

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ НАНОКОМПОЗИТНОГО КОМПЛЕКСНОГО БАКТЕРІАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ АЗОГРАН У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА

О. Г. Любчич¹, Р. Є. Грищенко¹, О. В. Глієва¹, А. О. Рой², І. К. Курдиш²

¹Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН»
вул. Будівельників, 2б; смт. Чабани, Київська обл., 08163, e-mail: glievaoksana.volod@gmail.com

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України
вул. Академіка Заболотного, 154; м. Київ, 03680, e-mail: ivan.kurdish2016@gmail.com

Мета. Визначити ефективність бактеризації насіння проса комплексним наноконструктивним бактеріальним препаратом Азограном (Азогран-нано) залежно від умов вирощування культури; встановити вплив мінеральних добрив у поєднанні з біопрепаратом на продуктивність агроценозів. **Методи.** Польового дослідження (для оцінки впливу досліджуваних чинників на ріст і розвиток рослин та урожайність проса), вимірально-вагові, економічних розрахунків, статистичні. **Результати.** За проведення трирічних спостережень встановлено позитивний вплив мінеральних добрив та передпосівної інокуляції насіння проса препаратом Азогран-нано на висоту рослин, наростання маси рослин, масу волоті і продуктивність культури. Висота рослин у варіанті з бактеризацією насіння за вирощування проса без добрив у фазу стеблуння була вищою за відповідні показники контрольного варіанту на 5,6 %, а за сумісного застосування добрив і бактеризації цей показник збільшувався до 8,1 %. Інокуляція насіння позитивно вплинула на масу волоті проса. Ефективність бактеризації за вирощування культури по фоні без добрив склала 6,3 %, а у варіанті з підживленням рослин азотом у період вегетації цей показник зростав на 11,5 %. Найбільші показники урожайності проса відзначено за оброблення насіння препаратом Азогран-нано. Урожайність у контрольному варіанті становила 3,75 т/га, тоді як за бактеризації насіння препаратом продуктивність культури зростала на 16,5 %. За взаємодії мінеральних добрив з наноконструктивним препаратом показники зростали на 19,9–28,6 %. За впливу передпосівної інокуляції насіння зменшилася собівартість 1 т зерна, підвищився умовно чистий прибуток. **Висновки.** Застосування наноконструктивного комплексного препарату Азогран-нано в технологіях вирощування проса сприяє активізації росту й розвитку рослин, підвищенню продуктивності культури і є високоефективним агрозаходом.

Ключові слова: Азогран-нано, бактеризація, економічна ефективність, мінеральні добрива, просо, урожайність.

Вступ. Просо є цінною круп'яною культурою, яка здатна забезпечити відносно високі і досить стабільні врожаї навіть у посушливі екстремальні роки. За дотримання технології вирощування, мінімальних затрат посівного матеріалу, трудових та енергетичних ресурсів можна одержати високу урожайність зерна — понад 5,0 т/га. Визначальною серед чинників, що впливають на продуктивність культури, є система удобрення [1–3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із основних завдань системи удобрення є забезпечення рослин поживними елементами впродовж усього вегетаційного періоду, особливо, коли вони чутливі до їх нестачі, та в час найбільшої потреби. Успішне вирощування круп'яних культур в умовах України може бути досягнуто завдяки застосуванню екологічно безпечних технологій з використанням новітніх комплексних бактеріальних препаратів на основі азотфіксува-

льних та фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, які забезпечують поліфункціональний стимулювальний вплив на ріст і розвиток рослин [4; 5]. Інтродуковані у кореневу зону рослин бактерії збагачують ґрунт азотом, фосфором, біологічно активними метаболітами, зокрема фітогормонами [4; 6]. Важливим фактором інтенсифікації мікробної активності в кореневій зоні рослин є передпосівна бактеризація насіння сільськогосподарських культур селекціонованими активними штамми мікроорганізмів [7]. Вважається, що застосування діазотрофів здатне підвищити урожайність небобових культур від 5 % до 50 % [8]. Вплив біопрепаратів на продуктивність агроценозів еквівалентний дії 30–60 кг/га мінерального азоту, 20–40 кг/га фосфору. На думку В. В. Волкогона, дози мінеральних добрив у технологіях вирощування сільськогосподарських культур можна зменшити на 40–50 %, застосовуючи їх у поєднанні з мікробними препаратами. Така рекомендація пояснюється суттєвим зростанням коефіцієнтів засвоєння діючої речовини з добрив бактеризованими рослинами [6; 8].

