

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР  
«ІНСТИТУТ ҐРУНТОЗНАВСТВА ТА АГРОХІМІЇ ІМЕНІ О. Н. СОКОЛОВСЬКОГО»  
ПОЛІСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОГО НАУКОВОГО ЦЕНТРУ  
«ІНСТИТУТ ҐРУНТОЗНАВСТВА ТА АГРОХІМІЇ ІМЕНІ О. Н. СОКОЛОВСЬКОГО»

**Бортнік Т. П., Гаврилюк В. А., Бортнік А. М., Середюк Л. Є.**

**ІННОВАЦІЙНІ РЕСУРСОЗБЕРЕЖУВАЛЬНІ АГРОТЕХНОЛОГІЇ  
ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ҐРУНТОВИМ ОРГАНІЧНИМ ВУГЛЕЦЕМ  
В АГРОЦЕНОЗАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ  
(науково-практичні рекомендації)**

**ЛУЦЬК**

**2024**

УДК: 631.8-032.3:658.589(477.82)

Б 82

**Бортнік Т. П., Гаврилюк В. А., Бортнік А. М., Середюк Л. Є. Інноваційні ресурсозберезувальні агротехнології для управління ґрунтовим органічним вуглецем в агроценозах Західного Полісся : науково-практичні рекомендації / Поліська дослідна станція ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського». Луцьк: ВолиньПоліграф, 2024. 28 с.**

У науково-практичних рекомендаціях розглянуто сучасний стан агровиробництва в Україні. Наведено результати короткого аналізування основних проблем аграрного сектору та основні інноваційні напрями підвищення ефективності управління органічним вуглецем. Представлено результати досліджень авторів щодо придатності барди мелясної до застосування у ресурсозберезувальних агротехнологіях вирощування сільськогосподарських культур з метою підвищення ефективності управління ґрунтовим органічним вуглецем в агроценозах Західного Полісся. Висвітлено технологічні підходи до виготовлення мелясного інноваційного добрива (МІД). Проаналізовано ефективність використання відходів цукрової промисловості за вирощування картоплі. Рекомендації можуть бути корисними спеціалістам аграрного сектору, співробітникам науково-дослідних установ, викладачам та студентам вищих навчальних закладів напряму «Агрономія».

**Рецензенти :**

**Є. В. Скрильник** – доктор с.-г. наук, с.н.с., завідувач лабораторії органічних добрив і гумусу ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського».

**В. В. Іванців** – кандидат істор. наук, доцент, завідувач кафедри екології Луцького національного технічного університету.

*Розглянуто та схвалено :*

Науково-технічною радою Поліської дослідної станції ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» (протокол № 3 від 20 листопада 2023 р.)

Координаційно-методичною радою ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» (протокол № 5 від 24 листопада 2023 р.).

*Розглянуто та рекомендовано до видання :*

Вченою радою ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» (протокол № 15 від 13 вересня 2024 р.).

© Поліська дослідна станція  
Національного наукового центру  
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії  
імені О. Н. Соколовського», 2024

## ЗМІСТ

Передмова.....	4
1. Сучасний стан агровиробництва в Україні.....	5
1.1. Основні проблеми аграрного сектору.....	5
1.2. Інноваційні напрями підвищення ефективності управління грунтовим органічним вуглецем.....	7
2. Оцінка придатності барди м'ясної як удобрювального засобу.....	12
3. Технологічні підходи до виготовлення м'ясного інноваційного добрива.....	16
4. Обґрунтування доцільності застосування м'ясного інноваційного добрива у системах удобрення картоплі.....	20
Перелік посилань.....	26

## ПЕРЕДМОВА

Технічний прогрес призводить до забруднення природного середовища відходами, які спричинюють деградацію довкілля та ґрунтового покриву зокрема. Загострення екологічних проблем на фоні інтенсифікації виробничих процесів потребує перегляду підходів для управління процесами у сфері поводження з відходами виробництва.

На сьогодні найгострішими проблемами поводження з відходами в Україні є такі: значні обсяги накопичених відходів; зростання кількості несанкціонованих сміттєзвалищ та перевантажених полігонів, що не відповідають нормам екологічної безпеки й поглиблюють екологічну кризу; низька урегульованість на законодавчому рівні питання управління відходами; недостатній рівень імплементації європейських директив і регламентів; відсутність дієвої системи управління відходами та ефективних заходів, спрямованих на запобігання утворенню, рециклінгу, відновленню та видаленню відходів; слабка інституційна спроможність органів державної влади та місцевого самоврядування, недостатній рівень міжвідомчої взаємодії; низький рівень інформування та просвітницької роботи з населенням щодо належних методів поводження з відходами.

Відносно регламентації законодавчих вимог щодо моделі управління відходами, то це є об'єктом уваги всього світового співтовариства, бо є запорукою екологічної безпеки та підтримання сталого розвитку будь-якої держави. За даними Європейського Природоохоронного Агентства щорічно в країнах-членах Європейського Союзу утворюється 1,3 млрд т відходів, тобто 3,5 т на кожного жителя. У загальному обсязі відходів виділяють п'ять основних потоків: промислові (26 %), гірничодобувної промисловості (29 %), будівельні (22 %) і тверді побутові (14 %). З цього обсягу 27 млн т (2 %) є небезпечними.

Відмінність ситуації, що склалася з відходами в Україні, порівняно з іншими розвиненими країнами, полягає у великих обсягах утворення відходів та у відсутності інфраструктури поводження з ними. Річний обсяг генерування промислових відходів в Україні становить приблизно 420 млн т. За даними Держкомстату обсяг накопичення промислових відходів у спеціально відведених місцях або об'єктах становить 14 млрд т.

Для вирішення цих проблем розроблено та впроваджено цілий ряд нормативних документів, якими передбачено різні напрями їх утилізації або рециклінгу. Одним із таких перспективних напрямів є застосування відходів промисловості в аграрному секторі, зокрема ті, що містять органічні речовини та комплекс біогенних елементів.

# 1. СУЧАСНИЙ СТАН АГРОВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ

## 1.1. Основні проблеми аграрного сектору

У сучасних умовах реформування агропромислового комплексу, з його недостатнім рівнем ресурсозабезпеченості та якості сільськогосподарської продукції, значно зростає роль і значення технології її вирощування, яка спрямована, перш за все, на створення оптимальних умов росту і розвитку рослин у відповідних ґрунтово-кліматичних зонах. Як відомо врожайність культур залежить від природної родючості ґрунтів і погодних умов лише на 25 %. Застосування добрив забезпечує від 30 % до 60 % урожаю, якісне насіння – 5-20 %, засоби захисту рослин – 5-15 % [1]. Тобто першочерговий вплив на формування врожаю мають удобрювальні заходи. Однак, водночас, у зв'язку з застосуванням агрохімічних засобів, зростає небезпека забруднення навколишнього середовища. Це пов'язано зі зростанням надходження в агроєкосистеми пестицидів і мінеральних добрив на фоні дуже низького рівня використання органічних добрив як джерела поповнення запасів органічних речовин у ґрунтах.

Вагомим екологічним напрямом досліджень, зокрема і в Україні, є процеси, які відбуваються у сучасному аграрному секторі, що динамічно розвивається, нарощуючи виробництво, у першу чергу, в рослинницькій галузі, спричинюючи прояв ряду негативних наслідків на довкілля та ґрунтовий покрив зокрема. Так, в активне сільськогосподарське використання знову вводяться землі, які певний період перебували в стані перелогів, росте врожайність культур, чи не щороку оновлюються рекорди з валових зборів зернових тощо. Враховуючи те, що Україна має надвисоку частку сільськогосподарських угідь та високий ступінь їх розораності, важливо контролювати та запобігти посиленню деградації земельних ресурсів, які становлять, на думку експертів, основу національного багатства країни. Адже деградація ґрунтів є неминучим супутником незбалансованого і надмірно інтенсивного їх використання [2].

