

## ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО БАКТЕРІАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ АЗОГРАН НА РОЗВИТОК ПАРОСТКІВ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН

А. О. Рой, І. О. Скороход, І. К. Курдиш

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

**Мета.** У лабораторних умовах дослідити вплив обробки насіння культурних рослин комплексним бактеріальним препаратом Азогран (на основі *Bacillus subtilis* IMB B-7023 та *Azotobacter vinelandii* IMB B-7076) на початкові етапи онтогенезу. **Методи.** Мікробіологічні (культивування мікроорганізмів здійснювали в умовах періодичної культури — *A. vinelandii* IMB B-7076 у рідкому живильному середовищі Ешбі, *Bacillus subtilis* IMB B-7023 — у мінеральному середовищі з глюкозою; чисельність життєздатних клітин у суспензіях визначали методом серійних розведень з подальшим висівом на поверхню відповідних агаризованих середовищ), фізіологічні (за використання для інокуляції насіння різних розведень суспензій біопрепарату), статистичні. **Результати.** Бактеризація насіння гречки сорту Україна, пшениці озимої сорту Подолянка, вики посівної сорту Маргарита рідким комплексним бактеріальним препаратом Азогран позитивно впливала на енергію проростання, схожість, довжину паростків та їхню масу проти контролю (обробка водою). Кращі показники впливу препарату на початкові етапи онтогенезу рослин виявлено для гречки та пшениці. Позитивний ефект інокуляції більшою мірою виявлявся за розведення суспензії біопрепарату водою у співвідношеннях 1:10 та 1:100, що свідчить про інтенсивне продукування бактеріями біологічно активних речовин. Обробка насіння різних сортів кукурудзи водною суспензією гранульованого комплексного бактеріального препарату Азогран позитивно впливала на розвиток паростків, а також сприяла зниженню їх ураження фітопатогенними мікроміцетами. **Висновки.** Комплексний бактеріальний препарат Азогран позитивно впливає на енергію проростання, схожість та масу паростків досліджених видів рослин, зменшує ступінь ураження насіння мікроміцетами, і тому рекомендується для обробки насіння сільськогосподарських рослин перед висівом у ґрунт.

Ключові слова: комплексний бактеріальний препарат Азогран, насіння культурних рослин, схожість, проростання, фітопатогенні мікроміцети.

**Вступ.** Потужним фактором, що дозволяє підвищити продуктивність агроєкосистем, є активізація взаємодій між рослинами та мікроорганізмами [1–4]. З цією метою науковцями розробляються та вводяться в практику сільськогосподарського виробництва екологічно безпечні бактеріальні препарати, а також регулятори росту рослин природного та синтетичного походження [5–10]. Ці препарати сприяють інтенсифікації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, під-

вищують їхню стійкість до захворювань та позитивно впливають на угруповання ґрунтових мікроорганізмів [1; 11].

Практичний інтерес до біологічних препаратів зумовлений їхньою високою ефективністю, а також тим, що до їх складу входять мікроорганізми, виділені з природних біоценозів. Вони не забруднюють довкілля і є безпечними для тварин та людини [5; 11].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Представники родів *Bacillus* та *Azoto-*

*bacter* широко розповсюджені в біосфері й займають різноманітні екологічні ніші. Вони здатні заселяти ризосферу та ризоплану, активно взаємодіючи з рослинами, сприяють стійкому їх росту та розвитку, захищають від фітопатогенів та підвищують продуктивність сільськогосподарських культур. На основі селекціонованих штамів *Bacillus subtilis* IMB B-7023 [12] та *Azotobacter vinelandii* IMB B-7076 [13] створено високоефективний комплексний бактеріальний препарат Азогран. Але попри його високу ефективність, підтверджену в численних дослідженнях [14; 15], не до кінця з'ясованим є вплив бактерій на початкові етапи онтогенезу рослин.

**Мета досліджень.** Дослідження впливу обробки насіння культурних рослин комплексним бактеріальним препаратом Азогран на початкові етапи їх онтогенезу.

