

ВПЛИВ НАНОКОМПЗИТНОГО КОМПЛЕКСНОГО БАКТЕРІАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ АЗОГРАН НА РІСТ, РОЗВИТОК І ВРОЖАЙНІСТЬ ГРЕЧКИ

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

¹Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН»
вул. Будівельників, 26; смт Чабани, Київська обл., 08162, Україна; e-mail: sun_summer@ukr.net

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України
вул. Академіка Заболотного, 154; м. Київ, 03143, Україна; e-mail: ivan.kurdish2016@gmail.com

Мета. Визначити вплив комплексного нанокмпозитного бактеріального препарату Азогран на ріст і розвиток рослин та продуктивність гречки за моделювання органічного виробництва. **Методи.** Нанокмпозитний комплексний бактеріальний препарат Азогран виготовляли на основі взаємодії штамів *Azotobacter vinelandii* ІМВ В-7076 і *Bacillus subtilis* ІМВ В-7023 з наночастками бентоніту. Дослідження впливу препарату на ріст і розвиток рослин та врожайність гречки сорту Син 3/02 за моделювання органічного виробництва проводили на дослідному полі Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». **Результати.** Встановлено, що передпосівна бактеризація насіння гречки нанокмпозитним комплексним бактеріальним препаратом Азогран помітно стимулює ріст і розвиток рослин. Застосування цього препарату супроводжувалося збільшенням площі листової поверхні рослин. У контрольному варіанті площа листової поверхні у фазу цвітіння складала 11,6 тис. м²/га, а за використання Азограну цей показник зростав до 14,9 тис. м²/га, або на 28,5 %. За вирощування гречки без бактеризації площа асиміляційної поверхні від фази цвітіння до дозрівання знижувалась у 2,3–2,5 рази, проте застосування передпосівної бактеризації уповільнювало відмирання листових пластинок — їх площа на період дозрівання зменшувалась лише у 1,7 рази. У бактеризованих рослинах суттєво зростав уміст сполук азоту, фосфору і калію; врожайність культури зростала до 1,08 т/га (на 22,7 % від контролю). Висів бактеризованого за використання препарату Азогран насіння гречки у ґрунт на фоні приорювання соломи забезпечував підвищення врожайності до 1,3 т/га (на 30 %). **Висновки.** Передпосівна бактеризація насіння гречки нанокмпозитним комплексним бактеріальним препаратом Азогран значно поліпшує ріст і розвиток рослин і підвищує продуктивність культури на 22,7–30 %.

Ключові слова: нанокмпозитний комплексний бактеріальний препарат, вплив на ріст, продуктивність гречки.

Вступ. Гречка — важлива круп'яна культура в народному господарстві. Її крупа характеризується високими смаковими, поживними і дієтичними якостями, користується значним попитом на внутрішньому ринку і тому є першим претендентом на вирощування її за умов органічного землеробства, де забороняється використання синтетичних добрив, пестицидів, регуляторів росту

рослин, ГМО. Для збільшення урожайності найактивніше використовують різні способи обробітку ґрунту, сівозміни, органічні добрива (пожнивні залишки, гній, торф, компости, сидерати та ін.) [1; 2].

Надзвичайно важлива роль у процесах ґрунтоутворення і підтримання родючості ґрунтів належить мікроорганізмам. Вони трансформують мінеральні породи, рослинні

рештки, беруть участь у формуванні структури ґрунту, утворенні гумусу і його мінералізації, в поповненні біосфери, зокрема ґрунтів, азотом, мобілізації фосфору та інших біогенних елементів з органічних та важкорозчинних неорганічних сполук [3; 4]. Мікроорганізми кореневої зони рослин є трофічними посередниками між ґрунтом і рослиною та відповідають за перетворення низки складних сполук у прості, доступні для живлення рослин. Одержуючи необхідне кореневе живлення, вони реалізують свій генетичний потенціал врожайності [2; 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для поліпшення росту, розвитку рослин та підвищення їх продуктивності у виробництві, крім інших агротехнічних прийомів оптимізації продукційного процесу сільськогосподарських культур, застосовуються мікробні препарати. Найперспективнішими є комплексні мікробні препарати, створені на основі двох чи більшої кількості мікроорганізмів, які спричиняють синергічну стимулювальну дію на ріст, розвиток і продуктивність рослин [3; 6–8].

