

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Миколайко Валерій Павлович — доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри біології та методики її навчання, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини (вул. Садова, 2, м. Умань, 20300, Україна; e-mail: mikolaiko@i.ua; тел.: +380 97 871 8590); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3701-804x>

Кирилюк Володимир Петрович — кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри геодезії, картографії і кадастру, Уманський національний університет садівництва (вул. Інститутська, 1, м. Умань, 20300, Україна; e-mail: hidrotechnik@ukr.net; тел.: +380 97 607 9680); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2098-0520>

Козинська Ірина Петрівна — кандидат географічних наук, доцент кафедри географії та методики її навчання, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини (вул. Садова, 2, м. Умань, 20300, Україна; e-mail: kambanka@ukr.net; тел.: +380 50 131 9206); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3299-8461>

УДК 631.461:631.8

<https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208816>

ДИНАМІКА РОЗВИТКУ ФОСФАТМОБІЛІЗУВАЛЬНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ У КОМПОСТАХ НА ОСНОВІ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД М. ОДЕСА

Н.В. Пиляк,

завідувачка науково-дослідного сектору

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

(Одеська обл., Біляївський р-н, смт Хлібодарське, Україна)

e-mail: nceb2017@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5074-4011>

В.І. Крутякова,

кандидатка економічних наук

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

(Одеська обл., Біляївський р-н, смт Хлібодарське, Україна)

e-mail: valentyna.krutyakova@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6578-952X>

В.Є. Дишлюк,

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства

та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (м. Харків, Україна)

e-mail: dyshlyuk_ve@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3499-3736>

Для підвищення врожайності сільськогосподарських культур та родючості ґрунтів найважливіше місце належить органічним добривам. Це пов'язано з тим, що вони не лише збагачують ґрунт усіма елементами живлення, а й поліпшують його властивості. Сучасний стан використання органічних добрив спонукає до пошуку нових видів місцевих удобрювальних ресурсів. Фосфор бере безпосередню участь у багатьох процесах життєдіяльності рослин, і забезпечення нормального рівня фосфорного живлення — одна з головних умов формування високої врожайності сільськогосподарських культур. Ґрунтова мікробіота бере активну участь у мобілізації важкорозчинних фосфатів, що позитивно впливає на рослини, покращуючи їх фосфорне живлення, ріст, розвиток і продуктивність. Тому фосфатмобілізувальні мікроорганізми можуть стати одним із компонентів біоорганічних добрив. Досліджено динаміку розвитку фосфатмобілізувальних мікроорганізмів при компостуванні осадів стічних вод (ОСВ) станції біологічної очистки (СБО) — «Північна» і «Південна» м. Одеса із наповнювачами (солома пшениці озимої та лузга насіння соняшника) для отримання біодобрива з підвищеним вмістом водорозчинних форм фосфору. Методи досліджень: мікробіологічні, статистичні. Аналіз динаміки розвитку фосфатмобілізувальних мікроорганізмів впродовж 3-х місяців досліджень показав, що на початку компостування спостерігається стрімкий розвиток мікроорганізмів, які розчиняють органофосфати, а по мірі мінералізації органофосфатів

чисельність бактерій цієї групи зменшується. Через 60 днів компостування фіксують розвиток бактерій, які розчиняють мінеральні форми фосфатів. Поступова трансформація високорозчинних сполук фосфору в лабільні сприяє зниженню чисельності мікроорганізмів, які розчиняють як органічні, так і мінеральні форми фосфору. Результати досліджень свідчать про можливість отримання біоорганічних добрив за участі фосфатмобілізувальних мікроорганізмів.

Ключові слова: фосфорне живлення, біоконверсія органогенних відходів, мікробіологічна оцінка, мінералофосфати, селекціоновані штами.

ВСТУП

Фосфор є важливим елементом живлення рослин, що сприяє їх росту та розвитку. При нестачі фосфору в ґрунті затримується ріст і розвиток рослин, знижується ефективність фотосинтезу і здатність багаторічних бобових культур до фіксації молекулярного азоту з атмосфери. Відомо, що концентрація доступного фосфору в ґрунті завжди низька через безперервний процес поглинання його рослинами. Достатні запаси фосфору в ґрунті для формування врожаю сільськогосподарських культур можуть поповнюватися, в основному, завдяки внесенню мінеральних та органічних добрив, застосуванню мікробних препаратів.

