

УДК 631.461:579.266/633.15

## ЧИСЕЛЬНІСТЬ ФОСФАТМОБІЛІЗУВАЛЬНИХ БАКТЕРІЙ У ЧОРНОЗЕМІ ВИЛУЖЕНОМУ ТА ТРАНСФОРМАЦІЯ ФОСФОРУ В КОРЕНЕВІЙ ЗОНІ РОСЛИН КУКУРУДЗИ ЗА ВПЛИВУ ПОЛІМІКСОБАКТЕРИНУ

Л. М. Токмакова, Л. А. Шевченко, І. В. Ларченко, О. П. Лепеха

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН  
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14035, Україна; e-mail: tokmakova\_ln@ukr.net

**Мета.** Дослідити вплив мікробного препарату Поліміксобактерину на формування популяцій фосфатмобілізувальних бактерій і трансформацію сполук фосфору в кореневій зоні рослин кукурудзи за вирощування культури на чорноземі вилуженому. **Методи.** Польові, мікробіологічні, біохімічні, агрохімічні, статистичні. **Результати.** За використання Поліміксобактерину для бактеризації насіння кукурудзи та обробки вегетуючих рослин у фазі 3–5 листків або 7–9 листків у кореневій зоні зростає чисельність бактерій, які гідролізують органічні фосфати — до 24,2 млн / г ґрунту (у контролі — 15,7 млн / г ґрунту), тих, що розчиняють мінеральні фосфати: кальцію — до 26,0 млн / г ґрунту (у контролі — 10,6 млн / г ґрунту), алюмінію — до 19,5 млн / г ґрунту (у контролі — 10,1 млн / г ґрунту); заліза — до 21,7 млн / г ґрунту (у контролі — 12,1 млн / г ґрунту) та підвищується фосфатазна активність від 2,31 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> до 3,68 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / 100 г ґрунту за годину, зростає ступінь рухомості фосфатів залежно від фаз розвитку рослин. Водночас вміст рухомих сполук фосфору в ризосферному ґрунті рослин щодо показників контролю знижується внаслідок інтенсивнішого їх засвоєння рослинами. За бактеризації насіння Поліміксобактерином і застосування водної суспензії препарату для обробки вегетуючих рослин спостерігається зростання вмісту фосфору в листовій масі і зерні кукурудзи та підвищення вносу елементу з урожаєм культури на 44,4 % до показників контролю. **Висновки.** У технологіях вирощування кукурудзи бактеризація насіння та поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 3–5 листків або 7–9 листків мікробним препаратом Поліміксобактерином — стимулятором росту рослин, біоагентом якого є фосфатмобілізувальні бактерії *Paenibacillus polymyxa* KB, є ефективним прийомом оптимізації фосфорного живлення рослин і зростання урожайності культури.

Ключові слова: фосфор, кукурудза, ступінь рухомості фосфатів, фосфатмобілізувальні бактерії, чорнозем вилужений.

**Вступ.** Проблема фосфорного живлення культурних рослин вирішується в основному шляхом застосування мінеральних добрив, виробництво яких вимагає значних витрат і супроводжується забрудненням довкілля [1; 2]. У зв'язку з цим, сьогодні у багатьох країнах проводяться дослідження, спрямовані на зменшення норм хімічних добрив за використання мікробних препаратів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо, що до складу угруповань ґрунтових мікроорганізмів входять фосфатмобілізувальні бактерії, здатні вивільняти доступні для рослин фосфати безпосередньо з

фосфоритів. Мобілізація фосфору мікроорганізмами відбувається за рахунок синтезу ними органічних кислот та ферментів [3–5]. Саме тому ґрунтова мікробіота є одним із вирішальних чинників впливу на стан родючості ґрунтів та фосфорного живлення рослин [6]. У зв'язку з цим, пошук шляхів активізації фосфатмобілізувальної активності мікроорганізмів у ґрунтах агроценозів та покращення фосфорного живлення рослин є важливим питанням у землеробстві.

**Мета досліджень** — визначити чисельність фосфатмобілізувальних бактерій в чорноземі вилуженому та дослідити трансфор-

мацію фосфору у кореневій зоні рослин кукурудзи за впливу мікробного препарату Поліміксобактерину.

**Матеріали та методи.** Дослідження проводили в польовому досліді на базі дослідного поля Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН упродовж 2016–2018 рр. Грунт — чорнозем вилужений, який містить 2,12 % гумусу, 95,2 мг/кг азоту легкогідролізованого, 226 мг/кг фосфору, 108 мг/кг обмінного калію,  $pH_{\text{сол.}}$  5,30.

Схема досліді передбачала такі варіанти:

1. Контроль — без бактеризації та поверхневої обробки.
2. Бактеризація насіння Поліміксобактерином.
3. Поверхнева обробка вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 3–5 листків.
4. Бактеризація насіння + поверхнева обробка вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 3–5 листків.
5. Поверхнева обробка вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 7–9 листків.
6. Бактеризація насіння + поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 7–9 листків.

Мікробний препарат Поліміксобактерин створено на основі фосфатмобілізувальної бактерії *Paenibacillus polymyxa* KB [4]. Препарат зареєстровано в Україні і дозволено до використання в технологіях вирощування низки сільськогосподарських культур. Особливістю біопрепарату є високий вміст бактерій (5 млрд/мл) та фізіологічно активних речовин, здатних стимулювати ріст і розвиток рослин.

