

УДК 579:24:579.64:579.66

МІКРОБІОЦЕНОЗ РИЗОСФЕРНОГО ҐРУНТУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БАКТЕРІЙ *AGROBACTERIUM RADIOBACTER* 204, АКТИВОВАНИХ НАНОКАРБОКСИЛАТАМИ МЕТАЛІВ

С. Ф. Козар, Т. А. Євтушенко, Т. О. Усманова, Є. П. Симоненко

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

Вивчено ефективність передпосівної інокуляції насіння пшениці озимої бактеріями *Agrobacterium radiobacter* 204, попередньо активованими нанокарбоксилатами металів, та препарату Аватар (комплекс мікроелементів — нанокарбоксилатів металів), застосованих разом і окремо. Поєднане застосування бактеризації та комплексу мікроелементів позитивно впливає на мікробіоценоз ризосферного ґрунту пшениці озимої: відзначено зростання чисельності амоніфікаторів (від 43,8 % до 77,1 %), азотфіксувальних бактерій (від 2,7 до 3,5 разів), при цьому зменшилася кількість мікроміцетів. Передпосівна бактеризація і застосування нанокарбоксилатів металів сприяє підвищенню потенційної азотфіксувальної активності ризосферного ґрунту та зростанню врожайності пшениці на 24,4 % у порівнянні з контрольним варіантом.

Ключові слова: *Agrobacterium radiobacter*, бактеризація, діазотрофи, нанокарбоксилати, азотфіксувальна активність, пшениця озима.

Перспективи вирішення проблеми дефіциту мікроелементів для оптимізації функціонування агроценозів з'явилися в результаті інтенсивного розвитку в останні роки нанотехнологій, серед яких вирізняється високою ефективністю спосіб отримання надчистих карбоксилатів металів [1].

Продукти, які отримуються за допомогою нанотехнологій, можуть мати властивості, що кардинально відрізняються від властивостей раніше отримуваних сполук [2]. Володіючи підвищеною потенційною активністю, нові нанопродукти і наноматеріали можуть бути використані у різних галузях, у тому числі в сільському господарстві, для підвищення ефективності виробництва. Так, перспективним є застосування нанокарбоксилатів у ветеринарії, зокрема для розробки антимікробних комплексів зовнішнього і внутрішнього використання, які не несуть ризиків для здоров'я тварин і людей [3]. Також передбачається, що нанокарбоксилати металів можуть активувати біологічні процеси в рослинах, чим забезпечиться підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Перспективним напрямом впливу на продуктивність агроценозів є також застосування мікробних препаратів на основі агрономічно корисних бактерій і мікроміцетів для передпосівної інокуляції насіння. Водночас вплив на мікроорганізми інокулюму карбоксилатів металів, отриманих за використання нанотехнологій, є маловивченим. У зв'язку з цим актуальними є дослідження особливостей впливу нанокарбоксилатів металів на активність азотфіксувальних бактерій, що в перспективі зможе підвищити їх ефективність при взаємодії з рослинами.

Матеріали й методи. Дослідження проводили з *Agrobacterium radiobacter* 204 (синонім *Rhizobium radiobacter* 204) [4], пшеницею озимою сорту Поліська 90 та нанокарбоксилатами металів, отриманими з використанням лимонної кислоти як хелатоутворювальної речовини [1]. Бактерії активували шляхом додавання у середовище для їх культивування раніше підібраного комплексу нанокарбоксилатів [5], до складу якого входили Цинк (Zn), Купрум (Cu), Манган (Mn), Ферум (Fe) та Молібден (Mo). Також вико-

ристовували препарат Аватар (ТУ У 24.1-37033728-001:2010) [1], який містив нанокарбоксилати Цинку (Zn), Купруму (Cu), Мангану (Mn), Феруму (Fe), Молибдену (Mo), Кобальту (Co), Магнію (Mg).

Висловлюємо щиро вдячність авторам за люб'язно наданий штам *A. radiobacter* 204 і нанокарбоксилати металів.

Ефективність бактеризації насіння пшениці сорту Поліська 90 бактеріями, активованими нанокарбоксилатами, вивчали упродовж 2015–2017 рр. у польовому досліді Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН на чорноземі вилуженому легкосуглинковому, який містить 2,8 % гумусу (за Тюрнімом); від 0,27 % до 0,31 % загального азоту; 15 мг / 100 г ґрунту P₂O₅ (за Кірсановим); від 13 мг / 100 г ґрунту до 16 мг / 100 г K₂O (за Масловою); рН_{вод} 5,9–6,5.

