

ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕЛЯСНИХ ВІДХОДІВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ (*SOLANUM TUBEROSUM*) ЯК НОВОГО ПЕРСПЕКТИВНОГО ОРГАНІЧНОГО ДОБРИВА

А.М. Бортнік¹, Т.П. Бортнік², В.А. Гаврилюк²

¹ Волинська філія ДУ «Держгрунтохорона» (м. Луцьк, Україна)
e-mail: bam.bortnik@gmail.com; ORCID: 0000-0003-4292-0481

² Поліська дослідна станція ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» (м. Луцьк, Україна)
e-mail: didkovtana@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8159-2479
e-mail: gavrilyuk-v@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3923-0842

Встановлено, що відходи спиртово-цукрової промисловості (мелясне інноваційне добриво) містять комплекс поживних елементів, що свідчить про доцільність їх використання в якості добрив за вирощування сільськогосподарських культур. Такий напрям використання даних видів відходів дасть можливість вирішити проблему щодо їх утилізації, оскільки вони накопичуються у значних об'ємах на прилеглих до заводів територіях, у ставках накопичувачах. Одночасно частково буде з'ясовано питання щодо зменшення виснаження ґрунтів на основні поживні елементи внаслідок дефіциту традиційних органічних та високої вартості мінеральних добрив. За результатами проведених польових досліджень доведена ефективність використання відходів у системах удобрення картоплі на дерново-слабопідзолистому зв'язано-піщаному ґрунті з метою отримання стабільно високих врожайів. Зокрема встановлено, що внесення цього виду відходів у нормі 10 т/га забезпечує формування бульб масою 92,7 г та діаметром 66 мм, а за збільшення норми удвічі — 109,3 г і 74 мм відповідно. Ці біометричні показники забезпечили отримання врожайів картоплі на рівні 19,7 т/га за використання відходів у нормі 10 т/га і 26,6 т/га — у нормі 20 т/га. Зафіксовано позитивний вплив побічного продукту спиртово-цукрової промисловості на якісні показники бульб картоплі, зокрема вміст крохмалю був на рівні 16,6-16,7%. Виявлено позитивний вплив мелясного інноваційного добрива на агрохімічні показники ґрунту, що відповідно проявляється у підвищенні вмісту поживних елементів, в орному шарі ґрунту (0–20 см): нітратні форми азоту (N–NO₃) на 2,0–7,2 мг/кг, амонійні форми азоту (N–NH₄) — 0,4–1,1 мг/кг, рухомі форм фосфору (P₂O₅) — 5,4–8,4 мг/кг та рухомі форм калію (K₂O) — 26,6–40,6 мг/кг. Відмічено можливість використання відходів сумісно із мінеральними добривами, що збалансовує систему удобрення та забезпечує додаткове зростання врожаю бульб картоплі.

Ключові слова: нетрадиційне добриво, біометричні показники, врожай, агрохімічні показники.

ВСТУП

Аналіз розвитку виробництв і динаміки споживання сировини й утворення відходів в Україні дає змогу зробити узагальнювальний висновок: подальший розвиток виробництв, а також суспільства загалом не може здійснюватися на базі історично сформованих традиційних екстенсивних технологічних процесів без урахування екологічних обмежень і вимагає принципово нового підходу. Цей підхід отримав назву «безвідходна технологія». Його основою є раціональне, найбільш повне вико-

ристання природних ресурсів, прагнення до максимально можливої циклічності матеріальних потоків.

Останнім часом дедалі частіше розглядається можливість використання в якості органічних добрив відходів підприємств, що переробляють сільськогосподарську продукцію (буяковий жом, післяспиртова барда, молочна сироватка). Ці відходи, як правило, містять органічну речовину та біогенні елементи. Щодо барди, то у процесі виробництва, у цей вид побічного продукту переходить значна кількість поживних речовин, що містяться у вихідній

сировині. Це дає змогу отримувати цінні відходи, які доцільно залучати в агропромисловий сектор шляхом застосування у вигляді добрив.

У зв'язку з вище зазначеним, метою наших досліджень було вивчити ефективність використання відходів виробництва біоетанолу у якості органічного добрива за вирощування сільськогосподарських культур, зокрема картоплі (*Solanum tuberosum*).

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У сучасному землеробстві провідна роль відведена ресурсощадним технологіям вирощування сільськогосподарських культур [1–4]. Враховуючи високу вартість мінеральних добрив і відсутність достатньої кількості гною, через різке скорочення поголів'я худоби, необхідно вишукувати місцеві ресурси органічних добрив [5].