Різне зниження обсягів виробництва добрив і їх застосування в землеробстві призвело до погіршення родючості ґрунтів і зниження продуктивності землеробства. Виникла проблема оптимізації фосфорного живлення рослин через недостатнє застосування фосфорних мінеральних добрив. За цих умов особливого значення набувають альтернативні прийоми збагачення ґрунтів і добрив доступними для рослин сполуками фосфору.

Мета статті — дослідити динаміку розвитку фосфатмобілізувальних мікроорганізмів при компостуванні осадів стічних вод (ОСВ) станцій біологічної очистки (СБО) — «Північна» і «Південна» м. Одеса із наповнювачами (солома пшениці озимої та лузга насіння соняшника) для отримання біодобрива з підвищеним вмістом водорозчинних форм фосфору.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В останні 20 років через знищення галузі тваринництва виробництво гною поступово зросло нанівець. Ця ситуація спонукає до пошуку нових видів місцевих удобрювальних ресурсів, розроблення ефективних прийомів підвищення у них доступності сполук фосфору, інших джерел органічної речовини: торф, сапропель, солома, тирса, кора деревинних порід тощо, які можна використовувати як компоненти, що поглинають вологу при виробництві компостів, так і як самостійні органічні добрива [1–7].

Найбільш вигідним і екологічно безпечним засобом підвищення доступності фосфору рослинам є застосування бактеріальних препаратів, що підсилюють мобілізацію фосфору з важкодоступних сполук ґрунту в легкодоступні. Останнім часом створено та розроблено мікробні препарати і розроблено технологію їх застосування при вирощуванні сільськогосподарських культур [Токмакова Л.М., 1986–2013; Волгогон В.В., Заришняк А.С., Гриник І.В. та ін., 2011]. Пізніше вченими-мікробіологами запропоновано технологію біокомпостування гною за використання селекціонованих фосфатмобілізувальних мікроорганізмів та місцевих фосфоритів, яку можна застосовувати для одержання сировини, збагаченої мобільними формами фосфору. Відпрацьовано форми виготовлення компостів на основі гною та визначено дози їх внесення при вирощуванні овочевих культур [8–10].

Великий інтерес являє собою використання як добрива осаду стічних вод (ОСВ) міських очисних споруд. Осади стічних вод індивідуальні за своїм хімічним складом. Нині вони поки маловивчені. Осади стічних вод містять вітаміни, амінокислоти, органічні речовини, мікро- і макроелементи [11].

Для приготування ґрунтових сумішей використовують торф і пісок. Агрохімічні дослідження осадів стічних вод показали їх високу потенційну удобрювальну цінність, яку можна порівняти з традиційними органічними добривами, наприклад, з навозом. При оптимальному співвідношенні (30–50%) осаду в суміші урожайність овочевих культур на дослідних варіантах при прямій дії ОСВ зростає на 17–30 % [12].

У роботі [13] представлено результати використання мулового осаду як добрива після його інкубації впродовж 12 діб за температури 50°C і вологості 80% у суміші з харчовими відходами рослинного походження у співвідношенні 1:1 та введенні стартової культури термофільних гетеротрофних бацил. При внесенні мулового осаду до ґрунту спостерігалось істотне підвищення врожайності рослин (томати), близьке до ефекту комерційного добрива.

Фосфорне живлення рослин залежить від вмісту доступних форм фосфору в ґрунті, але в останні роки простежується тенденція до зниження забезпеченості ґрунтів рухомими сполуками, що пояснюється дефіцитним балансом елементу в землеробстві. У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку прийомів, заходів, технологій, які б могли розв'язати проблему фосфорного режиму ґрунтів України. Отже, залучення вторинних сировинних ресурсів, таких як осад стічних вод для створення нових видів добрив із застосуванням фосфатмобілізувальних бактерій, є перспективним напрямом наукових досліджень, який, у свою чергу, безпосередньо впливає на ефективність ведення сільськогосподарського виробництва.