Схема польового досліді:

- без обробки насіння, контроль;
- бактеризація *A. radiobacter* 204 (позитивний контроль);
- мікроелементний комплекс Аватар;
- комплекс нанокарбоксилатів (для культивування *A. radiobacter* 204);
- бактеризація *A. radiobacter* 204 + Аватар при посіві;
- бактеризація *A. radiobacter* 204, культивованим у середовищі з нанокарбоксилатами;
- бактеризація *A. radiobacter* 204, культивованим у середовищі з нанокарбоксилатами + Аватар при посіві.

Площа облікової ділянки — 10 м². Повторність — 4-кратна.

Бактеризацію насіння пшениці проводили у день висіву у ґрунт. Розміщення ділянок у досліді рендомізоване. Агротехніка вирощування пшениці озимої загальноприйнята для зони Полісся [6].

Зразки ґрунту для аналізів відбирали з ризосфери рослин пшениці у фазах сходів, куціння, цвітіння, виходу в трубку та молочної стиглості.

Визначення потенційної активності азотфіксації (ПАА) в ризосферному ґрунті проводили ацетиленовим методом [7; 8] на газовому хроматографі «Chrom-5» з полум'яно-іонізаційним детектором. Сорбційні колонки зі сталі заповнювали сорбентом Porapak Q 60–80 mesh. Температура термостату 40 °С. Витрата газів: водню — 15 см³/хв.,

азоту — 100 см³/хв., повітря — 500 см³/хв.

Чисельність представників окремих фізіологічного-трофічних груп мікроорганізмів ризосферного ґрунту пшениці озимої визначали чашковим методом шляхом глибинного висіву на агаризовані середовища [9–11]: м'ясо-пептонний агар (МПА) для обліку мікроорганізмів, які використовують органічні форми азоту; крохмало-аміачний агар (КАА) — для мікроорганізмів, що засвоюють азот мінеральних сполук; середовище Ешбі — для азотфіксувальних бактерій. Кількість мікроміцетів визначали на підкисленому середовищі Чапека [9].

Біометричні показники рослин та врожайність пшениці озимої визначали згідно із загальноприйнятими методиками, описаними в літературі [12; 13].

Для статистичної обробки експериментальних даних використовували комп'ютерну програму Statistica 6.0. Планування і проведення польових дослідів проводили за Б. Доспеховим [14].

Результати та їх обговорення. У ході дослідження впливу бактерій, попередньо активованих нанокарбоксилатами металів, на ефективність взаємодії з рослинами пшениці встановлено, що за їх інтродукції підвищується потенційна азотфіксувальна активність (ПАА) у ризосферному ґрунті. Так, протягом усього вегетаційного періоду досліджуваній показник був найвищим у варіантах із бактеризацією та застосуванням нанокарбоксилатів металів (рис. 1). У фазі цвітіння ПАА була найвищою і збільшилась відносно контролю на 32,6 % за обробки *A. radiobacter* 204 та внесення Аватару при посіві, на 32,9 % — при використанні бактерій, культивованих у середовищі з нанокарбоксилатами. Однак, найефективнішим виявилось поєднання бактеризації *A. radiobacter* 204, активованим нанокарбоксилатами з обробкою Аватаром при посіві — азотфіксувальна активність у цьому варіанті перевищила показники контролю на 36,7 %. При цьому, у варіанті з передпосівною бактеризацією насіння пшениці *A. radiobacter* 204 (позитивний контроль) ПАА збільшилась у порівнянні з контрольним варіантом лише на 15,8 %.

У інші фази розвитку рослин азотфіксувальна активність була нижчою, ніж у фазі цвітіння, проте впродовж усього вегетаційного періоду рослин зберігались аналогічні вищеописаним особливості.

