



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.86/87:631.95

© 2022

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА МІКРОБІОЛОГІЧНУ ХАРАКТЕРИСТИКУ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ФУНДУКА

О.М. Нікіпелова¹, Н.В. Пуляк²

¹доктор хімічних наук, професор

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

вул. Маяцька дорога, 26, смт Хлібодарське Біляївського р-ну Одеської обл., 67667, Україна

e-mail: ¹olena.nikipelova2020@gmail.com, ²nceb2017@gmail.com

ORCID: ¹0000-0003-3167-6970, ²0000-0002-5074-4011

Надійшла 8.11.2022

Мета. Оцінити вплив органічних добрив різного походження на чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп у ґрунті за вирощування фундука в умовах Південного Степу України. **Методи.** Узагальнення й аналіз матеріалів наукових досліджень, мікробіологічні, польові, статистичні. **Результати.** У ґрунті насаджень фундука досліджено динаміку розвитку мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп: амоніфікатори, нітрифікатори, стрептоміцети, спорові мікроорганізми, мікроорганізми, які розчиняють органічні або мінеральні фосфати, азотофіксатори, оліготрофи. **Висновки.** В умовах Південного Степу України показано перспективність використання органічних добрив різного походження: традиційних (гній великої рогатої худоби, курячий послід) і нетрадиційних (осади стічних вод, біодобрива на їхній основі) та їх вплив на мікробіологічні властивості ґрунту за вирощування фундука. Встановлено збільшення чисельності мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп (амоніфікатори, нітрифікатори, стрептоміцети, спорові мікроорганізми, мікроорганізми, які гідролізують органічні або мінеральні фосфати, азотофіксатори, оліготрофи) за внесення органічних добрив — гною великої рогатої худоби та біодобрив № 1 і 2. Параметри коефіцієнта мінералізації-імобілізації (0,02 – 0,07) свідчать про переважання процесів синтезу над деструкцією органічної речовини у всіх варіантах досліджу. Індекс оліготрофності (показник забезпеченості ґрунту легкозасвоюваними поживними речовинами) свідчить про високий вміст елементів живлення (0,003 – 0,03), тобто застосування органічних добрив різного походження не порушить функціональну структуру мікробного ценозу ґрунту.

Ключові слова: *осади стічних вод, вуглецевмісні рослинні наповнювачі, фосфатмобілізувальні мікроорганізми, динаміка розвитку мікроорганізмів, процеси гумусоутворення, горіхоплідні насадження.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202212-01>

Потреба людей у продуктах рослинного походження задовольняється не повністю, тому пошуки нових джерел сировини, виявлення, доцільність збільшення та можливість їхнього використання — проблема важлива та актуальна. Наявність в Україні сприятливих ґрунтово-кліматичних умов, позитивний досвід інших країн у промисловому виробництві горіхів, велика потреба внутрішнього ринку й динаміка зовнішнього попиту свідчать про доцільність промислового вирощування фундука для задоволення внутрішніх потреб та експорту [1].

В Україні традиційними регіонами вирощування фундука є зони Степу і Лісостепу. Для підвищення врожайності фундука потрібно використовувати добрива різних видів.

В основі органічного низьковуглецевого землеробства лежить використання органічних добрив, оскільки їхнє застосування позитивно позначається на показниках структурно-агрегатного стану ґрунту.

Останніми кількома десятиліттями на території держави спостерігається тенденція до активного зниження родючості ґрунтів, а в окремих агроценозах вона сягнула критичного рівня. Причинами цього є інтенсифікація землеробства та неправильне та/або недостатнє внесення добрив, що поступово призводить до зниження родючості ґрунтів [2, 3]. Нині біологічний стан багатьох ґрунтів країни слід визнати як деградаційний [4, 5].

Заходи з відтворення ґрунтової родючості насамперед мають враховувати оптимізацію мікробіологічних процесів деструкції-синтезу гумусових речовин. Водночас слід враховувати, що біологічна рекультивация ґрунтів є процесом матеріальним і потребує передусім забезпечення їх достатньою кількістю органічної речовини (ОР) [6]. Шляхи надходження ОР відомі — внесення гною, застосування побічної продукції рослинництва, вирощування сидеральних культур, дотримання науково обґрунтованих сівозмін, вирощування трав та ін. [7, 8].

