

3. Silva C., Vinuesa P., Eguiarte L.E., Martinez-Romero E., Souza V. (2003). *Rhizobium etli* and *Rhizobium gallicum nodulate* common bean (*Phaseolus vulgaris*) in a traditionally managed milpa plot in Mexico: population genetics and biogeographic implications, Appl. Environ. Microbiol. Publ., Vol. 69, pp. 884–893 (in English).
4. Dall'Agnol R.F., Ribeiro R.A., Ormeno-Orrillo E., Rogel M.A., Delamuta J.R.M., Andrade D.S., Martinez-Romero E., Hungria M. (2013). *Rhizobium freirei* sp. nov., a symbiont of *Phaseolus vulgaris* that is very effective at fixing nitrogen. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. Publ., Vol. 63, pp. 4167–4173 (in English).
5. Seliber G.L. (1962). *Bolshoy praktikum po mikrobiologii* [Large workshop in microbiology]. Moskva: Vysshaja shkola Publ., 491 p. (in Russian).
6. Berestetskiy O.A. (1979). *Metodicheskie rekomendatsii po polucheniiu novykh shtammov klubenkovykh bakteriy i otsenke ikh effektivnosti* [Guidelines for the preparation of new strains of nodule bacteria and assess their effectiveness]. Leningrad Publ., 33 p. (in Russian).
7. Garrity G.M., Brenner D.J., Krieg N.R., Staley J.T. (2005). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. The Proteobacteria. Part A + B + C*, New York, NY: Springer SBM, Vol. 2, 2800 p. (in English).
8. Kebot E., Meyer B. (1968). *Eksperimentalnaya immunologiya* [Experimental immunology] Moskva: Medicina Publ., 677 p. (in Russian).
9. Ponsonnet C., Nesme X. (1994). Identification of *Agrobacterium* strains by PCR-RFLP analysis of pTi and chromosomal regions, Arch. Microbiol., Vol. 161, pp. 300–309 (in English).
10. Normand P., Ponsonnet C., Nesme X., Neyra M., Simonet P. (1996). ITS analysis of prokaryotes, Mol. Microbial Ecology Manual. Vol. 5, No. 3.4, pp. 1–12 (in English).
11. Dospheov B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Moskva: Agropromizdat Publ., 352 p. (in Russian).

УДК 579.26: 631.461.5

АЗОТФІКСУВАЛЬНЕ МІКРОБНЕ УГРУПОВАННЯ КОРЕНЕВОЇ ЗОНИ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГРЕЧКИ ЗА ВПЛИВУ ГРИБА *CHAETOMIUM COCHLIODES*

Є.П. Копилов, А.С. Йовенко

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН

Встановлено, що обробка насіння гречки посівної ґрунтовим сапротрофним грибом Chaetomium cochliodes 3250 забезпечує підвищення чисельності діазотрофів у кореневій зоні культури. Так, у ризосфері рослин збільшується кількість бактерій родів Azospirillum та Azotobacter, у ризоплані зростає чисельність всіх досліджуваних груп мікроорганізмів, що супроводжувалось активізацією процесу фіксації молекулярного азоту. В ризосферному ґрунті нітрогеназна активність підвищувалась в 1,3 раза, в ризоплані гречки — у 11,3 раза. Використання гриба сприяло зростанню врожайності культури на 12,6%.

Ключові слова: гречка посівна, *Chaetomium cochliodes* 3250, азотфіксувальне мікробне угруповання, нітрогеназна активність.

Поліфункціональні властивості грибів роду *Chaetomium* та перспективність їх використання в сільськогосподарському виробництві заслуговують на увагу дослідників. Серед грибів цього роду виявлено активні агенти біологічного впливу, що пригнічують ріст бактерій та грибів шля-

хом прямої конкуренції, мікропаразитизму або антибіозу. Так, гриби роду *Chaetomium* успішно використовуються для боротьби з корневими гнилями цитрусових, чорного перцю, полуниці [1, 2]. Мікроміцет *C. globosum* здатен продукувати антибіотичну речовину хетомін, що пригнічує збудника захворювання цукрових буряків *Pythium ultimum* [3], та хетовіридин (*Chaetoviridin*),

© Є.П. Копилов, А.С. Йовенко, 2016

що може контролювати розвиток бурі і ржі пшениці та фітофтороз томатів [4].