Одним із перспективних напрямів вирішення проблеми збагачення ґрунтів доступними сполуками фосфору для рослин може бути біоконверсія органогенних відходів (осадів стічних вод міських очисних споруд), і в результаті неї отримання доступної органічної сировини (компости) та селекційних фосфатмобілізувальних мікроорганізмів.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Для збереження і підвищення родючості ґрунтів та покращення екологічного стану агроценозів необхідно підвищити застосування органічних добрив. Тому важливим є дослідження можливості використання осадів стічних вод станцій біологічної очистки у землеробстві.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження слугували компости на основі ОСВ за участю фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, здатних до мобілізації фосфору з важкодоступних сполук у легкодоступні. Зразки субстратів досліджували у відділі промислової мікробіології Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН за загальноприйнятими в мікробіології методами [14–16]. Застосовували метод висіву розведених суспензій у відповідних розбавленнях на селективні поживні середовища. Чисельність фосфатмобілізувальних бактерій визначали на середовищі Муромцева [14; 16]. Досліджували динаміку розвитку фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, які розчиняють мінерало- та органофосфати під час компостування осадів стічних вод з різноманітними наповнювачами, з метою виявлення здатності активних штамів з фосфатмобілізувальними властивостями до збереження в компостах на основі осадів стічних вод міських очисних споруд м. Одеса. Статистичний обрахунок результатів проводили, користуючись дисперсійним аналізом.

Результати дослідів обраховували методом двофакторного дисперсійного, кореляційного аналізу (Statistica 6.0), а також за допомогою комп'ютерної програми (Microsoft Office Excel 2003–2007).

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

За результатами випробувань встановлено, що розвиток фосфатмобілізувальних мікроорганізмів при компостуванні вирізняється зростанням їх чисельності відразу після інкубування з поступовим зниженням кількісних характеристик селекціонованих штамів (рис. 1; 2).

Особливістю динаміки розвитку фосфатмобілізувальних мікроорганізмів у субстратах є те, що на початку компостування спостерігається стрімкий розвиток мікроорганізмів, які

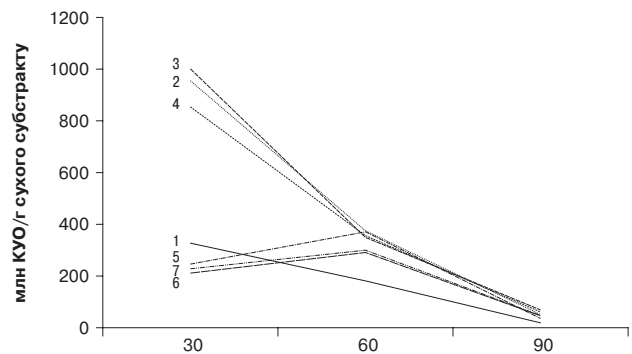


Рис. 1. Динаміка розвитку мікроорганізмів у субстратах, які розчиняють органофосфати (СБО «Південна»):

1 – ОСВ; 2 – ОСВ + солома; 3 – ОСВ + солома + штам № 1; 4 – ОСВ + солома + штам № 2; 5 – ОСВ + лузга; 6 – ОСВ + лузга + штам № 1; 7 – ОСВ + лузга + штам № 2

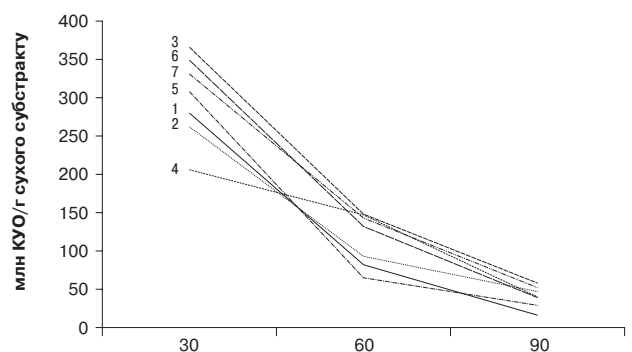


Рис. 2. Динаміка розвитку мікроорганізмів у субстратах, які розчиняють органофосфати (СБО «Північна»):