Площа дослідних ділянок 75,6 м<sup>2</sup>, повторність досліді трьохразова.

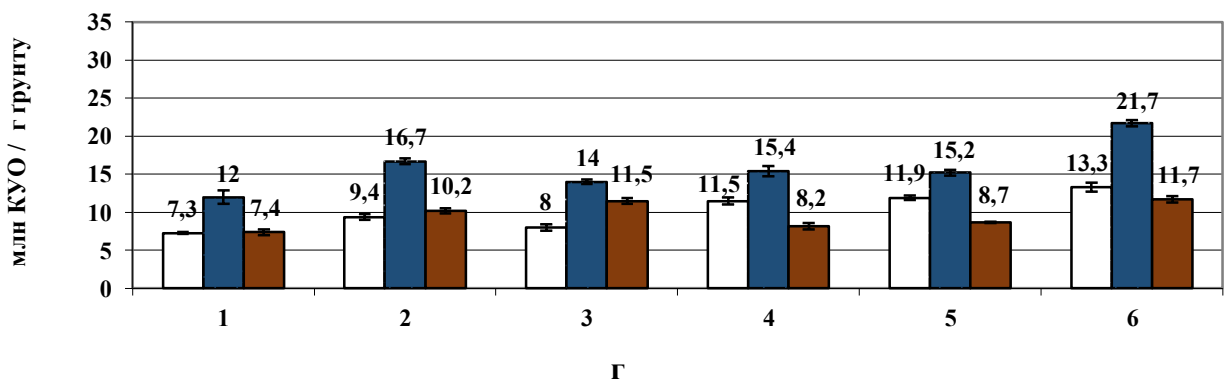
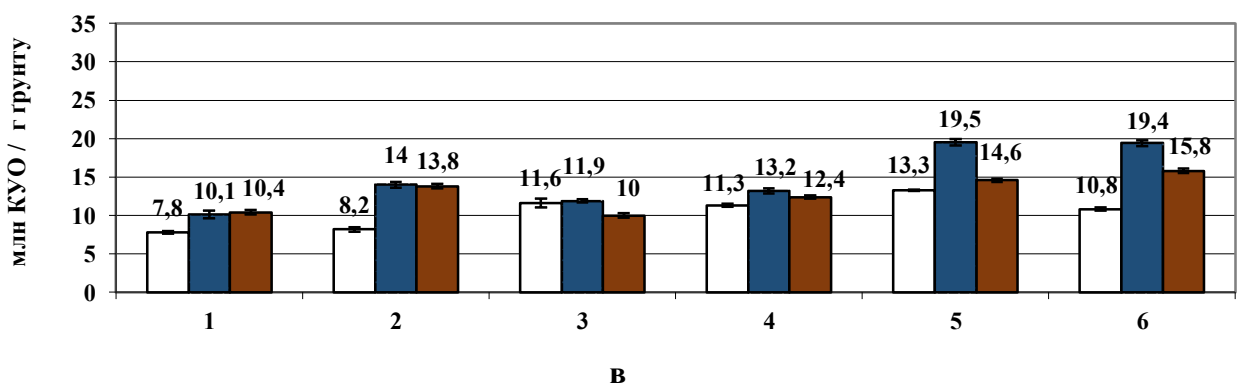
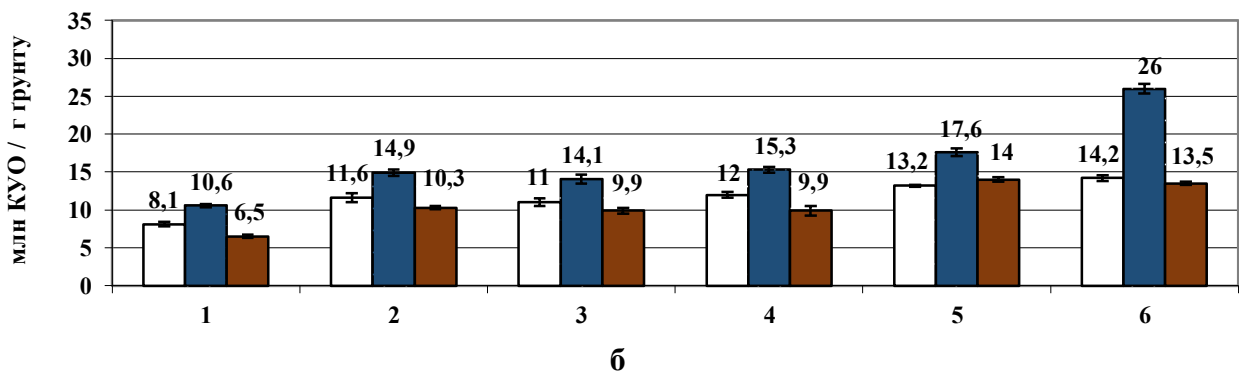
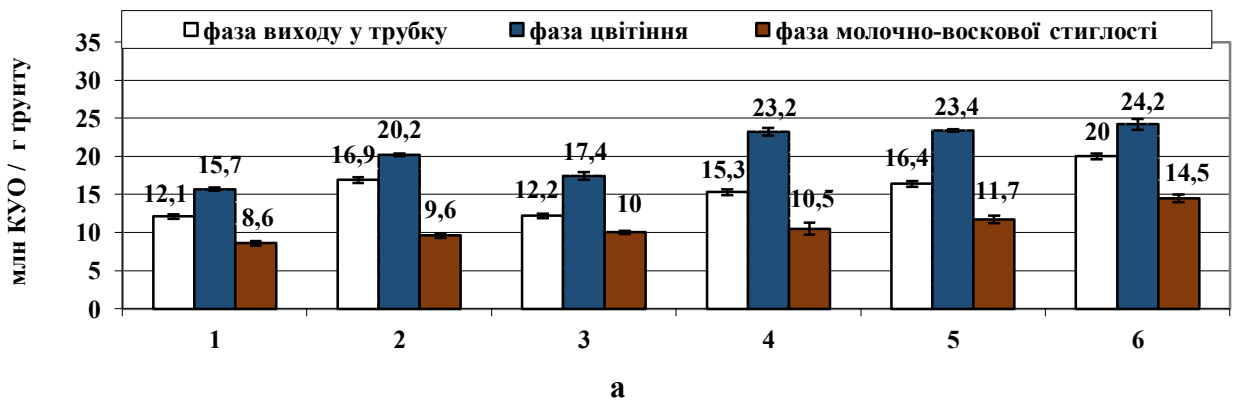
Бактеризацію насіння кукурудзи гібриду Дніпровський 181 СВ здійснювали за використання водної бактеріальної суспензії з розрахунку 0,5 млн клітин / насінину. Поверхневу обробку рослин проводили водною суспензією Поліміксобактерину, яка містила 0,5 л/га препарату.