Оскільки всі біохімічні процеси в ґрунтах залежать від інтенсивності розвитку та

функціональної активності мікроорганізмів, які лімітує доступна ОР, питання забезпечення ґрунтів ОР є одним із найважливіших у землеробстві. З біологічного погляду ОР є основним джерелом енергії для ґрунтових мікроорганізмів і, отже, для всієї живильної мережі ґрунту, а також джерелом основних поживних речовин, зокрема азоту, фосфору та сірки, для рослин [9, 10].

Щодо якості ґрунту, то ОР (гній, високоякісний компост) відіграє незамінну роль у процесі гуміфікації, під час утворення стабільних фракцій гумусу та в управлінні внесенням добрив [11, 12]. Отже, для підтримки родючості ґрунту та продуктивності сільськогосподарських культур потрібно постійно вносити збалансовані добрива [13].

Звичайно, основним органічним добривом є гній великої рогатої худоби (ВРХ), але через відсутність розвиненої галузі тваринництва неможливо забезпечити землеробство потрібними обсягами традиційних органічних добрив [14, 15].

Поряд із застосуванням гною великий інтерес становить використання нетрадиційного органічного добрива — осадів стічних вод (ОСВ) міських очисних споруд [16–21]. За застосування добрив на основі ОСВ ґрунт збагачується мікроорганізмами, яким належить вирішальна роль у формуванні родючості ґрунту, та сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур.

Так, в Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН для отримання ефективних біоорганічних добрив на основі ОСВ станцій біологічної очистки (СБО) «Південна» та «Північна» м. Одеса відпрацьовано оптимізовану технологію їх компостування із рослинними наповнювачами (соломою пшениці озимої, лушпинням насіння соняшнику) з включенням у технологічний процес нового елемента — інтродукції штаму *Microbacterium barkeri* ЛП-1 (*M. barkeri*) [22].

Водночас ще не вивченим залишається питання ефективності застосування біодобрив на основі ОСВ за вирощування

фундукових насаджень в умовах Південного Степу України. Можна сподіватися, що внесення біодобрив на основі ОСВ забезпечить, з одного боку, розкриття потенціалу продуктивності вирощуваної культури, а з другого — сприятиме поліпшенню агрохімічного й екологічного станів ґрунту та охорони навколишнього природного середовища.

Мета досліджень — оцінити вплив органічних добрив різного походження на чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп у ґрунті за вирощування фундука в умовах Південного Степу України.

Матеріали та методи досліджень. Польові дослідження проведено в умовах Південного Степу України. Місце проведення досліджень: Цебриківський науково-дослідний біосектор Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН (сmt Цебрикове Роздільнянського р-ну Одеської обл.). Проведення польових дослідів здійснювали за Б.О. Доспеховим [23].

Перед закладанням польового дослідів виготовлено 2 види біодобрив: 1. Біодобриво № 1 (ОСВ СБО «Південна» + солома пшениці озимої (1:1) + *M. barkeri*); 2. Біодобриво № 2 (ОСВ СБО «Південна» + лушпиння насіння соняшнику (1:1) + *M. barkeri*).

Польові дослідження ефективності застосування біодобрив на основі ОСВ за вирощування фундука на чорноземних ґрунтах в умовах Південного Степу України проводили за такою схемою:

1) Контроль — без добрив. 2) Органічне добриво (ґній ВРХ). 3) Органічне добриво (курячий послід (КП)). 4) ОСВ СБО «Південна». 5) Біодобриво № 1. 6) Біодобриво № 2.

У 2021–2022 рр. зразки ґрунту досліджували у відділі промислової мікробіології Інженерно-технологічного інституту «Біотехніка» НААН за загальноприйнятими в мікробіології методами [24–28]. Застосовували метод посіву розведених суспензій ґрунту на селективні поживні середовища. Досліджували: чисельність бактерій, що засвоюють мінеральні сполуки азоту, і стрептоміцети — на крохмало-аміачному агарі (КАА) [26], чисельність бактерій, що засвоюють органічні сполуки азоту, — на м'ясо-пептонному агарі (МПА) [26].

Визначення чисельності спорових форм мікроорганізмів проводили на МПА + сусло-агар (СА) [26], фосфатмобілізувальних бактерій — на середовищі Муромцева [25, 28], азотофіксаторів — на середовищі Ешбі [26, 27], оліготрофів — на голодному агарі (ГА) [26].