Одним із таких дешевих джерел можуть слугувати відходи спиртового виробництва — післяспиртова барда, в якій вміст загального азоту перевершує в 5–7 разів порівняно з підстилковим та в 25–30 разів — безпідстилковим гноем, що вказує на її поживну цінність [6; 7].

За різними літературними даними, вміст сухих речовин у барді з різної вихідної сировини становить близько 10%. У розрахунку на суху речовину у ній містяться: білок — 13,9–37,25%, жир — 3,7–10,7, клітковина — 6,2–11,25, речовини та мікроелементи: кальцій — 0,13–0,24, фосфор — 0,29–0,69%, амінокислоти: лізин, метіонін, цистин, триптофан, безазотисті екстрактивні речовини (БЕР), а також вітаміни А, D, E, вітаміни групи В, фолієва кислота (Вс), біотин (Н), каротиноїди. Із макроелементів — кальцій, фосфор, азот і мікроелементи: залізо, цинк, марганець, мідь [8–14].

Ці наведені факти є підставою для використання відходів спиртової промисловості в якості добрива, про що свідчать публікації багатьох дослідників [6; 12; 13; 15–17]. Однак слід пам'ятати, що ефективність застосування барди залежить від ба-

гатьох чинників: вихідної характеристики барди, культури, під яку вносять добриво, і ґрунту, на якому вона вирощується [8; 10; 11; 18].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження закономірностей впливу мелясного інноваційного добрива (МІД) на формування показників урожаю бульб картоплі та агрохімічних показників дерново-слабопідзолистого зв'язано-піщаного ґрунту здійснювались шляхом закладення польового досліду на землях сільськогосподарського призначення Колківського ВПУ, смт Колки (Луцький р-н, Волинська обл.).

Схема досліду передбачала такі варіанти:

1. Контроль (без добрив).
2. МІД (10 т/га).
3. МІД (20 т/га).
4. $N_{90}P_{70}K_{170}$ (еквівалентно 10 т/га МІД).
5. МІД (10 т/га + $N_{30}P_{20}$ (вирівняно за інтенсивною технологією).

Ґрунт дослідної ділянки — дерново-слабопідзолистий зв'язано-піщаний. Культура вирощування — картопля (*Solanum tuberosum*) сорту Беллароза. У 2000 р. цей сорт картоплі внесено до Державного реєстру рослин. Сорт Беллароза відмінно підходить для вирощування на різних ґрунтах у всіх кліматичних зонах України, що відповідно значно розширює практичне застосування результатів досліджень.

Закладення дослідів проведено за загальноприйнятою методикою. Повторність дослідів триразова, розміщення ділянок послідовне. Площа посівних ділянок становила 30 м², облікових — 10 м². Технологія вирощування — загальноприйнята для зони Полісся, крім чинників, що вивчались.

Досліджуване добриво (мелясне інноваційне добриво) — це відходи (побічний продукт), які утворюються в процесі виробництва біоетанолу. За результатами проведених досліджень, вміст азоту, фосфору та калію у досліджуваному добриві

сягає в середньому 9:7:17 кг/т (у 10 т – 90:70:170), а за співвідношенням по азоту – 1:0,8:2. Добрива вносили у передпосівне удобрення в нормі 10 т/га та 20 т/га. Їх ефективність порівнювалась з мінеральними туками внесеними у аналогічній нормі (10 т/га).

Відбір зразків ґрунту здійснювали до закладення польових дослідів (ґрунт – з шарів 0–20 см та 21–40 см) згідно до ДСТУ ISO 11464 та після збору врожаю (рослини та ґрунт). У ґрунті визначали: вміст гумусу – згідно з ДСТУ 4289; реакцію ґрунтового розчину – pH_{KCl} за ДСТУ ISO 10390; вміст амонійного та нітратного азоту за ДСТУ 4729; вміст рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ «ІА імені О.Н. Соколовського» за ДСТУ 4405, у рослинницькій продукції – вміст крохмалю за поляриметричним методом згідно з ДСТУ 4993.