Грунтові зразки (з ризосфери рослин) відбирали в основні фази органогенезу кукурудзи: вихід у трубку, цвітіння, молочно-воскова стиглість зерна. У динаміці проводили облік чисельності фосфатмобілізуючих бактерій, здатних до розчинення мінералофосфатів (нерозчинних комплексів з катіонами  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ), і бактерій, що

гідролізують органічні форми фосфатів; фосфатазну активність — за методом Геллера і Гінзбург; вміст фосфору у рослинах та зерні — за методом Деніже в модифікації Бувацьє [7]; ступінь рухомості фосфатів — за методом Карпінського і Зам'ятіної [8]; винос фосфору з урожаєм зерна та листо-стеблової маси кукурудзи — за методом Чирікова [9].

Статистичну обробку отриманих даних проводили за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel та Origin 8. Різницю середніх показників вважали вірогідною за рівня значимості  $p < 0,05$ .

**Результати та їх обговорення.** Як відомо, чисельність мікроорганізмів у 1 г ґрунту сягає мільярдів клітин, а у ризосфері рослин їх у 10–100 разів більше [10]. Завдяки високій швидкості розмноження і зміні популяцій мікроорганізми ризосфери залучають до біологічного колообігу значну кількість біогенних елементів. Саме мікроорганізми відіграють провідну роль у трансформації фосфоровмісних сполук ґрунту. Вони покращують фосфорне живлення рослин завдяки синтезу фосфатаз і органічних кислот, які перетворюють нерозчинні органічні й неорганічні сполуки фосфору в доступні для рослин форми. Життєдіяльність ґрунтової мікрофлори в агроценозах значною мірою залежить від систем землеробства й агротехнічних заходів, які застосовуються в процесі вирощування тієї чи іншої сільськогосподарської культури [11]. У зв'язку з цим, для наукового обґрунтування доцільності застосування мікробного препарату Поліміксобактерину в процесі вирощування кукурудзи важливе значення має вивчення особливостей формування популяцій фосфатмобілізуючих бактерій у кореневій зоні рослин та спрямованості мікробіологічних процесів у ґрунті, що супроводжують ріст і розвиток цієї культури. Результати проведених нами досліджень показують, що розвиток бактерій, які гідролізують органічні форми фосфатів і бактерій, здатних до розчинення мінералофосфатів (нерозчинних комплексів з катіонами  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ) у ризосферному ґрунті рослин кукурудзи, залежить від фаз їх розвитку та прийомів, що включають бактеризацію насіння та поверхневу обробку вегетуючих рослин (рис. 1). Так, в умовах 2016 р. виявлено, що застосування Поліміксобактерину зумовлює зростання у кореневій зоні рослин чисельно-



1. Контроль — без бактеризації та поверхневої обробки. 2. Бактеризація насіння. 3. Поверхнева обробка рослин у фазі 3–5 листків. 4. Бактеризація + поверхнева обробка рослин у фазі 3–5 листків. 5. Поверхнева обробка рослин у фазі 7–9 листків. 6. Бактеризація + поверхнева обробка рослин у фазі 7–9 листків.

Рис. 1. Вплив Поліміксобактерину на чисельність бактерій, які розчиняють у ризосферному ґрунті рослин кукурудзи: а — орґанофосфати; б —  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; в —  $\text{AlPO}_4$ ; г —  $\text{FePO}_4$  (2016 рік).

сті бактерій, які засвоюють орґанофосфати, від 15,7 млн / г ґрунту (у контролі) до 24,2 млн / г ґрунту; бактерій, які розчиняють фосфати кальцію — від 10,6 млн / г ґрунту (у контролі) до 26,0 млн / г ґрунту, які розчиняють фосфати алюмінію — від 10,1 млн / г ґрунту (у контролі) до 19,5 млн / г ґрунту, які розчиняють фосфати заліза — від 12,1 млн / г ґрунту (у контролі) до 21,7 млн / г ґрунту. Подібні результати отримано під час вивчення динаміки чисельності фосфатмобілізувальних бактерій в умовах польових дослідів у 2017–2018 рр. (рис. 2 і 3).