На основі вискоєфективних азотфіксувальних бактерій *Azotobacter vinelandii* ІМВ В-7076 і фосфатмобілізувальних бактерій *Bacillus subtilis* ІМВ В-7023 нами розроблено комплексний бактеріальний препарат Азогран [4]. Запропоновано також удосконалену форму препарату, яку отримують за взаємодії зазначених штамів з наноккомпозитом бентоніту, що значно підвищує як прилипання бактерій до насіння рослин за його інокуляції, так і життєздатність бактерій за зберігання препарату та на насінні [9]. Вплив цього препарату на продуктивність гречки не досліджено.

Мета досліджень. Визначити вплив комплексного наноккомпозитного препарату Азогран на ріст, розвиток рослин і врожайність гречки за органічного вирощування культури.

Матеріали та методи досліджень. Наноккомпозитний комплексний бактеріальний препарат Азогран виготовляли на основі взаємодії селекціонованих в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України високоактивних штамів азотфіксувальних бактерій *Azotobacter vinelandii* ІМВ В-7076 [10] і фосфатмобілізувальних бактерій *Bacillus subtilis* ІМВ В-7023 [11] з наночастками бентоніту. Для його створення стериль-

ний сипкий бентоніт вносили у фізіологічний розчин з розрахунку 100 г на 1 л розчину, гомогенізували протягом 5 хв. на гомогенізаторі МРВ-302. Отриманий наноккомпозит стерилізували, після чого в нього вносили 10 % змішаної суспензії *A. vinelandii* ІМВ В-7076 і *B. subtilis* ІМВ В-7023. Чисельність життєздатних бактерій в 1 мл препарату становила: *A. vinelandii* ІМВ В-7076 — $1,2 \cdot 10^7$ кл.; *B. subtilis* ІМВ В-7023 — $1,7 \cdot 10^7$ кл. [9].

Дослідження впливу наноккомпозитного комплексного бактеріального препарату Азогран на ріст, розвиток рослин і врожайність гречки сорту Син 3/02 за органічного виробництва проводили з 2014 по 2018 рр. на дослідному полі Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН» на сірому лісовому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті, який характеризується такими показниками: вміст гумусу (за Тюриним) — 1,15 %; азоту лужногідролізованого (за Корнфільдом) — 50 мг/кг ґрунту; рухомого фосфору і обмінного калію (за Кірсановим) — відповідно 240 і 144 мг/кг ґрунту, рН_{сол.} — 5,9 [12].

Досліди проводили за такою схемою:

1. Контроль — висів насіння без застосування бактеріального препарату (без бактеризації) на фоні чистого пару;
2. Висів насіння, бактеризованого наноккомпозитним комплексним бактеріальним препаратом Азогран з розрахунку 1 л на гектарну норму насіння;
3. Висів насіння без бактеризації на фоні приорювання соломи;
4. Висів насіння, бактеризованого Азограном на фоні приорювання соломи.

Бактеризацію насіння гречки сорту Син 3/02 проводили в затіненому місці. Для цього на насіння наносили препарат, перемішували, підсушували і висівали в ґрунт широкорядним способом. Повторення триразове. Розмір ділянок 18 м². Посів гречки проводили у першій декаді травня. Повні сходи отримано в межах 10–14 днів. Збирання врожаю гречки проводили на початку серпня роздільним способом. Площу листової поверхні визначали методом «висічок» за методикою А. А. Ничипоровича [13]. Азот у рослинах визначено за методом К'ельдаля, фосфор — колориметрично на ФЕК ЛМФ 74М, калій — полум'яно-фотометричним методом після мокрого озолення осаду за

Гінзбург та Щегловою [14].

У формуванні урожаю гречки важливу роль відіграють метеорологічні фактори, які в 2014–2018 рр. були типовими для клімату зони Лісостепу і характеризувалися контрастністю температурного режиму та нерівномірним розподілом опадів за місяцями, що зумовило низку особливостей у технології вирощування культури. Найсприятливішим для вирощування культури був вегетаційний період 2014 року.