Представники роду *Chaetomium* є продуцентами біологічно активних сполук (кохліодінол, хіноїдні метаболіти) та цитотоксичних алкалоїдів (хетомін та хетоглобозин) [5]. У Таїланді проводяться дослідження, спрямовані на розробку неметалічних наночастинок, зв'язаних із біологічно активними сполуками *S. cochliodes* [6].

На сьогодні існує низка досліджень, результати яких вказують на здатність представників роду *Chaetomium* проявляти ендofітію щодо певних рослин. Зокрема, *S. globosum* проникає в тканини тропічних злакових і бобових трав [7, 8]. Раніше нами було обґрунтовано, що *S. cochliodes* 3250 утворює ендofітні асоціації з рослинами пшениці ярої та сої [9, 10]. У низці робіт [11, 12] було продемонстровано, що інтродукція в кореневу зону пшениці та ячменю ґрунтових мікроміцетів *S. cochliodes* 3250 послаблює розвиток фітопатогенів та сприяє підвищенню рівня азотфіксувальної активності в кореневій зоні рослин.

Використання мікроорганізмів, що сприяють підвищенню надходження біологічного азоту до сільськогосподарських культур, є альтернативним, екологічно безпечним способом поліпшення азотного живлення рослин. Це особливо важливо для культур, з яких виготовляють продукти дитячого та дієтичного харчування. Однією з таких культур є гречка посівна.

Мета роботи — дослідити склад азотфіксувального мікробного угруповання та нітрогеназну активність в кореневій зоні гречки за впливу передпосівної обробки *S. cochliodes* 3250.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Досліди проводили в польових умовах на чорноземі вилугуваному, слабogleюватому, легкосуглинковому на лесі (дослідне поле Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН), що характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу в орному шарі становить 3,56%, рН-сольової витяжки — 5,2–5,6%, гідролізованого

азоту — 95–100 мг (за Корнфільдом), рухомих форм фосфору — 251–256 мг на 100 г ґрунту (за Кірсановим); обмінного калію — 108–111 мг на 1 кг ґрунту (за Кірсановим). Розмір посівної ділянки — 7,5 м², облікової — 6 м², повторність — чотириразова. Агротехніка вирощування — загальноприйнята для зони Полісся. Фосфорні та калійні добрива вносили в дозі Р₃₀К₄₅, азотні добрива не вносили. Для дослідження використовували насіння гречки сорту Антарія, з розрахунку 5,0 млн насінин на 1 га. Досліди закладали за схемою: 1 — контроль (обробка насіння водогінною водою), 2 — передпосівна обробка насіння *S. cochliodes* 3250, з розрахунку 40 тис. КУО на одну насінину.

Відбір зразків здійснювали у фазу цвітіння рослин, тобто у період найінтенсивнішого протіканням метаболічних процесів.

Чисельність азотфіксувальних бактерій у ґрунті міжрядь, ризосфері та ризоплані гречки досліджували загальноприйнятими в ґрунтовій мікробіології методами за використання таких поживних середовищ: Федорова — Калінінської, Виноградського, Доберейнер, Ешбі, Іщука — Комагата [14–16].

Активність процесу азотфіксування в ґрунті міжрядь, ризосфері та ризоплані гречки вивчали ацетиленовим методом на газовому хроматографі Chrom-4 з полум'яно-іонізаційним детектором. Колонка довжиною 370 см була заповнена хромосорбом з β-β'-оксидіпропіонітрилом. Температура термостата становила 50°C, газ-носії — азот, витрата газів (мл/хв): водню — 30, азоту — 100, повітря — 500 [15].

Польові досліди проводили за методикою Б.А. Доспехова [17].

Розрахунки та статистичну обробку результатів здійснювали загальноприйнятими методами, з використанням прикладних програм Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати проведених досліджень свідчать, що в кореневій зоні гречки посівної утворюються сприятливі умови для розвитку різних систематичних та екологічних груп діазотрофів. Найчислен-

нішими є гетеротрофні аеробні бактерії, серед яких представники родів *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, та анаеробні гетеротрофи, представлені бактеріями роду *Clostridium*. Слід зауважити, що всі групи діазотрофів краще розвивались у ґрунті ризосфери і ризоплані гречки посівної, ніж у ґрунті без рослин (табл. 1).