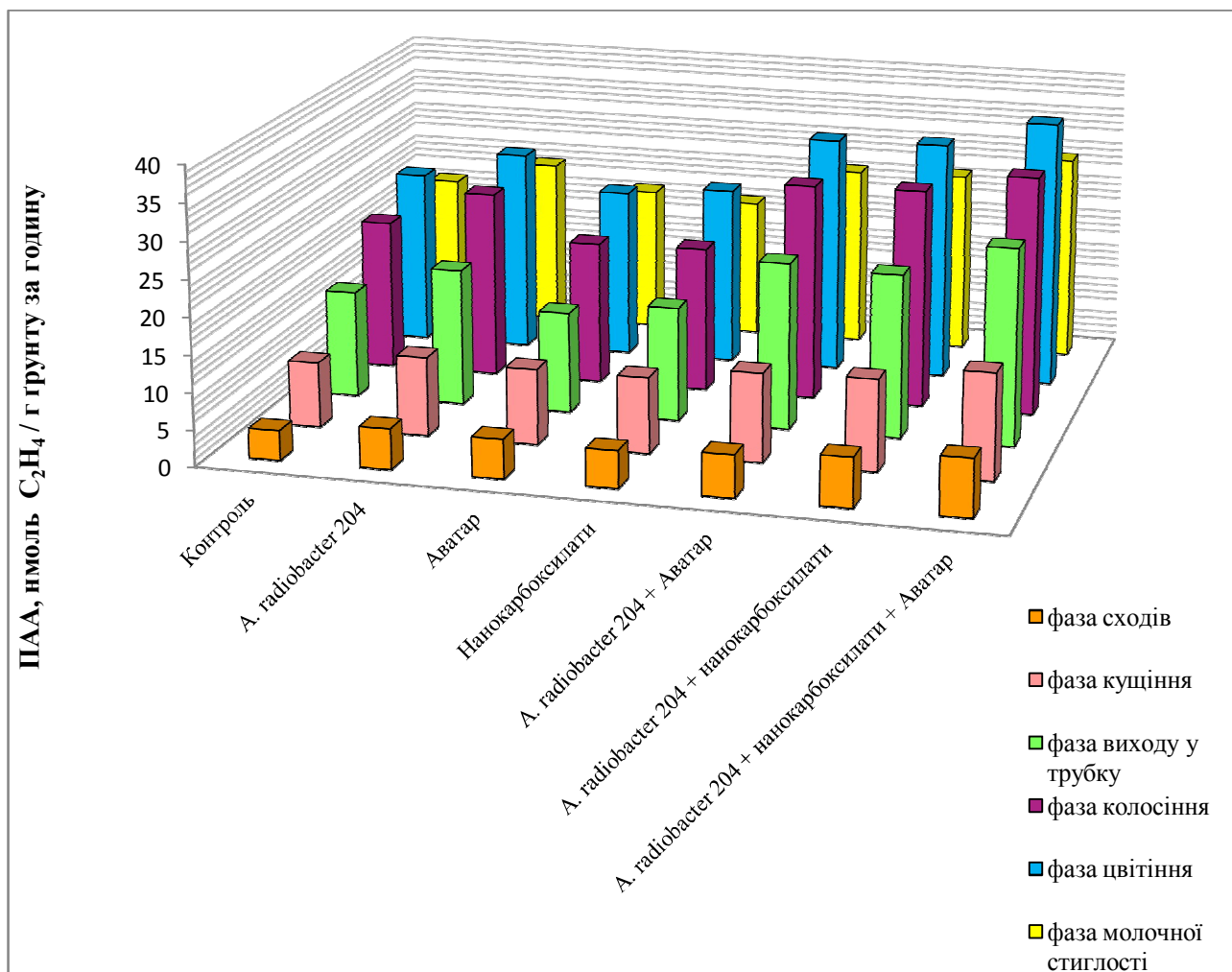


Рис. 1. Вплив передпосівної обробки насіння на потенційну азотфіксуючу активність ризосферного ґрунту рослин пшениці

Оцінка стану угруповань мікроорганізмів у ризосферному ґрунті рослин пшениці показала, що застосування нанокарбоксилатів сприяє підвищенню чисельності бактерій. Так, під час досліджень спостерігали збільшення чисельності амоніфікаторів у ґрунті в усіх дослідних варіантах. За бактеризації насіння нативним штамом *A. radiobacter* 204 з одночасною обробкою Аватаром їх кількість зросла у порівнянні з контролем на 43,8 %, у варіанті з використанням бактерій, активованих нанокарбоксилатами металів, — на 52,1 %, а за умови застосування *A. radiobacter* 204, попередньо культивованого з нанокарбоксилатами, та обробки перед висівом Аватаром — на 77,1 % (табл. 1).

