

М.В. Гаценко, В.В. Волкогон

*Інститут сільськогосподарської мікробіології УААН
вул. Шевченко, 97, м. Чернігів – 27, 14027*

ОПТИМІЗАЦІЯ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ ОРГАНІКИ, ЗБАГАЧЕНОЇ ФОСФОРИТАМИ, ЗА УЧАСТІ ФОСФАТМОБІЛІЗУВАЛЬНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ

*Із вермикопосту ізольовано активні штами мікроорганізмів, здатні мобілізувати фосфор із його важкорозчинних сполук. В угрупованні фосфатмобілізувальної мікробіоти біоґумусу переважають представники роду *Pseudomonas*. При вермикопостуванні органіки, збагаченої фосфоритами, за участю активних фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, відібрано штами *Pseudomonas* sp. 17 і *Pseudomonas* sp. 22, які сприяють вивільненню найбільшої кількості водорозчинних сполук фосфору. Застосування компосту, отриманого за участю штаму *Pseudomonas* sp. 17, у технологіях вирощування огірків покращує розвиток рослин і підвищує врожайність культури.*

Ключові слова: фосфатмобілізувальні мікроорганізми, біоґумус, гній великої рогатої худоби (ВРХ), вермикопостування, фосфорити, фосфорне живлення рослин, водорозчинні сполуки фосфору.

У сучасному сільськогосподарському виробництві існує проблема оптимізації фосфорного живлення культурних рослин. Недостатнє внесення фосфорних добрив у ґрунти пояснюється, з одного боку, високою вартістю імпоротної сировини для їх виробництва, з іншого, це обумовлено низьким вмістом P_2O_5 у вітчизняних фосфоритах, що практично перекреслює можливість їх використання як сировини для одержання добрив. За цих умов особливого значення набувають альтернативні технології збагачення ґрунтів доступними для рослин сполуками фосфору. Перспективним напрямом може бути отримання компостів, збагачених місцевими фосфоритами, за участю відселекціонованих фосфатмобілізувальних мікроорганізмів. У таких компостах у процесі формування мікробного угруповання на розчинність фосфоритів могли б впливати метаболіти мікроорганізмів. Таким чином, можна було б частково вирішити проблему хоча б на регіональному рівні.

Метою досліджень було вивчення родового складу фосфатмобілізувальних бактерій компостів, а також скринінг активних штамів, залучення яких до компостування гною ВРХ, збагаченого фосфоритами, впливає на зростання вмісту водорозчинних фосфатів.

Матеріали і методи. Мікроорганізми, здатні вплинути на розчинність трикальційфосфату, ізольовали з вермикопосту. Ідентифікацію бактерій здійснювали за визначником бактерій Берджі [5] та оригінальними роботами [8].

Інтенсивність розчинення мікроорганізмами $Ca_3(PO_4)_2$ у живильному середовищі визначали методом Ердеї [9].

Скринінг активних штамів фосфатмобілізувальних бактерій проводили згідно з існуючими вказівками на агаризованому середовищі Муромцева такого складу, г/л: глюкоза 10,0; аспарагін – 1,0; K_2SO_4 – 0,2; $MgSO_4 \times 7 H_2O$ – 0,2; кукурудзяний екстракт – 0,02 %; агар-агар – 10,0; $CaCl_2 \times H_2O$ – 3,3; $Na_3PO_4 \times 12 H_2O$ – 3,8; рН – 7,0 [4].

Модельні досліді з компостування проводили в пластикових контейнерах, які містили гній ВРХ, фосфоритне борошно, вермикультуру та бактеріальну суспензію. Повторність досліді – трьохразова.

Вміст загального фосфору у гної та компостах визначали фотометрично ванадієвомолібдатним методом [3]. Кількість мінерального водорозчинного фосфору визначали за ГОСТом 27753.5 [6, 7]. Вміст фосфору органічних сполук у компостах досліджували при визначенні фракційного складу фосфатів за методом Соколова [1, 7].