1 – ОСВ; 2 – ОСВ + солома; 3 – ОСВ + солома + штам № 1; 4 – ОСВ + солома + штам № 2; 5 – ОСВ + лузга; 6 – ОСВ + лузга + штам № 1; 7 – ОСВ + лузга + штам № 2

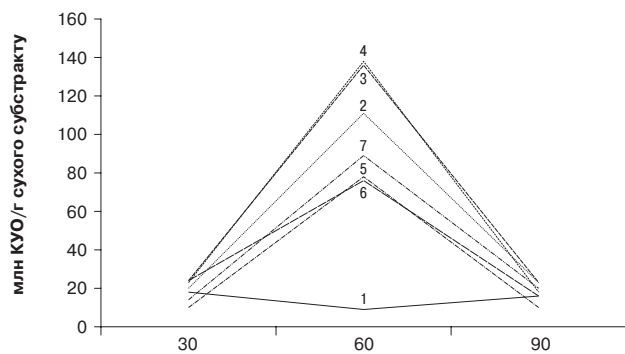


Рис. 3. Динаміка розвитку мікроорганізмів у субстратах, які розчиняють мінералофосфати (СБО «Південна»):

1 – ОСВ; 2 – ОСВ + солома; 3 – ОСВ + солома + штамп № 1; 4 – ОСВ + солома + штамп № 2; 5 – ОСВ + лузга; 6 – ОСВ + лузга + штамп № 1; 7 – ОСВ + лузга + штамп № 2

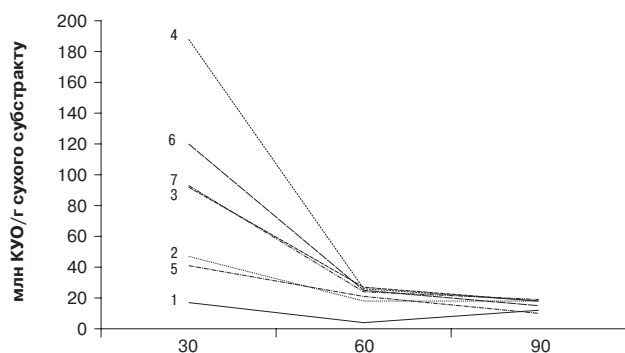


Рис. 4. Динаміка розвитку мікроорганізмів в субстратах, які розчиняють мінералофосфати (СБО «Північна»):

1 – ОСВ; 2 – ОСВ + солома; 3 – ОСВ + солома + штамп № 1; 4 – ОСВ + солома + штамп № 2; 5 – ОСВ + лузга; 6 – ОСВ + лузга + штамп № 1; 7 – ОСВ + лузга + штамп № 2

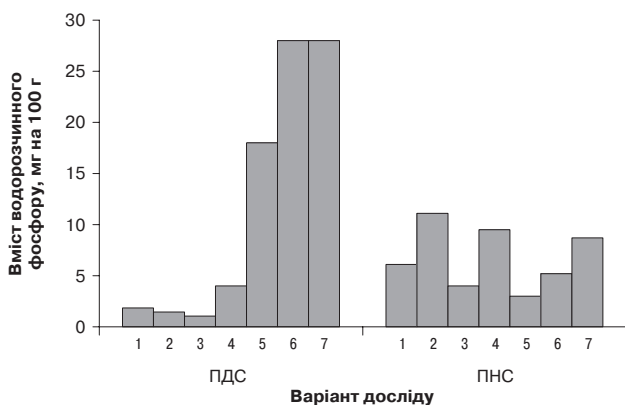


Рис. 5. Вміст водорозчинних сполук фосфору в субстратах:

1 – ОСВ; 2 – ОСВ + солома; 3 – ОСВ + солома + штамп № 1; 4 – ОСВ + солома + штамп № 2; 5 – ОСВ + лузга; 6 – ОСВ + лузга + штамп № 1; 7 – ОСВ + лузга + штамп № 2

розчиняють орґанофосфати, а по мірі мінералізації орґанофосфатів чисельність бактерій цієї групи зменшується (рис. 3; 4). Цю особливість, ймовірно, можна пояснити наявністю в орґанічних сполуках ОСВ фосфатних груп, які зумовлюють розвиток мікрофлори, що мінералізує орґанофосфати. Відомо, що розчинення орґанічних сполук фосфору досягається, крім зміни рН розчину, хелатуванням катіонів, які входять до складу нерозчинних сполук фосфору (зокрема і продуктів метаболізму мікроорґанізмів), також і гідролізом орґанофосфатів позаклітинними ферментами мікроорґанізмів — фосфатазами [17]. Показниками мікробіологічних процесів мобілізації фосфаторґанічних сполук можуть бути чисельність мікроорґанізмів, які мінералізують орґанофосфати, та рівень активності дефосфорилувальних ферментів [18].