Облік урожаю здійснювали згідно з загальноприйнятими методиками у польових дослідженнях. Математичну обробку результатів досліджень розраховували методом дисперсійного аналізу за Б.О. Доспеховим, із використанням комп'ютерної програми Alfa.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В Україні врожайність бульб *Solanum tuberosum* впродовж 2019–2021 рр. знаходилась у межах 15,5–16,6 т/га, а у Волинській обл. – 14,9–15,2 т/га. Зокрема, в 2019 р. цей показник у середньому по області становив 15,2 т/га, а у 2021 р. – зменшився

на 0,3 т/га [19; 20]. Однією із причин такої низької врожайності можна назвати недотримання технологій вирощування цієї культури, яка повинна реалізовувати потенційні можливості високопродуктивних сортів та якісного посадкового матеріалу.

З-поміж чинників, які визначають приріст урожаю бульб картоплі в оптимальних умовах агротехніки, близько 50% припадає на добрива. Відомо, що вони сприяють кращому росту рослин картоплі. До того ж, спостерігається швидке нагромадження продуктивної маси листків за рахунок швидкого наростання картоплиння, що, своєю чергою, забезпечує оптимальні умови для фотосинтезу. Внаслідок інтенсифікується процес накопичення органічної речовини та збільшення урожайності.

Важливими показниками, що свідчать про ефективність агрозаходів та їх вплив на врожай картоплі є маса та діаметр бульб. Згідно з даними, що наведені у *табл. 1*, застосування МІД забезпечило формування бульб масою 92,7–109,3 г та діаметром – 66,0–74,0 мм. Необхідно відмітити, що за внесення досліджуваного добрива спостерігалась тенденція до збільшення норми внесення добрива, що сприяло зростанню показників. У контрольному варіанті були сформовані бульби із середньою масою 87,6 г та діаметром 63 мм.

Позитивний вплив на біометричні показники врожаю бульб картоплі мало застосування мінеральних добрив. У варіантах, де їх вносили, показник маси рослин коливався у межах 98,0–98,2 г, а діаметр –

Таблиця 1. Вплив м'ясяного інноваційного добрива (МІД) на кількісні та якісні показники бульб картоплі сорту Беллароза

| Варіант | Маса*, г | Діаметр*, мм |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------|
| Контроль (без добрив) | 87,6 | 63,0 |
| МІД** (10 т/га) | 92,7 | 66,0 |
| МІД (20 т/га) | 109,3 | 74,0 |
| N ₉₀ P ₇₀ K ₁₇₀ (еквівалентно 10 т/га МІД) | 98,0 | 68,0 |
| МІД (10 т/га + N ₃₀ P ₂₀) (вирівняно за інтенсивною технологією) | 98,2 | 68,4 |
| НІР ₀₅ | 2,1 | 1,0 |

Примітка: * – середнє значення однієї одиниці (бульб); ** – м'ясяне інноваційне добриво.

68,0–68,4 мм. Загалом, хоч у цих варіантах і відмічено зростання даних показників відносно контролю та аналогічної норми досліджуваного добрива, однак вони поступались варіанту за внесення МІД у нормі 20 т/га.

Позитивна тенденція щодо біометричних параметрів відповідно простежувалась і на урожайних показниках. Отримані результати досліджень свідчать про позитивний вплив добрива на формування врожаю бульб картоплі сорту Беллароза (табл. 2).

У варіанті, де добрива не вносили (контроль) врожай бульб картоплі становив 13,7 т/га. За внесення МІД спостерігалась позитивна динаміка — у всіх варіантах відмічено зростання врожаю. Так, за внесення добрива у нормі 10 т/га, показник врожаю бульб картоплі був на рівні 19,7 т/га, тобто приріст до контролю сягав 6,0 т/га (43,8%). Збільшення норми внесення досліджуваного удобрювального засобу до 20 т/га забезпечило підвищення врожаю до 26,6 т/га, що було вище попереднього варіанта (10 т/га) на 6,9 т/га (35%) та приріст до контролю становив 12,9 т/га (94,2%). Слід зазначити, що у цьому варіанті зафіксовано найвищу ефективність добрива.

У варіанті, де застосовували мінеральні добрива, в еквівалентній кількості до 10 т/га добрива врожай бульб картоплі був на рівні 24,6 т/га. Це свідчить про дещо вищу ефективність мінеральних добрив порівняно із варіантом, де вносили досліджуваний засіб у аналогічній нормі.

Відносно варіанта, де вносили мінеральні добрива з метою компенсації елементів живлення за інтенсивної технології удобрення картоплі, то врожай бульб був на рівні 23,8 т/га, відповідно приріст до контролю становив 10,1 т/га, або 73,7%. Слід зазначити, що врожай на цьому варіанті був дещо вищий, ніж за внесення 10 т/га МІД, але поступався варіанту, де досліджуване добриво вносили у нормі 20 т/га.