**Матеріали та методи досліджень.** У роботі використовували насіння гречки сорту Україна, пшениці озимої сорту Подолянка, вики посівної сорту Маргарита, кукурудзи сортів Титан та Нептун. Насіння отримано в ННЦ «Інститут землеробства НААН».

Рідкий комплексний бактеріальний препарат готували на основі бактерій *A. vinelandii* IMB B-7076 [12] і *B. subtilis* IMB B-7023 [13]. Мікроорганізми вирощували протягом 48 год. за 28 °С на качалці (240 об./хв.) у колбах, що містили по 100 мл відповідного живильного середовища. *A. vinelandii* IMB B-7076 культивували в рідкому живильному середовищі Ешбі такого складу (г/л): сахароза — 20,0;  $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$  — 0,2;  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  — 0,2; NaCl — 0,2;  $K_2SO_4$  — 0,1;  $CaCO_3$  — 5,0 (рН 7,2–7,3) [16]. Для культивування *B. subtilis* IMB B-7023 використовували мінеральне середовище з глюкозою (г/л):  $(NH_4)_2SO_4$  — 0,5;  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  — 0,3; NaCl — 0,3;  $CaCO_3$  — 5,0;  $MnSO_4 \cdot 7H_2O$  — 0,001;  $FeSO_4$  — 0,001; глюкоза — 10,0; гліцерофосфат кальцію — 2,0 [17]. Чисельність життєздатних клітин у суспензіях визначали методом серійних розведень з подальшим висівом на поверхню відповідних агаризованих середовищ у чашках Петрі та підрахунком на них бактеріальних колоній.

Насіння обробляли сумішшю суспензій відповідних бактерій (у співвідношенні 1:1 — вихідний препарат). Кількість клітин *B. subtilis* IMB B-7023 складала  $(6,3 \pm 0,8) \cdot 10^8$  кл/мл, *A. vinelandii* IMB-7076 —  $(2,2 \pm 0,1) \cdot 10^8$  кл/мл.

Обробку проводили протягом 1 години як вихідним препаратом, так і його суспензіями, розведеними водою, у співвідношеннях 1:10 та 1:100. Об'єм використаних суспензій складав 2 мл / 50 насінин. Контрольні зразки обробляли стерильною водопровідною водою.

Крім впливу інокуляції різних розведень рідкого препарату Азогран на показники розвитку паростків вики, пшениці й гречки, досліджували також особливості розвитку паростків кукурудзи сортів Титан та Нептун за дії гранульованого препарату, суспендованого у воді в співвідношенні 1 г препарату на 100 мл води.

Насіння після бактеріальної обробки розкладали в кювети для пророщування на змочений стерильною водопровідною водою фільтрувальний папір та пророщували за температури 25–28 °С. Енергію проростання, схожість насіння, довжину паростків та їхню масу визначали згідно з ДСТУ 4138-2002 [18].

У дослідах з кукурудзою, крім впливу Азограну на розвиток паростків, досліджували дію біопрепарату на ступінь їх ураження мікроміцетами. Для цього по 50 насінин вносили в 50 мл біопрепарату. Після бактеризації протягом 1,5 години насіння розкладали в кювети з фільтрувальним папером, змоченим стерильною водопровідною водою. Ступінь ураження паростків підраховували згідно з ДСТУ 4138-2002 [18].

Повторність досліду — трьохкратна. Статистичну обробку результатів проводили методами варіаційної статистики [19]. У таблицях та рисунках наведено середні значення, що є достовірними за  $p \leq 0,05$ .

**Результати та їх обговорення.** Дослідження впливу передпосівної бактеризації насіння показали збільшення показників енергії проростання та схожості, довжини коренів та паростків, маси паростків щодо контролю. Проте варто зазначити, що значний позитивний вплив препарату не однаковою мірою проявився в різних варіантах експерименту. Так, вплив інокуляції на енергію проростання та схожість насіння вики посівної був у межах 5 % щодо контролю (табл. 1). Водночас за бактеризації насіння гречки та пшениці відзначали суттєве збільшення показників енергії проростання насіння та його схожості.