Найхарактернішими деградаційними процесами в ґрунтах є такі: втрати гумусу з інтенсивністю 0,42-0,51 т/га на рік та елементів живлення, особливо фосфору та калію; ерозійні втрати верхнього родючого шару; переущільнення, руйнування структури, брилистість і кіркоутворення; підкислення ґрунтів, особливо на Поліссі та в Карпатському регіоні; вторинне осолонцювання й засолення зрошуваних ґрунтів; спрацювання торфовищ; забруднення радіонуклідами (11,1 % площі ріллі), пестицидами (9,3 %) й важкими металами (8 %) [3].

Різкий прояв ґрунтових деградаційних процесів на території України вперше проявився у зв'язку із структурними змінами та економічними проблемами на початку 90-х років, коли відбулось зменшення застосування добрив країнами центральної Європи, колишнім СРСР в т.ч. й Україною, яке відмічається й до цього часу.

Внесення мінеральних добрив у сільськогосподарських підприємствах нашої країни протягом 1990-1998 років знизилось в загальному та на 1 га посівної площі на 37273,1 тис. ц (87,9 %) й 120 кг (85,1 %) відповідно, а органічних добрив – на 210,4 млн т і 6,7 т/га (81,8 % і 77,9 %) відповідно. Так, в середньому за 1996-1998 рр. під урожай культур на 1 га посівних площ було внесено близько 30 кг поживних речовин мінеральних добрив і 4 т гною, що набагато нижче, ніж у 1990 р.

В останні роки тенденція внесення мінеральних добрив набуває дещо іншого напрямку. Так, порівняно із 2009 роком, коли було внесено 8867,6 тис. ц, у 2012 році їх кількість збільшилась на 4562,4 тис. ц, а у в 2021 — на 19899 тис. ц. Однак, у 2022 році кількість внесення мінеральних добрив різко знизилась до 21555,4 тис. ц.

Разом з тим, використання органічних добрив невпинно зменшується, а частка удобреної площі відповідно знижується до критичного рівня. Так, на 1 га посівної площі, протягом 2010-2012 рр., вносились тільки 0,5 т органічних добрив. Станом на 2022 р. зафіксовано зростання норми внесення добрив до 0,6 т, однак цей показник все ж залишається на критично низькому рівні.

Що стосується Волинської області то, якщо у 1986-1990 рр. у середньому вносили по 15,8 т/га органічних добрив, у 1993 р. – 11,7 т/га, в 2006 – 2,5 т/га, у 2012 – 1,9 т, а у 2022 р. – 1,2 т на 1 га посівної площі. Тоді як для бездефіцитного вмісту гумусу необхідно вносити на гектар 8,7 т органічних і 340 кг мінеральних добрив [4, 5].

Проте, головною загрозою є не тільки зниження рівня застосування добрив, а й недотримання співвідношення між мінеральними та органічними їх видами. За даними вчених Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» [6]. за внесення на 1 т гною понад 15 кг д.р. мінеральних добрив розпочинається або підсилюється дегуміфікація ґрунту та його фізична деградація. Це співвідношення (1:15) виведено емпірично на основі системних спостережень у багатьох тривалих дослідках. У технічно розвинених країнах (США, Франція, Голландія, Данія, тощо) воно не перевищує 1:15.

Тривале (понад 16-20 років) порушення даного співвідношення Б. Б. Котвицький та О. М. Пузняк [7] вважають головною причиною виникнення токсичності легких дерново-підзолистих ґрунтів, в результаті чого змінюється видовий та кількісний склад мікрофлори в напрямі домінування грибів, які утворюють отруйні речовини. Радикальним засобом подолання мікробіоценозного токсикозу ґрунтів, науковці вважають інтенсивне застосування протягом двох-трьох років гною та торфу, або їх поєднання із сапропелем, що збільшує врожай озимого жита на 8,4-13,2 ц/га або на 105,0-165,3 відсотка.

Слід відмітити, що зменшення кількості використовуваних мінеральних добрив у сільськогосподарських підприємствах України в останні роки меншою мірою пов'язано із зменшенням їх виробництва, оскільки відомо, що деяка частина вироблених в країні добрив експортується. В основному, причиною такої ситуації є різке підвищення їх вартості, відсутність реальних надходжень

коштів у с.-г. підприємства, зниження їх купівельної спроможності у зв'язку із загостренням диспаритету цін на вироблену продукцію і матеріально-технічні ресурси, що використовуються в агровиробництві, та несприятливу кредитну політику.

Складна ситуація спостерігається й у сфері використання органічних добрив. Адже поголів'я великої рогатої худоби (ВРХ) зменшилось на одну третину і, відповідно, вихід традиційного і найдоступнішого для господарств органічного добрива - гною підстилкового, в нинішній час, становить приблизно 18-20 % від тієї кількості, якою розпоряджались виробники товарної продукції землеробства в минулі роки [8, 9]

З початком військових дій на території України ситуація щодо внесення добрив різко загострилась, що зумовлено руйнуваннями об'єктів агропромислової діяльності, вилученням значних площ сільськогосподарських угідь із аграрного сектору, зростанням цін, зниженням купівельної спроможності аграріїв, обстрілами підприємств, перебоями з електроенергією, порушенням логістичних ланцюжків.

Всі ці причини змушують аграріїв до пошуку та залучення у сільськогосподарське використання різних видів місцевих сировинних ресурсів та агрономічно цінних відходів промислових підприємств.

## **1.2. Інноваційні напрями підвищення ефективності управління ґрунтовим органічним вуглецем**

Найактуальнішим завданням сьогодення є пришвидшення темпів розвитку однієї з найважливіших галузей сільськогосподарського виробництва – землеробства та перетворення його на високорозвинений сектор економіки. У вирішенні цих завдань велике значення має науково обґрунтоване застосування високоефективних систем удобрення сільськогосподарських культур за використання усіх наявних ресурсів, включаючи і відходи різних галузей промисловості.

Одночасно проблема утилізації відходів цукрового виробництва зумовлена значними об'ємами накопичення їх на прилеглих до заводів територіях і в ставках накопичувачах. Відходи характеризуються значною мінералізацією та речовинами органічного походження, а також високою температурою, що виключає можливість випускати відходи у каналізаційну мережу та піддавати рециклінгу у виробництві, тобто створює передумови для подальшого збільшення площ під нові ємності. Це призводить до виключення родючих ділянок із сільськогосподарського використання, додаткових витрат на утримання відстійників, забруднення атмосферного повітря леткими речовинами із неприємним запахом [2].

Враховуючи значні темпи зниження накопичення органічної складової у ґрунті важливим завданням є максимальне залучення в аграрний сектор технологій удобрення культур, обов'язковою складовою яких є підвищення ефективності управління ґрунтовим органічним вуглецем. Це можливо досягти

шляхом використання відходів промисловості, які містять органічні компоненти.

Так, дослідження, проведені в нашій країні та закордоном показали, що відходи харчової промисловості, як тверді так і рідкі, прирівнюються або перевершують традиційні види органічних добрив за вмістом таких поживних елементів, як азот і фосфор, але поступаються за кількістю калію.

До даного виду належать відходи желатинового виробництва (ВЖВ), які містять близько 22-45 % органічної сировини, в тому числі 4,4-6,5 % загального вуглецю та мають лужну реакцію (рН 8,3-10,6 одиниць). З однією тонною осаду може бути внесено 4-12 кг азоту, 2-11 кг фосфору, 1-9 кг калію. Проведений Є. В. Скрильником та ін. [10] порівняльний аналіз такого виду відходів дозволив зробити висновки про можливість їх використання як у нативному вигляді, так і у формі органо- та біомінеральних добрив.

