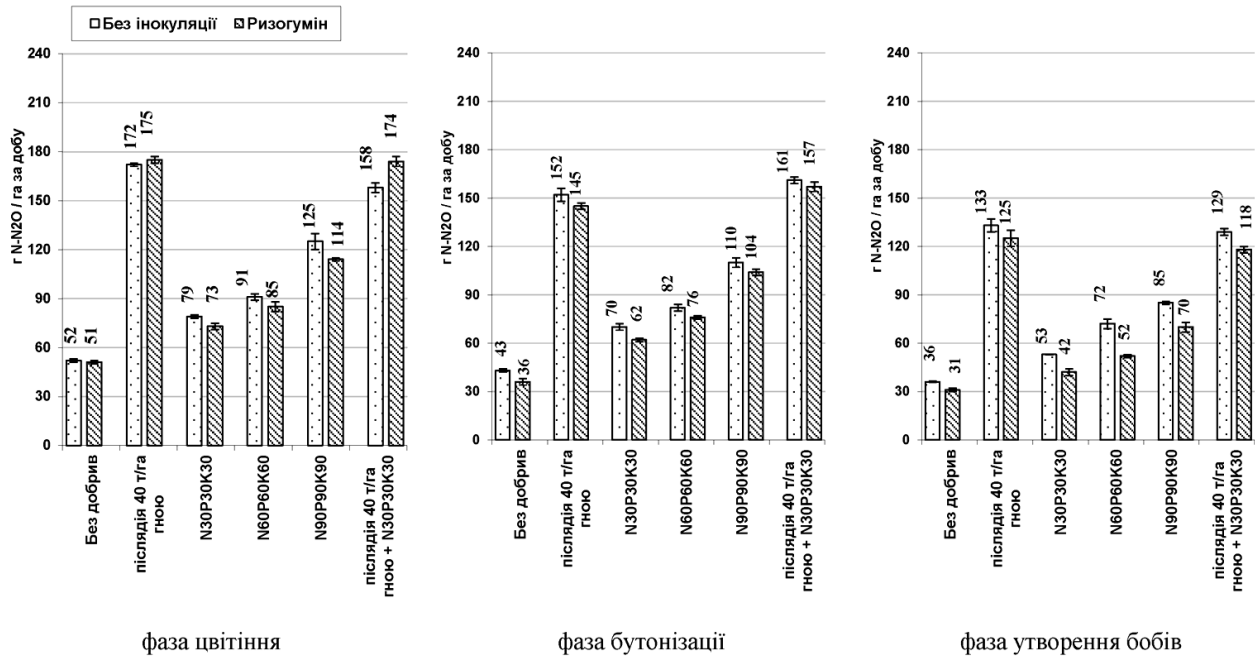


Рис. 5. Емісія N<sub>2</sub>O з ґрунту під горохом залежно від добрив та Ризогуміну

**Емісія CO<sub>2</sub> в агроценозах гороху за впливу добрив та передпосівної бактеризації.** Встановлено високий рівень емісії CO<sub>2</sub> у варіантах з післядією 40 т/га гною та з післядією 40 т/га гною + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. Це може бути пов'язано як зі значною кількістю целюлози, привнесеної з гноем у попередні роки, так і з активізацією мікробіологічної активності за рахунок надходження при цьому великої кількості мікроорганізмів до ґрунту. Емісія діоксиду вуглецю підвищується по мірі збільшення норм мінеральних добрив. При цьому застосування Ризогуміну сприяє обмеженню емісії CO<sub>2</sub> (особливо у варіантах з внесенням N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> і N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>). Відмічене зниження можна пояснити оптимізацією азотного живлення рослин, за якого засвоєння CO<sub>2</sub> рослинами може зростати. Про це опосередковано свідчать результати визначення площі асиміляційної поверхні рослин та вміст фотосинтетичних пігментів у листках.

Отже, оптимальним за впливом на перебіг біологічних процесів трансформації азоту та вуглецю в агроценозах з горохом є застосування в технології вирощування культури невисоких норм мінеральних добрив (N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>); доцільним є також внесення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Використання Ризогуміну по зазначених агрофонах сприяє оптимізації перебігу біологічних процесів.

## ПРОДУКТИВНІСТЬ КАРТОПЛІ І ГОРОХУ ЗА ВПЛИВУ ДОБРИВ ТА БІОПРЕПАРАТІВ

**Продуктивність картоплі за впливу добрив і Біограну.** Отримані результати (табл. 3) свідчать, що показники найбільшої продуктивності культури не співпадають з оптимальними параметрами розвитку і функціонування агрономічно цінних мікроорганізмів кореневої сфери (за виключенням варіанту з гноем) та перебігу біологічної трансформації азоту і вуглецю, що описано нами вище.