За вирощування *Solanum tuberosum* важливо одержати не тільки високий врожай, а й продукцію належної якості, оскільки вона — передусім харчова культура. Якість бульб картоплі оцінюють за вмістом крохмалю, в якому (близько 30%) фосфорної кислоти. У бульбоплодах він міститься у вигляді зерен різної величини, розподілених нерівномірно: найменше їх у серцевині, найбільше — у периферійних частинах. Як правило, крохмалистість безпосередньо залежить від суми опадів у період утворення бульб. За їх нестачі вміст крохмалю вищий, за достатнього зволоження — нижчий.

Результати проведених досліджень свідчать, що удобрення картоплі добривом по-різному впливало на рівень крохмалю у бульбах. Так, у варіантах, де використовували лише досліджуване добриво МІД уміст крохмалю у бульбах картоплі коливався в межах 16,6–16,7%, що свідчить про зростання цього показника відносно контролю, де він відповідно становив 16,5%.

За використання мінеральних добрив у системах удобрення відмічено зниження вмісту крохмалю, порівняно із варіантами,

Таблиця 2. Вплив мелясного інноваційного добрива (МІД) на врожай бульб картоплі сорту Беллароза

| Варіанти досліджу | Врожай, т/га | Приріст до контролю | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|------|
| | | т/га | % |
| Контроль (без добрив) | 13,7 | — | — |
| МІД* (10 т/га) | 19,7 | 6,0 | 43,8 |
| МІД (20 т/га) | 26,6 | 12,9 | 94,2 |
| N ₉₀ P ₇₀ K ₁₇₀ (еквівалентно 10 т/га МІД) | 24,6 | 10,9 | 79,6 |
| МІД (10 т/га + N ₃₀ P ₂₀) (вирівняно за інтенсивною технологією) | 23,8 | 10,1 | 73,7 |
| НІР ₀₅ | 0,7 | | |

Примітка: * — мелясне інноваційне добриво.

де вносили добриво МІД на 0,1, тобто цей показник був на рівні 16,4%.

Важливим аспектом за вивчення ефективності використання добрива є дослідження впливу його на показники родючості ґрунту. Адже застосування добрив повинно не лише підвищувати врожайність сільськогосподарських культур, але і забезпечувати збереження та відновлення родючості ґрунту.

Вивчення цього питання є особливо актуальним на ґрунтах, які характеризуються легким гранулометричним складом та відповідно — низьким рівнем родючості. До таких типів належить дерново-слабопідзолистий ґрунт, на якому і проводились дослідження за вирощування картоплі.

Результати лабораторного аналізу агрохімічних показників підтверджують позитивний вплив МІД на родючість дерново-слабопідзолистого зв'язано-піщаного ґрунту (табл. 3). Дані щодо вмісту рухомих форм азоту в орному шарі ґрунту (0–20 см) свідчать, що застосування 10 т/га досліджуваного добрива забезпечило зростання вмісту нітратного азоту (N–NO₃) на 2,0 мг/кг порівняно з контролем.

Збільшення норми внесення добрива до 20 т/га сприяло додатковому зростанню

вмісту азоту. Показник вмісту нітратного азоту (N–NO₃) був на рівні 20,9 мг/кг та аміачного (N–NH₄) — 17,1 мг/кг, тобто приріст відносно варіанта за внесення 10 т/га сягав — 5,2 мг/кг та 1,1 мг/кг. Позитивний вплив було зафіксовано і у варіантах за використання мінеральних добрив, де вміст нітратного азоту (N–NO₃) коливався у межах 15,7–16,6 мг/кг, а вміст аміачного азоту (N–NH₄) — 16,3–16,8 мг/кг.

Відносно вмісту рухомих форм фосфору, у шарі ґрунту 0–20 см, то застосування МІД забезпечило зростання цього показника: за внесення у нормі 10 т/га на 5,4 мг/кг, а у нормі 20 т/га — 8,4 мг/кг, порівняно з контролем. У варіанті, де не вносили добрив (контроль), вміст рухомих форм фосфору (P₂O₅) був на рівні 74,3 мг/кг ґрунту.

За внесення мінеральних добрив у нормі, що еквівалентно 10 т/га досліджуваного добрива, вміст P₂O₅ у орному шарі ґрунту був на рівні 80,5 мг/кг, що відповідно забезпечило приріст порівняно з контролем на 6,2 мг/кг.