Збільшення виробництва органічних добрив можливе за рахунок використання відходів гідролізно-дріжджового (ГДВ) і целюлозно-паперового виробництва (ЦПВ) – лігніну. Ефективність останнього доведено дослідженнями Тага А. О'Бріена [11], в яких показано, що ця сировина, внесена сукупно з амонійними добривами, не пригнічує ріст і розвиток кукурудзи. Можливість використання в землеробстві лігніну і компостів, виготовлених на його основі, визначається його адсорбційними властивостями, які створюють певні умови для збереження поживних речовин і поступового їх витрачання. Гідролізний лігнін має ряд позитивних якостей – він універсальний сорбент, поліпшує повітропроникність, пористість, структуру та фізико-хімічні властивості ґрунту. Органічна речовина лігніну є енергетичним матеріалом для ґрунтової мікрофлори.

Одними із дешевих джерел можуть слугувати відходи спиртового та цукрового виробництв, наприклад, барда (спиртова, післяспиртова), яка є одним із кінцевих продуктів виробництва етилового спирту.

У процесі виробництва спирту утворюються такі побічні продукти як вуглекислий газ, сивушна олія, ефіри та альдегіди, а також відходи – барда. Щодо останнього, то маса даного виду відходу в 10–12 разів більше, ніж основного продукту.

Одним із важливих недоліків мелясної барди є те, що її не утилізують і без очищення, разом зі стічними водами скидають у відстійники, де вона загниває, забруднюючи підґрунтові води та повітря. В результаті загнивання утворюються аміак, оксиди азоту, метан, діоксид вуглецю, сірководень, оцтова, молочна і масляна кислоти тощо.

До природної емісії метану зі спиртових заводів додається метан з полів фільтрації, посилюючи парниковий ефект на планеті. Крім того, ці поля займають значні площі, які могли б використовуватись для потреб сільського господарства. Тому актуальною проблемою також є пошук способів утилізації мелясної післяспиртової барди.

За літературними даними, вміст сухих речовин у даному продукті 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 макроелементи (кальцій - 0,13-0,24 %, фосфор - 0,29-0,69 %, азот); амінокислоти (лізин, метіонін, цистин, триптофан, безазотисті екстрактивні речовини (БЕР); вітаміни (А, D, E, вітаміни групи В, фолієва кислота (Вс), біотин (Н), каротиноїди); мікроелементи (залізо, цинк, марганець, мідь) [12].

Враховуючи хімічний склад барди її використання як добрива є перспективним. Такий напрям її утилізації дозволить частково вирішити як проблему забруднення довкілля, так і деградації ґрунтів.

Позитивний вплив барди на основні властивості ґрунту було підтверджено цілим рядом наукових досліджень. Зокрема, виявлено додаткову динаміку щодо збільшення запасів поживних речовин навіть у короткому періоді. Дослідження М. І. Зінчука [13] свідчать, що 10 т/га мелясної барди забезпечує збільшення запасів доступних форм азоту на 67, фосфору — 22 та калію на 41 мг/кг ґрунту; 20 т/га — на 92, 29 та 77 мг/кг відповідно; 50 т/га — на 103, 37, 103 мг/кг ґрунту відповідно. Тобто простежується чітка залежність між дозою внесення барди та рівнем запасів елементів живлення.

Дослідженнями М. Є. Сичевського та А. Л. Винника [14] встановлено, що внесення коньячної барди в ґрунт сприяє незначному і нестійкому зростанню вмісту нітратного азоту. Відмічено також підвищенню вмісту рухомих форм фосфору та калію не тільки у поверхневому (0-20 см) на 0,9-7,0 мг/кг та 11,0-101,0 мг/кг, але й у глибших шарах (20-40 см) на 0,5-7,9 мг/кг та 14,3-62,3 мг/кг ґрунту відповідно. На думку авторів такий результат зумовлений переходом фосфору та калію зі складу валових запасів у доступні форми в результаті розчинної дії органічних кислот барди.

Найважливішою властивістю ґрунтів є їх родючість, яка залежить від наявності гумусу, найактивнішу роль у накопиченні якого відіграють мікроорганізми. Вони здатні продукувати ферменти, які руйнують лігнін, целюлозу, клітковину, білки рослинних залишків. Крім того, мікроорганізми активно мобілізують, тобто переводять у розчинну форму, мінерали ґрунту: фосфор, магній, кальцій, сірку, залізо, бор, молібден, цинк та ін. Саме тому для відновлення і збереження родючості ґрунту важливою є активізація мікробіологічних процесів.

Дослідженнями Гуріна А. Г та ін. [15] доведено, що застосування барди позитивно впливає на целюлозоруйнівну активність мікроорганізмів. Так, у досліді з вивчення ефективності даного компонента на ріст і врожайність ячменю, у варіанті з внесенням барди у дозі 20 м<sup>3</sup>/га розклалося 25,5 % тканини, за дози 40 м<sup>3</sup>/га - 28,7 % і 60 м<sup>3</sup>/га - 29,8 %, в середньому за три роки досліджень. Тоді як у контрольному варіанті, відсоток розкладеного лляного полотна становив лише 23,8.

Однак, за використання барди як добрива необхідною умовою є встановлення оптимальної дози її внесення. Адже цей продукт, як і будь-яке добриво, потребує обґрунтованих підходів застосування, щоб не викликати протилежного ефекту - забруднення ґрунту та рослинницької продукції.

В Україні дослідження різних норм внесення відходів спиртового виробництва проводили на посівах цукрових буряків, кукурудзи, озимої пшениці та інших культур. Так, найбільших приростів врожаю озимої пшениці

досягнуто за внесення барди в нормі 5 т/га – 6,5 т/га зерна (на контролі – 3,68 т/га). Яворов В. М. із співавторами [16], провівши дослідження на чорноземі типовому, встановили не тільки збільшення врожайності сільськогосподарських культур, але й покращення якості вирощеної продукції. Зокрема вміст білка в насінні ячменю підвищувався до 10,8–13,1 %, що було вищим за контроль на 1,3–2,2 %. Подібна тенденція простежувалась і щодо біохімічних показників сої та гречки. Автори відзначили, що внесення відходів спиртового виробництва в дозі 750 т/га є найкращим за економічною оцінкою – найвищої рентабельності досягнуто на посівах цукрових буряків (96,0 %), найнижчої – гречки (25,5 %). Аналізуючи динаміку суми обмінних основ упродовж трьох років досліджень виявили, що внесення барди в усіх досліджуваних дозах не викликало засолення ґрунту, однак використання великих доз критично наблизило до межі засолення ґрунту. Так, внесення її у дозі 500-750 т/га забезпечувало насичення вбирного комплексу ґрунту обмінними катіонами: вміст магнію зріс в 1,8 раза, натрію – в 1,5, калію – в 7 разів. За внесення максимальної дози барди (1000 т/га) кількість гідрокарбонатів зросла у 2,5 раза, хлоридів - у 5 разів, сульфатів - у 2,3 раза, магнію - у 2,6 раза, натрію - в 1,7 раза та калію - у 18,5 раза, що може викликати засолення ґрунту.

Додатково слід відзначити, що дослідженнями [14] підтверджено екологічну безпечність барди відносно накопичення важких металів. У дослідях із застосуванням даного виду відходу навіть у дозі 3000 т/га не було зафіксовано значного впливу на вміст свинцю, марганцю й кобальту. Відмічено лише підвищення вмісту міді та цинку, що є позитивним результатом, оскільки сприяє кращій забезпеченості цими елементами живлення рослин, особливо на ґрунтах, які характеризуються низьким рівнем їх вмісту.