Статистичну обробку одержаних результатів здійснювали за Доспеховим [2].

Вплив експериментальних компостів на урожайність огірків вивчали у польових умовах на дерново-підзолистому ґрунті. Схема польового дрібноділянкового досліді включала такі варіанти: контроль (без внесення компосту), стандартний компост, компост з *Pseudomonas* sp. 15, компост з *Pseudomonas* sp. 17, компост з *Pseudomonas* sp. 22.

© М.В. Гаценко, В.В. Волкогон, 2010

Повторність дослідів – трьохразова. Експериментальні компости вносили локально у гранульованій формі. Оскільки ці добрива, як правило, містять значні кількості фітогормонів, внесення їх було обмежене – 2 гранули (0,008 г) на 1 насінину.

Результати та їх обговорення. Для досягнення поставленої мети нами вивчено склад фосфатмобілізуючої мікробіоти біогумусу. Угруповання фосфатмобілізуючих мікроорганізмів даного субстрату представлено бактеріями з родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Alcaligenes* та ін. (рис. 1).

Виходячи з інтенсивності розчинення $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ у живильному середовищі, відібрано найбільш активні штами фосфатмобілізуючих бактерій *Pseudomonas* sp. 10, 12, 14, 15, 17, 22, 29, 42, 54, 59, *Bacillus* sp. 4 (табл. 1).

Таблиця 1

**Вплив фосфатмобілізуючих мікроорганізмів на розчинність $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
у культуральній рідині**

Ізоляти мікроорганізмів	Накопичення фосфату в культуральній рідині, % від загального вмісту PO_4^{3-} у внесеному $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
<i>Pseudomonas</i> sp. 10	62,1
<i>Pseudomonas</i> sp. 12	63,7
<i>Pseudomonas</i> sp. 14	60,7
<i>Pseudomonas</i> sp. 15	46,4
<i>Pseudomonas</i> sp. 17	54,8
<i>Pseudomonas</i> sp. 22	48,9
<i>Pseudomonas</i> sp. 29	52,1
<i>Pseudomonas</i> sp. 42	46,3
<i>Pseudomonas</i> sp. 54	46,9
<i>Pseudomonas</i> sp. 59	58,1
<i>Bacillus</i> sp. 4	66,8
НІР ₀₅	10,9

Вплив вищезазначених активних штамів фосфатмобілізуючих бактерій на ступінь розчинності фосфоритів при вермикомпостуванні органіки вивчали в умовах модельного експерименту. Для компостування використовували чотири компоненти: гній ВРХ, фосфоритне борошно, активні фосфатмобілізуючі мікроорганізми та вермикультуру. Як показали результати трьохрічних дослідів, найактивнішими є представники роду *Pseudomonas*, які сприяють вивільненню з фосфоритів найбільшої кількості водорозчинних форм фосфору. Такими штамми є *Pseudomonas* sp. 10, 12, 15, 17, 22, 42, 54, 59. Тому надалі мікробіологічні та агрохімічні особливості компостування досліджували за участю зазначених штамів.

Як свідчать одержані результати, внесення бактеріальних суспензій до субстрату забезпечило різний вплив мікроорганізмів на процеси трансформації фосфоровмісних сполук. Наприкінці компостування у всіх варіантах відбулося зростання кількості P_2O_5 водорозчинних мінеральних сполук порівняно з його початковим вмістом (рис. 2). Компостування органіки за участю штамів *Pseudomonas* sp. 17 та *Pseudomonas* sp. 22 сприяло достовірному збільшенню вмісту цієї форми фосфору порівняно з контролем (компостування без додавання бактерій).

У всіх варіантах дослідів інокуляція субстратів сприяла збільшенню вмісту фосфору водорозчинних органічних сполук порівняно з контролем (рис. 2). Найвищим цей показник є у варіантах із застосуванням *Pseudomonas* sp. 17 та *Pseudomonas* sp. 22. Але вміст фосфору органічних сполук, на противагу мінеральним його формам, є максимальним на початку компостування, що обумовлено особливостями розвитку інтродукованих мікроорганізмів. Висока чисельність фосфатмобілізуючих мікроорганізмів на початку компостування зумовлює низький вміст P_2O_5 водорозчинних мінеральних форм фосфору і високий – фосфору органічних

сполук. Проте, на кінцевому етапі вермикомпостування відмирання мікроорганізмів сприяє додатковому утворенню водорозчинного мінерального фосфору.