У варіанті, де вносили 10 т/га МІД із додаванням азотно-фосфорних мінеральних добрив показник вмісту рухомих форм

Таблиця 3. Вплив застосування добрива ВСП* на агрохімічні показники дерново-слабопідзолистого зв'язано-піщаного ґрунту

| Варіант | Шар ґрунту, см | рН _{KCl} | Гумус, % | Вміст елементів живлення, мг/кг | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|----------|---------------------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|
| | | | | N–NO ₃ | N–NH ₄ | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Контроль (без добрив) | 0–20 | 6,25 | 1,62 | 13,7 | 16,0 | 74,3 | 55,7 |
| | 21–40 | 6,24 | 1,58 | 10,4 | 11,3 | 71,0 | 48,0 |
| МІД** (10 т/га) | 0–20 | 6,21 | 1,63 | 15,7 | 16,0 | 79,7 | 82,3 |
| | 21–40 | 6,19 | 1,60 | 15,5 | 11,4 | 77,3 | 79,3 |
| МІД (10 т/га) | 0–20 | 6,17 | 1,65 | 20,9 | 17,1 | 82,7 | 96,3 |
| | 21–40 | 6,18 | 1,62 | 20,6 | 17,1 | 80,0 | 85,7 |
| N ₉₀ P ₇₀ K ₁₇₀ (еквівалентно 10 т/га МІД) | 0–20 | 6,23 | 1,61 | 15,7 | 16,3 | 80,5 | 81,5 |
| | 21–40 | 6,20 | 1,58 | 15,3 | 12,8 | 78,0 | 80,2 |
| МІД (10 т/га + N ₃₀ P ₂₀) (вирівняно за інтенсивною технологією) | 0–20 | 6,19 | 1,62 | 16,6 | 16,8 | 80,3 | 88,7 |
| | 21–40 | 6,20 | 1,59 | 16,3 | 12,6 | 78,7 | 82,0 |
| НІР ₀₅ | | 0,4 | 0,05 | 1,1 | 0,8 | 2,7 | 2,7 |
| | | 0,2 | 0,02 | 0,7 | 0,6 | 2,1 | 2,7 |

Примітка: * — відходи спиртово-цукрової промисловості; ** — мелясне інноваційне добриво.

фосфору був на рівні 80,3 мг/кг, тобто приріст відносно контролю сягав 6,0 мг/кг ґрунту. Щодо вмісту рухомих форм калію, то застосування досліджуваного добрива у нормі 10 т/га забезпечило зростання цього показника, у шарі 0–20 см, на 26,6 мг/кг ґрунту, а у нормі 20 т/га – 40,6 мг/кг, порівняно з контролем, де цей показник був на рівні 55,7 мг/кг ґрунту.

За використання у системах удобрення мінеральних добрив спостерігалось зростання вмісту рухомих форм калію на 25,8–33,0 мг/кг ґрунту, порівняно з контролем.

Результати аналізу щодо впливу МІД на показник рН ґрунтового середовища, свідчать про те, що його внесення не змінювало рН ґрунтового розчину, що є позитивним при багаторазовому застосуванні добрива і позитивним для вирощування агрокультур. У варіантах досліду за використання МІД показник рН коливався в межах 6,17–6,23 од.

Відносно вмісту гумусу, то за внесення добрив, також змін не зафіксовано, тобто у досліджуваних варіантах цей показник у шарі 0–20 см коливався у межах 1,61–1,65%.

Щодо підорного шару ґрунту (21–40 см), то простежувалась аналогічна тенденція як і у верхньому шарі. Слід зазначити, що різниця між варіантами характеризується менш вираженим переходом. Це зумовлено

меншою часткою контактування добрива із цим шаром ґрунту.

Загалом можна стверджувати, що використання мелясного інноваційного добрива негативно не впливає на агрономічно корисні показники ґрунту як рН, вміст основних елементів живлення та гумусу. Тобто внесення МІД не «вбиває» та не шкодить ґрунту.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи вище наведені дані можна стверджувати, що застосування мелясного інноваційного добрива (відходів спирто-цукрової промисловості) за вирощування картоплі (*Solanum tuberosum*) на дерново-слабопідзолистих зв'язано-піщаних ґрунтах є ефективним агрозаходом, що забезпечує, порівняно з контролем, зростання:

- біометричних параметрів: маси бульби на 5,8–24,8%, діаметра бульби – 4,8–17,5%.
- врожайності бульб картоплі на рівні 43,8–94,2%,
- вмісту крохмалю на 0,1–0,2%;
- вмісту у ґрунті поживних елементів: нітратні форми азоту ($N-NO_3$) на 14,6–52,6 мг/кг, амонійні форми азоту ($N-NH_4$) – 1,9–6,9 мг/кг, рухомі форми фосфору (P_2O_5) – 7,3–11,3 мг/кг та калію (K_2O) – 46,3–72,9 мг/кг.