Ефективним заходом є додавання барди до традиційних мінеральних добрив. Так, загально відомим є факт, що щорічні економічні втрати від неефективного та нераціонального використання мінеральних легкорозчинних добрив становлять від 15 до 20 відсотків. Тому для запобігання цьому доцільним є додавання до таких добрив домішок органічного походження. В цьому аспекті використання барди є перспективним. Відома технологія, згідно з якою упарені до 80–90 % сухих речовин водні розчини відходів спиртових виробництв (барда) вводяться в плав у процесі виготовлення карбаміду.

Крім того, барду можна використовувати як розчинник за безпосереднього застосування азотних та калійних добрив, що дозволяє готувати на її основі поживні композиції. Також барду можна використовувати як розчинник для пестицидів з одночасним позакореневим підживленням рослин. Однак, за такого використання необхідно враховувати ступінь її кислотності та для оптимального ефекту рекомендується проводити нейтралізацію розчину.

Однак, слід пам'ятати, що ефективність застосування барди буде залежати від багатьох факторів: вихідної характеристики барди, культури, під яку вносять добриво, і ґрунту, на якому вона вирощується. Порівняння з

традиційними органічними добривами показує, що дуже близьку характеристику за змістом елементів живлення мають рідкі форми гною.

Таким чином, відходи спиртового виробництва - барда (свіжа і взята з відстійника) є цінним, дешевим і доступним органічним добривом, яке може бути рекомендоване для використання у технологіях вирощування сільськогосподарських культур.

## 2. ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ БАРДИ МЕЛЯСНОЇ ЯК УДОБРЮВАЛЬНОГО ЗАСОБУ

Барда (спиртова, післяспиртова) – один із кінцевих продуктів виробництва етилового спирту. Це неоднорідна рідина світло-коричневого чи жовтого кольору із запахом зерна або іншої сировини. Кислотність (рН) її становить 3,8–4,6. Для виробництва спирту як сировину використовують зерно кукурудзи, ячменю, жита, пшениці, картоплю, а також мелясу, тобто барда буває зернова, картопляна і мелясна.

Залежно від технології виробництва спирту, склад барди може відрізнятися, але ці відмінності є не принциповими. Хімічний склад її в процентному співвідношенні такий: вода – 93,7-94,5 %; сухі речовини – 5,5-6,3 %; в тому числі безазотні екстрактивні речовини – 2,76-2,86 %; жир – 0,03-0,08 %; клітковина – 1,21-1,37 %; мінеральні речовини (зола) – 0,5-0,8 %. Спиртова барда після очищення і осадження містить: азот нітратний – 17,5 мг/л, нітритний – 186 мг/л, кальцій – 0,13-0,24, фосфор – 0,29-0,69%, цинк – 0,011 мг/л, нікель – 0,002 мг/л, марганець – 0,011 мг/л, кобальт – 0,017 мг/л, ванадій – 0,006 мг/л, залізо – 0,6 мг/л та амінокислоти: лізин, метіонін, цистин, триптофан, безазотні екстрактивні речовини (БЕР), а також вітаміни А, D, E, вітаміни групи В, фолієва кислота (Вс), біотин (Н), каротиноїди [17].

З метою оцінювання придатності барди мелясної, що утворюється у результаті діяльності цукрових підприємств Волинської області, як удобрювального засобу, науковцями Поліської дослідної станції ННЦ ІГА було визначено основні її властивості та параметри.

За результатами досліджень виявлено, що значення рН зразків барди коливалися від 4,8 до 5,1 рН. Це означає, що теоретично, внесення барди може спричинювати підкислення ґрунту в кореневмісному шарі.

Вміст вологи є важливим економічним показником з огляду на формування собівартості продукції та, відповідно, лімітує територіальну складову застосування барди як добрива. За даними лабораторних досліджень вміст вологи в барді становить 82–86 %. При цьому, у випадку посушливих погодних умов у передпосівний період, застосування барди у значних об'ємах дозволяє забезпечити досходову вологозарядку кореневмісного шару, що може позитивно впливати на темпи проростання насіння та вирівнювання сходів. Суттєва тимчасова зміна вологості ґрунту може впливати на окисно-відновні процеси, змінювати рН ґрунту і, в той же час, позитивно впливати на утворення агрономічно корисної структури ґрунту. Проте, важливо утримувати діапазон коливання вологості ґрунту в інтервалі між вологістю розриву капілярів (ВРК) та найменшою вологоємністю (НВ).

Суха речовина (СР), складена з органічної речовини та зольних елементів розчину, характеризує енергетичну складову барди як добрива. Згідно з результатами аналізування вміст сухої речовини становить в середньому 15,14 % з діапазоном коливань від 13,59 до 17,10 %. За даними аналітичної лабораторії максимальні значення вмісту СР становили понад 19 %. Біля 96 % СР складається з органічних речовин, переважно полісахаридів різної

молекулярної маси. В абсолютному виразі – 14,57 % (діапазон коливань 13,07-16,44 %). Згідно з запропонованим у нормативних документах коефіцієнтом перерахунку на вуглець, відношення C:N становить 8,6 (діапазон коливань 7,26-9,51), що дозволяє віднести барду до низьковуглецевих добрив та рекомендувати внесення її по стерні та пожнивних залишках. Згідно з літературними даними, для ґрунту оптимальне співвідношення C:N становить близько 10. За співвідношення менше 6 і більше 24 переважають іммобілізаційні та мінералізаційні процеси відносно азоту, відбувається зниження вмісту гумусу і потенційної ґрунтової родючості [18]. Для кореневих решток озимої пшениці, соломи та гною відношення C:N становить відповідно 35-40:1; 80:1; 25-35:1. Важливо, щоб між вуглецем пожнивних решток та азотом досягалося оптимальне співвідношення C:N, що дорівнює 20:1.

Щодо вмісту азоту у барді, то попередніми якісними аналізами не було виявлено нітратних форм. Переважала амонійна форма азоту. Співвідношення амонійного азоту до амідного становить 7:1. Згідно з результатами аналізу усереднений вміст становить 0,9-0,95 %. Азот є важливим елементом у трансформації органічної речовини ґрунту та головним елементом ростових функцій рослини. Аміачна та амідна форми забезпечують їх пролонговану дію співрозмірну з дією КАС. Внесення в ґрунт барди у формі розчину зменшує газоподібні втрати азоту, проте, потребує подальшого загортання.

Фосфорне живлення відповідає за функціонування генеративних органів, зрівноваження азотного метаболізму, формування механізмів зимостійкості та показників якості врожаю. За результатами аналізування вміст  $P_2O_5$ , у різних видах барди, становить 0,6-0,8 %.

Калій відіграє важливу роль у процесах метаболізму рослини, забезпечує формування зимостійкості та посухостійкості рослин, стійкості до грибкових захворювань. За результатами аналізування вміст  $K_2O$  у барді коливається в межах 1,7-2,5 %.

Найбільш перспективним напрямом використання барди вбачається застосування її в еквіваленті рідкого гною тварин на безпідстилковій технології утримання (свиней, курей, ВРХ, коней). При цьому, за вмістом макроелементів м'ясна барда перевищує усереднені значення традиційних органічних добрив (свіжого та напівперепрілого гною) (таблиця 2.1).

Згідно з даними ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» [19] рекомендовані норми застосування рідкого гною для зернових становлять 40–60 т/га, цукрових буряків – 60–80 т/га, пасовищ 100–120 т/га. Норми внесення рідкого гною під сільськогосподарські культури визначають за вмістом у ньому азоту і обмежують максимальними екологічними нормативами органічного азоту в еквіваленті: для зернових – 100 кг/га; просапних та пасовищ – 200 кг/га. М. М. Городній [20] вказує на межі оптимальної норми у 150–300 кг/га, оскільки занадто низькі норми можуть призвести до зниження врожайності. Проте, виправданою є методика розрахунку норм рідких добрив за лімітуючим фактором відповідно результатів агрохімічного аналізу ґрунту.