Результати та їх обговорення. Для з'ясування забезпеченості рослин у процесі їх росту азотом, фосфором і калієм визначали вміст цих елементів у рослинах гречки. Хімічний склад рослин відображає складний процес мінерального живлення і характеризує ступінь забезпеченості рослин елементами живлення в конкретних умовах [15].

Азот, фосфор і калій мають важливе значення в розвитку рослин. Азот і фосфор входять до складу цілої низки органічних сполук: азот — до складу білків, ферментів, нуклеїнових кислот, хлорофілу, вітамінів, алкалоїдів та інших сполук, фосфор — нуклеїнових кислот, фосфатидів, фітину, лецитину. Калій у рослинах перебуває в іонній формі і не входить до складу органічних сполук, але відіграє важливу роль у процесах синтезу вуглеводів та їх транспортування, впливає на процеси газообміну під час дихання, підвищує холодостійкість та стійкість рослин до хвороб.

Найсприятливіші умови для досягнення високої продуктивності рослин створюються за повного забезпечення їх елементами живлення. Альтернативою азоту мінеральних добрив в органічному землеробстві є азот біологічного походження, який рослина от-

римує завдяки асоціативній взаємодії з азотфіксувальними мікроорганізмами.

Інтенсивне поглинання азоту пов'язане з ростом надземної маси і кореневої системи. Так, у рослинах гречки на неудобрених ділянках у фазі масового цвітіння, в середньому за 2014–2018 рр., вміст загального азоту становив 1,50 % на суху речовину і зростав до 1,80 % у варіанті з бактеризацією насіння препаратом Азогран (табл. 1).

Вміст фосфору в рослинах гречки змінювався від 0,40 до 0,51 % і зростав за бактеризації насіння. Результати аналізу рослин показали, що вміст калію в рослинах також змінювався залежно від бактеризації насіння. Найвищий вміст калію відмічено у варіантах з обробкою насіння препаратом Азогран, причому він змінювався від 2,54 (на фоні приорювання соломи) до 2,88 % на фоні чистого пару.

Аналізуючи дані табл. 1, доходимо висновку, що у фазу цвітіння рослини гречки були достатньо забезпечені азотом [16], також мали оптимальний рівень забезпеченості фосфором. Проте через високу потребу рослин у калії на цьому етапі органогенезу спостерігався незначний дефіцит цього елемента.

Як відомо, урожайність культури залежить від фотосинтетичної активності рослин, і передусім визначається розмірами та продуктивністю функціонування листя, яке в процесі росту повинно якомога скоріше досягти оптимального розміру.

Польові дослідження ефективності нанокондитивного комплексного бактеріального препарату Азогран показали, що передсівна бактеризація насіння гречки помітно стимулює ріст і розвиток рослин (табл. 2).

Таблиця 1. Вміст азоту, фосфору і калію в рослинах гречки залежно від бактеризації насіння препаратом Азогран, % (середнє за 2014–2018 рр.)

Варіанти досліджу	Фон — чистий пар			Фон — приорювання гречаної соломи		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль (насіння без бактеризації)	1,50	0,40	2,51	1,72	0,42	2,59
Насіння бактеризоване препаратом Азогран	1,80	0,51	2,88	1,81	0,49	2,54
НІР ₀₅	0,07	0,10	0,35	0,06	0,09	0,01

Примітка. Вміст азоту, P₂O₅ і K₂O в нормі (за В. Церлінг [16]) складає 1,5–2,0, 0,4–0,6 і 3,3–4,0 відповідно.

Таблиця 2. *Наростання листової поверхні гречки залежно від бактеризації насіння, тис. м²/га (середнє за 2014–2018 рр.)*

Варіанти досліджу	Фаза розвитку		
	бутонізація	цвітіння	дозрівання
Контроль — насіння без бактеризації на фоні чистого пару	9,6	11,6	5,1
Насіння, бактеризоване Азограном	10,0	14,9	8,6
Насіння без бактеризації на фоні гречаної соломи	10,4	13,9	5,6
Насіння, бактеризоване Азограном, на фоні соломи	12,2	15,4	8,9
НІР ₀₅	0,6	0,7	0,4

Так, якщо в контрольному варіанті площа листової поверхні у фазу цвітіння складала 11,6 тис. м²/га, то за застосування препарату Азогран цей показник зростав до 14,9 тис. м²/га, або на 28,5 %.