Для визначення специфіки функціональної спрямованості мікробіоти в ґрунті за застосування органічних добрив різного походження встановлено параметри коефіцієнтів мінералізації–імобілізації азоту в субстратах (співвідношення кількості мікроорганізмів, які споживають мінеральний азот, і кількості мікроорганізмів, що утилізують органічний азот [24], та індексу оліготрофності (співвідношення кількості оліготрофів і кількості амоніфікаторів та нітрифікаторів) [24].

Результати досліджень. Кількість мікроорганізмів, які використовують органічні сполуки азоту, була високою у всіх варіантах дослідів, що свідчить про активізацію мікробіоти у чорноземі звичайному за наявності в ньому поживного субстрату у вигляді додаткової ОР.

Так, чисельність цієї групи мікроорганізмів домінувала у варіантах дослідів за застосування курячого посліду ($12,3 \pm 3,5$ млн КУО/г), ґною ВРХ ($10,6 \pm 2,9$ млн КУО/г) та біодобрива № 1 ($9,2 \pm 4,1$ млн КУО/г). Варіанти дослідів з використанням ОСВ та біодобрива № 2 характеризувалися не набагато меншими показниками амоніфікаторів ($8,1 \pm 2,7$ і $8,7 \pm 3,9$ млн КУО/г відповідно) (табл. 1).

Чисельність мікроорганізмів, здатних асимілювати мінеральний азот, була незначною у всіх варіантах дослідів. Найбільшу чисельність визначено у варіанті при застосуванні ґною ВРХ та біодобрива № 1 (див. табл. 1).

До мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, належать також стрептоміцети — важлива частина ґрунтових мікробоценозів.

Вони беруть участь у розкладі рослинних і тваринних решток у ґрунті, в утворенні гумусу, його мінералізації. Як свідчать одержані результати, найбільша чисельність стрептоміцетів є у варіанті за застосування біодобрив на основі ОСВ — № 1 та 2 (табл. 2).

1. Чисельність мікроорганізмів, які засвоюють різні форми азоту в ґрунті фундукових насаджень

Варіант досліджу	Чисельність мікроорганізмів, які засвоюють сполуки азоту, млн КУО/г сухого ґрунту		Коефіцієнт мінералізації – іммобілізації
	органічні	мінеральні	
Без добрив (контроль)	5,2 ± 2,8	0,26 ± 2,6	0,05
Гній ВРХ	10,6 ± 2,9	0,65 ± 2,3	0,06
Курячий послід	12,3 ± 3,5	0,28 ± 3,9	0,02
ОСВ	8,1 ± 2,7	0,29 ± 4,3	0,03
Біодобриво № 1	9,2 ± 4,1	0,63 ± 3,2	0,07
Біодобриво № 2	8,7 ± 3,9	0,60 ± 3,2	0,06

2. Чисельність стрептоміцетів і споривих мікроорганізмів у ґрунті фундукових насаджень

Варіант досліджу	Стрептоміцети, млн КУО/г сухого ґрунту	Спорові, млн КУО/г сухого ґрунту
Без добрив (контроль)	0,28 ± 2,1	4,8 ± 5,0
Гній ВРХ	0,35 ± 4,0	6,9 ± 5,4
Курячий послід	0,39 ± 2,8	5,1 ± 3,8
ОСВ	0,51 ± 3,2	6,1 ± 4,2
Біодобриво № 1	0,63 ± 3,6	6,2 ± 3,9
Біодобриво № 2	0,92 ± 2,9	6,8 ± 4,7

Отже, за результатами досліджень щодо чисельності вказаної групи мікроорганізмів можна дійти висновку, що удобрення ґрунту біодобривами на основі ОСВ м. Одеса сприятиме активнішому проходженню процесів гумусоутворення в орному шарі, ніж за внесення традиційних органічних добрив.

Чисельність спороутворювальних мікроорганізмів, які беруть участь у трансформації ОР ґрунту, була високою у всіх варіантах досліджу, але найвищі показники чисельності цієї групи мікроорганізмів виявлено у варіантах із застосуванням традиційного органічного добрива (гній ВРХ) та біодобрива № 2 (6,9 ± 5,4 та 6,8 ± 4,7 млн КУО/г відповідно). Дослідження чисельності споривих підтвердили припущення, що всі досліджувані види органічних добрив позитивно впливають на розвиток спороутворювальних мікроорганізмів, оскільки у складі добрив є потрібні вуглецеві субстрати та зв'язані сполуки азоту.