Інокуляція насіння пшениці нативним препаратом забезпечувала позитивний вплив як на енергію проростання, так і на його схожість. Відповідні показники зростали проти контролю на 37,3 % та 48,4 % (табл. 1). За обробки насіння препаратом, розведеним водою у співвідношенні 1:10, показники енергії проростання та схожості насіння були вищими за контрольні на 15,7 % та 11 %. Найвищі значення енергії проростання та схожості насіння пшениці щодо контролю відзначали за обробки насіння препаратом, розведеним водою у співвідношенні 1:100 — 68 % та 57 % відповідно (табл. 1).

Для гречки найвищі показники енергії проростання та схожості (більші від контролю на 68 % і 57 %) встановлено після обробки насіння вихідним бактеріальним препаратом (табл. 1). Показники були нижчими за обробки насіння суспензіями препарату, розведеними водою у співвідношенні 1:10 (відповідно 44 % та 47 %) та у співвідношенні 1:100 (відповідно 32 % та 20 %) (табл. 1).

Обробка насіння бактеріальним препаратом загалом забезпечила позитивний вплив на формування кореня, паростка та його маси. Проте вплив інокуляції на показники росту та розвитку паростків залежав від виду рослин та концентрації препарату (табл. 1).

Для насіння вики посівної спостерігалася кореляція між вищевказаними показниками та концентрацією препарату. За розведення препарату водою його вплив знижувався. Найефективнішою була обробка насіння вихідним препаратом, після якої спостерігали збільшення довжини стебла на 47 %, довжини кореня — на 37 %, маси паростка — на 24 % проти контролю (табл. 2). Вплив препарату, розбавленого водою у співвідношенні 1:10, послаблювався на 10–15 % проти вихідного препарату, а обробка насіння препаратом, розведеним водою у співвідношенні 1:100, не мала значного впливу (приріст вказаних показників не перевищував 6 % від контролю).

Для насіння пшениці озимої найефективнішою виявилась обробка препаратом, розведеним водою у співвідношенні 1:10 — довжина стебла зростала на 26 %, довжина кореня — на 40 %, маса паростка — на 18 % проти контролю (табл. 2). Ефективність обробки насіння пшениці вихідним препаратом була меншою на 10–13 %, як порівняти з обробкою препаратом, розведеним водою у

співвідношенні 1:10, а вплив на масу паростків не перевищував 5 % від контролю. Приріст показників росту та розвитку паростків після обробки насіння препаратом, розведеним водою у співвідношенні 1:100, не перевищував 17 % (довжина стебла), 16 % (довжина кореня), 14 % (маса паростка) проти контролю (табл. 2).

Для насіння гречки встановлено таку ж залежність між концентрацією препарату та показниками росту й розвитку паростків, як і для насіння вики посівної — зменшення впливу препарату за його розведення. Найефективнішою виявилася обробка насіння гречки нативним препаратом: довжина стебла зростала на 64,3 %, довжина кореня — на 83,9 %, маса паростка — на 76,6 % проти контролю (табл. 2).

Найменший вплив мала обробка насіння гречки препаратом, розведеним водою у співвідношенні 1:100 — довжина стебла була більшою від показників у контрольному варіанті на 58,1 %, довжина кореня — 59,9 %, маса паростка — 59 %. Варто зазначити, що високі показники одержані для насіння гречки за використання препарату, розведеного водою у співвідношенні 1:100, як порівняти з іншими видами сільськогосподарських культур (табл. 2).

Крім впливу інокуляції насіння різними розведеннями препарату Азогран на показники розвитку паростків вики, пшениці й гречки, досліджували також особливості формування паростків кукурудзи сорту Титан за дії гранульованого препарату, суспендованого у воді (1:100). За обробки насіння кукурудзи зазначеною суспензією показники його проростання зростали проти контролю на 21,9 %, схожості — на 20,4 %, довжини паростків — на 51,4 % (табл. 3).