За умови пошуку компромісу між екологічним станом агроценозу і його продуктивністю доцільним при вирощуванні картоплі на чорноземі вилуженому є застосування 40 т/га гною ВРХ, а також внесення мінеральних добрив у нормах, що не перевищують  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . За використання мінеральних добрив у зазначених кількостях неможливо отримати максимальну урожайність культури, проте ситуація значною мірою поліпшується за використання мікробного препарату по цих агрофонах. Так, застосування Біограну по фонах  $N_{40}P_{40}K_{40}$  і  $N_{80}P_{80}K_{80}$  забезпечує приріст продуктивності культури на 11 % і 10 % (2,3 і 2,4 т/га відповідно) і є одним із найефективніших поєднань досліджуваних чинників.

Відмітимо, що використання біопрепарату по фону  $N_{80}P_{80}K_{80}$  сприяє отриманню рівня урожайності картоплі, який наближається до показників варіанту з внесенням  $N_{120}P_{120}K_{120}$ .

Проте в першому випадку маємо екологічно сприятливі умови в агроценозі, на відміну від другого. Ефективність Біограну суттєво нижча при застосуванні на фонах, де використовували гній.

Включення до технології вирощування картоплі Біограну сприяє суттєвому зниженню вмісту нітратів у бульбах, зростанню вмісту крохмалю та аскорбінової кислоти.

**Урожайність гороху та якість продукції за впливу біотичних та абіотичних чинників.** Урожайність гороху найбільшою мірою зростає за внесення мінеральних добрив у нормах  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та  $N_{90}P_{90}K_{90}$ . Проте слід відмітити, що віддача урожаєм найвищої в досліді норми порівняно з середньою невисока (табл. 4). Другого року післядія гною також не у всі роки досліджень забезпечує статистично достовірний приріст урожаю.

Суттєво коригує ситуацію застосування Ризогуміну. Так, приріст від інокуляції знаходиться в межах 0,3–0,5 т/га. Найбільше зростання урожайності від застосування Ризогуміну спостерігається по фону найменшої норми мінеральних добрив – 18,5 %. Урожайність при цьому складає 3,2 т/га, що дорівнює найвищому показникові у блоці варіантів без використання препарату.

Вплив Ризогуміну на урожайність культури еквівалентний дії мінеральних добрив у нормі, не меншій за  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . Так, у варіанті  $N_{30}P_{30}K_{30}$  + Ризогумін урожайність у середньому склала 3,2 т/га, такий же рівень відмічено при застосуванні середньої і найвищої в досліді норм мінеральних добрив, але без бактеризації. Використання біопрепарату по фону  $N_{60}P_{60}K_{60}$  дозволило отримати урожайність на рівні 3,5 т/га. Такого рівня не вдалося досягнути у блоці без бактеризації по жодному з досліджуваних агрофонів.

Визначення вмісту білка в зерні гороху демонструє збільшення показників по всіх випробуваних агрофонах. Найбільшою мірою синтез білка залежав від мінерального живлення рослин. Істотний вплив на вміст білка в зерні має також застосування Ризогуміну. Винятком є лише варіант другого року післядія гною, де біопрепарат не вплинув на досліджуваний показник.

Таблиця 3.

## Вплив добрив та бактеризації на урожайність картоплі

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га						Приріст від добрив (у т. ч. при взаємодії з Біограном)		Приріст від інокуляції	
	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	середнє	т/га	%	т/га	%
<i>Без бактеризації</i>										
Без добрив (контроль)	17,4	18,3	12,9	15,5	14,0	15,6	-	-	-	-
40 т/га гною	31,3	32,0	20,7	30,3	21,4	27,1	11,5	73,7	-	-
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	23,4	24,3	17,3	23,3	16,5	21,0	5,4	34,6	-	-
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	24,7	27,3	20,9	28,8	17,6	23,9	8,3	53,2	-	-
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	31,4	33,3	24,3	31,0	21,2	28,2	12,6	80,8	-	-
40 т/га гною + N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	33,8	34,3	24,4	33,5	22,7	29,7	14,1	90,4	-	-
<i>З Біограном</i>										
Без добрив	18,9	20,1	13,4	16,9	15,6	17,0	-	-	1,4	9,0
40 т/га гною	31,7	32,9	20,8	31,2	22,3	27,8	12,2	78,2	0,7	2,3
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	25,8	27,6	19,7	25,3	17,9	23,3	7,7	49,4	2,3	11,0
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	27,7	29,9	22,6	30,6	20,9	26,3	10,7	68,6	2,4	10,0
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	32,9	35,0	25,9	32,2	27,2	30,6	15,0	95,2	2,4	8,5
40 т/га гною + N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	34,6	35,7	25,5	34,5	23,4	30,7	15,1	96,8	1,0	3,4
НІР <sub>05</sub> по досліді	1,87	1,78	2,82	2,87	1,57					
для агрофонів	1,08	1,09	1,99	1,86	1,11					
для інокуляції та взаємодії	0,76	0,74	1,00	0,99	0,59					

Таблиця 4.