Мета. Метою наших досліджень було визначити ефективність бактеризації насіння комплексним нанокompatитним бактеріальним препаратом Азограном (Азогран-нано) залежно від умов вирощування; встановити вплив мінеральних добрив в поєднанні з препаратом на продуктивність проса.

Матеріали й методи досліджень. Визначення ефективності нових елементів технології вирощування проса проводили впродовж 2017–2019 рр. у польовому досліді відділу адаптивних інтенсивних технологій зернобобових, круп'яних та олійних культур ННЦ «Інститут землеробства НААН».

Ґрунт дослідної ділянки — сірий лісовий легкосуглинковий, має такі показники родючості: вміст гумусу (за Тюрнімом) — 1,1–1,3 %, азоту, що гідролізується (за Корндфілдом) — 60–65 мг/кг, рухомого фосфору і обмінного калію (за Чириковим) — 110–120 і 80–100 мг/кг ґрунту відповідно.

З метою виконання поставленого завдання досліджували реакцію проса сорту Чабанівське на різні строки і норми внесення мінеральних добрив у чистому вигляді та на фоні оброблення насіння препаратом Азогран-нано. Крім цього, вивчали вплив нового

препарату Тразекс (включає комплекс мікроелементів (В, Сu, Fe, Zn, Mn)) на ріст і розвиток рослин проса за проведення листкового підживлення на IV етапі органогенезу. До схеми досліду включали такі варіанти:

- без добрив, контроль;
- рекомендована норма мінеральних добрив на сірих лісових ґрунтах — $N_{60}P_{60}K_{60}$;
- $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Тразекс;
- $N_{45}P_{60}K_{60}$ + Тразекс в основне внесення + підживлення азотними добривами (N_{15}) на IV етапі органогенезу.

Аналогічні варіанти були передбачені в іншому блоці польових дослідів, де застосовували передпосівну інокуляцію насіння.

Насіння в день сівби обробляли комплексним нанокompatитним бактеріальним препаратом (Азогран-нано) [9], виготовленим на основі взаємодії високоефективних штамів азотфіксувальних бактерій *Azotobacter vine-landii* ІМВ В-7076 [10] та фосфатмобілізувальних бактерій *Bacillus subtilis* ІМВ В-7023 [11] з наночастками глинистого мінералу бентоніту. В одному літрі препарату міститься 100 мл бактеріальної суспензії і 900 мл прилипача на основі наночасточок природного мінералу бентоніту. Препарат розроблено в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України.

Бактеризацію насіння проса проводили в затіненому місці. На насіння наносили препарат Азогран-нано, перемішували, підсушували і висівали його в ґрунт. Повторення — триразове. Розмір ділянок — 18 м². Посів проводили у першій декаді травня. Повні сходи отримували в межах 14–16 днів.

Агротехніка вирощування проса відповідала рекомендованій для господарств північної частини Лісостепу. Збирання урожаю проводили на початку вересня прямим комбайнуванням.

У формуванні врожаю проса важливу роль відіграли метеорологічні умови, які в 2017–2019 рр. в зоні Лісостепу характеризувалися контрастністю температурного режиму та нерівномірним розподілом опадів за місяцями, що вплинуло на продуктивність дослідної культури й, відповідно, на ефективність чинників. Сприятливіші метеорологічні умови для росту й розвитку культури і для функціонування мікроорганізмів, особливо у початковий період, були в 2018 і 2019 роках.

Порівняльну економічну оцінку технологій проводили за такими основними показниками, як собівартість одиниці продукції, умовно чистий прибуток, рівень рентабельності виробництва. Економічну ефективність розраховували за цінами 2019 року.

Результати та їх обговорення. Проведення досліджень ефективності препарату Азогран-нано у польових дослідах з просом свідчить про значну інтенсифікацію розвитку рослин у варіантах з бактеризацією насіння.

Висота рослин — один із показників, що характеризує умови росту і розвитку в різні фази вегетаційного періоду. Проведений облік висоти рослин у фазу стеблуння показав, що найвищі показники формувалися за бактеризації насіння і в роки з більшою кількістю вологи в ґрунті (рис. 1).