Під час аналізу показників загальної чисельності фосфатмобілізуювальних мікроорганізмів (бактерій, які розчиняють

органофосфати і мінералофосфати) у ґрунті за застосування органічних добрив різного походження встановлено, що найбільша чисельність мікробіоти цієї еколого-трофічної групи була при застосуванні гною ВРХ (1,29 ± 11,2 млн КУО/г) (табл. 3). Достатньо високу чисельність фосфатмобілізаторів встановлено при застосуванні біодобрив № 1 (0,96 ± 8,2 млн КУО/г) та № 2 (0,90 ± 8,5 млн КУО/г).

Під час визначення чисельності азотофіксуювальних бактерій встановлено, що найбільша їхня кількість є при застосуванні гною ВРХ та біодобрива № 1.

Кількісний склад мікроорганізмів оліготрофної групи, які функціонують в умовах незначного вмісту доступних вуглецевих сполук у ґрунтового розчині, був невеликим, що свідчить про достатню кількість поживних речовин у ґрунтового розчині при застосуванні органічних добрив (табл. 4).

На основі отриманих даних за допомогою коефіцієнтів мінералізації — іммобілізації, а також індексу оліготрофності (ІО) було визначено функціональну спрямованість

3. Чисельність фосфатмобілізувальних бактерій, які розчиняють мінерало- та органіко-фосфати в ґрунті фундукових насаджень

Варіант досліджу	Чисельність фосфатмобілізаторів, 10 ⁵ млн КУО/г сухого ґрунту		
	загальна	тих, що гідролізують органікофосфати	тих, що розчиняють мінералофосфати
Без добрив (контроль)	0,24 ± 7,8	0,11 ± 4,5	0,13 ± 3,3
Гній ВРХ	1,29 ± 11,2	0,93 ± 5,6	0,36 ± 5,6
Курячий послід	0,77 ± 8,1	0,61 ± 3,9	0,16 ± 4,2
ОСВ	0,76 ± 8,2	0,55 ± 5,1	0,21 ± 3,1
Біодобриво № 1	0,96 ± 8,2	0,68 ± 4,4	0,28 ± 3,8
Біодобриво № 2	0,90 ± 8,5	0,67 ± 3,3	0,23 ± 5,2

4. Чисельність оліготрофів та індекс оліготрофності в ґрунті фундукових насаджень

Варіант досліджу	Чисельність оліготрофів, 10 ⁵ млн КУО/г сухого ґрунту	Індекс оліготрофності
Без добрив (контроль)	0,15 ± 0,6	0,03
Гній ВРХ	0,09 ± 0,5	0,008
Курячий послід	0,04 ± 0,9	0,003
ОСВ	0,03 ± 0,7	0,003
Біодобриво № 1	0,09 ± 1,1	0,009
Біодобриво № 2	0,05 ± 1,4	0,005

мікробіологічних процесів у ґрунті фундукових насаджень за застосування органічних добрив різного походження. Параметри коефіцієнта мінералізації – іммобілізації (0,02–0,07) свідчать про переважання процесів синтезу над деструкцією ОР у всіх варіантах досліджу (див. табл. 1). Іммобілізація азоту виникає внаслідок бурхливого розвитку мікроорганізмів, які споживають азот і переводять його в білок цитоплазми. Біологічно закріплений азот не втрачається

з ґрунту. Після відмирання мікроорганізмів білкові речовини мінералізуються і перетворюються в аміак. Стосовно ІО (показника забезпеченості ґрунту легкозасвоюваними поживними речовинами), то цей показник свідчить про високу забезпеченість елементами живлення (ІО=0,003–0,03) (див. табл. 4). Отже, застосування органічних добрив різного походження не порушить функціональну структуру мікробного ценозу ґрунту.

Висновки

В умовах Південного Степу України показано перспективність використання органічних добрив різного походження: традиційних (гній ВРХ, курячий послід) і нетрадиційних (ОСВ, біодобрива на основі ОСВ) та їх вплив на мікробіологічні властивості ґрунту за вирощування фундука. Досліджено динаміку розвитку мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп: амоніфікатори; нітрифікатори;

стрептоміцети; спорові мікроорганізми; мікроорганізми, які гідролізують органічні або мінеральні фосфати; азотофіксатори; оліготрофи.