ЛІТЕРАТУРА

1. Амонс С.Е. Енергоощадні технології виробництва продукції рослинництва в умовах трансформації земельних відносин. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2017. № 9. С. 58–73.
2. Колесник Т.М., Гаврилюк В.А., Ковальчук Н.С., Брежницька О.А. Сидеральний пар та післядія систем удобрення як чинники формування врожаю картоплі на дерново-підзолистих ґрунтах. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер.: Сільськогосподарські науки*. 2018. Вип. 1. С. 163–174.
3. Ahmed Farid, M. Monjurul Alam Mondal and Md. Babul Akter. Organic Fertilizers Effect on Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tuber Production in Sandy Loam Soil. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2019. Vol. 29 (3). P. 1–11. DOI: 10.9734/ijpss/2019/v29i330146.
4. Sikder R.K., Rahman M.M., Washim Bari S.M. and Mehradj H. Effect of organic fertilizers on the performance of seed potato. *Tropical Plant Research*. 2016. Vol. 4 (1). P. 104–108. DOI: 10.22271/tp.2017.v4.i1.016
5. Гаврилюк В.А., Бортнік А.М., Августинович М.Б. Ефективність використання осаду стічних вод як добрива на дерново-підзолистих ґрунтах. *Агро-екологічний журнал*. 2018. № 1. С. 65–70.
6. Гловин Н.М. Вплив спиртової барди на агрохімічні властивості ґрунту. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гіжцького*. 2017. № 19 (74). С. 192–195.
7. Єгоров О.В., Жидок Н.П., Грищенко О.М., Шабанова І.І. Вплив добрив на показники родючості дерново-підзолистих ґрунтів та продуктивність коротко ротатійних сівозмін Полісся. *Агро-екологічний журнал*. 2021. № 3. С. 119–126. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240329>.
8. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Ольховська В.О., Зіпунніков М.М. Дослідження та аналіз іннова-

- ційних заходів з технології комплексної утилізації післяспиртової барди. *Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ»*. Сер.: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. 2019. № 15 (1340). С. 66–74.
9. Сухенко Ю.Г., Серьогін О.О., Сухенко В.Ю., Рябоконь Н.В. Ресурсозберігаючі технології в харчових і переробних виробництвах. Київ: ЦП «КОМПРИНТ». 2016. 338 с.
 10. Тимошук О.М., Дударев І.М. Огляд використання відходів переробних виробництв у сільському господарстві. *Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст.* 2020. Вип. 45. С. 103–110. DOI: <https://doi.org/10.36910/acm.vi45.406>
 11. Товажнянський Л.Л., Капустенко П.А., Бухкало С.И., Арсенєва О.П. Аналіз ефективності процесів утилізації спиртової барди. *Одеська національна академія харчових технологій: наукові праці*. 2012. Вип. 41. Т. 2. С. 13–19.
 12. Dotaniya M.L., Datta S.C., Biswas D.R. et al. Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 2016. No 5. P. 185–194. DOI: [10.1007/s40093-016-0132-8](https://doi.org/10.1007/s40093-016-0132-8).
 13. Krishnaveni A., Chinnasamy S., Elumalai J. and Muthaiyan P. Sugar industry wastes as wealth of organic carbon for soil. 2020. *IntechOpen, Rijeka*. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.90661>.
 14. Lopes C.M., Silva A.M.M., Estrada-Bonilla G.A. et al. Improving the fertilizer value of sugarcane wastes through phosphate rock amendment and phosphate-solubilizing bacteria inoculation. *Journal of cleaner production*. 2021. 298. P.126821. DOI: doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126821.
 15. Гурін А.Г., Резвякова С.В. Влияние отходов спиртового производства на биологическую активность почвы при возделывании ячменя. *Сучасні технології вирощування зернових, бобових та технічних культур, присвяченої 140-річчю створення ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»*: Матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Херсон, 2014. С. 108–113. URL: http://www.ksau.kherson.ua/files/conf_2014.pdf.
 16. Зінчук М.І. Вплив мелясної барди на агрохімічні показники чорнозему опідзоленого. *Охорона ґрунтів: наук. зб.* 2018. Спецвипуск. С. 78–80.
 17. Кравченко В.С. Барда як альтернативне органічне добриво для ґрунту. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Сер.: Агрономія*. 2019. Вип. 95. Ч. 1. С. 188–199.
 18. Потапова М.В., Голуб Н.Б. Сучасні методи переробки й утилізації зернової післяспиртової барди. *Innovative biosystems & bioengineering*. 2018. № 2. С. 125–134.
 19. Сільське господарство України за 2019–2021 рр.: статистичні звіти. Київ: Державна служба статистики України, 2019–2021 рр. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
 20. Сільське господарство Волинської області за 2019–2021 рр.: статистичні звіти. Луцьк: Державна служба статистики Волинської області, 2019–2021 рр. URL: <http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua/>