Надземна маса, висота рослин, маса листя вірогідно зростали за застосування препарату Азогран-нано. Висота рослин у фазу стеблуння за бактеризації насіння була вищою за відповідні показники контрольного варіанту на 5,6 %, а за сумісного застосування добрив і бактеризації цей показник збільшувався до 8,1 %. Дещо менші відмінності по висоті щодо дії бактеризації спостерігали у фазу дозрівання.

Дослідження структури врожаю показує,

що бактеризація насіння позитивно вплинула на масу волоті проса. Ефективність агрозаходу в цьому випадку склала 6,3 %, а у варіанті з підживленням рослин азотом у період вегетації — 11,5 % (рис. 2).

Важливим показником, який визначає доцільність застосування будь-якого агротехнічного прийому, є урожай. Він відтворює дію всіх факторів на рослину. За результатами наших досліджень виявлено позитивну реакцію проса на удобрення та обробку насіння препаратом Азогран-нано. Урожайність культури за роки досліджень варіювала в широкому інтервалі — від 3,75 до 6,11 т/га.

Найпродуктивнішими були рослини на фоні оброблення насіння препаратом Азогран-нано. Урожайність у контролі без добрив становила в середньому 3,75 т/га. За бактеризації насіння продуктивність рослин зростала на 16,5 % (табл. 1). За внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ приріст урожаю отримано на рівні 15,2 %. Отже, вплив біологічного препарату на урожайність проса був еквівалентним дії зазначеної норми туків.

Застосування комплексу мікроелементів по фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло суттєвому зростанню віддачі добрив — урожайність культури зростала на 26,6 %. Використання по цьому фоні нанокompозитного препарату