У ризоплані рослин гречки під впливом мікрочицета *C. cochliodes* 3250 збільшувалася чисельність діазотрофів, що розвивались на всіх досліджуваних середовищах.

Так, чисельність бактерій роду *Azospirillum* порівняно з контрольним варіантом збільшилася з 383,3 до 883,3 млн од. На середовищі Доберейнер активно розвиваються бактерії роду *Azospirillum*. Азоспірили колонізують широке коло рослин, унаслідок чого здійснюють позитивний вплив на їх ріст та розвиток (стимуляцію росту і розвитку кореневої системи, бокових коренів і корневих волосків; фіксацію атмос-

ферного азоту; синтез низки фітогормонів та вітамінів) [14].

Відомо, що на середовищі Ешбі розвивається різноманіття груп мікроорганізмів, серед яких представники родів *Enterobacter*, *Azotobacter*, *Bacillus*, а також низка інших специфічних видів. За дії *C. cochliodes* 3250 на вказаному середовищі на порядок збільшувалася кількість діазотрофів (табл. 1).

Інтродукція в кореневу зону гречки ґрунтового мікрочицета також істотно впливала на чисельність азотфіксувальних асоціацій, які розвиваються на середовищі Федорова — Калінінської, де їх кількість збільшувалася від 40,0 до 600,0 млн в 1 г коренів гречки.

Передпосівна обробка насіння гречки *C. cochliodes* 3250 сприяла збільшенню чисельності азотобактера на 17,5% ґрунтових грудочок.

До активних азотфіксаторів належать поширені бактерії роду *Pseudomonas*, які

Таблиця 1

Азотфіксувальне мікробне угруповання кореневої зони гречки посівної на чорноземі вилугуваному за впливу *Chaetomium cochliodes* 3250 (польовий дослід 2015 р.)

Кількість азотфіксувальних бактерій, КУО в 1 г сухого ґрунту або коренів	Ризосфера		Ризоплана		Ґрунт міжрядь
	Контроль (обробка насіння водоґінною водою)	Обробка насіння <i>C. cochliodes</i> 3250	Контроль (обробка насіння водоґінною водою)	Обробка насіння <i>C. cochliodes</i> 3250	
На середовищі Федорова — Калінінської, млн	81,7±15,2	110,0±15,2	45,0± 12,0	600,0± 57,8	45,0±10,3
На середовищі Ешбі, тис.	533,3±52,1	666,7±47,7	3,83± 36,2	66,67± 48,1	0,9±12,1
<i>Clostridium</i> (на середовищі Виноградського), тис.	916,7±27,2	917,0± 27,0	0,6± 12,1	95,0± 24,5	4,5±23,1
<i>Pseudomonas</i> (на середовищі Іцука — Комаґата), млн	102,0±31,5	116,0± 42,0	90,0± 57,5	510,0± 47,5	81±12,3
<i>Azospirillum</i> (на середовищі Доберейнер), млн	383,3±50,4	883,3± 48,1	130,0±50,4	540,0± 56,2	110,0±45,1
<i>Azotobacter</i> , % оброслих грудочок ґрунту	48,2±2,3	60,2±1,6	45,0±3,6	62,5±1,6	40,0±2,3

Таблиця 2

Вплив *Chaetomium cochliodes* 3250 на нітрогенезну активність в кореневій зоні гречки посівної (польовий дослід 2015 р.)

Варіант	Ризоплана	Ризосфера	ґрунт міжрядь
	нмоль С ₂ Н ₂ /год		
Контроль (обробка насіння водогінною водою)	0,23±0,01	1,55±0,07	0,12±0,01
Обробка насіння <i>C. cochliodes</i> 3250	2,59±0,13	2,03±0,12	

Таблиця 3

Вплив передпосівної обробки *Chaetomium cochliodes* 3250 на врожайність гречки посівної

Варіант	Урожайність, тис. га		Середня врожайність за 2014–2015 рр.	
	2014 р.	2015 р.	т/га	% до контролю
Контроль (обробка насіння водогінною водою)	1,915	2,449	2,182	–
Обробка насіння <i>C. cochliodes</i> 3250	2,229	2,685	2,457	12,6
НІР	0,126	0,361		

є агентами багатьох мікробних препаратів. Нами було зафіксовано збільшення кількості бактерій цього роду – від 90,0 до 510,0 млн од. за дії *C. cochliodes* 3250.