Оскільки до складу препарату входять штами *B. subtilis* ІМВ В-7023 та *A. vinelandii* ІМВ-7076, які є активними антагоністами фітопатогенних мікроміцетів, було доречним дослідити його вплив на ураження насіння кукурудзи фітопатогенними грибами. Дані табл. 4 свідчать, що обробка контамінованого мікроміцетами насіння кукурудзи суспендованим препаратом Азогран та суспензіями, розбавленими водою у 10 та 100 разів, сприяла зниженню ураження фітопатогенами. Подібну залежність виявлено після обробки препаратом Азогран насіння кукурудзи сорту Нептун (табл. 5).

**Таблиця 1. Вплив обробки насіння гречки, пшениці та вики посівної рідким бактеріальним препаратом Азогран на енергію його проростання й схожість**

Варіанти дослідів	Гречка		Пшениця озима		Вика посівна	
	енергія проростання насіння, %	схожість, %	енергія проростання насіння, %	схожість, %	енергія проростання насіння, %	схожість, %
Обробка насіння водою, контроль	30,6 ± 4,4	30,6 ± 3,0	29,2 ± 0,8	27,2 ± 1,6	87,2 ± 2,0	86,0 ± 1,4
Вихідний препарат*	45,2 ± 4,6	42,0 ± 2,8	46,0 ± 4,0	45,2 ± 6,0	90,0 ± 3,6	90,6 ± 3,0
Розведення препарату 1:10	35,2 ± 6,4	34,0 ± 6,4	44,0 ± 7,4	42,0 ± 8,6	92,0 ± 1,4	88,6 ± 0,8
Розведення препарату 1:100	51,2 ± 8,0	48,0 ± 10,0	38,6 ± 10,0	32,6 ± 6,8	90,0 ± 4,2	87,2 ± 4,4

\* — вихідний препарат містив  $10^8$  кл./мл кожного штаму.

**Таблиця 2. Вплив інокуляції насіння гречки, пшениці та вики посівної рідким бактеріальним препаратом Азогран на ріст і розвиток паростків**

Варіанти дослідів	Гречка			Пшениця озима			Вика посівна		
	довжина стебла, мм	довжина кореня, мм	маса, г/рослину	довжина стебла, мм	довжина кореня, мм	маса, г/рослину	довжина стебла, мм	довжина кореня, мм	маса, г/рослину
Обробка насіння водою, контроль	65,1 ± 6,0	86,0 ± 6,7	0,16 ± 0,01	102,0 ± 5,7	116,0 ± 6,6	0,22 ± 0,01	150,0 ± 12,7	101,0 ± 5,9	0,29 ± 0,01
Вихідний препарат	107,0 ± 7,4	136,0 ± 7,0	0,22 ± 0,01	117,0 ± 4,2	147,0 ± 4,6	0,23 ± 0,01	220,0 ± 14,9	138,0 ± 7,2	0,36 ± 0,01
Розведення препарату 1:10	119,0 ± 5,4	137,0 ± 8,0	0,25 ± 0,05	129,0 ± 3,9	162,0 ± 6,6	0,26 ± 0,01	206,0 ± 14,0	127,0 ± 7,4	0,32 ± 0,00
Розведення препарату 1:100	115,0 ± 4,3	137,0 ± 7,0	0,20 ± 0,00	119,0 ± 5,0	135,0 ± 5,2	0,25 ± 0,01	159,0 ± 2,5	101,9 ± 6,5	0,30 ± 0,00

**Таблиця 3. Вплив обробки насіння кукурудзи сорту Титан водною суспензією гранульованого бактеріального препарату на онтогенез паростків**

Варіанти обробки насіння	Енергія проростання насіння, %	Приріст до контролю, %	Схожість насіння, %	Приріст до контролю, %	Довжина паростків, см	Приріст до контролю, %
Обробка насіння водою, контроль	52,0 ± 10,2	–	52,0 ± 2,8	–	7,4 ± 0,5	–
Водна суспензія Азограну	63,4 ± 3,6	21,9	62,6 ± 2,2	20,4	11,2 ± 0,2	51,4