Серед перспективних штамів слід відмітити також *Pseudomonas* sp. 59. Саме за його інтродукції до вермикомпосту спостерігаються високі показники вмісту фосфору водорозчинних органічних сполук протягом усього терміну компостування. Цю особливість можна пояснити активним розвитком інтродукованого мікроорганізму (рис. 3.) Так, зокрема, інокуляція субстрату штамом *Pseudomonas* sp. 59 сприяла зростанню чисельності фосфатмобілізуювальних мікроорганізмів порівняно з контролем.

Серед мікроорганізмів, які сприяли збільшенню вмісту як фосфору органічних сполук, так і його водорозчинних мінеральних форм, слід виділити штами *Pseudomonas* sp. 17 та *Pseudomonas* sp. 22. Так, застосування *Pseudomonas* sp. 17 сприяло зростанню на кінцевому етапі компостування (рис. 4) водорозчинного фосфату від 3435,0 мг/кг у контрольному компості до 4792,9 мг/кг в експериментальному (приріст складає 39,5 % від контролю), а штаму *Pseudomonas* sp. 22 – до 4631,4 мг/кг в дослідному компості, що більше на 34,8 % від контрольних показників. Щодо штаму *Pseudomonas* sp. 59, то його інтродукція до компосту зумовлює зростання P_2O_5 на 14 %. Саме ці штами можемо вважати найактивнішими, здатними суттєво вплинути на розчинність фосфоритного борошна в умовах вермикомпостування.

Ефективність експериментальних компостів перевірено в умовах польового дослідження при вирощуванні огірків сорту Цезар. Одержані результати свідчать про ефективність дослідного компосту, одержаного за участі *Pseudomonas* sp. 17 (табл. 2). Так, його застосування сприяло збільшенню врожайності огірків на 50 % порівняно з контролем. При цьому зростала кількість плодів, а не їх маса, що свідчить про збереження товарної якості продукції (290,7 од./10 рослин проти 188,5 од./10 рослин у контролі).

Зростання як урожайності огірків так і, особливо, їх кількості при внесенні вермикомпосту, одержаного за участі активних фосфатмобілізуювальних бактерій, можна, вірогідно, пояснити не лише покращенням фосфорного живлення рослин, а й високим вмістом у компостах фізіологічно активних речовин.

Таблиця 2

Урожайність огірків при застосуванні експериментальних компостів

Варіанти досліджу	Урожайність огірків, кг/10 рослин	Кількість плодів, шт./10 рослин
Контроль	6,3 ± 1,0	188,5 ± 30,6
Стандартний компост	5,0 ± 0,6	190,7 ± 24,9
Компост з <i>Pseudomonas</i> sp. 15	6,4 ± 1,0	199,3 ± 30,3
Компост з <i>Pseudomonas</i> sp. 17	9,4 ± 1,3	290,7 ± 42,0
Компост з <i>Pseudomonas</i> sp. 22	4,8 ± 0,7	170,0 ± 27,7

Таким чином, у ході досліджень з'ясовано, що фосфатмобілізуювальна мікробіота вермикомпосту представлена бактеріями родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Alcaligenes* та ін. За інтенсивністю розчинення ортофосфату кальцію у живильному середовищі відібрано активні штами фосфатмобілізуювальних бактерій роду *Pseudomonas* sp. 10, 12, 14, 15, 17, 22, 29, 42, 54, 59, *Bacillus* sp. 4. При вермикомпостуванні органіки, збагаченої фосфоритами, за участю активних фосфатмобілізуювальних бактерій найкращими показниками щодо впливу на вивільнення фосфату характеризувалися штами *Pseudomonas* sp. 17 та *Pseudomonas* sp. 22. Експериментальний компост, одержаний за участі *Pseudomonas* sp. 17, в умовах польового дослідження виявився найефективнішим. Застосування його в технології вирощування огірків сприяло збільшенню врожайності культури на 50 % порівняно з контролем.