До важливих показників біологічної активності ґрунту належить ферментативна активність, а саме фосфатазна, яка забезпечує розклад орґанофосфатів ґрунту. Її рівень відображає потенційну інтенсивність та спрямованість процесів мобілізації фосфору в ґрунті [12; 13].

Встановлено, що активність фосфатази у кореневій зоні рослин досліджуваних варіантів дослідів підвищувалася протягом вегетаційного періоду кукурудзи порівняно з контролем. Так, найвищу фосфатазну активність спостерігали у фазу цвітіння. Відповідно по варіантах дослідів: за дії бактеризації — 2,91, поверхневої обробки рослин Поліміксобактерином — 2,70, бактеризації + поверхневої обробки рослин Поліміксобактерином — 3,68 за показників контролю 2,31 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / 100 г ґрунту за годину (табл. 1).

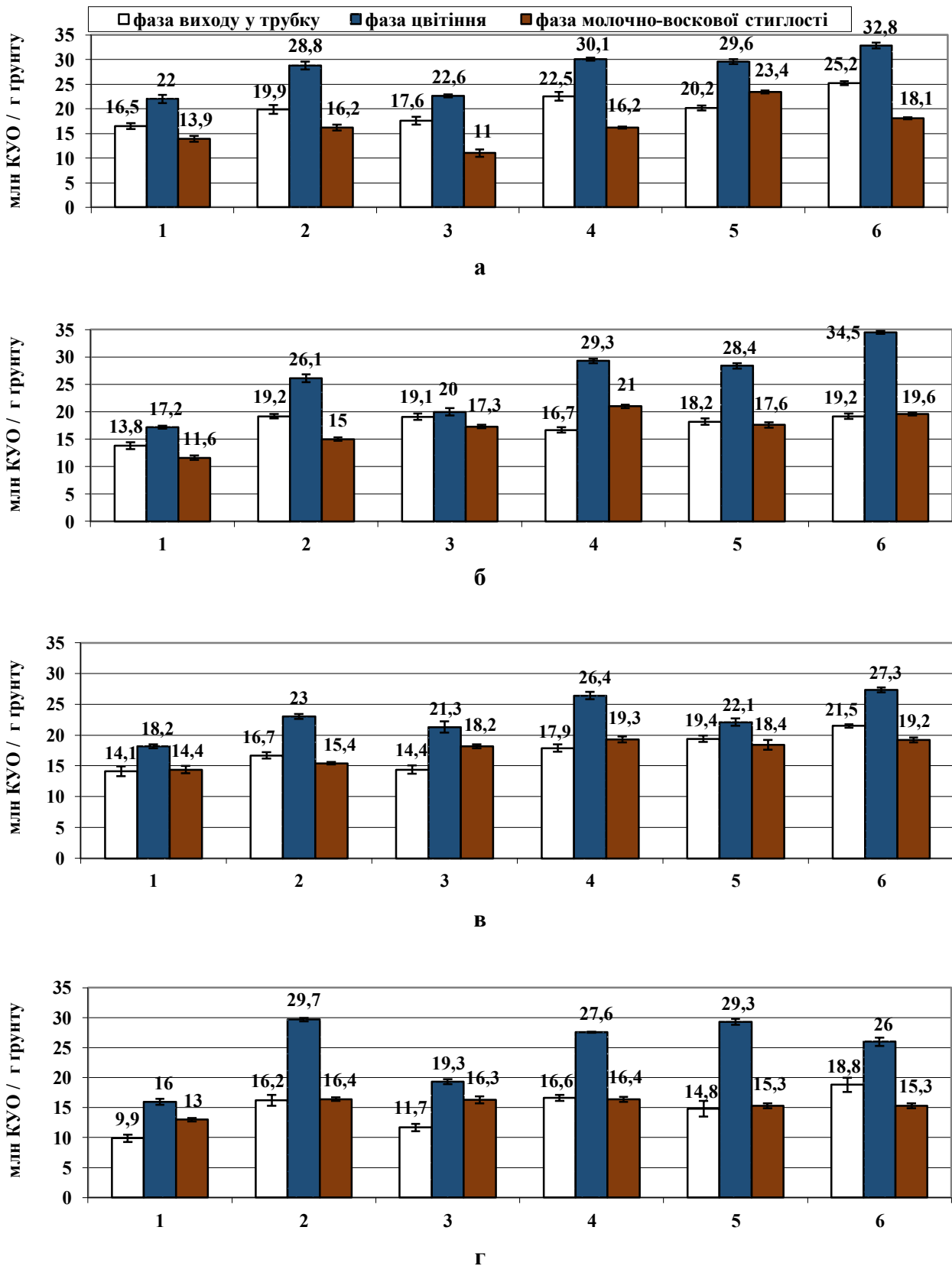
Забезпеченість рослин достатньою кількістю фосфатів залежить від їх запасів у ґрунті, ступеню рухомості та низки умов, що впливають на вивільнення фосфатів з ґрунтів та добрив. Вважається, що більшість ґрунтового фосфору, котрий використовується рослиною, знаходиться у формі іонів ортофосфату в ґрунтовому розчині [14]. Результати досліджень ступеню рухомості фосфатів у ризосферному ґрунті рослин кукурудзи свідчать про підвищення доступності ґрунтових фосфатів для рослин протягом вегетаційного періоду за використання Поліміксобактерину. Це виявляється у вигляді зниження вмісту рухомих фосфатів у кореневій зоні рослин щодо показників контролю. Так, у варіантах: бактеризація + поверхнева обробка вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 3–5 листочків — вміст P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> у ризосферному ґрунті зменшувався від 0,43 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / дм<sup>3</sup> ґрунтового розчину у контролі до 0,30 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;

Таблиця 1. Вплив Поліміксобактерину на загальну фосфатазну активність у ризосферному ґрунті рослин кукурудзи (2018 р.)