## Вплив добрив та бактеризації на урожайність гороху

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га						Приріст від добрив (у т. ч. при взаємодії з біопрепаратом)		Приріст від інокуляції	
	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	середнє	т/га	%	т/га	%
<i>Без бактеризації</i>										
Без добрив (контроль)	2,6	1,5	1,9	2,7	2,1	2,2	-	-	-	-
40 т/га гною (другого року післядія)	-	-	2,3	3,1	2,2	2,5	0,3	13,6	-	-
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	3,0	1,8	2,8	3,7	2,4	2,7	0,5	22,7	-	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,3	2,0	3,2	3,9	2,9	3,1	0,9	40,9	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	3,4	2,1	3,4	4,0	2,9	3,2	1,0	45,5	-	-
40 т/га гною (другого року післядія) + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	-	-	2,8	3,8	2,4	3,0	0,8	36,4	-	-
<i>Інокуляція Ризогуміном</i>										
Без добрив	3,1	1,9	2,3	2,9	2,3	2,5	-	-	0,3	13,6
40 т/га гною (другого року післядія)	-	-	2,5	3,5	2,3	2,8	0,6	27,3	0,3	12,0
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	3,7	2,1	3,3	4,2	2,8	3,2	1,0	45,5	0,5	18,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,9	2,3	3,5	4,4	3,2	3,5	1,3	59,1	0,4	12,9
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	4,0	2,3	3,6	4,6	3,3	3,6	1,4	63,6	0,4	12,5
40 т/га гною (другого року післядія) + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	-	-	3,1	4,2	2,8	3,4	1,2	54,5	0,4	13,3
НІР <sub>05</sub>	по досліді	0,28	0,25	0,29	0,44	0,19				
	для агрофонів	0,16	0,13	0,17	0,31	0,12				
	для інокуляції та взаємодії	0,12	0,12	0,14	0,17	0,09				

## ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИДІВ І НОРМ УДОБРЕННЯ КАРТОПЛІ І ГОРОХА

В умовах ринку одним із важливих критеріїв доцільності застосування певних агрозаходів є їхня економічна оцінка.

Окупність додаткових витрат додатковим урожаєм картоплі при застосуванні Біограну по фоні найменшої в досліді норми мінеральних добрив дорівнює показникам, отриманим по фоні внесення гною – 3,27 грн. на одну потрачену гривню. Підвищення рівнів мінерального удобрення картоплі призводить до зменшення економічної ефективності за рахунок високої вартості туків.

Компроміс між екологічними вимогами і економічним зиском може бути вирішеним при вирощуванні культури за внесення  $N_{80}P_{80}K_{80}$  і застосування Біограну. Післядія гною є ідеальним в економічному розумінні агрофоном для вирощування гороху, оскільки при цьому немає жодних витрат на удобрення. Використання мінеральних добрив під горох є збитковим, навіть за використання найменшої норми туків. За цих умов ситуацію виправляє застосування Ризогуміну. Поєднання біопрепарату з мінеральними добривами стає економічно вигідним за внесення  $N_{30}P_{30}K_{30}$  та  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Поряд з економічною оцінкою ефективності агрозаходів важливою є енергетична оцінка. Найбільші значення коефіцієнту енергетичної ефективності додаткових витрат енергії отримано за вирощування картоплі по фоні  $N_{40}P_{40}K_{40}$  з використанням Біограну. Високий рівень енергетичної ефективності спостерігається також і при застосуванні препарату по фоні  $N_{80}P_{80}K_{80}$  (і навіть по фоні найвищої в досліді норми мінеральних добрив).

Серед мінеральних агрофонів при вирощуванні гороху найвищий рівень енергетичної ефективності (на рівні показників органічного удобрення) має середній. Застосування Ризогуміну сприяє значному підвищенню енергетичної ефективності в усіх досліджуваних варіантах за рахунок меншого зростання витрат антропогенної енергії із розрахунку на 1 га у порівнянні з підвищенням урожайності. При цьому показники, отримані для мінеральних агрофонів (за виключенням найвищого) перевершують значення, одержані для органічного фоні.

### ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне та практичне обґрунтування можливостей визначення екологічної доцільності норм і видів удобрення сільськогосподарських культур (на прикладі картоплі і гороху) за використання методів біологічної індикації. За дотримання норм добрив, які не перевищують фізіологічних потреб культур, та використання мікробних препаратів в агроценозах обмежуються втрати газоподібних сполук азоту і вуглецю і досягаються економічно обґрунтовані рівні продуктивності культур.

1. Біологічні методи індикації доцільності рівнів удобрення картоплі свідчать про їх високу показовість, особливо за комплексного застосування. Серед досліджених біологічних тестів важливим є визначення в динаміці чисельності мікроорганізмів азотного циклу, у першу чергу, азотфіксувальних та денітрифікувальних. Високою точністю характеризується польовий

газохроматографічний метод визначення емісії  $N_2O$ , проте він громіздкий і його застосування вимагає додаткового обладнання. Надійним і відносно не складним для практичного втілення є визначення спрямованості процесів біологічної трансформації азоту за дослідження динаміки потенційної активності азотфіксації та денітрифікації в ризосферному ґрунті рослин.