Результати досліджень свідчать про збільшення чисельності азотфіксаторів у ризосфері рослин пшениці: у всіх варіантах із бактеризацією їх кількість вірогідно збільшувалась. Так, за передпосівної бактеризації

насіння нативним штамом *A. radiobacter* 204, кількість азотфіксаторів у ризосфері рослин збільшилась удвічі, за обробки бактеріями і Аватаром — у 2,7 рази. У варіантах з бактеріями *A. radiobacter* 204, активованими нанокарбоксилатами, які були застосовані для обробки насіння як окремо, так і разом з Аватаром, чисельність мікроорганізмів даної групи перевищила контроль у 3,4 і 3,5 рази відповідно.

Вірогідного впливу *A. radiobacter* 204, культивованого в середовищі з нанокарбоксилатами, на чисельність у ризосфері пшениці бактерій, що ростуть на крохмало-аміачному агарі, не встановлено.

Передпосівна бактеризація насіння пшениці сприяла зменшенню чисельності мікроміцетів у ризосферному ґрунті. У варіанті з використанням *A. radiobacter* 204, активованих нанокарбоксилатами, та Аватару при посіві чисельність грибів зменшилась найсуттєвіше: на 40 % відносно контролю.

Таблиця 1. Вплив передпосівної інокуляції насіння на чисельність мікроорганізмів у ризосферному ґрунті рослин пшениці озимої

| Варіанти дослідів | Амоніфікатори, млн./г | Мікроорганізми, що засвоюють мінеральні форми азоту, млн./г | Мікроскопічні гриби, тис./г | Азот-фіксувальні бактерії, млн./г |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Без бактеризації, контроль | 4,8 ± 0,7 | 8,4 ± 0,9 | 261,0 ± 13,3 | 1,5 ± 0,3 |
| Бактеризація <i>A. radiobacter</i> 204 | 3,7 ± 0,4 | 6,6 ± 0,8 | 203,0 ± 17,6 | 2,9 ± 0,3 |
| Комплекс мікроелементів Аватар | 7,3 ± 0,6 | 8,0 ± 0,9 | 279,4 ± 32,8 | 1,4 ± 0,2 |
| Комплекс нанокарбоксилатів, що використовується при культивуванні <i>A. radiobacter</i> 204 | 4,9 ± 0,4 | 7,1 ± 0,6 | 275,5 ± 12,6 | 1,2 ± 0,1 |
| <i>A. radiobacter</i> 204 + Аватар | 6,9 ± 0,4 | 8,4 ± 0,9 | 165,3 ± 25,1 | 4,0 ± 0,3 |
| <i>A. radiobacter</i> 204, культивованій за дії нанокарбоксилатів | 7,3 ± 0,4 | 8,1 ± 0,8 | 171,1 ± 15,3 | 5,1 ± 0,1 |
| <i>A. radiobacter</i> 204, культивованій за дії нанокарбоксилатів + Аватар | 8,5 ± 0,4 | 7,6 ± 0,6 | 156,6 ± 18,1 | 5,3 ± 0,2 |

Під час проведення польових досліджень відзначено збільшення маси рослин пшениці у варіантах із бактеризацією *A. radiobacter* 204. Зокрема, у фазі сходів у варіантах з використанням *A. radiobacter* 204, активованого нанокарбоксилатами та у варіанті з одночасною бактеризацією насіння і обробкою Аватаром приріст маси 100 рослин становив, відповідно, 44,1 % та 50,0 % (табл. 2). Аналогічна залежність простежувалась упродовж усього вегетаційного періоду.

Отримано також позитивні результати щодо впливу передпосівної обробки насіння пшениці на структуру врожаю та врожайність культури. Застосування нанокарбоксилатів у поєднанні з бактеризацією насіння вплинуло на збільшення висоти рослин. За бактеризації *A. radiobacter* 204, які були активовані нанокарбоксилатами металів, та у варіанті з бактеризацією із одночасною обробкою Аватаром висота рослин перевищила контрольні на 21,5 % і 23,9 % відповідно (табл. 3). Передпосівна обробка насіння бактеріями сумісно з Аватаром забезпечила підвищення досліджуваного показника на 22,4 % у порівнянні з контролем.