Істотним виявився вплив на анаеробні бактерії роду *Clostridium*, чисельність яких збільшувалась більш ніж у 100 разів.

Отже, передпосівна обробка насіння гречки посівної сприяла збільшенню чисельності всіх досліджуваних еколого-трофічних груп у ризоплані культури.

У ризосферному ґрунті відзначено збільшення лише бактерій роду *Azospirillum* (від 130 до 540 млн од.) та *Azotobacter* – на 12%.

Як наслідок, зі збільшенням кількості діазотрофів спостерігалась активізація процесу фіксації молекулярного азоту. Так, нітрогеназна активність за дії *C. cochliodes* 3250 у ризоплані гречки підвищується в 11,3 раза, у ризосфері – у 1,3 раза (табл. 2).

Головним інтегральним показником впливу мікроорганізмів на рослини є

врожайність. В умовах польових дослідів 2014–2015 рр. одержано істотний приріст врожаю культури за передпосівної обробки ґрунтовим сапротрофним грибом (табл. 3).

Отже, ґрунтовий мікроміцет *C. cochliodes* 3250, інтродукований у кореневу зону з насінням гречки посівної, сприяє збільшенню чисельності діазотрофів, що своєю чергою активізує процес фіксації атмосферного азоту та забезпечує істотний приріст урожаю культури на 12,6%.

ВИСНОВКИ

У ризосферному ґрунті гречки посівної формуються сприятливі умови для розвитку різних таксономічних та еколого-трофічних груп азотфіксувальних бактерій.

Передпосівна обробка насіння гречки сорту Антарія ґрунтовим сапротрофним грибом *C. cochliodes* 3250 сприяє збільшенню чисельності діазотрофів у кореневій зоні рослин. У ризосферному ґрунті за дії мікроміцета збільшувалась чисельність бактерій родів *Azospirillum* та *Azotobacter*, а

в ризоплані рослин спостерігалось збільшення чисельності всіх досліджуваних еколого-трофічних груп.

Збільшення кількості азотфіксувальних бактерій у кореневій зоні гречки сприяло

зростанню активності процесу фіксації молекулярного азоту. Так, за дії *C. cochliodes* 3250 нітрогеназна активність у ризоплані гречки підвищується в 11,3 раза, в ризосфері — в 1,3 раза.