REFERENCES

1. Amons, S.E. (2017). Enerhooshchadni tekhnologii vyrobnytstva produktii roslynyntstva v umovakh transformatsii zemelnykh vidnosyn [Energy-saving technologies for the production of plant products in the conditions of transformation of land relations]. *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktualni pytan-nya nauky i praktyky — Economy. Finances. Management: topical issues of science and practice*, 9, 58–73 [in Ukrainian].
2. Kolesnyk, T.M., Havryliuk, V.A., Kovalchuk, N.S. & Brezhytska, O.A. (2018). Syderalni par ta pislia-diia system udobrennia yak chynnyky formuvannia vrozhaiu kartopli na dernovo-pidzolystrykh gruntakh [Sidereal steam and the aftereffect of fertilization systems as factors of potato yield formation on sod-podzolic soils]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Silskohospodarski nauky — Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management. Agricultural sciences*, 1, 163–174 [in Ukrainian].
3. Ahmed, Farid, M. Monjurul, Alam, Mondal & Md. Babul, Akter (2019). Organic Fertilizers Effect on Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tuber Production in Sandy Loam Soil. *International Journal of Plant & Soil Science*, 29 (3), 1–11. DOI: [10.9734/ijpss/2019/v29i330146](https://doi.org/10.9734/ijpss/2019/v29i330146) [in India].
4. Sikder, R.K., Rahman, M.M., Washim S.M., Bari & Mehraj, H. (2016). Effect of organic fertilizers on the performance of seed potato. *Tropical Plant Research*, 4 (1), 104–108. DOI: [10.22271/tpr.2017.v4.i1.016](https://doi.org/10.22271/tpr.2017.v4.i1.016) [in Norway].
5. Havryliuk, V.A., Bortnik, A.M. & Avhustynovych, M.B. (2018). Efektyvnist vykorystannia osadu stichnykh vod yak dobrovya na dernovo-pidzolystrykh gruntakh [Effectiveness of using sewage sludge as a fertilizer on sod-podzolic soils]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 65–70 [in Ukrainian].
6. Hlovyn, N.M. (2017). Vplyv spyrtovoi bardy na ahro-khimichni vlastyvoli ґрунту [The influence of alcohol bard on the agrochemical properties of the base]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnologii imeni S.Z. Gzhytskoho — Scientific Bulletin of Lviv national university of veterinary medicine and biotechnology named after S.Z. Gzhitskyi*, 19 (74), 192–195 [in Ukrainian].
7. Yehorov, O.V., Zhydok, N.P., Hryshchenko, O.M. & Shabanova, I.I. (2021). Vplyv dobrov na pokaznyky rodiuchosti dernovo-pidzolystrykh gruntiv ta produktyvnist kortoko rotatsiynykh sivozmin Polissia [The influence of fertilizers on the fertility indicators of sod-podzolic soils and the productivity of short-rotational crop rotations Polissya]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 119–126. DOI: [10.22271/ahroekolohichnyi.2021.v3.i3.016](https://doi.org/10.22271/ahroekolohichnyi.2021.v3.i3.016)