Варіанти дослідів	Фосфатазна активність, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 100 г ґрунту за годину
Контроль — без бактеризації та поверхневої обробки	2,31 ± 0,05
Бактеризація насіння	2,91 ± 0,01
Поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 3–5 листків	2,69 ± 0,06
Бактеризація + поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 3–5 листків	3,56 ± 0,02
Поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 7–9 листків	2,70 ± 0,01
Бактеризація + поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 7–9 листків	3,68 ± 0,02

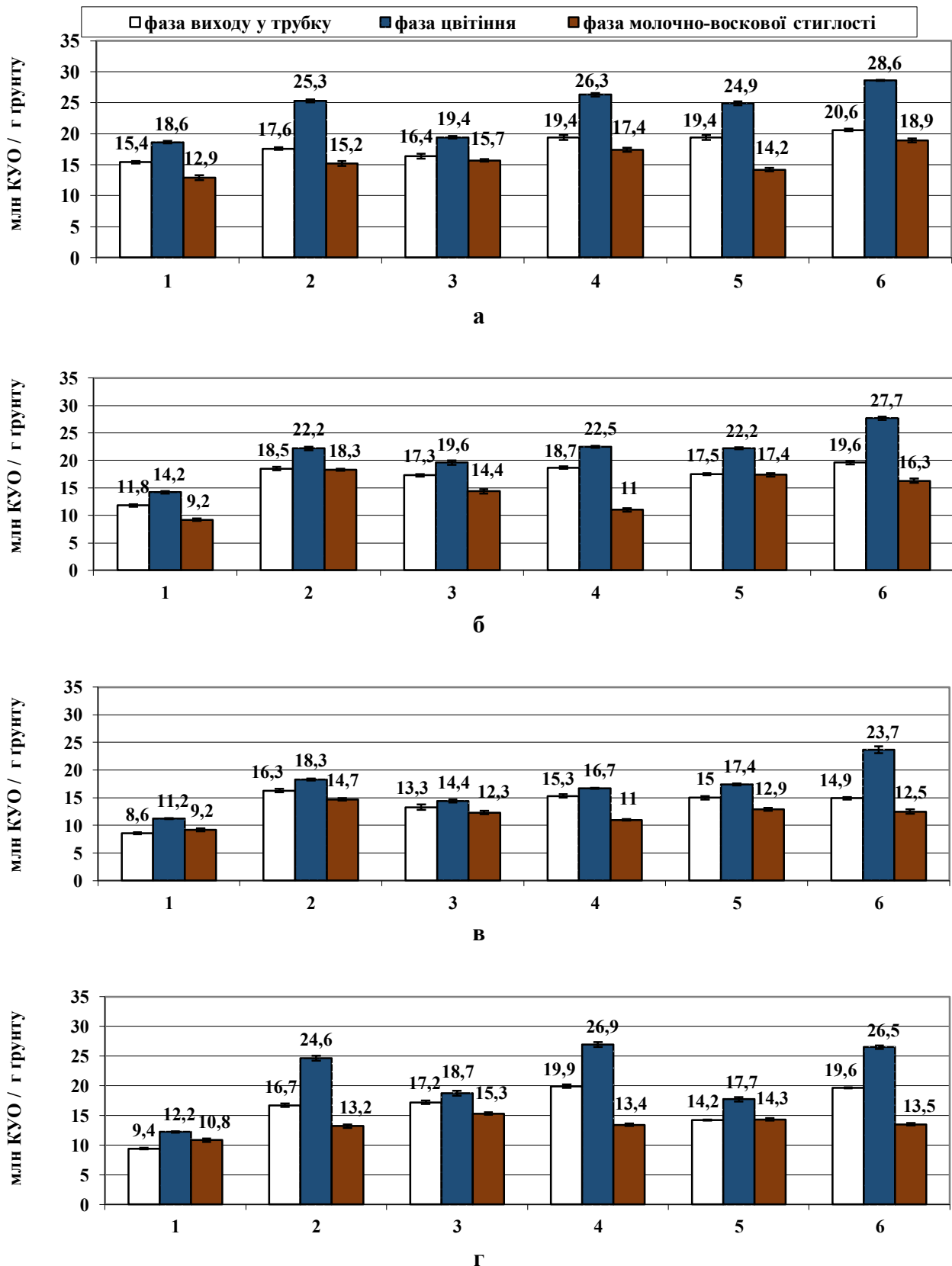
від 0,40 (у контролі) до 0,28 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / дм<sup>3</sup> ґрунтового розчину та від 0,34 до 0,19 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / дм<sup>3</sup> ґрунтового розчину відповідно до фаз орґаногенезу рослин (рис. 4). За бактеризації насіння та поверхневої обробки вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 7–9 листочків показники ступеню рухомості фосфатів у кореневій зоні рослин кукурудзи також свідчать про підвищення доступності ґрунтових фосфатів для рослин протягом вегетаційного періоду.