**Таблиця 4. Вплив обробки насіння кукурудзи сорту Титан водними суспензіями комплексного бактеріального препарату на зниження ураженості мікроміцетами**

Варіанти дослідів	Схожість насіння, %	Ступінь ураження насіння мікроміцетами, %	Зниження ураженості насіння мікроміцетами, в. п.
Обробка водою, контроль	68,3 ± 2,8	100,0	–
Вихідна суспензія	73,6 ± 5,1	26,6	73,4
Суспензія : вода — 1 : 10	75,5 ± 3,2	32,4	67,6
Суспензія : вода — 1 : 100	78,3 ± 2,0	49,2	50,8

**Таблиця 5. Вплив обробки насіння кукурудзи сорту Нептун суспензіями комплексного бактеріального препарату Азогран на зниження ураженості мікроміцетами**

Варіанти дослідів	Схожість насіння, %	Ступінь ураження насіння мікроміцетами, %	Зниження ураженості насіння мікроміцетами, в. п.
Обробка водою, контроль	89,4 ± 3,2	100,0	–
Вихідна суспензія	94,1 ± 1,5	27,3	72,7
Суспензія : вода — 1 : 10	75,6 ± 3,6	38,6	61,4
Суспензія : вода — 1 : 100	73,5 ± 1,8	42,0	58,0

**Висновки.** За інокуляції насіння вики посівної, пшениці озимої, гречки та кукурудзи бактеріальним комплексним препаратом на основі *A. vinelandii* IMB В-7076 і *B. subtilis* IMB В-7023 покращується енергія проростання насіння, його схожість та формування паростків. Обробка препаратом насіння кукурудзи знижувала ступінь його ураження фітопатогенними мікроміцетами. Отримані результати свідчать про значні перспективи застосування Азограну в технологіях вирощування сільськогосподарських культур.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров. К. : Основа, 2010. 349 с.
2. Watt M., Kirkegaard J. A., Passioura J. B. Rhizosphere biology and crop productivity. *Australian J. Soil Research*. 2006. Vol. 44. P. 299–317. <https://doi.org/10.1071/SR05142>
3. Marschner P. *Rhizosphere Biology*. Mineral nutrition of higher plants. (3rd ed.) Amsterdam: Elsevier, 2012. P. 369–388. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00015-7>

4. Fasusi O. A., Cruz C., Babalola O. O. (2021). Agricultural sustainability: microbial biofertilizers in rhizosphere management. *Agriculture*. 2021. Vol. 11 (2). P. 163. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020163>
5. Курдиш І. К. Гранулированые микробные препараты для растениеводства: наука и практика. К. : КВІЦ, 2001. 142 с.
6. Bashan Y., Holguin G. (2002) Plant growth-promoting bacteria: a potential tool for arid mangrove reforestation. *Trees*. № 16. P. 159–166. <https://doi.org/10.1007/s00468-001-0152-4>
7. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: [монографія] / за ред. В. В. Волкогона. К. : Аграрна наука, 2006. 312 с.
8. Биорегуляция микробно-растительных систем: монография / под ред. Г. А. Иутинской, С. П. Пономаренко. Киев: Ничлава, 2010. 464 с.
9. Babalola O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol Lett*. 2010. № 32. P. 1559–1570. <https://doi.org/10.1007/s10529-010-0347-0>
10. O'Callaghan. M. Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 2016. Vol. 100, № 13. P. 5729–5746. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7590-9>
11. Омелянець Т. Г., Коваленко Н. К., Головач Т. М. Оцінка безпеки продуктів мікробної біотехнології і гігієнічне регламентування. *Мікробіологічний журнал*. 2008. Т. 70, № 2–3. С. 124–125.
12. Штам бактерій *Bacillus subtilis* для одержання бактеріального препарату для рослинництва: пат. 54923 А. Україна. МПК C05F11/08, C12N1/20, І. К. Курдиш, А. О. Рой; заявник і патентовласник: Інститут мікробіології і вірусології НАН України; заявл. 22.05.2002; опубл. 17.03.2003, Бюл. №3.
13. Штам бактерій *Azotobacter vinelandii* для одержання бактеріального препарату для рослинництва: пат. 72756 Україна. МПК C12N1/20, C05F11/08, І. К. Курдиш, З. Т. Бега; заявник і патентовласник: Інститут мікробіології і вірусології НАН України. заявл. 04.12.2003; опубл. 15.08.2006, бюл. № 8.
14. Курдиш І. К. Інтродукція мікроорганізмів у агроєкосистеми. К. : Наукова думка, 2010. 253 с.
15. Рой А. А., Пасичник Л. А., Церковняк Л. С., Ходос С. Ф., Курдиш І. К. Влияние бактерий рода *Bacillus* на возбудителя бактериального рака томатов. *Мікробіологічний журнал*. 2012. Т. 24, № 5. С. 74–80.
16. Рубенчик Л. И. Азотобактер и его применение в сельском хозяйстве. К. : Изд. АН УССР, 1960. 327 с.
17. Менкина Р. А. Бактерии, минерализующие органические соединения фосфора. *Микробиология*. 1950. Т. 19, № 4. С. 308–315.
18. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004-01-01]. Київ : Держстандарт України. 2003. 173 с.
19. Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высшая школа, 1990. 352 с.