**Таблиця 2.1.** Усереднені показники якості традиційних органічних добрив, рідкого гною та мелясної барди.

Показник	Вміст (%) в різних добривах			
	Свіжий гній	Напівперепрілий гній	Рідкий гній	Барда мелясна
Волога	75,0	77,0	88	84,9
Суша речовина	25,0	23,0	11,4	15,4
Органічна речовина	22,0	20,0	10,9	14,6
N (загальний)	0,48	0,55	0,72	0,85
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22	0,25	0,32	0,72
K <sub>2</sub> O	0,50	0,70	0,51	1,70
C/N	22,9	18,2	7,5	8,6
CaO	0,37	-	3,00	0,75
MgO	0,10	-	0,71	0,36
Cu	0,2000	-	0,0060	0,0024
Zn	-	-	0,040	0,035
Mn	0,27	-	0,48	0,12
Fe	-	-	0,76	0,26
pH	6,5-8,2			4,4-5,1*

\* фактор потребує регулювання з урахуванням агрохімічних характеристик ґрунту

У Німеччині поширене приготування міксів (рідкого гною з додаванням певних елементів живлення відповідно до розроблених рецептур). Доза їх внесення – 40 м<sup>3</sup>/га.

Враховуючи актуальність відтворення органічної речовини ґрунту, за даними агрохімічного моніторингу ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» проф. М. Й. Шевчук [21] рекомендує забезпечити щорічне внесення органіки у Поліссі до 14–18 т/га, у Лісостепу – 11–13 т/га. Еквіваленти рідкого гною та мелясної барди відносно напівперепрілого гною за вмістом органічної речовини представлено в таблиці 2.2.

**Таблиця 2.2.** Річні норми органічних добрив для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу для Полісся та Лісостепу

Природна зона	Напівперепрілий гній	Рідкий гній	Барда*
	норма внесення, т/га		
Полісся	16	29	22
Лісостеп	12	22	16

\* фактор потребує регулювання з урахуванням агрохімічних характеристик ґрунту

Фізико-хімічні властивості мелясної барди, теоретично, дозволяють застосовувати її у різних агротехнологічних процесах як заміника води, зокрема під час внесення гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів, акарицидів

тощо, а також, як самостійний препарат або компонент, у позакореновому підживленні. Крім того, у випадку застосування жорсткої води для приготування розчинів ряду пестицидів, барду можна використовувати як нейтралізатор лужності (за обов'язкового лабораторного контролю рівня рН та проби на сумісність).

Особливістю таких заходів, і в той же час, обмежувальним фактором, є рекомендовані гектарні норми розчинів, які коливаються в межах 200-300 л/га. З цього розрахунку матимемо внесення на 1 га за один прохід обприскувача відповідну кількість елементів живлення, які надійдуть на відповідну площу і представлені в таблиці 2.3.

**Таблиця 2.3.** Надходження елементів живлення за одну обробку обприскувачем (за 100 % використання мелясної барди як розчинника)

Показник	Доза розчину, л/га			Показник	Доза розчину, л/га		
	200	250	300		200	250	300
	надходження, кг/га				надходження, кг/га		
Органічна речовина	29	36	44	Магній (MgO)	0,72	0,90	1,08
N заг.	1,7	2,1	2,5	Мідь (Cu)	0,005	0,010	0,010
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,4	1,8	2,2	Цинк (Zn)	0,07	0,09	0,11
Калій (K <sub>2</sub> O)	3,4	4,2	5,1	Марганець (Mn)	0,24	0,30	0,36
Кальцій (CaO)	1,5	1,9	2,2	Залізо (Fe)	0,52	0,65	0,78

Барда містить елементи мінерального живлення рослин та, за набором компонентів, відноситься до складних добрив з базовим співвідношенням щодо азоту.

**N:P:K:Ca:Mg – 1:0,8:2:0,9:0,4 (+ мікроелементи),**

або у кожній тоні (кг) **N:P:K:Ca: Mg – 9:7:17:7:4 (+ 5 Zn,Cu, B, Mn, S)**

У таблиці 2.4 наведено величини надходження поживних речовин у ґрунт за застосування різних доз барди. У таблиці 2.5 наведено еквіваленти мінеральних добрив у фізичній масі відносно застосованих доз барди.

Наведені дані вказують на те, що в межах застосування до 10 т/га барди, шляхом компонування можна забезпечити широкий діапазон потреб сільськогосподарських культур та досягти економії витрат на системі живлення. Барда придатна як для основного підживлення, так і для ґрунтових та (теоретично) позакоренових підживлень згідно з фазою розвитку культури.

**Таблиця 2.4.** Надходження в ґрунт компонентів залежно від гектарної дози застосування мелясної барди

Компонент, одиниця вимірювання	Внесено барди, т/га					
	1	3	5	10	20	50
	<i>Надійшло у ґрунт</i>					
Волога, м <sup>3</sup>	0,8	2,5	4,2	8,5	17,0	42,4
Органічна речовина, т	0,15	0,44	0,73	1,46	2,92	7,30
N загальний, кг	8,5	25,5	42,5	85,0	170,0	425,0
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), кг	7,2	21,6	36,0	72,0	144,0	360,0
Калій (K <sub>2</sub> O), кг	17,0	51,0	85,0	170,0	340,0	850,0
Кальцій (CaO), кг	7,5	22,5	37,5	75,0	150,0	375,0
Магній (MgO), кг	3,6	10,8	18,0	36,0	72,0	180,0
Мідь (Cu), кг	0,024	0,072	0,120	0,240	0,480	1,200
Цинк (Zn), кг	0,35	1,05	1,75	3,50	7,00	17,50
Бор (B), кг	1,2	3,6	6,0	12,0	24,0	60,0
Марганець (Mn), кг	1,2	3,6	6,0	12,0	24,0	60,0
Залізо (Fe), кг	2,6	7,8	13,0	26,0	52,0	130,0

**Таблиця 2.5.** Еквіваленти мінеральних добрив у фізичній масі залежно від застосованих доз мелясної барди

Елементи удобрення	Аміачна селітра (N 34,4)	Нітроамофоска (N:P:K 16:16:16)	Діамофоска (N:P:K 10:26:26)	Амофос (N:P 12:52)	Калій хлористий (K <sub>2</sub> O 60 %)
маса добрив (кг/га), еквівалентна різним дозам барди мелясної					
<i>Доза барди 1,0 т/га</i>					
N	25	53	85	71	–
P	–	45	28	14	–
K	–	106	65	–	28
<i>Доза барди 3,0 т/га</i>					
N	75	159	255	213	–
P	–	135	84	42	–
K	–	318	195	–	84
<i>Доза барди 10,0 т/га</i>					
N	250	530	850	710	–
P	–	450	280	140	–
K	–	1060	650	0	280
<i>Доза барди 20,0 т/га</i>					
N	500	1060	1700	1420	–
P	–	900	560	280	–
K	–	2120	1300	–	560

### 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИГОТОВЛЕННЯ МЕЛЯСНОГО ІННОВАЦІЙНОГО ДОБРИВА

Загальновідомим є факт щорічного накопичення великої кількості відходів сільського господарства та промисловості, які є перспективними для використання як удобрювальних засобів. Якщо відносно першої категорії відходів, то питання з їх практичного використання досить широко вивчені цілою низкою як вітчизняних так і закордонних учених. Щодо відходів промисловості, то це потребує всебічного дослідження, оскільки залучення їх до повторного використання дозволить вирішити не лише проблеми сільського господарства, але й екології.