ЛІТЕРАТУРА

1. Antifungal metabolites from antagonistic fungi used to control tomato wilt fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* / P. Sibounnavong, C. Charoenporn, S. Kanokmedhakul, K. Soyong // African Journal of Biotechnology. — 2011. — Vol. 10 (85). — P. 19714–19722.
2. Application of *Chaetomium* species (Ketomium) as a new broad spectrum biological fungicide for plant disease control / K. Soyong, S. Kanokmedhakul, V. Kukongviriyapan, M. Isobe // Fungal Div. — 2001. — Vol. 7. — P. 1–15.
3. Role of antibiotics produced by *Chaetomium globosum* in biocontrol of *Pythium ultimum*, a causal agent of damping-off. / A. Di Petro, M. Gut-Rella, J.P. Pachlatko, F.J. Schwinn // Phytopathology. — 1992. — Vol. 82. — P. 131–135.
4. Antifungal activity against plant pathogenic fungi of chaetoviridins isolated from *Chaetomium globosum* / J.H. Park, G.J. Choi, K.S. Jang et. al. // FEMS Microbiol. Letters. — 2005. — Vol. 252. — P. 309–313.
5. A New Tetrahydrofuran Derivative from the Endophytic Fungus *Chaetomium* sp. Isolated from *Otanthus maritimus* / Amal H. Aly, Abdessamad Debbab, RuAngelie Edrada-Ebel et al. // Verlag der Zeitschrift für Naturforschung. — 2009. — Vol. 64. — P. 350–354.
6. Zhang F. Development of a non-metal nanoparticle as carrier of bio-active compounds from *Chaetomium cochliodes* / F. Zhang, K. Soyong // KMITL. — 2013. — Vol. 28–29. — P. 453–460.
7. El-Zayat S.A. Preliminary studies on laccase production by *Chaetomium globosum* an endophytic fungus in *Glinus lotoides* / S.A. El-Zayat // American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. — 2008. — Vol. 1, No. 3. — P. 86–90.
8. Chaetoglobosin U, a cytochalasan alkaloid from endophytic *Chaetomium globosum* IFB-E019 / G. Ding, Y.C. Song, J.R. Chen et al. // J. Nat. Prod. — 2006. — Vol. 69. — P. 302–304.
9. Копылов Е.П. Почвенные сапрофитные грибы — природные регуляторы роста, развития и устойчивости растений к возбудителям болезней / Е.П. Копылов. — Palmarium academic publishing, AV Akademiker Verlag GmbH & Co.KG, 2013. — 104 p.
10. Копылов Е.П. Эффективность симбиотичної взаємодії гриба *Chaetomium cochliodes* Palliser з рослинами сої / Е.П. Копылов, С.П. Надкерничний // Физиология и биохимия культурных растений. — 2008. — Т. 40, № 3. — С. 260–267.
11. Шерстобоева О.В. Оптимізація структури мікробних угруповань кореневої зони озимої пшениці: Автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.00.16 / О.В. Шерстобоева. — К., 2004. — 38 с.
12. Чабанюк Я.В. Формування та активність мікробного угруповання ризосфери злакових культур за дії комплексу мікробних препаратів та органо-мінеральних добрив: дис. ... канд. с.-г. наук: 03.00.07 / Я.В. Чабанюк. — К., 2006. — 150 с.
13. Копылов Е.П. Грунтовий сапрофитний гриб *Chaetomium Cochliodes* Palliser як біотичний чинник формування ефективних асоціацій азоспірил з рослинами пшениці ярої / Е.П. Копылов, С.П. Надкерничний, Н.І. Адамчук-Чала // Вісник Харківського Національного Аграрного університету. — 2010. — Вип. 1 (19). — С. 91–100. — (Серія: Біологія).
14. Биорегуляция микробно-растительных систем: Монография / Г.А. Иутинская, С.П. Пономаренко, Е.И. Андреев и др.; Под общей ред. Г.А. Иутинской, С.П. Пономаренко. — К.: Ничлава, 2010. — 464 с.
15. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Л.М. Токмакова та ін.; За наук. ред. В.В. Волкогона. — К.: Аграр. наука, 2010. — 464 с.
16. Iuzuka H. An attempt at grouping of genus *Pseudomonas* / H. Iuzuka, K. Komagata // S. Gen. Microbiol. — 1963. — Vol. 9, No. 1. — P. 73–83.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.

REFERENCES

1. Sibounnavong P., Charoenporn C., Kanokmedhakul S., Soyong K. (2011). Antifungal metabolites from antagonistic fungi used to control tomato wilt fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*, African Journal of Biotechnology, Vol. 10 (85), pp. 19714–19722 (in English).
2. Soyong K., Kanokmedhakul S., Kukongviriyapan V., Isobe M. (2001). Application of *Chaetomium* species (Ketomium) as a new broad spectrum biological fungicide for plant disease control, Fungal Div., Vol. 7, pp. 1–15 (in English).
3. Di Petro A., Gut-Rella M., Pachlatko J.P., Schwinn F.J. (1992). Role of antibiotics produced by *Chaetomium globosum* in biocontrol of *Pythium ultimum*, a causal agent of damping-off, Phytopathology, Vol. 82, pp. 131–135 (in English).