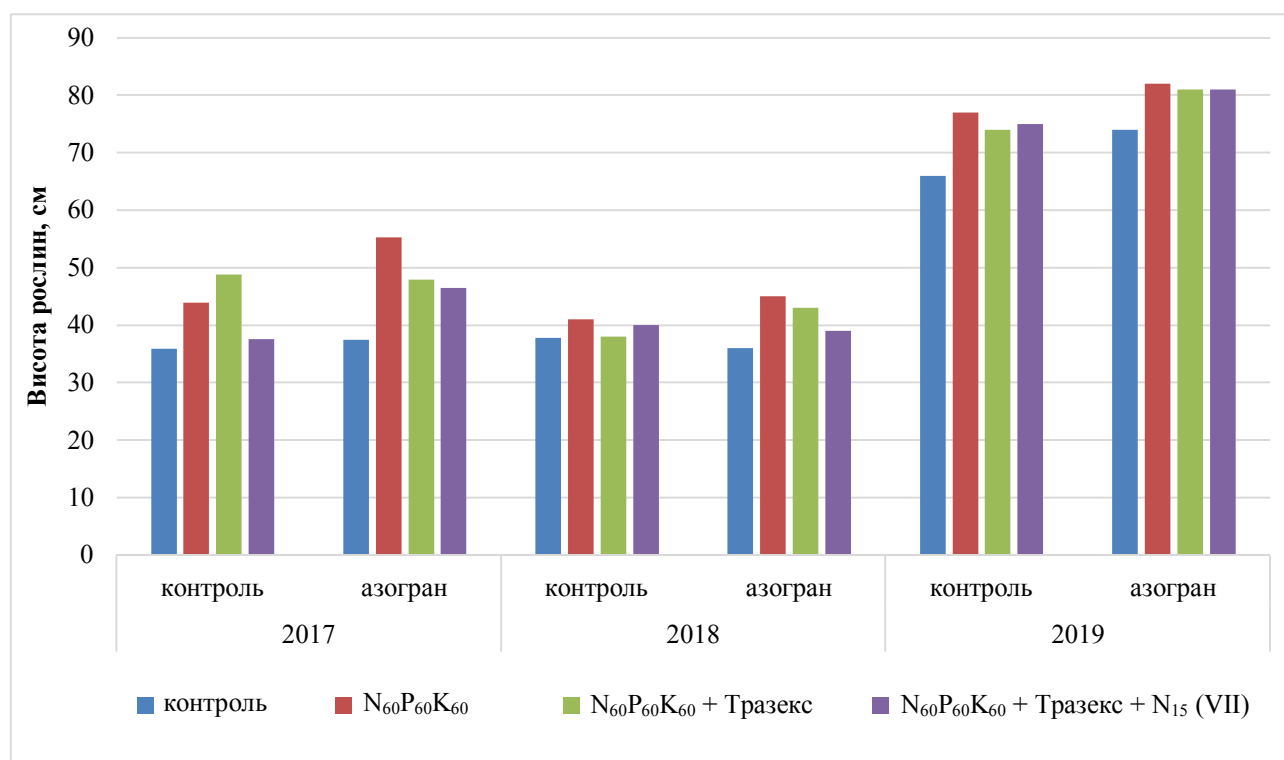


Рис. 1. Вплив бактеризації насіння проса на висоту рослин, см

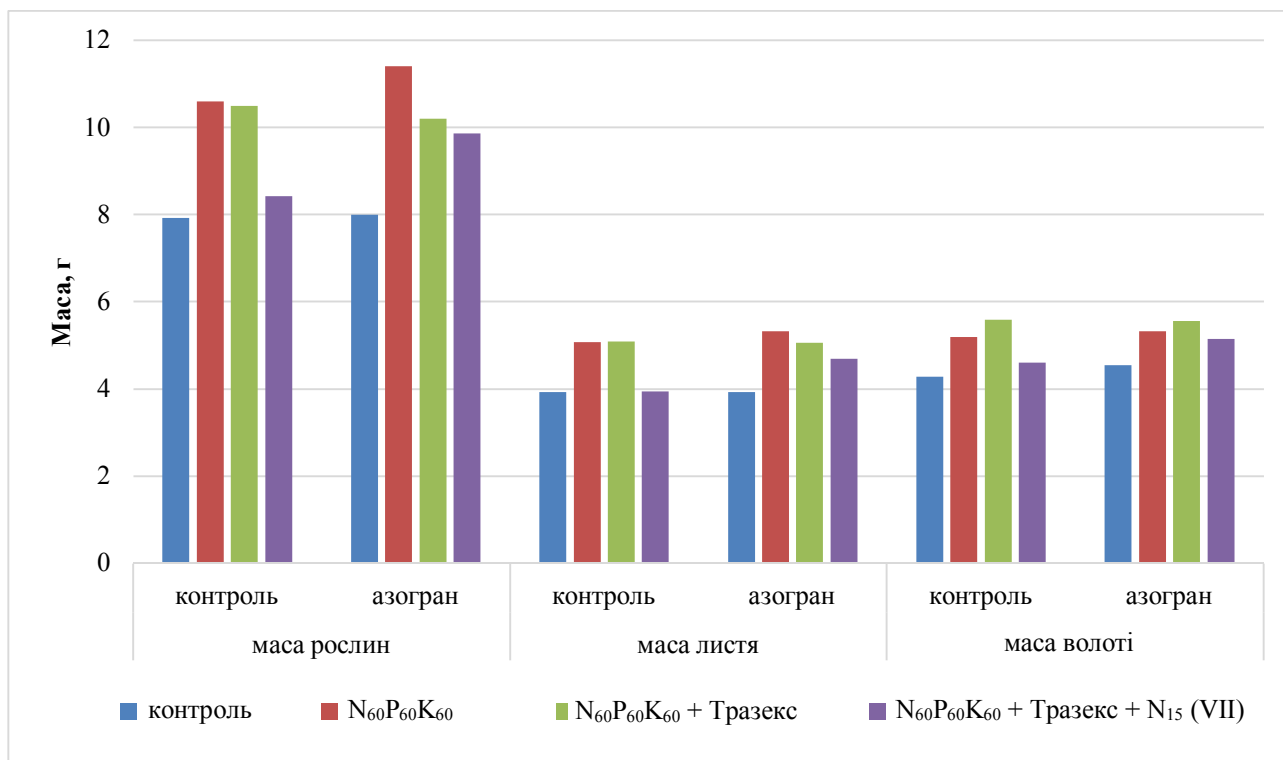


Рис. 2. Ефективність бактеризації насіння проса, середнє за 2017–2019 рр.