У ході проведених досліджень встановлено вплив передпосівної обробки насіння на збільшення кількості зерен в одному колосі. Так, найвищі показники отримано у варіанті з бактеризацією *A. radiobacter* 204, активованими нанокарбоксилатами, та одночасного використання комплексу мікроелементів Аватар. Кількість зерен у колосі збільшилась відносно позитивного та абсолютного контролю, відповідно, на 19,3 % та на 44,1 %.

Збільшилась і маса 1000 зерен. Найбільший приріст відзначено за бактеризації *A. radiobacter* 204, культивованого за дії нанокарбоксилатів, із одночасним застосуванням препарату Аватар: на 9,8 % відносно позитивного контролю та 13,9 % відносно абсолютного контролю.

Найбільше підвищення врожайності спостерігали у варіанті з використанням *A. radiobacter* 204, активованими нанокарбоксилатами, у поєднанні з комплексом мікроелементів Аватар. У даному варіанті врожайність зросла на 0,48 т/га (11,7 %) відносно позитивного контролю та на 0,90 т/га (24,4 %) відносно абсолютного (табл. 4).

Таблиця 2. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці на формування маси рослин

| Варіанти дослідів | Маса 100 сухих рослин, г | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------|----------------------|----------------|---------------|-------------------------|
| | фаза сходів | фаза кущіння | фаза виходу у трубку | фаза колосіння | фаза цвітіння | фаза молочної стиглості |
| Без бактеризації, контроль | 3,4 ± 0,2 | 11,5 ± 1,0 | 53,0 ± 1,2 | 153,5 ± 9,5 | 196,8 ± 6,6 | 258,3 ± 12,4 |
| Бактеризація <i>A. radiobacter</i> 204 | 4,1 ± 0,2 | 13,9 ± 0,7 | 58,4 ± 2,0 | 182,0 ± 9,9 | 224,3 ± 6,4 | 295,3 ± 14,7 |
| Комплекс мікроелементів Аватар | 3,9 ± 0,1 | 10,8 ± 1,7 | 52,5 ± 2,1 | 159,4 ± 10,5 | 187,8 ± 9,7 | 234,0 ± 23,0 |
| Комплекс нанокарбоксилатів, що використовується при культивуванні <i>A. radiobacter</i> 204 | 3,0 ± 0,4 | 11,1 ± 0,9 | 53,5 ± 2,4 | 157,8 ± 10,4 | 194,0 ± 9,5 | 238,5 ± 27,2 |
| <i>A. radiobacter</i> 204 + Аватар | 4,7 ± 0,2 | 14,3 ± 0,5 | 65,1 ± 2,1 | 205,0 ± 5,4 | 248,5 ± 5,2 | 349,0 ± 17,4 |
| <i>A. radiobacter</i> 204, активований нанокарбоксилатами | 4,9 ± 0,2 | 14,0 ± 0,9 | 66,3 ± 2,3 | 208,3 ± 10,1 | 246,3 ± 6,2 | 350,8 ± 18,0 |
| <i>A. radiobacter</i> 204, активований нанокарбоксилатами, + Аватар | 5,1 ± 0,4 | 13,8 ± 0,7 | 73,4 ± 3,9 | 232,8 ± 7,4 | 245,0 ± 7,1 | 389,1 ± 11,6 |

Таблиця 3. Вплив передпосівної обробки насіння на висоту рослин та структуру врожаю пшениці озимої

| Варіанти дослідів | Висота рослин, см | Кількість зерен в одному колосі, од. | Маса 1000 зерен, г |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------|
| Без бактеризації, контроль | 91,03 ± 1,57 | 21,04 ± 0,14 | 44,03 ± 0,80 |
| Бактеризація <i>A. radiobacter</i> 204 | 98,59 ± 2,12 | 25,68 ± 0,29 | 46,89 ± 0,54 |
| Комплекс мікроелементів Аватар | 92,89 ± 1,72 | 20,50 ± 0,28 | 44,08 ± 0,52 |
| Комплекс нанокарбоксилатів, що використовується при культивуванні <i>A. radiobacter</i> 204 | 93,78 ± 1,33 | 20,80 ± 0,58 | 42,99 ± 0,87 |
| <i>A. radiobacter</i> 204 + Аватар | 111,41 ± 1,95 | 27,99 ± 0,37 | 48,14 ± 0,71 |
| <i>A. radiobacter</i> 204, активований нанокарбоксилатами | 110,62 ± 2,11 | 28,32 ± 0,20 | 48,36 ± 0,81 |
| <i>A. radiobacter</i> 204, активований нанокарбоксилатами, + Аватар | 112,83 ± 1,65 | 30,31 ± 0,17 | 50,16 ± 0,55 |