2. При вирощуванні картоплі на чорноземі вилуженому доцільним є застосування для удобрення 40 т/га гною ВРХ (хоча і з певним застереженням, зважаючи на високий рівень емісії  $N_2O$ ). Екологічно раціональним є застосування мінеральних добрив у нормах, що не перевищують  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . При цьому оптимізуються процеси біологічної трансформації азоту і вуглецю. Застосування високої в досліді норми мінеральних добрив ( $N_{120}P_{120}K_{120}$ ) небажане через значні втрати газоподібних сполук азоту. Органо-мінеральне удобрення культури (40 т/га гною +  $N_{80}P_{80}K_{80}$ ) є екологічно недоцільним і потребує перегляду щодо частки в ньому мінерального азоту.

3. Застосування мікробного препарату Біограну при вирощуванні картоплі є потужним чинником оптимізації біологічних процесів в агроценозах та інтенсифікації продукційного процесу культури за умови її вирощування по мінеральних агрофонах, що не перевищують  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . При цьому активізується розвиток азотфіксувальних бактерій і обмежується діяльність денітрифікувальних мікроорганізмів, суттєво зменшується емісія  $N_2O$  і  $CO_2$ , зростає фотосинтетична діяльність рослин картоплі. Урожайність культури за вирощування по фону  $N_{80}P_{80}K_{80}$  і застосування Біограну в середньому зростає на 2,4 т/га (10,0 %) і наближається до рівня продуктивності, отриманому за внесення  $N_{120}P_{120}K_{120}$ . Ефективність біопрепарату, застосованого по найвищому в досліді мінеральному агрофону, зменшується. Позитивна дія Біограну нівелюється за використання по органічному та орґано-мінеральному агрофонах.

4. Включення до технології вирощування картоплі Біограну сприяє суттєвому зниженню вмісту нітратів у бульбах, зростанню вмісту крохмалю та аскорбінової кислоти.

5. При обґрунтуванні доцільності рівнів азотного удобрення гороху важливою та інформативною є оцінка не лише динаміки формування бобово-ризобіального симбіозу, а і його функціонування, а також емісії  $N_2O$  і  $CO_2$ .

6. Оптимальним за впливом на перебіг біологічних процесів трансформації азоту та вуглецю в агроценозах з горохом є застосування в технології вирощування культури невисоких норм мінеральних добрив ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ); доцільним є також внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Використання Ризогуміну по зазначених агрофонах сприяє зростанню активності азотфіксації на 16–24 %, зменшенню емісії  $N_2O$  на 11–12 % та емісії  $CO_2$  на 3,5–10 %.

7. Застосування Ризогуміну для передпосівної бактеризації насіння сприяє зростанню продуктивності культури по всіх досліджених агрофонах. Приріст урожаю складає 12–18 %. Вплив біопрепарату на урожайність гороху при вирощуванні культури на екологічно сприятливих фонах удобрення еквівалентний дії мінеральних добрив у нормі не менше  $N_{30}P_{30}K_{30}$ .

8. Окупність додаткових витрат додатковим урожаєм картоплі при застосуванні Біограну по фону найменшої в досліді норми мінеральних добрив

дорівнює показникам, отриманим по фоні внесення гною – 3,27 грн. на одну потрачену гривню. Підвищення рівнів мінерального удобрення картоплі призводить до зменшення економічної ефективності за рахунок високої вартості туків. Компроміс між екологічними вимогами і економічним зиском може бути вирішеним при вирощуванні культури за внесення  $N_{80}P_{80}K_{80}$  і застосування Біограну.

Найбільші значення коефіцієнту енергетичної ефективності додаткових витрат енергії отримано за вирощування картоплі по фоні  $N_{40}P_{40}K_{40}$  з використанням Біограну. Високий рівень енергетичної ефективності спостерігається також і при застосуванні препарату по фоні  $N_{80}P_{80}K_{80}$  (і навіть по фоні найвищої в досліді норми мінеральних добрив).

9. Післядія гною є ідеальним в економічному розумінні агрофоном, оскільки при цьому немає жодних витрат на удобрення. Використання мінеральних добрив під горох є збитковим, навіть за використання найменшої норми туків. За цих умов ситуацію виправляє застосування Ризогуміну. Поєднання біопрепарату з мінеральними добривами стає економічно вигідним за внесення  $N_{30}P_{30}K_{30}$  та  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Безальтернативність передпосівної бактеризації насіння гороху підтверджується також і розрахунками коефіцієнту енергетичної ефективності додаткових витрат енергії.

## ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

При вирощуванні картоплі на чорноземі вилуженому екологічно та економічно доцільним є внесення 40 т/га гною, або застосування мінеральних добрив у нормах, що не перевищують  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . Перевищення рівня туків небажане, зважаючи як на екологічні показники, так і на відносно невисокі прирости урожайності культури. За вирощування картоплі по фонах, які не перевищують  $N_{80}P_{80}K_{80}$ , ефективним є застосування мікробного препарату Біограну. Ефективність біопрепарату по органічному фоні нівелюється, тож його застосування за цих умов недоцільне.

Екологічно та економічно доцільним є вирощування гороху на чорноземі вилуженому по фоні післядії гною ВРХ, а також за внесення невисокої норми мінеральних добрив ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) з обов'язковим використанням такого агроприйому як передпосівна інокуляція насіння Ризогуміном. Доцільним (хоча економічно менш виправданим) є підвищення норм мінеральних добрив до  $N_{60}P_{60}K_{60}$  за умови застосування біопрепарату.

## СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у фахових наукових виданнях України:

1. Волкогон В. В. Активність азотфіксації, емісія  $N_2O$  та  $CO_2$  в агроценозах гороху за дії добрив і передпосівної бактеризації / В. В. Волкогон, М. А. Журба // Сільськогосподарська мікробіологія. — 2013. — Вип. 18. — С. 16–29. (Проведення польових досліджень активності азотфіксації, емісії  $N_2O$  та  $CO_2$ , підготовка статті до друку).

2. Волкогон В. В. Направленість біологічних процесів у кореневій зоні рослин картоплі за дії добрив та біопрепарату / [В. В. Волкогон, М. А. Журба, С. Б. Дімова, Л. М. Токмакова, К. І. Волкогон, О. І. Проценко] // Сільськогосподарська мікробіологія. — 2014. — Вип. 19. — С. 3–10. (*Газохроматографічне визначення активності азотфіксації та денітрифікації*).

3. Журба М. А. Вплив добрив та біологічного препарату Біограну на вертикальну міграцію сполук біогенних елементів за вирощування картоплі / М. А. Журба, Л. В. Потапенко // Сільськогосподарська мікробіологія. — 2014. — Вип. 20. — С. 3–6. (*Проведення дослідів, підготовка статті до друку*).

4. Волкогон В. В. Біологічні аспекти систем удобрення сільськогосподарських культур / [В. В. Волкогон, С. Б. Дімова, К. І. Волкогон, Л. М. Токмакова, М. А. Журба, Ю. М. Халеп, Н. П. Штанько, Н. В. Луценко] // Сільськогосподарська мікробіологія. — 2015. — Вип. 22. — С. 13–29. (*Газохроматографічне визначення активності азотфіксації, емісії  $N_2O$  і  $CO_2$* ).

#### **Статті в іноземних виданнях:**

5. Журба М. А. Влияние удобрений и биологического препарата «Ризогумин» на активность азотфиксации и эмиссию  $N_2O$  в агроценозах с горохом / М. А. Журба, В. В. Волкогон // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — Барнаул, 2014. — № 8 (118). — С. 9–25. (*Проведення польових досліджень активності азотфіксації, та емісії закису азоту в агроценозах гороху, підготовка статті до друку*).

#### **Методичні рекомендації:**

6. Мікробіологічні аспекти продукційного процесу сільськогосподарських культур за органічної системи землеробства : науково-практичні рекомендації / [В. В. Волкогон, Л. М. Токмакова, К. І. Волкогон, С. Е. Дегодюк, П. В. Ковпак, А. О. Трепач, І. В. Ларченко, О. П. Тимошенко, О. П. Лепеха, М. А. Журба, Н. В. Литвинова]. — Чернігів, 2015. — 39 с. (*Інструментальне визначення активності біологічних процесів у ґрунті*).

7. Обґрунтування екологічної доцільності систем удобрення сільськогосподарських культур за показниками біологічної трансформації азоту в ґрунті / [В. В. Волкогон, А. С. Заришняк, Л. А. Пилипенко, С. Б. Дімова, К. І. Волкогон, М. А. Журба, Н. П. Штанько, Н. В. Луценко]. — Київ, 2015. — 39 с. (*Інструментальне визначення активності біологічних процесів у ґрунті*).

8. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях. Науково-практичні рекомендації / [В. В. Волкогон, А. С. Заришняк, Л. А. Пилипенко, ... М. А. Журба та ін.] ; за ред. В. В. Волкогона. — Київ, 2015. — 248 с. (*Визначення активності біологічних процесів у ґрунтах за дії мікробних препаратів*).

#### **Статті в інших наукових виданнях:**

9. Журба М. А. Активність азотфіксації та емісія  $N_2O$  в агроценозах гороху за дії добрив та передпосівної бактеризації / М. А. Журба, В. В. Волкогон // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. — 2014. — № 3(60). — С. 75–79. (*Проведення польових досліджень активності азотфіксації, та емісії  $N_2O$  в агроценозах гороху, аналіз та узагальнення результатів, підготовка статті до друку*).