забезпечило додатковий приріст урожаю на рівні 0,9 т/га.

Реакція проса на підживлення азотом по 15 кг/га на фоні N₄₅P₆₀K₆₀ була найбільш вираженою у варіанті з оброблянням насіння препаратом Азогран-нано. Приріст урожаю за такої системи удобрення був на 1,36 т/га вищим від показника в аналогічному варіанті без бактеріальної обробки насіння (табл. 1).

Підживлення, зокрема і позакореневе, є ефективним способом удобрення, який сприяє доступності поживних речовин для рослин і стимулює краще їх засвоєння з ґрунту. Але необхідно зазначити, що ефективність підживлення залежить від зовнішніх факторів — вологості ґрунту та температури повітря. Якщо температура повітря висока, проводити позакореневе підживлення треба у вечірні години.

Економічну ефективність застосування Азогран-нано у технології вирощування проса визначено на основі результатів дослідження його впливу на урожайність. Визначено, що у контролі та варіанті з бактеризацією насіння за вирощування культури без добрив забезпечується найвища економічна ефективність. Як вже зазначалося вище, за застосування нанокompatитного препарату урожайність підвищилася на 16,5 %. Завдяки цьому зменшилася собівартість 1 т зерна,

збільшився умовно чистий прибуток на 3455 грн (табл. 2).

Завдяки комплексному впливу факторів — мінеральних добрив у нормі N₆₀P₆₀K₆₀ та бактеризації насіння — прибуток із розрахунку на 1 га збільшився на 4261 грн або на 22,8 %. Водночас рівень рентабельності виробництва зріс із 143 до 171 %.

За застосування бактеризації насіння проса препаратом Азогран-нано урожайність у варіанті з підживленням рослин (N₆₀P₆₀K₆₀ + N₁₅) підвищилася на 28,6 %, завдяки чому досягнуто суттєвого зменшення собівартості одиниці продукції на 680 грн, підвищення умовно чистого прибутку на 50 % і рівня рентабельності на 72 одиниці.

Значне підвищення урожайності (на 18,9 %) одержано у варіанті з позакореневим підживленням рослин препаратом Тразекс на фоні бактеризації насіння Азогран-нано, завдяки чому досягнуто зменшення собівартості одиниці продукції на 489 грн, підвищення умовно чистого прибутку на 6,4 тис. грн і, відповідно, рівня рентабельності на 39 одиниць.

Висновки. Одним із ефективних елементів технології вирощування проса є передпосівна інокуляція насіння комплексним нанокompatитним бактеріальним препаратом Азогран-нано, який позитивно впливає на

Таблиця 1. Урожайність проса залежно від системи удобрення і впливу нанокompatного препарату

Варіанти	Урожайність, т/га								Приріст, %	
	2017 р.		2018 р.		2019 р.		середнє за 2017–2019 рр.		від удобрення	від бактеризації
	конт- роль	Азо- гран	конт- роль	Азо- гран	конт- роль	Азо- гран	конт- роль	Азо- гран		
Контроль (без добрив)	1,82	2,42	4,35	5,23	5,08	5,47	3,75	4,37	–	+16,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,31	3,50	5,09	6,11	5,55	5,93	4,32	5,18	+15,2	+19,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Тразекс	3,04	4,04	5,49	5,71	5,72	7,20	4,75	5,65	+26,6	+18,9
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅ (VII)	2,51	2,65	6,26	7,85	5,49	7,82	4,75	6,11	+26,6	+28,6

Примітка. НІР_{0,5} для фактора: обробка насіння, т/га — 0,09; система удобрення, т/га — 0,11.

Таблиця 2. Економічні показники вирощування проса

Варіанти	Сорт проса Чабанівське		
	Собівартість 1 т урожаю, грн	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Необроблене насіння (контроль)			
Контроль (без добрив)	1515	19 442	252
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2365	18 727	143
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Тразекс	2623	19 367	129
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	2390	20 472	156
Насіння, оброблене препаратом Азогран-нано			
Контроль (без добрив)	1460	22 897	287
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2262	22 988	171
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Тразекс	2134	25 800	168
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	1710	30 879	228

висоту і масу рослин, масу волоті та урожайність культури. У дослідах залежно від агрофону бактеризація насіння сприяла підвищенню продуктивності проса від 16,5 % до 28,6 %. Застосування Азогран-нано в технології вирощування культури забезпечило суттєве зростання економічної ефективності виробництва.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Горбачова С. М. Результати і методи селекції зі створення нових конкурентоспроможних сортів проса. *Селекція і насінництво: міжвід. темат. наук. зб. НААН*. 2011. Вип. 99. С. 108–114.
2. Драган М. І. Оптимізація азотного живлення проса. *Вісник Полтавського державного*

сільськогосподарського інституту. 2001. № 1. С. 77–79.