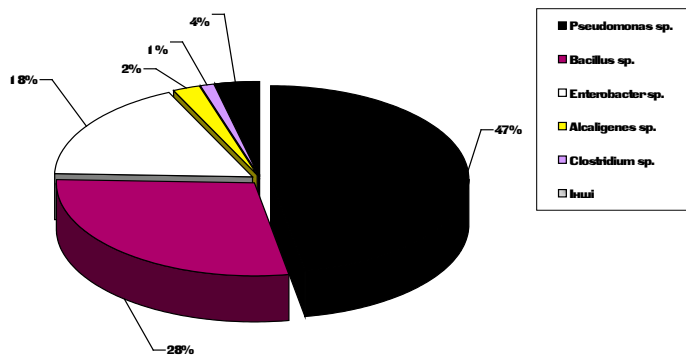


Рис. 1. Склад угруповання фосфатмобілізувальних мікроорганізмів вермикомпосту

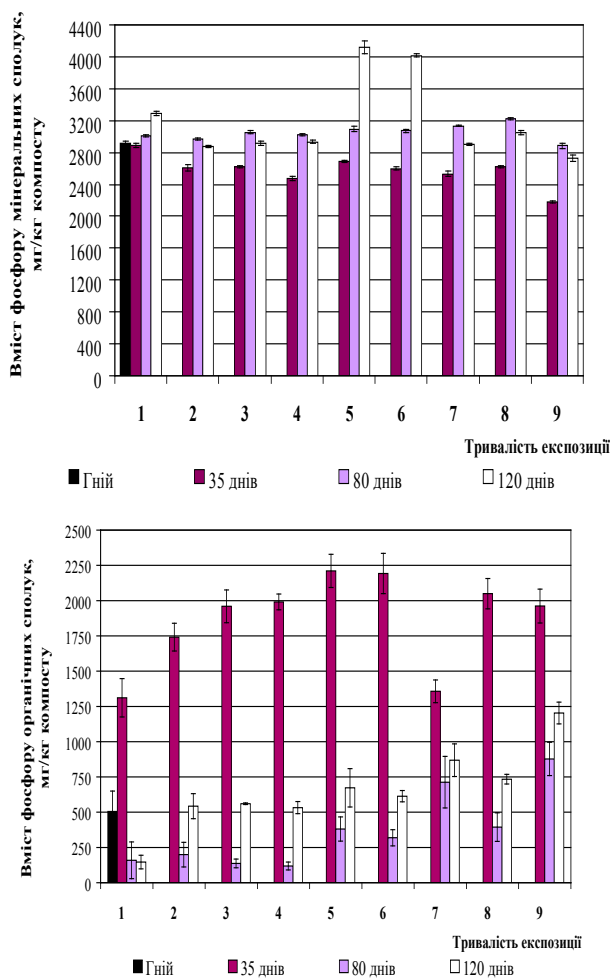


Рис. 2. Динаміка вмісту P_2O_5 водорозчинних сполук у вермикомпості залежно від інтродукованого мікроорганізму

1 – контроль (компостування без додавання бактерій); Компостування за участю:
 2 – *Pseudomonas* sp. 10; 3 – *Pseudomonas* sp. 12; 4 – *Pseudomonas* sp. 15;
 5 – *Pseudomonas* sp. 17; 6 – *Pseudomonas* sp. 22; 7 – *Pseudomonas* sp. 42;
 8 – *Pseudomonas* sp. 54; 9 – *Pseudomonas* sp. 59.