### Матеріали конференцій:

10. Журба М. А. Вплив біологічних препаратів та систем удобрення на емісію CO<sub>2</sub> в агроценозах з картоплею та горохом / М. А. Журба, М. С. Комок // Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві : матеріали ІХ наукової конференції молодих вчених (26–27 листопада 2013 р., м. Чернігів). — Чернігів, 2013 — С. 63–64. (*Проведення досліджень впливу біологічних препаратів та систем удобрення на емісію вуглекислого газу, аналіз одержаних результатів*).

11. Журба М. Вплив мінеральних добрив та мікробного препарату Ризогуміну на емісію N<sub>2</sub>O та CO<sub>2</sub> в агроценозах з горохом / М. Журба, М. Комок, В. Волкогон // Молодь і поступ біології : збірник тез ІХ міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів (16–19 квітня 2013 р., м. Львів). — Львів, 2013. — С. 295–296. (*Проведення досліджень впливу мінеральних добрив та біопрепарату на емісію закису азоту та вуглекислого газу, підготовка тез*).

12. Журба М. А. Вплив систем удобрення на емісію CO<sub>2</sub> з ґрунту при вирощуванні картоплі та гороху / М. Журба, М. С. Комок, В. В. Волкогон // Біотехнологія: звершення та надії : ІІ Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених (16–17 травня 2013 р., м. Київ). — Київ, 2013. — С. 23–24. (*Визначення впливу систем удобрення на емісію вуглекислого газу в агроценозах з картоплею та горохом, аналіз одержаних результатів*).

13. Токмакова Л. М. Біологічна індикація доцільності систем удобрення сільськогосподарських культур / [Л. М. Токмакова, В. В. Волкогон, П. В. Ковпак, К. І. Волкогон, А. О. Трепач, С. Б. Дімова, М. А. Журба] // ХІІІ з'їзд товариства мікробіологів України ім. С. М. Виноградського : тези доповідей (м. Ялта, 1–6 жовтня 2013 р.). — Ялта, 2013. — С. 206. (*Визначення спрямованості процесів біологічної трансформації азоту за дії добрив*).

14. Журба М. А. Емісія N<sub>2</sub>O в агроценозах картоплі та гороху за впливу добрив та біологічних препаратів / М. А. Журба, В. В. Волкогон // Перспективні напрями розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва: матеріали ІV міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (м. Тернопіль, 18–19 вересня 2014 р.). — С. 41–43. (*Планування та проведення польових досліджень впливу систем удобрення та біологічних препаратів на емісію закису азоту*).

15. Журба М. А. Вплив удобрення та мікробного препарату Ризогуміну на симбіотичну азотфіксацію та емісію N<sub>2</sub>O в агроценозах гороху / М. А. Журба, В. В. Волкогон // Селекція та генетика бобових культур: сучасні аспекти та перспективи : тези міжнародної наукової конференції (23–26 червня 2014 р., м. Одеса). — Одеса : Астропринт, 2014. — С. 243–245. (*Газохроматографічне визначення активності процесу азотфіксації*).

16. Журба М. А. Емісія N<sub>2</sub>O та CO<sub>2</sub> в агроценозах гороху за впливу добрив та біологічного препарату / М. А. Журба, В. В. Волкогон // Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: Х наукова конференція молодих вчених (м. Чернігів, 22–24 жовтня 2014 р.) — Чернігів : Сівер-Друк, 2014. — С. 66–68. (*Інструментальне дослідження активності біологічних процесів*).

17. Волкогон В. В. Микроорганизмы и корневое питание культурных растений / В. В. Волкогон, М. А. Журба // Теория, практика и перспективы применения биологически активных соединений в сельском хозяйстве : сборник материалов XI Международной научно-практической конференции daRostim (Сыктывкар, 17–19 июня 2015 г.). — Сыктывкар : Институт химии Коми НЦ Уро РАН, 2015. — С.38–39. (*Проведення польових досліджень*).

18. Volkogon V. V. Biological testing of environmental appropriateness of nitrogen fertilizers use in crop growing technologies / [V. V. Volkogon, K. I. Volkogon, I. H. Chuchvaha, M. A. Zhurba] // Microbiological aspects of optimizing the production process of cultured crops. Proc. of the International Scientific and Practical Internet Conference (Chernihiv, June 16–18, 2015). — Chernihiv – Nizhyn : Publisher PE Lysenko N. M. — 2015. — P. 21–22. (*Дослідження активності біологічних процесів у ґрунті*).

19. Zhurba M. A. Biological denitrification in the soils of agrocenoses upon combination of microbial preparations with nitrogen fertilizers / M. A. Zhurba, K. I. Volkogon // Microbiological aspects of optimizing the production process of cultured crops. Proc. of the International Scientific and Practical Internet Conference (Chernihiv, June 16–18, 2015). — Chernihiv – Nizhyn : Publisher PE Lysenko N. M. — 2015. — P. 23–24. (*Інструментальне визначення активності біологічної денітрифікації*).