Отримано 08.04.2022

<https://doi.org/10.35868/1997-3004.35.58-65>

UDC 632.95:579:575.16:633.11/.12

## INFLUENCE OF THE COMPLEX BACTERIAL PREPARATION AZOGRAN ON THE DEVELOPMENT OF SPROUTS OF CULTIVATED PLANTS

A. O. Roi, I. O. Skorokhod, I. K. Kurdysh

D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, NAS of Ukraine, Kyiv

e-mail: ivan.kurdish2016@gmail.com

**Objective.** To investigate the effect of seed treatment of cultivated plants with the complex bacterial preparation Azogran (based on *Bacillus subtilis* IMB B-7023 and *Azotobacter vinelandii* IMB B-7076) on the initial stages of ontogenesis under laboratory conditions. **Methods.** Microbiological (cultivation of microorganisms was carried out under periodic culture conditions — *A. vinelandii* IMB B-7076 in Ashby liquid digest medium, *Bacillus subtilis* IMB B-7023 — in a mineral medium with glucose; the number of viable cells in suspensions was determined by the method of serial dilu-

tions followed by sowing on the surface of the relevant agarized media), physiological (with different dilutions of biopreparation suspensions for seed inoculation), statistical. **Results.** Bacterization of Ukraine variety buckwheat seeds, Podolianka variety winter wheat and Marharyta variety common tare with a liquid complex bacterial preparation Azogran had a positive effect on germination energy, germination, sprout length and their weight compared to the control (water treatment). The best results at the initial stages of plant ontogenesis were found for buckwheat and wheat. The positive effect of inoculation was more pronounced when diluting the biopreparation suspension with water in ratios of 1:10 and 1:100, which indicates intensive production of biologically active substances by bacteria. Treatment of seeds of different corn varieties with an aqueous suspension of the granular complex bacterial preparation Azogran had a positive effect on the development of sprouts, and also contributed to the reduction of their damage by phytopathogenic micromycetes. **Conclusion.** The complex bacterial preparation Azogran has a positive effect on the energy of germination, germination and the weight of sprouts of the investigated plant species, reduces the degree of seed damage by micromycetes and is recommended for the treatment of seeds of agricultural plants before sowing in the soil.

Key words: complex bacterial preparation Azogran, cultivated plant seeds, similarity, germination, phytopathogenic micromycetes.