- <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240329> [in Ukrainian].
8. Bukhhalo, S.I., Olkhovska, O.I., Olkhovska, V.O. & Zipunnikov, M.M. (2019). Doslidzhennia ta analiz innovatsiinykh zakhodiv z tekhnolohii kompleksnoi utylizatsii pislaspirtovoi bardy [Research and analysis of innovative measures on the technology of complex disposal of post-alcohol waste]. *Visnyk Natsional'noho Tekhnichnoho Universytetu «KPI»*. Seriya: *Innovatsiyni doslidzhennia u naukovykh robotakh studentiv — Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Innovative studies in scientific works of students*, 15 (1340), 66–74 [in Ukrainian].
 9. Sukhenko, Yu.H., Serohin, O.O., Sukhenko, V.Yu. & Riabokon, N.V. (2016). *Resursozberihayuchi tekhnolohiyi v kharchovykh i pererobnykh vyrobnystvakh [Resource-saving technologies in food and processing industries]*. Kyiv [in Ukrainian].
 10. Tymoshchuk, O.M. & Dudariiev, I.M. (2020). Ohliad vykorystannia vidkhodiv pererobnykh vyrobnystv u silskomu hospodarstvi [Review of the use of waste from processing industries in agriculture]. *Silskohospodarski mashyny: zbirnyk naukovykh prats' [Agricultural machines: collection of scientific papers]*. (pp. 103–110). DOI: <https://doi.org/10.36910/acm.vi45.406> [in Ukrainian].
 11. Tovazhnianskiy, L.L., Kapustenko, P.A., Bukhhalo, S.Y. & Arseneva, O.P. (2012). Analiz efektyvnosti protsesov utylizatsii spirtovoi bardy [Analysis of the efficiency of distillation stillage processes]. *Odeska natsionalna akademiia kharchovykh tekhnolohii naukovykh pratsi — Odessa national academy of Kharkov technologies of science and practice*, 41, 13–19 [in Ukrainian].
 12. Dotaniya, M.L., Datta, S.C., Biswas, D.R. et al. (2016). Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5, 185–194. DOI: 10.1007/s40093-016-0132-8 [in India].
 13. Krishnaveni, A., Chinnasamy, S., Elumalai, J. & Muthaiyan, P. (2020). Sugar industry wastes as wealth of organic carbon for soil. *Intech Open*, Rijeka. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.90661> [in Croatian].
 14. Lopes, C.M., Silva, A.M.M., Estrada-Bonilla, G.A. et al. (2021). Improving the fertilizer value of sugarcane wastes through phosphate rock amendment and phosphate-solubilizing bacteria inoculation. *Journal of cleaner production*, 298, 126821. DOI: doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126821 [in Dutch].
 15. Hurin, A.H. & Rezviakova, S.V. (2014). Vplyv vidkhodiv spirtovoho vyrobnytstva na biolohichnu aktyvnist hruntu pry vyroshchuvanni yachmeniu [The influence of alcohol production waste on the biological activity of the soil during cultivation barley]. *Suchasni tekhnolohiyi vyroshchuvannya zernovykh, bobovykh ta tekhnichnykh kul'tur, prysvyachenoyi 140-richchyu stvorennia DVNZ «Kherson's'kyi derzhavnyy ahrarnyy universytet»: Materialy mizhnarodnoyi naukovy-praktychnoyi internet-konferentsiyi [Modern technologies of growing grain, leguminous and technical crops, dedicated to the 140th anniversary of the establishment of Kherson State Agrarian University: Materials of the international scientific and practical internet conference]*. (pp. 108–113). URL: http://www.ksau.kherson.ua/files/conf_2014.pdf [in Ukrainian].
 16. Zinchuk, M.I. (2018). Vplyv meliasnoi bardy na ahrokhimichni pokaznyky chornozemu opidzolenoho [The effect of molasses on the agrochemical parameters of podzolized chernozem]. *Okhorona gruntiv: naukovyy zbirnyk — Soil protection: scientific collection*, 78–80 [in Ukrainian].
 17. Kravchenko, V.S. (2019). Barda yak alternatyvne orhanichne dobrovyo dlia hruntu [Barda as an alternative organic fertilizer for the soil]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva — Collection of scientific works of the Uman national university of horticulture*, 95, 188–199 [in Ukrainian].
 18. Potapova, M.V. & Holub, N.B. (2018). Suchasni metody pererobky u utylizatsii zernovoi pislaspirtovoi bardy [Modern methods of processing and utilization of grain post-alcohol bard]. *Innovatsiyni biosystemy ta bioinzheneriia — Innovative biosystems & bioengineering*, 2, 125–134 [in Ukrainian].
 19. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2021). *Silske hospodarstvo Ukrainy za 2019–2021 rr.: statystychni zvyty [Agriculture of Ukraine for 2019–2021: statistical reports]*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
 20. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2021). *Silske hospodarstvo Volynskoi oblasti za 2019–2021 rr.: statystychni zvyty [Agriculture of the Volyn region for 2019–2021: statistical reports]*. URL: <http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 09.12.2022