20. Zhurba M. A. Carbon sequestration in potato agrocenoses under the influence of different fertilization system of and biological preparation Biogran / M. A. Zhurba // Microbiological aspects of optimizing the production process of cultured crops. Proc. of the International Scientific and Practical Internet Conference (Chernihiv, June 16–18, 2015). — Chernihiv – Nizhyn : Publisher PE Lysenko N. M. — 2015. — P. 24–25.

## АНОТАЦІЯ

**Журба М. А. Біологічна індикація екологічної доцільності видів і норм удобрення картоплі та гороху – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.07 – мікробіологія. – Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, Чернігів, 2017.

У дисертаційній роботі представлено результати дослідження особливостей формування угруповань мікроорганізмів, спрямованості процесів біологічної трансформації азоту у ризосферному ґрунті рослин картоплі і гороху, емісії N<sub>2</sub>O і CO<sub>2</sub> в агроценозах за впливу різних видів і норм добрив та використання мікробних препаратів, що дає можливість обґрунтування екологічно доцільного удобрення при вирощуванні культур на чорноземі вилуженому.

За результатами досліджень встановлено, що біологічні методи індикації доцільності рівнів азотного удобрення картоплі та гороху є інформативними, особливо за комплексного застосування. Надійним і відносно не складним для практичного втілення є визначення спрямованості процесів біологічної трансформації азоту за дослідження динаміки потенційної активності азотфіксації та денітрифікації в ризосферному ґрунті рослин. При обґрунтуванні доцільності

рівнів азотного удобрення гороху важливою та інформативною є оцінка не лише динаміки формування бобово-ризобіального симбіозу, а і його функціонування.

При вирощуванні картоплі на чорноземі вилуженому екологічно доцільним є застосування для удобрення 40 т/га гною ВРХ або мінеральних добрив у нормах, що не перевищують  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . При цьому оптимізуються процеси біологічної трансформації азоту і вуглецю. Висока норма мінеральних добрив ( $N_{120}P_{120}K_{120}$ ) є неприйнятною з екологічної точки зору. Органо-мінеральне удобрення культури (40 т/га гною +  $N_{80}P_{80}K_{80}$ ) є екологічно недоцільним і потребує перегляду щодо частки в ньому мінерального азоту. Застосування мікробного препарату Біограну при вирощуванні картоплі є потужним чинником оптимізації біологічних процесів в агроценозах та інтенсифікації продукційного процесу культури за вирощування культури по мінеральних агрофонах, що не перевищують  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . Позитивна дія Біограну нівелюється за використання по органічному та органо-мінеральному агрофонах.

Оптимальним за впливом на перебіг біологічних процесів трансформації азоту та вуглецю в агроценозах з горохом є застосування в технології вирощування культури невисоких норм мінеральних добрив ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ); доцільним є також внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Використання Ризогуміну по зазначених агрофонах сприяє оптимізації перебігу процесів біологічної трансформації сполук азоту і вуглецю. Вплив біопрепарату на урожайність гороху при вирощуванні культури на екологічно сприятливих агрофонах еквівалентний дії мінеральних добрив у нормі не менше  $N_{30}P_{30}K_{30}$ .

**Ключові слова:** азотфіксація, денітрифікація, емісія  $N_2O$  і  $CO_2$ , норми і види добрив, картопля, горох, мікробні препарати.

## АННОТАЦИЯ

**Журба М. А. Биологическая индикация экологической целесообразности видов и норм удобрения картофеля и гороха – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 03.00.07 – микробиология. – Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, Чернигов, 2017.

В диссертационной работе представлены результаты исследований особенностей формирования сообществ микроорганизмов, направленности процессов биологической трансформации азота в ризосферной почве растений картофеля и гороха, эмиссии  $N_2O$  и  $CO_2$  в агроценозах под влиянием различных видов и норм удобрений и применения микробных препаратов, что дает возможность обосновать экологически целесообразные принципы удобрения культур при выращивании на черноземе выщелоченном.

По результатам исследований показано, что биологические методы индикации целесообразности уровней удобрения картофеля и гороха являются информативными, особенно при комплексном применении. Среди исследованных биологических тестов важным является определение в динамике численности микроорганизмов азотного цикла, в первую очередь, азотфиксирующих и денитрифицирующих. Высокой точностью характеризуется полевой

газохроматографический метод изучения активности азотфиксации и эмиссии  $N_2O$ , однако он довольно сложен и требует дополнительного оборудования. Надежным и относительно несложным для практического применения является определение направленности процессов биологической трансформации азота при изучении в динамике потенциальной активности азотфиксации и денитрификации в ризосферной почве растений. При обосновании целесообразности уровней азотного удобрения гороха важной и информативной является оценка не только динамики формирования бобово-ризобиального симбиоза, но и его функционирования, а также эмиссии  $N_2O$  и  $CO_2$ .