У період дозрівання гречки площа листової поверхні зменшувалася майже в 2,2 раза. Це зумовлено відмиранням старих та уповільненням росту молодих листків після закінчення масового цвітіння рослин гречки під час повноцінного формування насіння. На темпи зниження показників площі листової поверхні значний вплив мала бактеризація насіння. Так, у варіантах без бактеризації площа асиміляційної поверхні від фази цвітіння до дозрівання знижувалась у 2,3–2,5 раза, а застосування бактеризації уповільнювало відмирання листових пластинок. Тому на такому агрофоні показники площі листової поверхні посівів зменшувалися на період дозрівання лише у 1,7 раза. Отже, бактеризація насіння гречки спричиняла значний стимулюючий вплив на ріст листової поверхні

рослин.

Основним критерієм оцінки ефективності застосування агрозаходу, зокрема й бактеризації насіння, є врожайність культури. Отримані нами результати свідчать, що проведення бактеризації насіння у системі органічного виробництва було ефективним прийомом, особливо в окремі роки (2014, 2015), а також і в середньому за чотири роки. Приріст урожаю у середньому за 4 роки склав 0,20 т/га. Слід зазначити, що врожайність гречки за роками суттєво залежала ще і від погодних умов вегетаційного періоду.

Проведені дослідження свідчать про значний вплив наноконкомпозитного комплексного бактеріального препарату Азогран на врожайність гречки сорту Син 3/02 (табл. 3). Показано, що в результаті чотирирічного вирощування гречки без застосування соломи і Азограну врожайність складала 0,88 т/га. Водночас за бактеризації насіння врожайність зростала до 1,08 т/га (на 22,7 % від контролю).

Таблиця 3. *Вплив наноконкомпозитного комплексного бактеріального препарату Азогран на врожайність гречки за органічного вирощування культури, т/га*

Варіанти досліджу	Роки досліджень				Середнє	Приріст, %
	2014	2015	2017	2018		
Контроль – насіння без бактеризації на фоні чистого пару;	1,42	0,99	0,46	0,66	0,88	–
Насіння, бактеризоване Азограном	1,54	1,13	0,61	1,05	1,08	22,7
Насіння без бактеризації на фоні гречаної соломи	1,80	1,10	0,40	0,70	1,00	–
Насіння, бактеризоване Азограном, на фоні соломи	2,19	1,48	0,65	0,88	1,30	30
НІР ₀₅					0,06	

Приорювання соломи, що є одним з основних агроприймів регулювання поживного режиму ґрунту за органічного виробництва продукції, підвищувало урожайність культури до 1,0 т/га. (на 13,6 %). Застосування передпосівної бактеризації насіння Азограном на фоні приорювання соломи підвищувало врожайність гречки до 1,3 т/га (на 30 %).

Отже, важливим агроприйомом технології вирощування гречки у системі органічного землеробства може бути проведення бактеризації насіння нанокондитивним комплексним бактеріальним препаратом Азогран, який впливає на забезпеченість рослин основними елементами живлення, забезпечує підвищення і збереження тривалішої роботи асиміляційного апарату та значно підвищує продуктивність культури.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Малиновська І. М. Агроекологічні основи мікробіологічної трансформації біогенних елементів ґрунту : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук / Інститут агроекології та біотехнології УААН. К., 2003. 34 с.

2. Іутинська Г. О. Ґрунтова мікробіологія. К. : Арістей, 2006. 282 с.

3. Мікробні препарати у землеробстві: теорія і практика / За ред. В. В. Волкогона. К. : Аграрна наука, 2006. 311 с.

4. Курдиш І. К. Інтродукція мікроорганізмів у агроекосистеми. К. : 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*. К., 2013. С. 83–89.

6. Rice, W. A., Olsen, P. E., and Leggett, M. E. (1995). Co-culture of *Rhizobium meliloti* and a phosphorus-solubilizing fungus (*Penicillium bilaii*) in sterile peat. *Soil Biol. Biochem.*, 27, 703–705.