Через 60 днів компостування простежується розвиток бактерій, здатних до розчинення мінеральних форм фосфатів. Поступова трансформація важкорозчинних сполук фосфору в лабільні зумовлює зниження чисельності мікроорґанізмів, що розчиняють як орґанічні, так і мінеральні форми фосфору.

Із продовженням терміну компостування чисельність фосфатмобілізувальних бактерій зменшується разом із закономірним зменшенням загальної чисельності мікроорґанізмів.

При компостуванні осаду стічних вод з різними наповнювачами (за внесення бактеріальних суспензій та без них) було встановлено різні показники вмісту водорозчинних сполук фосфору (рис. 5). Так, наприкінці компостування (через 90 днів) у всіх зразках, що досліджували, відбулося зростання кількості водорозчинних форм фосфатів.

Компостування осаду за участю активних штамів № 1 і № 2 сприяло достовірному збільшенню вмісту водорозчинного фосфору порівняно з контролем (осадами стічних вод). Інтродукція до компосту селекціонованих штамів забезпечила зростання водорозчинного фосфору на 93,4% порівняно з контролем в ОСВ з СБО «Південна» з лузгою насіння соняшнику. У варіантах ОСВ з СБО «Північна» найкращі показники водорозчинного P_2O_5 визначено у компостах із соломою пшениці озимої.

ВИСНОВКИ

Застосування компостів на основі осадів стічних вод із застосуванням фосфатмобілізувальних мікроорґанізмів сприятиме покращенню фосфорного живлення сільськогосподарських культур, а це, у свою чергу, підвищенню врожайності та якості сільгосппродукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ковалев Н.Г. Современные проблемы производства и использования органических удобрений. *Вестник ВНИИМЖ*. 2013. № 2(10). С. 82–101.
2. Бульо В.С., Сорочинський В.В. Вплив гною, сидератів і соломи на гумусний стан ґрунту і відтворення його родючості. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2000. Вип. 42. С. 14–18.
3. Мартиненко В.М. Врожайність культур і родючість чорнозему типового за різного удобрення та обробітку. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. № 58(1). С. 163–173.
4. Сорочинський В.В., Бульо В.С. Вплив тривалого застосування сидератів і соломи на деякі параметри родючості ґрунту та кореляційні зв'язки між ними. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2001. Вип. 43. С. 204–209.
5. Бомба М.Я. Біологічне землеробство: стан та перспективи розвитку. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 59. С. 9–18.
6. Скрильчик Є., Кутова А., Гетманенко В., Цигічко Г. Отримання органічного добрива з відновлюваної рослинної сировини. *Вісник аграрної науки*. 2019. Т. 97. № 8. С. 5–10.
7. Скрильчик Є., Гетманенко В., Кутова А., Товстий Ю. Баланс гумусу в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під впливом курячого посліду і компостів на його основі. *Вісник аграрної науки*. 2020. Т. 98. № 4. С. 21–27.
8. Гаценко М.В., Луценко Н.В., Волкогон В.В. Роль фосфатмобілізуювальних мікроорганізмів в оптимізації вермикомпостування органіки, збагаченої фосфоритами. Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування: *Збірник наукових праць Уманського державного університету*. Київ, 2008. С. 229–235.
9. Гаценко М.В., Волкогон В.В. Оптимізація вермикомпостування органіки, збагаченої фосфоритами, за участі фосфатмобілізуювальних мікроорганізмів. *Мікробіологічний журнал*. 2010. № 3. С. 14–19.
10. Гаценко М.В., Волкогон В.В., Токмакова Л.М., Луценко Н.В. Мікробіологічні аспекти біокомпостування гною ВРХ з фосфоритами за участю фосфатмобілізуювальних бактерій. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2010. № 11. С. 75–89.
11. Nikovskaya G.N., Kalinichenko K.V. Biotechnology of utilization of municipal wastewater sediments. *Biotechnology Acta*. 2014. Vol. 7. P. 21–32.
12. Федоровская Л.А., Углов В.А., Бородай Е.В. Агроэкологическая оценка осадков сточных вод очистных сооружений города Новосибирска. *Международный журнал прикладных фундаментальных исследований*. 2015. № 4–2. С. 275–279.
13. Wang I.Y., Stavnikova O., Tay S.T. et al. Biotechnology of intensive aerobic conversion of sewage sludge and food waste into fertilizer. *Water Sci. Technol.* 2004. 38 (10). P. 147–154.
14. Волкогон В.В., Надкринична О.В., Токмакова Л.М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія; за наук. ред. В.В. Волгогона. Інститут сільськогосподарської мікробіології. Чернівці, 2010. С. 308–382.
15. Теплер Е.З., Шильникова В., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. Москва: Колос, 1979. 215 с.
16. Методические указания по выделению микроорганизмов, растворяющих труднодоступные минеральные и органические соединения фосфора. ВНИИСХМ. Ленинград, 1981. 20 с.
17. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. Москва: Наука, 1976. 180 с.
18. Муромцев Г.С., Самойлова Т.С. О растворении солей фитиновой кислоты почвенными микроорганизмами. *Доклады ВАСХНИЛ*. 1975. № 3. С.18–19.