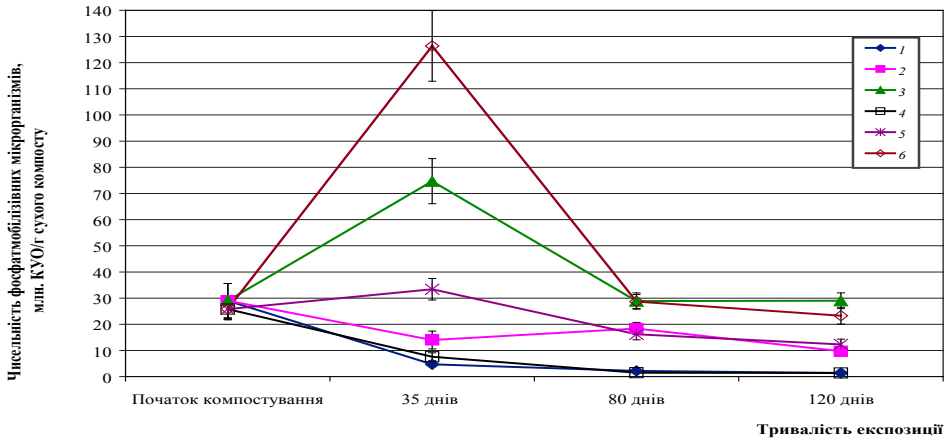


Рис. 3. Динаміка чисельності фосфатмобілізуючих мікроорганізмів при вермикомпостуванні залежно від інтродукованого мікроорганізму

1 – мікроорганізми, що розчиняють мінеральні форми фосфору, в компості без додавання бактерій; 2 – при внесенні *Pseudomonas* sp. 17; 3 – *Pseudomonas* sp. 59; 4 – мікроорганізми, що мобілізують фосфор органічних сполук, в компості без додавання бактерій;

5 – при внесенні *Pseudomonas* sp. 17; 6 – *Pseudomonas* sp. 59.

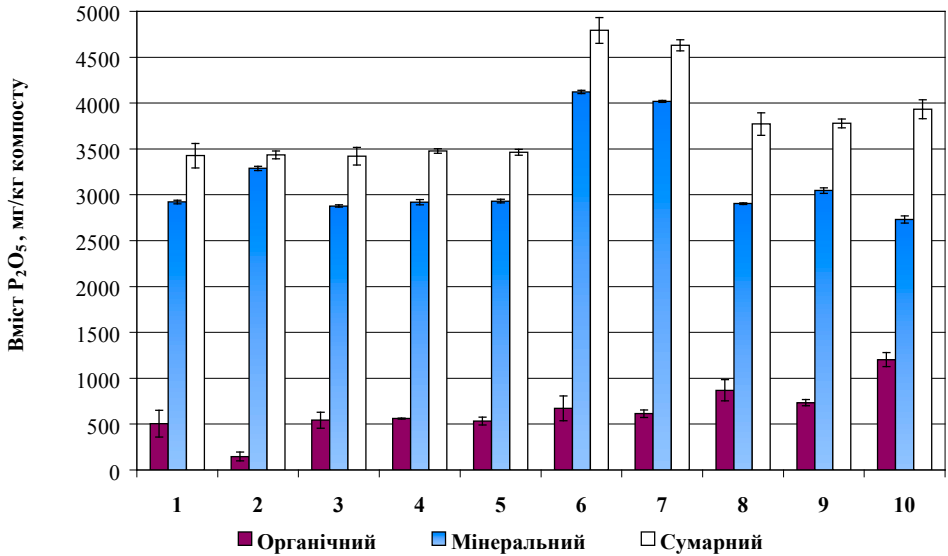


Рис. 4. Вплив фосфатмобілізуючих бактерій на накопичення P_2O_5 водорозчинних сполук у вермикомпості на кінцевому етапі компостування

1 – контроль (компостування без додавання бактерій); Компостування за участю:

2 – *Pseudomonas* sp. 10; 3 – *Pseudomonas* sp. 12; 4 – *Pseudomonas* sp. 15;

5 – *Pseudomonas* sp. 17; 6 – *Pseudomonas* sp. 22; 7 – *Pseudomonas* sp. 42;