Підтвердженням поліпшення фосфорного живлення рослин кукурудзи за дії Поліміксобактерину є підвищення вмісту фосфору у листовій масі інокульованих рослин та зерні відносно контролю, що показано нашими дослідженнями. За цим показником особливо видрізнявся варіант з бактеризацією насіння та поверхневою обробкою у фазі 7–9 листків. Зокрема, вміст P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в листках залежно від фази розвитку рослин становив 0,48 %, 0,45 % та 0,37 % при показниках у контролі 0,43 %, 0,38 % та 0,33 % відповідно (табл. 2). Під час визначення вмісту фосфору в зерні кукурудзи також показано значне



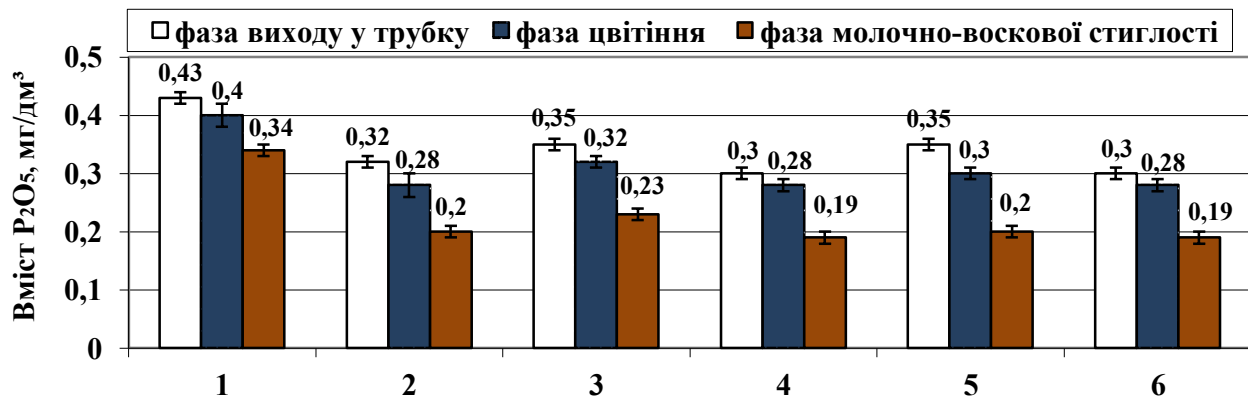
1. Контроль — без бактеризації та поверхневої обробки. 2. Бактеризація насіння. 3. Поверхнева обробка рослин у фазі 3–5 листків. 4. Бактеризація + поверхнева обробка рослин у фазі 3–5 листків. 5. Поверхнева обробка рослин у фазі 7–9 листків. 6. Бактеризація + поверхнева обробка рослин у фазі 7–9 листків.

Рис. 2. Вплив Поліміксобактерину на чисельність бактерій, які розчиняють у ризосферному ґрунті рослин кукурудзи: а — орґанофосфати; б —  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; в —  $\text{AlPO}_4$ ; г —  $\text{FePO}_4$  (2017 рік).



1. Контроль — без бактеризації та поверхневої обробки. 2. Бактеризація насіння. 3. Поверхнева обробка рослин у фазі 3–5 листків. 4. Бактеризація + поверхнева обробка рослин у фазі 3–5 листків. 5. Поверхнева обробка рослин у фазі 7–9 листків. 6. Бактеризація + поверхнева обробка рослин у фазі 7–9 листків.

Рис. 3. Вплив Поліміксобактерину на чисельність бактерій, які розчиняють у ризосферному ґрунті рослин кукурудзи: а — орґанофосфати; б —  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; в —  $\text{AlPO}_4$ ; г —  $\text{FePO}_4$  (2018 рік).



1. Контроль — без бактеризації та поверхневої обробки. 2. Бактеризація насіння. 3. Поверхнева обробка рослин у фазі 3–5 листків. 4. Бактеризація + поверхнева обробка рослин у фазі 3–5 листків. 5. Поверхнева обробка рослин у фазі 7–9 листків. 6. Бактеризація + поверхнева обробка рослин у фазі 7–9 листків.

Рис. 4. Вплив Поліміксобактерину на ступінь рухомості фосфатів у кореневій зоні рослин кукурудзи (2017 рік).

Таблиця 2. Вплив Поліміксобактерину на вміст фосфору в листостебловій масі та в зерні кукурудзи (2018 р.)

Варіанти дослідів	Вміст P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в листостебловій масі, %			Вміст фосфору в зерні, %
	фази розвитку рослин			
	вихід у трубку	цвітіння	молочно-воскової стиглості	
Контроль — без бактеризації та поверхневої обробки	0,43 ± 0,01	0,38 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,42 ± 0,01
Бактеризація насіння	0,48 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,44 ± 0,01
Поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 3–5 листків	0,44 ± 0,01	0,40 ± 0,01	0,35 ± 0,01	0,45 ± 0,01
Бактеризація + поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 3–5 листків	0,46 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,35 ± 0,01	0,47 ± 0,01
Поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 7–9 листків	0,48 ± 0,01	0,45 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,51 ± 0,01
Бактеризація + поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 7–9 листків	0,51 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,50 ± 0,01

зростання вмісту цього елемента. Так, зокрема, показники зростали від 0,42 % у контролі до 0,50–0,51 % у варіантах з бактеризацією насіння та обробкою рослин по вегетації.