**DYNAMICS OF THE DEVELOPMENT OF PHOSPHATE MOBILIZATION MICROORGANISMS
IN COMPOSTS BASED ON SEWAGE SLUDGE IN ODESSA**

N.V. Pyliak,

Head of the research sector

Engineering and Technology Institute «Biotechnica» NAAS

(urban-type settlement Khlebodarskoye, Bilyayivka Raion (district), Odesa Oblast (province), Ukraine)

e-mail: nceb2017@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5074-4011>

V.I. Krutyakova,

Degree of Doctor of Philosophy in economics

Engineering and Technology Institute «Biotechnica» NAAS

(urban-type settlement Khlebodarskoye, Bilyayivka Raion (district), Odesa Oblast (province), Ukraine)

e-mail: valentya.krutyakova@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6578-952X>

V.E. Dyshlyuk,

Degree of Doctor of Philosophy in agriculture, senior researcher

National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research

named after O.N. Sokolovsky» (Kharkiv, Ukraine)

e-mail: dyshlyuk_ve@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3499-3736>

To increase crop yields and soil fertility, organic fertilizers play an important role. This is because they not only enrich the soil with all the nutrients, but also improve its properties. The current state of

use of organic fertilizers encourages the search for new types of local fertilizer resources. Phosphorus is directly involved in many processes of plant life, and ensuring a normal level of phosphorus nutrition — one of the main conditions for the formation of high crop yields. The soil microbiota is actively involved in the mobilization of sparingly soluble phosphates, which has a positive effect on plants, improving their phosphorus nutrition, growth, development and productivity. Therefore, phosphate-mobilizing microorganisms can become one of the components of bioorganic fertilizers. The dynamics of development of phosphate-mobilizing microorganisms in the composting of sewage sludge (ERU) of biological treatment plants (SBU) — «Northern» and «Southern» Odessa with fillers (winter wheat straw and sunflower seed husk) to increase biofertilizers with water fertilizers. Research methods: microbiological, statistical. Analysis of the dynamics of phosphate-mobilizing microorganisms during 3 months of research showed that at the beginning of composting there is a rapid development of microorganisms that dissolve organophosphates, and as the mineralization of organophosphates, the number of bacteria in this group decreases. After 60 days of composting, the development of bacteria is dissolved, which dissolve the mineral forms of phosphates. The gradual transformation of highly soluble phosphorus compounds into labile helps to reduce the number of microorganisms that dissolve both organic and mineral forms of phosphorus. The results of research indicate the possibility of obtaining bioorganic fertilizers with the participation of phosphate-mobilizing microorganisms.