При выращивании картофеля на черноземе выщелоченном целесообразным является внесение 40 т/га навоза ВРХ (хотя и с предостережением, учитывая высокий уровень эмиссии  $N_2O$ ). Экологически рациональным является применение минеральных удобрений в нормах, не превышающих  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . При этом оптимизируются процессы биологической трансформации азота и углерода. Высокая норма минеральных удобрений в опыте ( $N_{120}P_{120}K_{120}$ ) является неприемлемой с экологической точки зрения. Органо-минеральное удобрение культуры (40 т/га навоза +  $N_{80}P_{80}K_{80}$ ) является экологически нецелесообразным и требует пересмотра относительно количества в нем минерального азота.

Применение микробного препарата Биограна при выращивании картофеля является мощным фактором оптимизации биологических процессов в агроценозах и интенсификации продукционного процесса культуры при выращивании по минеральным агрофонам, не превышающих  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . При этом существенно уменьшается эмиссия  $N_2O$  и  $CO_2$ , возрастает фотосинтетическая активность растений. Биопрепарат, примененный по высокому агрофону ( $N_{120}P_{120}K_{120}$ ), не обеспечивает желаемого эффекта. Положительное действие Биограна нивелируется при выращивании культуры по органическому и органо-минеральному агрофонам.

Оптимальным по влиянию на динамику биологических процессов трансформации азота и углерода в агроценозах гороха является применение в технологии выращивания культуры невысоких норм минеральных удобрений ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ); целесообразным является также внесение  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Ризогумин при выращивании гороха по данным агрофонам способствует оптимизации процессов биологической трансформации соединений азота и углерода.

Влияние биопрепарата на урожайность гороха при выращивании культуры на экологически целесообразных агрофонах эквивалентно действию минеральных удобрений в норме не меньше  $N_{30}P_{30}K_{30}$ .

**Ключевые слова:** азотфиксация, денитрификация, эмиссия  $N_2O$  и  $CO_2$ , нормы и виды удобрений, картофель, горох, микробные препараты.

## SUMMARY

**Zhurba M. A. The biological indication of environmental feasibility of fertilizer types and doses used for cultivation of potatoes and peas. – Manuscript.**

Dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences in speciality 03.00.07 – microbiology. – Institute for Agricultural Microbiology and Agricultural Production NAAS, Chernihiv, 2017.

The dissertation covers the research results of formation peculiarities of microorganisms' groups and aspects of biological nitrogen transformation in rhizosphere soil of potato and pea plants, as well as the emissions of  $N_2O$  and  $CO_2$  in agroecosystems under the influence of different types and doses of fertilizers solely and in combination with microbial preparations, which provides grounds for the environmentally appropriate fertilization practices at crops cultivation on leached chernozem.

The data obtained had shown the informativeness of biological indication methods used for evaluation of feasibility of nitrogen fertilization levels of potato and pea crops, especially at complex applications. Determination of the aspects of biological nitrogen transformation and dynamics of the potential nitrogen fixation and denitrification activity in the rhizosphere soil of plants was confirmed to be a reliable and relatively unsophisticated process to be used on practice. In case of peas, the rationale of nitrogen fertilization levels is grounded on evaluation of not only the dynamics of formation of legume-rhizobial symbiosis, but also on its functioning.

Environmentally appropriate fertilization of potatoes grown on leached chernozem was established to be within the 40 t/ha of cattle manure application or mineral fertilizer in doses, not exceeding  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . At this fertilization levels the optimization of biological nitrogen and carbon transformation was observed. The highest rate of fertilizers ( $N_{120}P_{120}K_{120}$ ) was shown to be unacceptable from an environmental point of view. Application of organic and mineral fertilizers (40 t/ha manure +  $N_{80}P_{80}K_{80}$ ) was also shown to be environmentally inappropriate and demanding revision of mineral nitrogen norms. The use of microbial preparation Biogran on potatoes had ensure significant optimization of biological processes in agroecosystems and intensification of crop production process on mineral fertilization backgrounds not exceeding  $N_{80}P_{80}K_{80}$ . The positive action of Biogran was leveled when applied on organic and organo-mineral fertilization backgrounds.

Optimal, in terms of its impact on the biological processes of nitrogen and carbon transformation in pea agroecosystems, was use of low mineral fertilizers doses ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) in crop growing technologies. Application of mineral fertilizers at  $N_{60}P_{60}K_{60}$  norms is also advisable. Use of microbial preparation Rhizohumin on these fertilizing backgrounds enhances biological transformation of nitrogen and carbon. The observed impact of microbial preparation on pea productivity at crop cultivation on environmentally friendly backgrounds was equivalent at least to the application of  $N_{30}P_{30}K_{30}$  norms of fertilizer.

**Key words:** nitrogen fixation, denitrification,  $N_2O$  emission,  $CO_2$  emission, fertilizer doses and types, potatoes, peas, microbial preparations.