Застосування Поліміксобактерину в технології вирощування кукурудзи сприяло суттєвому зростанню урожайності культури. Винос фосфору зерном та листо-стебловою масою кукурудзи підвищувався по всіх варіантах дослідів проти контролю, і особливо за поєднання бактеризації насіння та поверхневої обробки рослин у фазі 7–9 листочків. Так,

винос фосфору зерном підвищувався до 51,0 кг/га, а листо-стебловою масою — до 30,9 кг/га за контрольних показників 35,3 кг/га та 21,4 кг/га відповідно (табл. 3).

Загальний винос фосфору з урожаєм культури був вищим за контроль по всіх варіантах дослідів. У варіанті бактеризація + поверхнева обробка вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 7–9 листків приріст сягав 44,4 %, що свідчить про підвищення ефективності фосфорного живлення рослин кукурудзи.

Таблиця 3. Вплив Поліміксобактерину на винос фосфору з урожаєм кукурудзи (2018 р.)

Варіанти дослідів	Винос фосфору, кг/га		Загальний винос фосфору з урожаєм, кг/га	Ефективність фосфорного живлення*	
	зерном	листо-стебловою масою		кг/га	%
			Контроль — без бактеризації та поверхневої обробки		
Бактеризація насіння	42,7	25,9	68,6	11,9	21,0
Поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 3–5 листків	42,7	25,9	68,6	11,9	21,0
Бактеризація + поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 3–5 листків	47,9	29,0	76,9	20,2	35,6
Поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 7–9 листків	46,9	28,4	75,3	18,6	32,8
Бактеризація + поверхнева обробка вегетуючих рослин у фазі 7–9 листків	51,0	30,9	81,9	25,2	44,4

Примітка. \* — різниця між показниками загального виносу фосфору з урожаєм досліджуваного і контрольного варіантів.

**Висновки.** У технологіях вирощування кукурудзи доцільно використовувати бактеризацію насіння та поверхневу обробку вегетуючих рослин кукурудзи у фазі 3–5 листків або 7–9 листків мікробним препаратом Поліміксобактерином — стимулятором росту рослин, біоагентом якого є фосфатмобілізувальні бактерії *Paenibacillus polymyxa* КВ. Застосування Поліміксобактерину забезпечує зростання в ризосферному ґрунті рослин чисельності бактерій, які розчиняють орґанофосфати і мінеральні фосфати  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , та підвищення фосфатазної активності. Водночас зростає ступінь рухомості фосфатів, покращується фосфорне живлення рослин.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Фосфор в окружающей среде / Под ред. Э. Гриффита, А. Битона, Дж. Спенсера, Д. Митчела. М. : Мир, 1977. 760 с.
2. Cordell D., Rosemarin A., Schroder J. J., Smit A. L. Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere*. 2011. Vol. 84, № 6. P. 747–758. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.032>
3. Kennedy A. C., Smith K. L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. *Plant Soil*. 1995. Vol. 170, Is. 1 P. 75–86. <https://doi.org/10.1007/BF02183056>

4. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях (науково-практичні рекомендації) / За ред. В. В. Волкогона. Київ, 2015. 248 с.

5. Panwar J. D. S., Amit Jain. Organic farming and biofertilizers: scope and uses of biofertilizers. New Delhi, India : New India Publishing Agency New Delhi, 2016. 576 p.

6. Barea J. M., Azcon-Aguilar C., Azcon R. Interaction between mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms within the context of sustainable soil-plant systems / Gange A C, Brown V. K. (eds.). *Multitrophic interactions in terrestrial systems*. Oxford : Blackwell Science, 1997. P. 65–77.

7. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : монографія / Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. та ін.; за наук. ред. В. В. Волкогона. К. : Аграр. наука, 2010. 464 с.

8. ДСТУ 4727-2007. Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору за методом Карпінського-Зам'ятіної в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. [Чинний від 2008-01-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2008. 9 с.

9. Чириков Ф. В. Агрохимия калия и фосфора. М. : Гос. изд. с.-х. литературы. 1956. 462 с.

10. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М. : Высшая школа, 1972. 342 с.

11. Андреюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. К. : Обереги, 2001. 240 с.

12. Хазиев Ф. Х. Системный экологический анализ ферментативной активности почв. М. :



Наука, 1982. 202 с.

13. Dick W. A., Cheng L., Wang P. Soil acid and alkaline phosphatase activity as pH adjustment indicators. *Soil Biology and Biochemistry*. 2000. Vol. 32. P. 1915–1919.

14. Мельничук Д., Мельников М., Хофман Дж., Бьоме М., Городній М. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення / За ред. Д. Мельничука, Дж. Хофмана М. Городнього. К. : Арістей, 2004. 488 с.