Показано, що застосування органічних добрив різного походження в орному шарі чорнозему звичайного забезпечує збільшення кількісних характеристик мікроорганізмів агрономічно корисних еколого-трофічних груп. Параметри

коефіцієнта мінералізації–імобілізації (0,02–0,07) свідчать про переважання процесів синтезу над деструкцією ОР у всіх варіантах досліді. ІО (показник забезпеченості ґрунту легкозасвоюваними

поживними речовинами) свідчить про високу забезпеченість елементами живлення (0,003–0,03), що сприяє підвищенню біологічної активності та вмісту поживних речовин у ґрунті.

Nikipelova O¹., Pulyak N².

Engineering and Technological Institute «Biotekhnika» of NAAS; 26 Maiatska doroha Str., Khlivodarske village., Biliav district, Odesa oblast, 67667, Ukraine; e-mail: ¹olena.nikipelova2020@gmail.com, ²nceb2017@gmail.com; ORCID: ¹0000-0003-3167-6970, ²0000-0002-5074-4011

The effect of organic fertilizers of various origins on the microbiological characteristics of the soil for growing hazelnuts

Goal. To evaluate the influence of organic fertilizers of different origins on the number of microorganisms of the main ecological and trophic groups in the soil for the cultivation of hazelnuts in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. **Methods.** Generalization and analysis of materials of scientific research, microbiological, field, statistical. **The results.** In the soil of hazelnut plantations, the dynamics of the development of microorganisms of various eco-trophic groups were studied: ammonifiers, nitrifiers, streptomycetes, spore microorganisms, microorganisms that dissolve organic phosphates, microorganisms that dissolve mineral phosphates,

nitrogen fixers, oligotrophs. **Conclusions.** An increase in the number of microorganisms of the main ecological and trophic groups (ammonifiers, nitrifiers, streptomycetes, spore microorganisms, microorganisms that dissolve organic phosphates, microorganisms that dissolve mineral phosphates, nitrogen fixers, oligotrophs) was established due to the introduction of cattle manure and biofertilizers No. 1 and No 2. The parameters of the mineralization–immobilization coefficient (0.02–0.07) indicate the predominance of the processes of synthesis over the destruction of organic matter in all variants of the experiment. The oligotrophic index (indicator of soil availability with easily digestible nutrients) indicates a high availability of nutrients (0.003–0.03). This shows that the use of organic fertilizers of various origins will not disrupt the functional structure of the soil microbial coenosis.

Key words: sewage sludge, carbon-containing plant fillers, phosphate-mobilizing microorganisms, dynamics of the development of microorganisms, processes of humus formation, nut plantations.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202212-01>

Бібліографія

1. Балабак О.А. Створення та добір сортименту фундука (*Corylus domestica* Kosenko et Oralko) для промислових насаджень в Україні. Гетерозис: досягнення та проблеми: тези доп. міжнар. наук. конф., присвяч. 110-річчю від дня народження видатного генетика Ю.П. Мірюти (18–20 березня 2015 р.). Умань: ВПЦ «Візаві», 2015. С. 10.
2. Голобородько С.П., Грановська Л.М. Природне середовище Південного Степу: ефективність використання. *Аероперспектива*. 2013. № 8. С. 76–81.
3. Буяновський А.О., Тортик М.Й. Проблеми використання ґрунтових ресурсів Одещини в сучасних умовах змін клімату. Аграрна наука: стан та перспективи розвитку: зб. тез І наук.-практ. конф. (наукове електронне видання). 26 березня 2021 р. Одеса: ОДАУ, 2021. С. 9–11.
4. Балюк С.А., Медведєв В.В., Мірошніченко М.М. та ін. Екологічний стан ґрунтів України. *Укр. геогр. журн.* 2012. № 2. С. 38–42.
5. Вожегова Р.А., Грановська Л.М. Чинники деградації та напрями відтворення родючості ґрунтів Південного Степу України. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 1. С. 75–82.
6. Singh T.B., Ali A., Prasad M. et al. Role of Organic Fertilizers in Improving Soil Fertility. *Contaminants in Agriculture*. 26 April 2020. P. 61–77. doi: 10.1007/978-3-030-41552-5_3
7. Brempong M.B., Addo-Danso A. Improving Soil Fertility with Organic Fertilizers. *New Generation of Organic Fertilizers*. ed. by M. Turan and E. Yidirim. May 24 th, 2022. doi: 10.5772/intechopen.103944
8. Мельник В.І., Романащенко О.А., Циганенко М.О. та ін. Використання органічних добрив: економічно-екологічні аспекти. *Інженерія природокористування*. 2020. № 3(17). С. 29–34. doi: 10.37700/enm.2020.3(17)
9. Mensik L., Hlisnikovsky L., Kunzova E. The State of the Soil Organic Matter Nutrients in the Long-Term Field Experiments with Application of Organic and Mineral Fertilizers in Different Soil-Klimatic Conditions in the View of Expecting Climate Change. In M. Larramendi and S. Soloneski (Eds). *Organic Fertilizers [Working Title]*. June 2019. doi: 10.5772/intechopen.86716
10. Wang H., Xu J., Liu X. et al. Effects of long-term application of organic fertilizer on improving