Проведені дослідження протягом 2019-2023 рр. [22] дозволили зробити висновок, що у Волинській області перспективним видом місцевої вторинної сировини є відходи цукрової промисловості. Згідно зі статистичними даними (станом на 2021 р.) в області протягом року відбулось накопичення близько 30,4 тис. т барди мелясної, у результаті переробки цукрових буряків. Середньобагаторічні дані свідчать, що у цій сировині вміст азоту, фосфору та калію становить в середньому 9, 7 та 17 кг/т (в 10 т – 90, 70, 170 кг), а за співвідношенням по азоту – 1:0,8:2. Враховуючи хімічні характеристики барди, можна визнати доцільність її застосування як удобрювального засобу за вирощування сільськогосподарських культур. Варто зазначити, що утилізація цього виду відходів, як добрива, забезпечує вирішення також важливої екологічної проблеми - накопичення відходів та їх негативний вплив на навколишнє середовище.

З метою мобілізації поживних речовин у барді запропоновано технологічні підходи до виготовлення мелясного інноваційного добрива.

Первинною сировиною для добрив є буряк цукровий, згідно з ДСТУ 4327, після переробки якого отримують мелясу бурякову, яка, згідно з ДСТУ 3696, є безпосередньою сировиною для виробництва добрива.

Технологічна схема виготовлення меляси бурякової із цукрових буряків включає декілька виробничих процесів. Буряки з пункту прийому, за допомогою струменя води, транспортуються у цех. Для відокремлення від буряків сторонніх домішок (солома, гичка, каміння, пісок та ін.) на конвеєрі встановлюють різні пристрої (пастки).

Під час гідравлічного транспортування буряки частково відмиваються від ґрунтової маси. Повне їх відмивання і відокремлення сторонніх домішок відбувається в бурякомийці, куди корені подаються буряконасосом. Вимиті корені надходять у буряковий елеватор, який піднімає їх у бункер, розміщений над бурякорізками. Далі коренеплоди цукрових буряків ріжуть на стружку, яка через стрічкові ваги транспортером подається в дифузійний апарат, де зі стружки вилучають цукор, за допомогою гарячої води.

У подальшому відбувається очищення дифузійного соку, яке включає такі основні операції: 1) дефекація попередня і основна; 2) сатурація перша і друга; 3) фільтрація перша і друга; 4) сульфитація і контрольна фільтрація соку.

Кінцевими стадіями вироблення меляси (як одного з побічних продуктів) є уварювання сиропу у кілька етапів. Саме в результаті уварювання патоки, на останньому етапі, утворюється кінцевий продукт – меляса.

Меляса, що надходить із сховища розділяється на дві частини. Одна частина подається на приготування основного сусла, а інша - на приготування сусла для дріжджів.

Частина відтоку, що йде на дріжджі генерування, подається у підігрівач відтоку, де за потреби підігрівається до температури 40-65 °С. Після цього відтік надходить у механічний змішувач, де відбувається його підготовка – створення оптимальних умов для розвитку дріжджової культури. Далі підготовлений відтік подається в антисептори – витримувачі, де антисептується протягом 20–24 годин.

На приготування сусла в апараті чистої культури сировина надходить із напірних збірників.

Антисептоване сусло надходить у розсиропник дріжджового сусла, де відтік розводиться артезіанською водою до 15,0-16,0 %. Дріжджове сусло подається в дріжджогенератори. Дріжджі по верхніх лініях відбору з кожного дріжджогенератора направляють в колектор, а по ньому — в перший головний бродильний апарат.

Одночасно з дріжджами в головний бродильний апарат подається основне сусло, приготоване в розсиропнику основного сусла.

Основне сусло подається в головний або в два перші бродильні апарати рівними порціями. Після заповнення всіх бродильних апаратів зріла бражка з останнього апарату насосом подається на перегонку.

В дріжджогенераторах дріжджі розмножують на суслі концентрацією 15,0-16,0 % з рН 4,1–4,2, що забезпечує в головному бродильному апараті рН 4,8–5,0.

Далі бражка з бродильного відділення насосом подається на дистиляцію. Під час цього процесу відбувається звільнення бражки від спирту, тобто отримання мелясного інноваційного добрива.

З метою мобілізації поживних речовин у цьому добриві доцільним є внесення мікробіологічних препаратів на основі штамів родів *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Cellulomonas*, *Arthrobacter* (кількісне співвідношення у препараті мікробних культур повинно становити 5-10 мас.%; концентрація мікробних клітин кожної культури до  $1,0-1,5 \times 10^9$  м.к./мл). Робочий розчин готується у співвідношенні 1: 250 (0,4 % розчин), який вноситься у нормі 300-400 мл на  $1\text{ м}^3$  мелясного інноваційного добрива.

Наведена принципова схема (Рис. 3.1) передбачає отримання із 25 т буряка цукрового  $1\text{ м}^3$  меляси та до  $2,0\text{ м}^3$  мелясного інноваційного добрива (МІД).



**Рис. 3.1.** Схема технології виготовлення мелясного інноваційного добрива (МІД)

За дотримання вище наведених технологічних підходів виготовлене мелясне інноваційне добриво характеризується таким хімічним складом: вміст органічної речовини у перерахунку на карбон – 48,7-49,1 % (ДСТУ 8454); рН сол. – 4,8-5,1 (ДСТУ EN 13037); азот загальний – 0,9-0,95 % (ДСТУ 7911); фосфор ( $P_2O_5$ ) – 0,6-0,80 % (ДСТУ ISO 5316); калій ( $K_2O$ ) – 1,7-2,5 % (ДСТУ 7949).

#### **4. ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕЛЯСНОГО ІННОВАЦІЙНОГО ДОБРИВА У СИСТЕМАХ УДОБРЕННЯ КАРТОПЛІ**

Картопля є цінним і незамінним продуктом харчування. Серед сільськогосподарських культур важко знайти таку культуру, яка б могла зрівнятися з нею за універсальністю використання.

В Україні її вирощують на всій території: від Полісся до Степу, на площі 1,6 млн га. Більшість господарств країни демонструють досить низьку врожайність картоплі – 100–140 ц/га, що в декілька разів менше потенційних можливостей цієї культури, тому виникла необхідність у розробці заходів збільшення урожайності та поліпшення якості бульб.

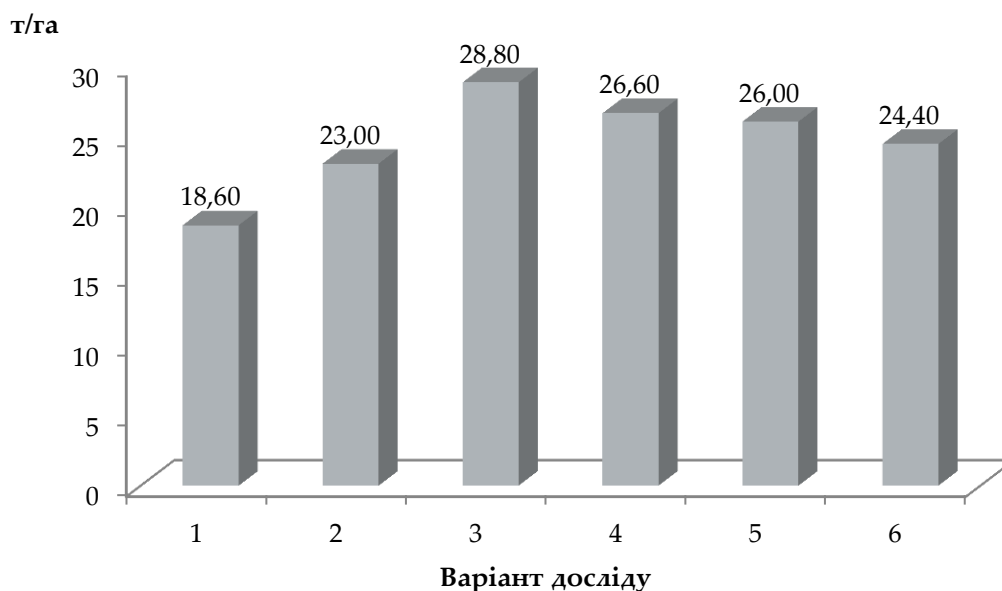
Вирішити проблему підвищення продуктивності картоплі можна не лише селекційно-генетичними методами, внесенням добрив та пестицидів, а й застосуванням регуляторів і стимуляторів росту рослин, що все більше стає невід’ємними елементами інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

В Україні врожайність бульб картоплі, у виробництві, протягом 1991-2021 років знаходилась в межах 9,6-17,6 т/га, у Волинській області – 9,3-17,4 т/га. Зокрема, в 2014 р. в середньому по країні урожай становив 17,6 т/га, а у 2021 р. – зменшився на 1,0 т/га. Однією із причин такої низької врожайності можна назвати недотримання технологій вирощування даної культури, яка повинна реалізовувати потенційні можливості високопродуктивних сортів та якісного посадкового матеріалу.