8 – *Pseudomonas* sp. 54; 9 – *Pseudomonas* sp. 59.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИЯ ОРГАНИКИ,
ОБОГАЩЕННОЙ ФОСФОРИТАМИ, ПРИ УЧАСТИИ
ФОСФАТМОБИЛИЗИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ**

Резюме

Из вермикомпоста изолированы активные штаммы микроорганизмов, способные мобилизовать фосфор из труднорастворимых соединений. В сообществе фосфатмобилизирующей микробиоты биогумуса преобладают представители рода *Pseudomonas*. При вермикомпостировании органики, обогащенной фосфоритами, с участием активных фосфатмобилизирующих микроорганизмов, отобрано штаммы *Pseudomonas* sp. 17 и *Pseudomonas* sp. 22, которые способствуют освобождению наибольшего количества водорастворимого фосфора. Использование компоста, полученного при участии *Pseudomonas* sp. 17, в технологиях выращивания огурцов улучшает развитие растений и повышает их урожайность.

Ключевые слова: фосфатмобилизирующие микроорганизмы, биогумус, навоз крупного рогатого скота (КРС), вермикомпостирование, фосфориты, фосфоритная мука, фосфорное питание растений, водорастворимые соединения фосфора.

M.V. Gatsenko, V.V. Volkogon

Institute of Agricultural Microbiology, Ukrainian Academy of Agrarian Sciences, Chernihiv

**OPTIMIZATION OF VERMICOMPOSTING OF ORGANICS
ENRICHED WITH PHOSPHORITES WITH PARTICIPATION
OF PHOSPHATE-MOBILIZING MICROORGANISMS**

S u m m a r y

Active strains of microorganisms capable to mobilize phosphorus from poorly soluble compounds were isolated from the vermicompost. Representatives of *Pseudomonas* genus dominate in assemblages of phosphate-mobilizing humus microbiota. The strains *Pseudomonas* sp. 17 and *Pseudomonas* sp. 22, which promote liberation of the greatest quantity of water-soluble phosphorus were selected under vermicomposting of organics enriched with phosphorites with participation of active phosphate-mobilizing microorganisms. The use of compost derived with participation of *Pseudomonas* sp. 17 in cucumbers growth technologies makes the plants development better and raises the cultures productivity.

The paper is presented in Ukrainian.

Key words: phosphate-mobilizing microorganisms, humus, cattle manure, vermicomposting, phosphorites, ground phosphate rock, phosphoric plant nutrition, water-soluble phosphorus compound.

The author's address: *M.V.Gatsenko*, Institute of Agricultural Microbiology, Ukrainian Academy of Agrarian Sciences; 97 Shevchenko St., Chernihiv, 14027, Ukraine.

1. Агрохімічний аналіз: Підручник / За ред. М.М. Городнього. – К.: Арістей, 2005. – 476 с.
2. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 376 с.
3. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора: ГОСТ 26657-85. [Введен от 1987-07-01] – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 12 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).
4. Методические указания по выделению микроорганизмов, растворяющих труднодоступные минеральные и органические соединения фосфора. – Ленинград, 1981. – 17 с.
5. Определитель бактерий Берджи: в 2-х т. / [Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса.]. – М.: Мир, 1997. Т. 1. – 1997. – 432с.
6. Почвы тепличные. Метод определения водорастворимого фосфора: ГОСТ 27753.5-88. [Введен от 1990-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 79 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).
7. Почвы тепличные. Метод приготовления водной вытяжки: ГОСТ 27753.2-88. [Введен от 1990-01-01] – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 79 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).
8. *Смирнов В.В.* Бактерии рода *Pseudomonas* / Смирнов В.В., Киприанова Е.А. – К.: Наук. Думка, 1990. – 264 с.
9. *Erdey L., Fleps V., Bodor E.* Colorimetric determination small quantity phosphates // Acta chim. acad. scientiarum Hungariceae. – 1954. – 5, N 1. – P. 65–80.

Отримано 13.05.2009