Keywords: phosphorus nutrition, bioconversion of organogenic waste, microbiological evaluation, mineralophosphates, selected strains.

REFERENCES

1. Kovalev, N.G. (2013). Sovremennye problemy proizvodstva i ispol'zovaniya ogranicheskikh udobrenij [Modern problems of production and use of organic fertilizers]. *Vestnik VNIIMZH — Journal of VNIIMZH*. 2: 82–101.
2. Bul'о, V.S., Sorochins'kij, V.V. (2000). Vpliv gnoyu, siderativ i solomi na gumusnij stan rruntu i vidtvorennya jogo rodyuchosti [The effect of manure, green manure and straw on the humus state of the soil and the reproduction of their fertility]. *Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarinnictvo: mizhvidomchij tematichnij zbirnik — Foothill and mountain agriculture and stockbreeding: Interdepartmental thematic scientific collection of the Institute of Agriculture in the Carpathian region NAAS*. 42: 14–18 [in Ukrainian].
3. Martinenko, V.M. (2015). Vrozhajnist' kul'tur i rodyuchist' chornozemu tipovogo za riznogo udobrennya ta obrobittu [Productivity of crops and fertility of top-grade chernozem for various fertilizers and processing]. *Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarinnictvo: mizhvidomchij tematichnij zbirnik — Foothill and mountain agriculture and stockbreeding: Interdepartmental thematic scientific collection of the Institute of Agriculture in the Carpathian region NAAS*. 58: 163–173 [in Ukrainian].
4. Sorochins'kij, V.V., Bul'о, V.S. (2001). Vpliv trivalogo zastosuvannya siderativ i solomi na deyaki parametri rodyuchosti rruntu ta korelyacijni zv'yazki mizh nimi [The effect of prolonged use of green manure and straw on some parameters of soil fertility and correlation between them]. *Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarinnictvo: mizhvidomchij tematichnij zbirnik — Foothill and mountain agriculture and stockbreeding: Interdepartmental thematic scientific collection of the Institute of Agriculture in the Carpathian region NAAS*. 43: 204–209 [in Ukrainian].
5. Bomba, M.Ya. (2016). Biologichne zemlerobstvo: stan ta perspektivi rozvitku. [Biological farming: state and development prospects]. *Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarinnictvo: mizhvidomchij tematichnij zbirnik — Foothill and mountain agriculture and stockbreeding: Interdepartmental thematic scientific collection of the Institute of Agriculture in the Carpathian region NAAS*. 59: 9–18 [in Ukrainian].
6. Skril'nik, Ye., Kutova, A., Getmanenko, V., Cigichko, G. (2019). Otrimannya organichnogo dobriva z vidnovlyuvanoi roslinnoi sirovini [Obtaining organic fertilizer for renewable plant materials]. *Visnyk agrarnoyi nauky — Bulletin of Agrarian Science*. 97, 8: 5–10 [in Ukrainian].
7. Skril'nik, Ye., Getmanenko, V., Kutova, A., Tovstij, Y.U. (2020). Balans gumusu v chornozemi opidzolenomu vazhkosuglinkovomu pid vplivom kuryachogo poslidu i kompostiv na jogo osnovi [Humus balance in chernozem podzolized on important loam under the influence of chicken manure and composts based on it]. *Visnyk agrarnoyi nauky — Bulletin of Agrarian Science*. 98, 4: 21–27 [in Ukrainian].
8. Gacenko, M.V., Lucenko, N.V., Volkogon, V.V. (2008). Rol' fosfatmobilizuval'nih mikroorganizmiv v optimizacii vermikompostuvannya organiki, zbagachenoї fosforitami. Osnovi formuvannya produktivnosti sil's'kogospodars'kih kul'tur za intensivnih tekhnologij viroshchuvannya. [The role of phosphate mobilizing microorganisms in optimizing the vermicompost of organics enriched in phosphorites. Fundamentals of crop productivity formation with intensive cultivation technologies]. *Zb. nauk. prac' Uman's'kogo derzh. Pedagogical Universitetu — Collection of Scientific Papers of Uman State Pedagogical University*. P. 229–235 [in Ukrainian].
9. Gacenko, M.V., Volkogon, V.V. (2010). Optimizaciya vermikompostuvannya organiki, zbagachenoї fosforitami, za uchasti fosfatmobilizuval'nih mikroorganizmiv [Optimization of vermicomposting of organics