7. Курдиш І., Рой А., Титова Л. В. Гранульовані препарати комплексної дії на основі азотфіксуючих та фосфатмобілізуючих бактерій. Аграрна освіта і наука на початку третього тисячоліття: матеріали Міжнар. науково-практ. конф.

(м. Львів, 18–21 вересня). Львів, 2001. С. 189–194.

8. Soyong K. Research and development of microbial products for agriculture in Thailand, P. R. China and Vietnam. Биологическая защита растений — основа стабилизации агроэкосистем: материалы докл. научно-практ. конф. (г. Краснодар, 28.09. – 01.10.2004 г.). Краснодар, 2004. С. 82–84.

9. Спосіб отримання нанокондитивного комплексного бактеріального препарату для рослинництва: пат. 135362 Україна. МПК C05F11/08, І. К. Курдиш, А. О Рой, Р. Є. Грищенко; 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, A01P 21/00, A01C 1/06, І. К. Курдиш, З. Т. Бега; заявник і патентовласник: Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН. № 20031211033; опубл. 15.08.2006, Бюл. № 8.

11. Штам бактерій *Bacillus subtilis* для одержання бактеріального добрива для рослинництва: пат. 54923 Україна. МПК 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.

12. Практикум по агрохімії / Под ред. Б. А. Ягодина. М. : Агропромиздат, 1987. 511 с.

13. Ничипорович А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. М. : Наука, 1966. 320 с.

14. Скрильник Є. В., Розумна Р. А. МВВ 31-497058-019-2005 Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору, калію в одній наважці рослинного матеріалу: Методики визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків, 2005. Кн. 2. С. 189–208.

15. Соколов О. А. Минеральное питание растений в почвенных условиях (на примере гречихи). М. : Наука, 1980. 192 с.

16. Церлинг В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. М. : Агропроиздат, 1990. 235 с.

Отримано 06.09.2019

INFLUENCE OF NANOCOMPOSITE COMPLEX BACTERIAL PREPARATION AZOHRAN ON BUCKWHEAT GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD

R. E. Grischenko¹, O. G. Lyubchych¹, O. V. Glieva¹, A. O. Roy², I. K. Kurdysh²

¹National Science Center “National Institute of Agriculture NAAS”, Chabany, Kyiv region
e-mail: sun_summer@ukr.net

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

Objective. To determine the influence of complex nanocomposite bacterial preparation Azohran on plant growth and development and buckwheat productivity by simulation of organic production. **Methods.** Nanocomposite complex bacterial preparation Azohran was produced on the basis of interaction of strains *Azotobacter vinelandii* IMB B-7076 and *Bacillus subtilis* IMB B-7023 with bentonite nanoparticles. The study of the influence of the product on plant growth and development and the yield of buckwheat of Sin 3/02 variety under simulation of organic production was carried out on the experimental field of the National Scientific Center “Institute of Agriculture of the NAAS”. **Results.** It has been established that presowing bacterization of buckwheat seeds with nanocomposite complex bacterial preparation Azohran significantly stimulates plant growth and development. The use of this product was accompanied by an increase in the area of the leaf surface of the plants. In the control variant, the area of the leaf surface during the flowering phase was 11.6 thousand m²/ha, and under the use of Azohran this parameter increased to 14.9 thousand m²/ha, or by 28.5 %. During the cultivation of buckwheat without bacterization, the area of assimilation surface from the flowering phase to maturation decreased 2.3–2.5 times, however, the use of presowing bacterization slowed the die-off of leaf blade — their area decreased only 1.7 times during the maturation period. The content of nitrogen, phosphorus and potassium compounds increased significantly in bacterized plants. The crop yield increased to 1.08 t/ha (by 22.7 % compared to the control). The sowing of buckwheat seeds bacterized with Azohran in the soil against the background of straw plowing provided a yield increase of up to 1.3 t/ha (30 %). **Conclusion.** Presowing bacterization of buckwheat seeds with the nanocomposite complex bacterial preparation Azohran significantly improves plant growth and development and increases crop productivity by 22.7–30 %.

Key words: nanocomposite complex bacterial preparation, influence on growth, buckwheat productivity.