Серед чинників, які визначають приріст урожаю бульб картоплі в оптимальних умовах агротехніки, близько 50 % припадає на добрива. Відомо, що вони сприяють кращому росту рослин картоплі. При цьому спостерігається швидке накопичення продуктивної маси листя завдяки швидкому наростанню картоплиння, що своєю чергою, забезпечує оптимальні умови для фотосинтезу. У результаті формується більше органічної речовини та створюється більший урожай.

Узагальненням даних здобутих протягом 2021-2023 років дослідження встановлено, що за внесення добрива в розкид у нормі від 10 до 20 т/га, врожай бульб картоплі був на рівні 23,0-28,8 т/га, тобто приріст до контролю становив 4,4-10,8 т/га або 23,7-54,8 відсотка. Слід зазначити, що збільшення норми внесення удобрювального засобу сприяло додатковому зростанню врожайності, тобто максимальний результат було зафіксовано за внесення 20 т/га мелясного інноваційного добрива (рис. 4.1).

У варіанті, де застосовували мінеральні добрива, в еквівалентній кількості до 10 т/га розкидного внесення добрива врожай бульб картоплі був на рівні 26,6 т/га. Це свідчить про дещо вищу ефективність мінеральних добрив порівняно з варіантом, де вносили відповідну норму досліджуваного добрива.



*Варіанти:* 1 – Контроль (без добрив); 2 – МІД 10 т/га (врозкид); 3 – МІД 20 т/га (врозкид); 4 –  $N_{90}P_{70}K_{170}$  еквівалентно МІД 10 т/га (врозкид); 5 – МІД 10 т/га +  $N_{30}P_{20}$  (врозкид; вирівняно за інтенсивною технологією); 6 – МІД 5 т/га (локально).

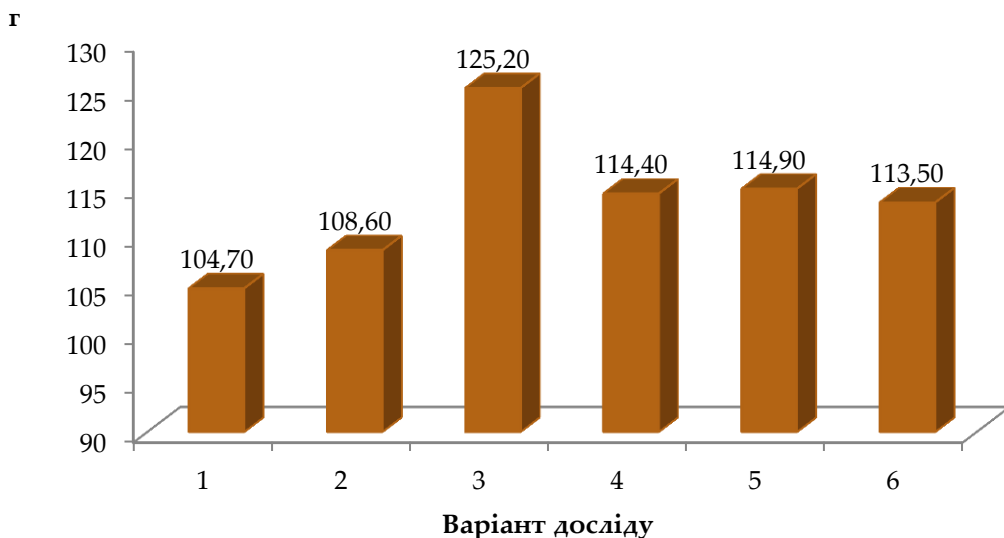
**Рис. 4.1. Вплив мелясного інноваційного добрива (МІД) на врожай бульб картоплі сорту Беллароса (середній за 2021-2023 рр.)**

Використання мінеральних добрив з метою компенсації елементів живлення за інтенсивної технології удобрення картоплі, забезпечило формування врожаю бульб на рівні 26,0 т/га, відповідно приріст до контролю становив 7,4 т/га або 39,8 відсотка.

За локального внесення мелясного інноваційного добрива у нормі 5 т/га було також встановлено позитивний результат. У даному варіанті показник врожаю становив 24,4 т/га, що практично було рівноцінно розкидному внесенню добрива у нормі 10 т/га (статистичної різниці протягом років досліджень між варіантами не було виявлено).

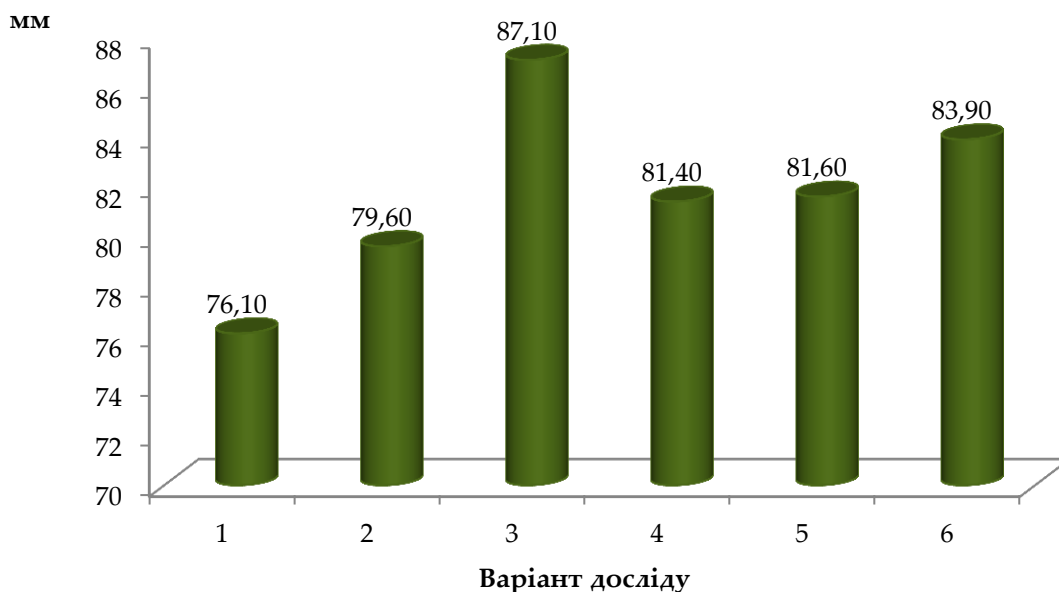
Одним із важливих показників якості бульб картоплі є цілісність шкірки. Результати візуального оцінювання шкірного покриву бульб картоплі вказують на те, що у жодному варіанті не було зафіксовано порушення цілісності шкірки.

Важливими показниками, що мають прямий вплив на формування врожаю картоплі є маса та діаметр бульб (рис. 4.2 – 4.3).



*Варіанти:* 1 – Контроль (без добрив); 2 – МІД 10 т/га (врозкид); 3 – МІД 20 т/га (врозкид); 4 –  $N_{90}P_{70}K_{170}$  еквівалентно МІД 10 т/га (врозкид); 5 – МІД 10 т/га +  $N_{30}P_{20}$  (врозкид; вирівняно за інтенсивною технологією); 6 – МІД 5 т/га (локально).