#### REFERENCES

1. Kolupaev, Yu. E., Karpets, Yu. V. (2010). *Formirovanie adaptivnykh reaktsiy rasteniy na deystvie abioticheskikh stressorov* [Formation of adaptive responses of plants to the action of abiotic stressors]. Kiev: Osnova [in Russian].
2. Watt, M., Kirkegaard, J. A., Passioura, J. B. (2006). Rhizosphere biology and crop productivity. *Australian J. Soil Research*, 44, 299–317. <https://doi.org/10.1071/SR05142>
3. Marschner, P. (2012). Rhizosphere Biology. In Marschner's mineral nutrition of higher plants. (3rd ed., pp. 369–388). Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00015-7>
4. Fasusi, O. A., Cruz, C., Babalola, O. O. (2021). Agricultural sustainability: microbial biofertilizers in rhizosphere management. *Agriculture*, 11 (2), 163. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020163>
5. Kurdish, I. K. (2001). *Granulirovannyye mikrobnyye preparaty dlja rastenievodstva: nauka i praktika* [Granular microbial preparations for crop production: science and practice]. Kiev: KVIC [in Russian].
6. Bashan, Y., Holguin, G. (2002). Plant growth-promoting bacteria: a potential tool for arid mangrove reforestation. *Trees*, 16, 159–166. <https://doi.org/10.1007/s00468-001-0152-4>
7. Volkohon, V. V. (Ed.) (2006). *Mikrobnii preparaty u zemlerobstvi. Teoriia i praktyka* [Microbial preparations in agriculture. Theory and practice]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
8. Iutinskaya, G. A., Ponomarenko, S. P. (Eds.). (2010). Bioregulyaciya mikrobnno-rastitel'nyh sistem [Bioregulation of microbial-plant systems]. Kiev: Nichlava [in Russian].
9. Babalola, O. O. (2010). Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol Lett.*, 32, 1559–1570. <https://doi.org/10.1007/s10529-010-0347-0>
10. O'Callaghan, M. (2016). Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 100 (13), 5729–5746. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7590-9>
11. Omelianets, T. H., Kovalenko, N. K., Holovach, T. M. (2008). Otsinka bezpeky produktiv mikrobnoi biotekhnolohii i hihiiienichne rehlamentuvannia [Assessment of product safety in microbial biotechnology and hygiene regulation]. *Mikrobiolohichnyi zhurnal — Microbiological Journal*, 70 (2–3), 124–125 [in Ukrainian].
12. Pat. 54923 A, UA C05F11/08, C12N1/20. Strain of Bacillus subtilis bacteria for obtaining a bacterial preparation for crop production, Kurdysh, I. K., Roi, A. O., Publ. 17.03.2003 [in Ukrainian].
13. Pat. 72756 UA, MIIK C12N1/20, C05F11/08. Strain of Azotobacter vinelandii bacteria for obtaining a bacterial preparation for crop production, Kurdysh, I. K., Bega, Z. T., Publ. 15.08.2006 [in Ukrainian].
14. Kurdysh, I. K. (2010). *Introduktsiia mikroorhanizmiv u ahroekosystemy* [Introduction of microorganisms into agroecosystems]. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
15. Roy, A. A., Pasichnik, L. A., Tserkovnyak, L. S., Khodos, S. F., Kurdish, I. K. (2012). Vliyanie bakteriy roda Bacillus na vzbuditelya bakterial'nogo raka tomatov [The effect of bacteria of the genus Bacillus on the causative agent of bacterial cancer of tomatoes]. *Mikrobiolohichnyi zhurnal — Microbiological Journal*, 24 (5), 74–80 [in Russian].
16. Rubenchik, L. I. (1960). *Azotobakter i ego primenenie v sel'skom khozyaystve* [Azotobacter and

its application in agriculture]. Kiev: Izd. AN USSR [in Russian].

17. Menkina, R. A. (1950). Bakterii, mineralizuyushchie organicheskie soedineniya fosfora [Bacteria that mineralize organic phosphorus compounds]. *Mikrobiologiya — Microbiology*, 19 (4), 308–315 [in Russian].

18. DSTU 4138–2002. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti [Seeds of agricultural crops. Methods of determining quality.]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 2003 [in Ukrainian].

19. Lakin, G. F. (1990). *Biometriya* [Biometrics]. Moskva: Vysshaya shkola [in Russian].

Received 08.04.2022