3. Дерев'янський В. П., Сучек М. М., Каленська С. М., Токмакова Л. М. Ефективність біологічних препаратів при вирощуванні круп'яних культур в умовах Правобережного Лісостепу України (науково-практичні рекомендації). Самчики: Хмельницька ДСГДС ІКСГ НААН, 2015. 20 с.
4. Курдиш І. К. Інтродукція мікроорганізмів у агроєкосистеми. Київ: Наукова думка, 2010. 253 с.
5. Малиновська І. М. Використання бактеріальних препаратів в органічному агровиробництві. Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і реалізація якісної органічної продукції. Київ, 2013. С. 83–89.
6. Мікробні препарати у землеробстві: теорія

і практика / Під ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграрна наука, 2006. 311 с.

7. Петрова С. Н., Парахин Н. В. Микробные препараты как способ формирования эффективных растительно-микробных систем. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2013. № 2. С.86–91.

8. Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур. Київ: Аграрна наука, 2007. 144 с.

9. Спосіб отримання наноконкомпозитного комплексного бактеріального препарату для рослинництва: пат.135362 Україна. МПК C05F11/08, Курдиш І. К., Рой А. О., Грищенко Р. Є.; заявник і патентовласник: Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН. № u201900865; заявл. 29.01.2019; опубл. 25.06.2019, Бюл. № 12.

10. Штам бактерій *Azotobacter vinelandii* для одержання бактеріального добрива для рослинництва: пат. 72856 Україна. МПК C12N1/20, C05F11/08, A01N63/00 C12R1/065, A01P21/00, A01C1/06, І. К. Курдиш, З. Т. Бега; заявник і патентовласник: Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН. № 20031211033; заявл. 04.12.2003; опубл. 15.08.2006, Бюл. № 8.

11. Штам бактерій *Bacillus subtilis* для одержання бактеріального добрива для рослинництва: пат. 54923 А Україна. C05F11/08, C12N1/20, І. К. Курдиш, А. О. Рой; заявник і патентовласник: Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН. №2002054179; заявл. 22.05.2002; опубл. 17.03.2003, Бюл. № 3.

Отримано 12.06.2020

<https://doi.org/10.35868/1997-3004.31.57-63>

UDC 633.8:633.17

EFFICIENCY OF NANOCOMPOSITE COMPLEX OF BACTERIAL PREPARATION AZOHRAN IN MILLET CULTIVATION TECHNOLOGY

О. Н. Liubchych¹, R. Ye. Hryshchenko¹, O. V. Hliieva¹, A. O. Roi², I. K. Kurdysh²

¹National Scientific Center “Institute of Agriculture of NAAS”, Chabany, Kyiv region
e-mail: gliievaoksanavolod@gmail.com

²Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, NAS of Ukraine, Kyiv
e-mail: ivan.kurdish2016@gmail.com

Objective. Determine the efficiency of bacterization of millet seeds with a complex nanocomposite bacterial preparation Azohran (Azohran-nano) depending on the growing conditions of the culture; establish the effect of mineral fertilizers in combination with a biopreparation on the productivity of agrocenoses. **Methods.** Field experiment (to assess the influence of the studied factors on the growth and development of plants and millet yield), measuring- and weight-based, economic calculations, statistical. **Results.** During three-year observations, a positive effect of mineral fertilizers and pre-sowing inoculation of millet seeds with Azohran-nano on plant height, plant weight gain, heads weight and crop productivity was established. The height of plants in the variant with bacterization of seeds when growing millet without fertilizers in the staking phase was higher by 5.6 % than the corresponding parameters of the control variant and with the concomitant use of fertilizers and bacterization this figure increased to 8.1 %. Seed inoculation had a positive effect on the weight of millet heads.