organic matter content and retarding acidity in red soil from China. *Soil and Tillage Research*. 2019. V. 195. P. 2–9. doi: 10.1016/j.still.2019.104382

11. Kubat J., Lipavsky J. Evaluation of organic matter content in arable soils in the Czech Republic. In: Behl R.K., Merbach W., Meliczer H., Kfetsch C., editors. *Crop Science and Land Use for Food and Bioenergy*. Jodhpur, India: Agrobios (International). 2010. V. 15. P. 245–251.

12. Yang R., Su Y.Z., Wang T., Yang Q. Effect of chemical and organic fertilization on soil carbon and nitrogen accumulation in a newly cultivated farmland. *J. of Integrative Agriculture*. 2016. V. 15. P. 658–666.

13. Verma G., Sharma R.P., Sharma S.P. et al. Changes in soil fertility status of maize-wheat system due to long-term use of chemical fertilizers and amendments in an alfisol. *Plant, Soil and Environment*. 2012. V. 58. P. 529–533.

14. Дегодюк С.Е., Дегодюк Е.Г., Проненко М.М. та ін. Ефективність застосування відновлюваних місцевих ресурсів за органічного землеробства: наук.-метод. рекомендації. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». 2020. 48 с.

15. Юркевич Є.О., Щетнікова Л.А. Біологічна активність ґрунту під пшеницею озимую у різних ланках короткоротаційних сівозмін в умовах Придунайського степу України. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. Вип. 92. С. 11–18.

16. Skrylnyk Ye.V., Maksymenko N.V., Ryzhko Ya.S. et al. Agroenvironmental rationale of sewage sludge processing and application. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2020. Вип. 33. С. 133–144. doi: 10.26565/1992-4224-2020-33-12

17. Калетнік Г.М., Гончарук Т.В. Перспективи використання стічних каналізаційних вод м. Вінниці для підживлення польових культур: вітчизняний та зарубіжний досвід. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 3. С. 42–47.

18. Рудницький Є.М. Дослідження доцільності використання осадів стічних вод в якості органо-мінеральних добрив в умовах України. *Вісник Харк. нац. техн. ун-ту сільськ. госп-ва ім. Петра Василенка. Серія: Техн. науки*. 2013. Вип. 135. С. 78–86.

19. Гетманенко В.А., Скрильчик Є.В. Науково-організаційні та нормативно-правові аспекти утилізації осадів комунальних стічних вод (на прикладі Європейського досвіду). *Вісник аграрної науки*. 2017. № 2. С. 43–49. doi: 10.31073/agrovisnyk201702-08

20. Шквірко О.М., Тимчук І.С., Мальований М.С. Адаптація світового досвіду утилізації осадів стічних вод до екологічних умов України. *Наук. вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29. № 2. С. 82–87.

21. Lamastra L., Susiu N.A., Tresian M. Sewage sludge for sustainable agriculture; contaminants' contents and potential use as fertilizer. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2018. № 5(1). P. 1–6. doi: 10.1186/s40538-018-0122-3

22. Krutyakova V., Pyliak N., Nikipelova O. et al. Investigation of technology for obtaining biofertilisers based on sewage sludge. *Engineering for rural development*, Jelgava, 26–28.05. 2021. P.1080–1087. doi: 10.22616/ERDev.2021.20.TF234

23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Колос, 1979. 416 с.

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

25. *Методические указания по выделению микроорганизмов, растворяющих труднодоступные минеральные и органические соединения фосфора*. ВНИИСХМ. Ленинград, 1981. 20 с.

26. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. Москва: Колос, 1979. 215 с.

27. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии: учебное пособие [для вузов]. 6-е изд., стереотип. Москва: Дрофа, 2005. 256 с.

28. Волкогон В.В., Надкринична О.В., Томакова Л.М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія; за наук. ред. В.В. Волкогона. Інститут сільськогосподарської мікробіології. Чернігів, 2010. С. 308–382.