4. Park J.H., Choi G.J., Jang K.S., Lim H.K., Kim H.T., Cho K.Y., Kim J.V. (2005). Antifungal activity against plant pathogenic fungi of chaetoviridins isolated from *Chaetomium globosum*, FEMS Microbiol. Letters, Vol. 252, pp. 309–313 (in English).
5. Amal H. Aly, Abdessamad Debbab, Ru Angelie Edrada-Ebel, Victor Wray, Werner E.G. Müller, Wenhan Lin, Rainer Ebel, and Peter Proksch (2009). A New Tetrahydrofuran Derivative from the Endophytic Fungus *Chaetomium* sp. Isolated from *Otanthus maritimus* / Amal H. Aly, // Verlag der Zeitschrift für Naturforschung, Vol. 64, pp. 350–354 (in English).
6. Zhang F., Soyong K. (2013). Development of a non-metal nanoparticle as carrier of bio-active compounds from *Chaetomium cochliodes*, KMITL, Vol. 28–29, pp. 453–460 (in English).
7. El-Zayat S.A. (2008). Preliminary studies on laccase production by *Chaetomium globosum* an endophytic fungus in *Glinus lotoides*, American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., Vol. 1, No. 3, pp. 86–90 (in English).
8. Ding G., Song Y.C., Chen J.R. (2006). Chaetoglobosin U, a cytochalasan alkaloid from endophytic *Chaetomium globosum* IFB-E019, J. Nat. Prod., Vol. 69, pp. 302–304 (in English).
9. Kopylov Ye.P. (2013). *Pochvennye saprofitnye griby – prirodnye regulatory rosta, razvitiya i ustoychivost rasteniy k vzbuditelnyam bolezney* [Soil saprophytic fungi – natural regulators of growth, development and plant resistance to pathogen]. Palmarium academic publishing, AV Akademikerverlag GmbH&Co. KG, 104 p. (in Russian).
10. Kopylov Ye.P., Nadkernychnyi S.P. (2008). *Efektivnist simbiotichnoi vzaємodii hryba Chaetomium cochliodes Palliser z roslinamy soi* [He efficiency of symbiotic interaction of the fungus *Chaetomium cochliodes* Palliser plants of soybean]. *Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rasteniy* [Physiology and biochemistry cultural plants]. Vol. 40, No. 3, pp. 260–267 (in Ukrainian).
11. Sherstoboieva O.V. (2004). «Optimization of microbial communities root zone of winter wheat», Abstract of Doctor of Agricultural Sciences dissertation, Ecology, Kyiv, 38 p. (in Ukrainian).
12. Chabaniuk Ya.V. (2006). «The formation and activity of microbial groups rhizosphere of cereals for the actions kompleksu microbial agents and organic fertilizers» Abstract of Candidate of Agricultural Sciences dissertation, Instytut ahroekolohii UAAN, Institute of Agroecology of UAAS, Kyiv, 150 p. (in Ukrainian).
13. Kopylov Ye.P., Nadkernychnyi S.P., Adamchuk-Chala N.I. (2010). *Hruntocyi saprofitnyi hryb Chaetomium Cochliodes Palliser yak biotychnyi chynnyk formuvannia efektyvnykh asotsiatsii azospiryl z raslynamy pshenytsi yaroї* [Saprophytic soil fungus *Chaetomium Cochliodes* Palliser as biotic factor in the formation of an effective association azospiryl raslynamy spring wheat]. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho universytetu. Seriya Biologiya* [Journal of Kharkov National Agrarian University Biology Series]. Iss. 1 (19), pp. 91–100 (in Ukrainian).
14. Iutinskaya G.A., Ponomarenko S.P., Andreyuk Ye.I. (2010). *Bioregulyatsiya mikrobnorastitelnykh sistem: Monografiya* [Bioregulation microbial-plant systems: Monograph]. Kiev: Nichlava Publ., 464 p. (in Russian).
15. Volkohon V.V., Nadkernychna O.V., Tokmakova L.M. (2010). *Ekspyrymentalna hruntova mikrobiologiya: monografiya* [Experimental soil microbiology: Monograph]. Kyiv: Ahrarna nauka Publ., 464 p. (in Ukrainian).
16. Iuzuka H., Komagata K. (1963). An attempt at grouping of genus *Pseudomonas*, S. Gen. Microbiol., Vol. 9, No. 1, pp. 73–83 (in English).
17. Dospekhov B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy)* [Methods of field experience (with the fundamentals of statistical processing of the results of research)]. Moskva: Agropromizdat Publ., 351 p. (in Russian).