The efficiency of bacterization in the cultivation of the crop at the background without fertilizers was 6.3 %, and when the plants were cultivated using nutrition with nitrogen during the growing season, this figure increased by 11.5 %. The highest yields of millet were reported for seed treatment with Azohran-nano. Yield in the control variant was 3.75 t/ha, while after the bacterization of seeds with the preparation, crop productivity increased by 16.5 % Upon the interaction between mineral fertilizers with nanocomposite preparation, parameters increased by 19.9–28.6 %. Under the influence of pre-sowing inoculation of seeds, the cost of 1 tonne of grain decreased, and the net operating profit increased. **Conclusion.** The use of nanocomposite complex of the preparation Azohran-nano in millet cultivation technologies promotes the growth and development of plants, increases crop productivity and is a highly efficient agricultural measure.

Key words: Azohran-nano, bacterization, economic efficiency, mineral fertilizers, millet, yield.

REFERENCES

1. Horbachova, S. M. (2011). Rezultaty i metody selektsii zi stvorennia novykh konkurentospro-mozhnykh sortiv prosa [Results and selection methods for creating new competitive varieties of millet]. *Selektsiia i nasinnytstvo — Breeding and seed production*, 99, 108–114 [in Ukrainian].
2. Dragan, M. I. (2001). Optyimizatsiia azotnoho zhyvlennia prosa [Optimization of nitrogen nutrition of millet]. *Visnik Poltav's'kogo derzhavnogo sil's'kogospodars'kogo institutu — Bulletin of the Poltava State Agricultural Institute*, 1, 77–79 [in Ukrainian].
3. Derevyansky, V. P., Suchek, M. M., Kalenskaya, S. M., Tokmakova, L. M. (2015). *Efektivnist biologichnykh preparativ pry vyroshchuvanni kru-pianykh kultur v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy (naukovo-praktychni rekomendatsii)* [Efficiency of biological preparations for growing cereals in the conditions of the Right-bank Forest Steppe of Ukraine (scientific and practical recommendations)]. Samchiki [in Ukrainian].
4. Kurdysh, I. K. (2010). *Introdukciya mikroor-ganizmiv u agroekosy'stemy'* [Introduction of micro-organisms in agroecosystems]. Kiev: Naukova Dumka [in Ukrainian].
5. Malinovska, I. M. (2013). *Vykorystannia bakterialnykh preparativ v orhanichnomu ahrovy-robnystvi* [Use of bacterial preparations in organic agro-production. The combination of science, education, practical production and sale of quality organic products]. Kyiv [in Ukrainian].
6. Volkohon, V. V. (2007). *Mikrobiologichni aspekty optymizatsii azotnoho udobrennia silskohos-podarskykh kultur* [Microbiological aspects of nitrogen fertilizer optimization of agricultural crops]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
7. Petrova, S. N., & Parahin, N. V. (2013). Mykrobnue preparatu kak sposob formyrovanyia efektyvnukh rastytelno-mykrobnukh system [Microbial preparations as a way of forming effective plant-microbial systems]. *Zernobovye i krupjanye kul'tury — Cereal and cereals*, 2, 86–91 [in Russian].
8. Volkogon, V. V. (2007). *Mikrobiologichni aspekty optymizatsii azotnoho udobrennia silskohos-podarskykh kultur* [Microbiological aspects of optimization of nitrogen fertilizers of crops]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
9. Pat.135362 UA. A method of obtaining a nanocomposite complex bacterial preparation for crop production, Kurdysh, I. K., Roy, A. A., Grishchenko, R. E., Publ. 25.06.2019 [in Ukrainian].
10. Pat. 72856 UA, MIIK C12N 1/20, C05F 11/08, A01N 63/00 C12R 1/065, A01P 21/00, A01C 1/06. Bacterial strain *Azotobacter vinelandii* for obtaining bacterial fertilizer for crop production, Kurdysh, I. K., Bega, Z. T., Publ. 15.08.2006 [in Ukrainian].
11. Pat. 54923 A UA. C05F11/08, C12N1/20. *Bacillus* strain *Bacillus subtilis* for obtaining bacterial fertilizer for crop production, Kurdysh, I. K., Roy, A. O., Publ. 17.03.2003 [in Ukrainian].

Received 12.06.2020