Отримано 27.10.2018

UDC 631.461:579.266/633.15

## NUMBER OF PHOSPHATE-MOBILIZING BACTERIA IN LEACHED CHORNOZEM AND TRANSFORMATION OF PHOSPHORUS IN THE ROOT ZONE OF CORN PLANTS UNDER THE INFLUENCE OF POLIMIKSOBAKTERYN

L. M. Tokmakova, L. A. Shevchenko, I. V. Larchenko, O. P. Lepekha

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv  
e-mail: tokmakova\_ln@ukr.net

**Objective.** Investigate the influence of the microbial preparation Polimiksobakteryn on the formation of populations of phosphate-mobilizing bacteria and transformation of phosphorus compounds in the root zone of corn plants under cultivating cultures on leached chornozem. **Methods.** Field, microbiological, biochemical, agrochemical, statistical. **Results.** With the use of Polimiksobakteryn for the bacterization of corn seeds and processing of vegetative plants in the phase of 3–5 leaves or 7–9 leaves in the root zone, the number of bacteria that hydrolyze organic phosphates increases to 24.2 million / g soil (in control — 15.7 million / g soil), those dissolving mineral phosphates: calcium — up to 26.0 million / g soil (in control — 10.6 million / g soil, aluminium — up to 19.5 million / g soil (in control — 10.1 million / g soil), iron — up to 21.7 million / g soil (in control — 12.1 million / g soil) and phosphatase activity increases from 2.31 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / 100 g soil per hour, the degree of mobility of phosphates increases depending on the phases of plant development, while the content of mobile phosphorus compounds in the rhizospheric soil of plants decreases compared with the control parameters as a result of their more intensive consumption by plants. During polymerization of seeds by Polimiksobakteryn and the use of the aqueous suspension of the preparation for treatment of vegetative plants, increase of phosphorus content in leaf mass and corn grain and increase of removal of element with a crop yield by 44.4 % compared with the control parameters is observed. **Conclusion.** In corn growing technologies, seed bacterization and superficial treatment of vegetative plants in the phase of 3–5 leaves or 7–9 leaves with microbial preparation Polimiksobakteryn — a plant growth stimulator, the bioagent of which is phosphate-mobilizing bacteria *Paenibacillus polymyxa* KB is an effective method for optimizing phosphorus nutrition of plants and increasing crop yields.

Key words: phosphorus, corn, degree of mobility of phosphates, phosphate-mobilizing bacteria, leached chornozem.

### REFERENCES

1. Gryffyt, E., Byton, A., Spenser, J, Mitchell, D. (Eds.) (1977). *Fosfor v okruzhajushhej srede* [Phosphorus in the environment]. Moskva: Myr, 1977 [in Russian].
2. Cordell, D., Rosemarin, A., Schroder, J. J., Smit, A. L. (2011). Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere*, 84(6), 747–758. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.032>
3. Kennedy, A. C. & Smith, K. L. (1995). Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. *Plant Soil*, 170(1), 75–86. <https://doi.org/10.1007/BF02183056>
4. Volkogon, V. V. (2015). *Mikrobni preparaty v suchasnyx agrarnyx texnologiyax (naukovo-praktychni rekomendaciyi)* [Microbial drugs in modern agrarian technologies (scientific and practical recommendations)]. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].

5. Panwar, J. D. S., Amit Jain (2016). *Organic farming and biofertilizers: scope and uses of biofertilizers*. India, New Delhi: New India Publishing Agency New Delhi.
6. Barea, J. M., Azcon-Aguilar C., Azcon, R. (1997). Interaction between mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms within the context of sustainable soil-plant systems. In A. C. Gange, V. K. Brown (eds.). *Multitrophic interactions in terrestrial systems*. Oxford: Blackwell Science, 65–77.
7. Volkogon, V. V. (Ed.). (2010). *Eksperymentalna gruntova mikrobiologija : monografija*. [Experimental soil microbiology : monograph]. Kyiv: Agrar. nauka [in Ukrainian].
8. DSTU 4727-2007 (2008). *Jakist gruntu. Vyznachennja ruhomyh spoluk fosforu za metodom Karpinskogo-Zamjatinoi v modyfikacii NNC IGA im. O. N. Sokolovskogo* [Ground quality. Determination of mobile compounds of phosphorus by the Karpinsky-Zamyatinaya method in the modification of the NSC IGA named after O.N. Sokolovsky]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
9. Chyrykov, F. V. (1956). *Agrohymyja kalyja y fosfora* [Agrochemicals of potassium and phosphorus]. Moskva: Gos. yzd. s.-h. lyteraturu [in Russian].
10. Myshustyn, E. N. (1972). *Mykroorganizmu y produktyvnost zemledelyja* [Microorganisms and agricultural productivity]. Moskva: Vusshaja shkola [in Russian].
11. Andrejuk, K. I., Iutyńska, G. O., Antychuk, A. F. (2001). *Funkcionuvannja mikrobnih cenoziw gruntu v umovah antropogennogo navantazhennja* [Functioning of microbial cenosis of soil in conditions of anthropogenic loading]. Kyiv: Oberegy [in Ukrainian].
12. Hazyev, F. H. (1982). *Systemnij ekologychneskyj analiz fermentatyvnoj aktyvnosti pochv* [System ecological analysis of enzymatic activity of soils]. Moskva: Nauka [in Russian].
13. Dick, W. A., Cheng, L., Wang, P. (2000). Soil acid and alkaline phosphatase activity as pH adjustment indicators. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 1915–1919.
14. Melnychuk, D., Melnykov, M., Hofman Dzh. et al. (2004). *Jakist gruntiv ta suchasni strategii udobrennja: pidruchnyk*. [Soil quality and modern fertilization strategies: textbook]. Kyiv: Aristej [in Ukrainian].

Received 27.10.2018