Отримані результати досліджень можна пояснити тим, що додавання в середовище для культивування *A. radiobacter* 204 нанокарбоксилатів забезпечує підвищення ростової і азотфіксуючої активності бактерій,

що може позитивно вплинути на азотне живлення рослин. Додаткове внесення нанокарбоксилатів у вигляді препарату Аватар, на нашу думку, має подвійну дію: по-перше, забезпечує рослини мікроелементами, що

Таблиця 4. Вплив передпосівної обробки насіння на урожайність пшениці озимої, польові дослідження (2015–2017 рр.)

| Варіанти дослідження | Урожайність, т/га | | | | Приріст | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|------|
| | 2015 р. | 2016 р. | 2017 р. | середнє | т/га | % |
| Без бактеризації, контроль | 3,16 | 4,10 | 3,80 | 3,69 | – | – |
| Бактеризація <i>A. radiobacter</i> 204 | 3,61 | 4,49 | 4,22 | 4,11 | 0,42 | 11,4 |
| Комплекс мікроелементів Аватар | 3,38 | 4,31 | 4,03 | 3,91 | 0,22 | 6,0 |
| Комплекс нанокарбоксилатів, що використовується при культивуванні <i>A. radiobacter</i> 204 | 3,09 | 4,12 | 3,99 | 3,73 | 0,04 | 1,1 |
| <i>A. radiobacter</i> 204 + Аватар | 3,82 | 4,78 | 4,54 | 4,38 | 0,69 | 18,7 |
| <i>A. radiobacter</i> 204, активований нанокарбоксилатами | 3,80 | 4,80 | 4,61 | 4,40 | 0,71 | 19,2 |
| <i>A. radiobacter</i> 204, активований нанокарбоксилатами, + Аватар | 4,03 | 4,98 | 4,77 | 4,59 | 0,90 | 24,4 |
| НІР ₀₅ | 0,26 | 0,26 | 0,22 | | | |

сприяє інтенсивнішому розвитку пшениці озимої, а по-друге, впливає на функціонування комплексу ризосферних мікроорганізмів, про що свідчать дані табл. 1.

Отже, у технології вирощування пшениці озимої доцільним є застосування бактерії *A. radiobacter* 204, активованої нанокарбоксилатами металів, сумісно з препаратом Аватар. За використання даного агроприйому в ризосфері рослин оптимізується склад угруповань мікроорганізмів та перебіг процесу азотфіксації, зростає урожайність культури.

1. Пат. 38391 Україна, МПК С 07 С 51/41, С 07 F 5/00. Спосіб отримання карбоксилатів металів «Нанотехнологія отримання карбоксилатів металів» / М. В. Косінов, В. Г. Каплуненко. — заявл. 08.09.08 ; опубл. 12.01.09, бюл. № 1.

2. Огурцов А. Н. Нанобиотехнология. Основы молекулярной биотехнологии / А. Н. Огурцов — Харьков : ХПИ, 2010. — 384 с.

3. Каплуненко В. Г. Реальні перспективи використання здобутків нанотехнологій у ветеринарній практиці / В. Г. Каплуненко, І. К. Авдос'єва, А. Г. Пашенко // Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок. — 2014. — Вип. 15, № 4. — С. 252–260.

4. Пат. 1621433 ССРС, МПК С 05 F 11/08, С 12 N 1/20. Штамм бактерій *Agrobacterium radiobacter* 204 для виробництва бактеріального

удобрения под рис и пшеницу / Н. К. Шерстобоев, А. В. Хотянович, В. Ф. Патыка. — заявл. 28.09.88 ; опубл. 15.09.90.

5. Influence of nanocarboxylates of microelements on *Rhizobium radiobacter* 204 growth-regulating activity / S. F. Kozar, E. P. Symonenko, V. O. Lynnyk, V. H. Kaplunenko // Сільськогосподарська мікробіологія : міжвід. темат. наук. збірн. — Чернігів, ІСМАВ НААН, 2015. — Вип. 22. — С. 3–8.

6. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України / [М. В. Зубець, В. П. Ситник, В. О. Круть та ін.]. — К. : Урожай, 2004. — 560 с.

7. Умаров М. М. Ацетиленовый метод изучения азотфиксации в почвенно-микробиологических исследованиях / М. М. Умаров // Почвоведение. — 1976. — № 11. — С. 119–123.

8. The acetylene-ethylene assay for N₂ fixation: laboratory and field evaluation / Hardy R. W. F., Hotsren R. D., Jackson E. K., Burns R. C. // Plant Physiol. — 1968. — Vol. 43, № 8. — P. 1185–1207.

9. Теппер Е. З. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева ; [ред. Шильниковой В. К.]. — 6-е изд. перераб. и доп. — М. : Дрофа, 2005. — 256 с.

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

11. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев, И. В. Асеева, И. П. Бабьева, Т. Г. Мирчинк ; под ред. Д. Г. Звягинцева — М. : Изд-во МГУ, 1980. — 224 с.

12. Методика наукових досліджень в агро-

номії / [Е. Р. Ермантраут, А. С. Малиновський, В. Г. Дідора та ін.]. — Житомир : ЖНАЕУ, 2010. — 124 с.

13. Основы научных исследований в агрономии / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко,

В. П. Костогриз. — К. : Дія, 2005. — 288 с.

14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов — М. : Колос, 1985. — 351 с.

МИКРОБИОЦЕНОЗ РИЗОСФЕРНОЙ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БАКТЕРИЙ *AGROBACTERIUM RADIOBACTER* 204, АКТИВИРОВАННЫХ НАНОКАРБОКСИЛАТАМИ МЕТАЛЛОВ

**С. Ф. Козар, Т. А. Евтушенко,
Т. О. Усманова, Е. П. Симоненко**

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, г. Чернигов

*Изучена эффективность предпосевной инокуляции семян пшеницы озимой бактериями *Agrobacterium radiobacter* 204, предварительно активированными нанокарбоксилатами металлов, а также препарата Аватар (комплекс микроэлементов — нанокарбоксилатов металлов), применённых совместно и раздельно. Совместное применение бактеризации и комплекса микроэлементов положительно влияет на микробиоценоз ризосферной почвы растений пшеницы озимой: отмечено увеличение численности аммонификаторов (от 43,8 % до 77,1 %), азотфиксирующих бактерий (от 2,7 до 3,5 раз), при этом уменьшается количество микромицетов. Предпосевная бактеризация и использование нанокарбоксилатов металлов способствует возрастанию потенциальной азотфиксирующей активности ризосферной почвы и повышению урожайности на 24,4 % в сравнении с контрольным вариантом.*

Ключевые слова: *Agrobacterium radiobacter*, бактеризация, diazotroфы, нанокарбоксилаты, азотфиксирующая активность, пшеница озимая.

MICROBIOCENOSIS OF RHIZOSPHERIC SOIL AND PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT UNDER THE USE OF *AGROBACTERIUM RADIOBACTER* 204, ACTIVATED WITH NANOCARBOXYLATES OF METALS

**S. F. Kozar, T. A. Evtushenko,
T. O. Usmanova, Ye. P. Symonenko**

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

*The effectiveness of pre-sowing inoculation of winter wheat seeds with *Agrobacterium radiobacter* 204, pre-activated with nanocarboxylates of metals, and the preparation Avatar (a complex of trace elements — metal nanocarboxylates), applied in combination and separately, was studied. The combined application of bacterization and a complex of trace elements positively affects the microbiocenosis of the rhizospheric soil of winter wheat: an increase in the number of ammonifiers (from 43.8 % to 77.1 %), nitrogen-fixing bacteria (from 2.7 to 3.5 times) was noted, while the number of micromycetes reduced. Pre-sowing bacterization and application of nanocarboxylates of metals contributes to the increase of the potential nitrogen-fixing activity of rhizosphere soil and increase of wheat yield by 24.4 % compared with the control variant.*

Key words: *Agrobacterium radiobacter*, bacterization, diazotroфы, nanocarboxylates, nitrogen fixation activity, winter wheat.

Отримано 26.09.2017