- enriched in phosphorites with the participation of phosphate mobilizing microorganisms]. *Mikrobiologichnyi Zhurnal — Microbiological Journal*. 3: 14–19 [in Ukrainian].
10. Gacenko, M.V., Volkogon, V.V., Tokmakova L.M., Lucenko, N.V. (2010). Mikrobiologichni aspekty' biokompostuvannya gnoyu VRX z fosfory'tamy' za uchastyu fosfatmobilizoval'ny'x bakterij [Microbiological aspects of biocomposting cattle manure with phosphorites with the participation of phosphate-mobilizing bacteria]. *Sil's'kogospodars'ka mikrobiologiya — Agricultural microbiology*. 11: 75–89 [in Ukrainian].
 11. Nikovskaya, G.N., Kalinichenko, K.V. (2014). Biotechnology of utilization of municipal wastewater sediments. *Biotechnologia Acta*. 7: 21–32.
 12. Fedorovskaya, L.A., Uglov, V.A., Borodaj, E.V. (2015). Agroekologiy' cheskaya ocenka osadkov stochnykh vod ochy'stnykh sooruzheny'j goroda Novosy'by'rsk [Agroecological assessment of sewage sludge from wastewater treatment plants in Novosibirsk]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prykladnykh fundamental'nykh yssledovanyj — International journal of applied basic research*. 4–2: 275–279 [in Russian].
 13. Wang, I.Y., Stavnikova, O., Tay, S.T. et al. (2004). Biotechnology of intensive aerobic conversion of sewage sludge and food waste into fertilizer. *Water Sci. Technol.* 38: 147–154 [in English].
 14. Volkogon, V.V., Nadkrinichna, O.V., Tokmakova, L.M. et al. (2010). *Ekspyrymental'na rruntova mikrobiologiya [Experimental Soil Microbiology]*; ed. V.V. Volkogon. Chernihiv: Institut of agricultural microbiology [in Ukrainian].
 15. Tepper, E.Z., SHil'nikova, V., Pereverzeva, G.I. (1979). *Praktikum po mikrobiologii [Microbiology Workshop]*. Moscow: Kolos, 215 p. [in Russian].
 16. Metodicheskie ukazaniya po vydeleniyu mikroorganizmov, rastvoryayushchih trudnodostupnye mineral'nye i organicheskie soedineniya fosfora [Guidelines for the isolation of microorganisms dissolving hard-to-reach mineral and organic phosphorus compounds] (1981). All-Union Research Institute of Agricultural Microbiology. Leningrad. 20 p. [in Russian].
 17. Hazy'ev, F.X. (1976). Fermetaty'vnaya akty'vnost' pochv [Soil fermentative activity]. Moscow: Nauka, 180 p. [in Russian].
 18. Muromtsev H.S., Samojlova T.S. (1975). O rastvorenny'y' solej fy'ty'novoj ky'sloty pochvenny'my' my'kroorgany'zmamy' [On the dissolution of salts of phytic acid by soil microorganisms]. *Doklady Vsesoyuznoj akademiy'y' sel'skoxozyajstvennykh nauk — Reports of the All-Union Academy of Agricultural Sciences*. 3: 18–19 [in Russian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Пиляк Ніна Вікторівна — завідувачка науково-дослідного сектору, Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН (вул. Маяцька дорога, 26, смт Хлібодарське, Біляївський р-н, Одеська обл., 67667, Україна; e-mail: nceb2017@gmail.com; тел. (097) 315-73-99; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5074-4011>);

Крутякова Валентина Іванівна — кандидатка економічних наук, Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН (вул. Маяцька дорога, 26, смт Хлібодарське, Біляївський р-н, Одеська обл., 67667, Україна; e-mail: valentya.krutyakova@gmail.com; тел. (099) 200-54-67; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6578-952X>);

Дишлюк Віталій Євгенович — кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр “Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського” (вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024; e-mail: dyshlyuk_ve@ukr.net; тел. (045) 953-62-73; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3499-3736>).