REFERENCES

1. Malinovska, I. M. (2003). Agroecological bases of microbiological transformation of soil biogenic elements (Unpublished candidate thesis). Institute of Agroecology and Biotechnology of UAAS, Kyiv, Ukraine [in Ukrainian].
2. Yutinskaya, G. O. (2006). *Hruntova mikrobiologhiia* [Soil Microbiology]. K.: Aristey [in Ukrainian].
3. Volkohon, V. V. (Ed.). (2006). *Mikrobnii preparaty u zemlerobstvi: teoriia i praktyka* [Microbial preparations in agriculture: theory and practice]. K.: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
4. Kurdysh, I. K. *Introduktsiia mikroorhanizmiv u ahroekosystemy* [Introduction of microorganisms into agroecosystems]. K.: Naukova dumka [in Ukrainian].
5. Malynovska, I. M. (2013). *Vykorystannia bakterialnykh preparativ v orhanichnomu ahrovyrobnytstvi. Poiednannia nauky, osvity, praktychnoho vyrobnytstva i realizatsiia yakisnoi orhanichnoi produktsii* [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. Rice, W. A., Olsen, P. E., & Leggett, M. E. (1995). Co-culture of *Rhizobium meliloti* and a phosphorus-solubilizing fungus (*Penicillium bilaii*) in sterile peat. *Soil Biol. Biochem.*, 27, 703–705.
7. Kurdysh, I., Roi, A., & Tytova, L. V. (2001,

- September). Hranulovani preparaty kompleksnoi dii na osnovi azotfiksuichykh ta fosfatmobilizuiuchykh bakterii [Complex granulated preparations based on nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing bacteria]. Agrarian Education and Science at the Beginning of the Third Millennium: International Materials. scientific practice. conf (pp. 189–194), Lviv [in Ukrainian].
8. Soyong K. (2004, September – October). Research and development of microbial products for agriculture in Thailand, P. R. China and Vietnam. Biological plant protection is the basis for stabilizing agroecosystems: materials dokl. scientific and practical. conf (pp. 82–84), Krasnodar.
9. Pat. 135362 UA, МПК C05F11/08. Method of producing nanocomposite complex bacterial preparation for crop production, Kurdysh, I. K., Roy, A. O., Grischenko, R. E., Publ. 25.06.2019 [in Ukrainian].
10. Pat. 72856 UA, МПК C12N1/20, C05F11/08, A01N63/00, C12R1/065, A01P 21/00, A01C 1/06. The bacterial strain of *Azotobacter vinelandii* for bacterial fertilization for crop production. Kurdysh, I. K., Bega, Z. T., Publ. 15.08.2006 [in Ukrainian].
11. Pat. 54923 UA, МПК C05F11/08, C12N1/20. *Bacillus subtilis* strain for bacterial fertilization for plant growing. Kurdysh, I. K., Roy, A. O., Publ. 17.03.2003 [in Ukrainian].
12. Yahodyna, B. A. (Ed.). (1987). *Praktykum po ahrokhymyy* [Workshop on Agricultural Chemistry]. M.: Ahropromyzzdat [in Russian].
13. Nychyporovych, A. A. (1966). *Fotosyntezy teoriya poluchenyia vysokyykh urozhaev* [Photosynthesis and the theory of high yields]. M.: Nauka [in Russian].
14. Skrylnyk Ye. V., & Rozumna R. A. (2005). *MVV 31-497058-019-2005 Roslyny. Vyznachennia zahalnykh form azotu, fosforu, kaliu v odnii navazhysi roslynnoho materialu: Metodyky vyznachennia skladu ta vlastyivostei gruntiv* [Determination of general forms of nitrogen, phosphorus, potassium in one sample of plant material: Methods for determining the composition and properties of soils]. Kharkiv [in Ukrainian].
15. Sokolov, O. A. (1980). *Myneralnoe pytanje rastenyi v pochvennykh uslovyakh (na prymer hrechyky)* [Mineral nutrition of plants in soil conditions (for example, buckwheat)]. M.: Nauka [in Russian].
16. Tserlynh, V. V. (1990). *Dyahnostyka pytanija selskokhoziaistvennykh kultur* [Diagnostics of crop nutrition]. M.: Ahropromyzzdat [in Russian].

Received 06.09.2019