**Рис. 4.2. Вплив мелясного інноваційного добрива (МІД) на масу бульб картоплі сорту Беллароса (середня за 2021-2023 рр.)**



*Варіанти:* 1 – Контроль (без добрив); 2 – МІД 10 т/га (врозкид); 3 – МІД 20 т/га (врозкид); 4 –  $N_{90}P_{70}K_{170}$  еквівалентно МІД 10 т/га (врозкид); 5 – МІД 10 т/га +  $N_{30}P_{20}$  (врозкид; вирівняно за інтенсивною технологією); 6 – МІД 5 т/га (локально).

**Рис. 4.3. Вплив мелясного інноваційного добрива (МІД) на діаметр бульб картоплі сорту Беллароса (середній за 2021-2023 рр.)**

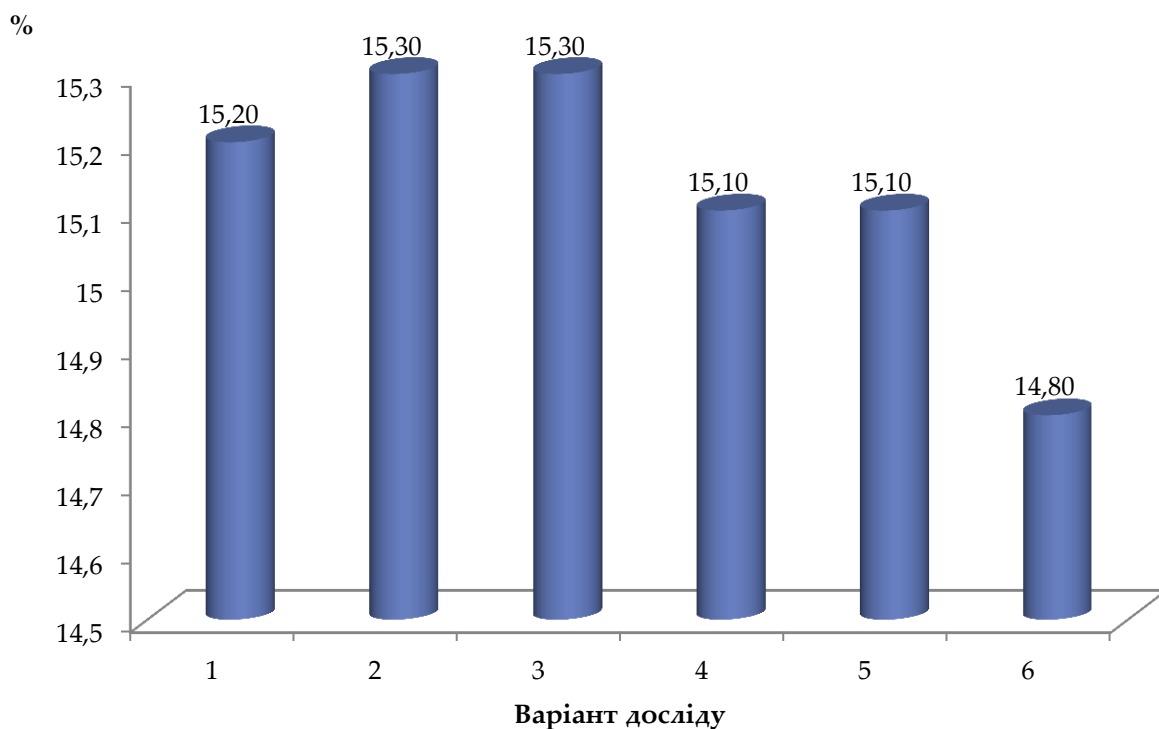
Проведені заміри біометричних параметрів протягом 2021-2023 років свідчать, що розкидне внесення МІД забезпечило формування бульб масою 108,6-125,2 г з діаметром – 79,6-87,1 мм. Необхідно зазначити, що збільшення

норми внесення добрива забезпечувало зростання фізичних параметрів. У контрольному варіанті були сформовані бульби із середньою масою 104,7 г та діаметром 76,1 мм.

Відносно локального внесення добрива, то відмічено також позитивний ефект впливу добрива на біометричні параметри, що відповідно забезпечило формування бульб картоплі масою 113,5 г, діаметром – 83,9 мм.

Позитивний вплив на кількісні показники врожаю бульб картоплі мало і застосування мінеральних добрив. У варіантах, де їх вносили показник маси бульб картоплі коливався у межах 114,4-114,9 г, а діаметр – 81,4-81,6 мм.

Щодо показників якості бульб картоплі, то результати проведених досліджень свідчать, що застосування МІД у системах удобрення картоплі мало неоднозначний вплив на накопичення крохмалю (рис. 4.4.). У варіантах, де використовували лише досліджуване добриво вміст крохмалю у бульбах картоплі коливався в межах 14,8-15,30 %. Високий вміст крохмалю спостерігали за внесення МІД у нормі 10-20 т/га. Необхідно зазначити, що за локального внесення МІД у нормі 5 т/га зафіксовано досить високі значення досліджуваного показника. За сукупного внесення із мінеральними туками відмічена протилежна тенденція – зниження інтенсивності накопичення крохмалю до 14,2 %, тоді як на контролі його вміст становив 15,2 %.



*Варіанти:* 1 – Контроль (без добрив); 2 – МІД 10 т/га (врозкид); 3 – МІД 20 т/га (врозкид); 4 –  $N_{90}P_{70}K_{170}$  еквівалентно МІД 10 т/га (врозкид); 5 – МІД 10 т/га +  $N_{30}P_{20}$  (врозкид; вирівняно за інтенсивною технологією); 6 – МІД 5 т/га (локально).

**Рис. 4.4.** Вплив мелясного інноваційного добрива (МІД) на вміст крохмалю у бульбах картоплі сорту Беллароса (середній за 2021-2023 рр.)

Ще одним важливим показником якості бульб картоплі є цілісність шкірки. Результати візуального оцінювання шкірного покриву бульб картоплі

впродовж років досліджень вказують на те, що у жодному варіанті не було зафіксовано порушення цілісності шкірки.

Середньорічні результати досліджень за 2021-2023 рр. щодо впливу МІД на агрохімічні показники ґрунту свідчать про позитивний ефект (табл. 4.1). У варіанті за розкидного застосування 10 т/га досліджуваного добрива, в орному шарі ґрунту (0-20 см), простежувалось зростання вмісту нітратного азоту ( $N-NO_3$ ) на 2,1 мг/кг та аміачного азоту ( $N-NH_4$ ) на 0,27 мг/кг. Збільшення норми внесення добрива до 20 т/га сприяло додатковому зростанню вмісту азоту. Так, показник вмісту нітратного азоту ( $N-NO_3$ ) був на рівні 18,87 мг/кг та аміачного ( $N-NH_4$ ) – 14,33 мг/кг, тобто приріст відносно варіанту за внесення 10 т/га становив – 6,97 мг/кг та 1,03 мг/кг.

Відносно локального внесення добрива, то відмічено також зростання вмісту поживних речовин азотної групи, хоч з дещо нижчою інтенсивністю, відповідно приріст до контролю за вмістом нітратного азоту ( $N-NO_3$ ) становив 0,15 мг/кг.

Позитивний вплив було зафіксовано і у варіантах з використанням мінеральних добрив, де вміст нітратного азоту ( $N-NO_3$ ) коливався у межах 13,77-14,17 мг/кг, а вміст аміачного азоту ( $N-NH_4$ ) – 13,50-14,07 мг/кг.

Відносно вмісту рухомих форм фосфору, то застосування добрива МІД забезпечило зростання порівняно з контролем даного показника у шарі ґрунту 0-20 см: за розкидного внесення у нормі 10 т/га на 2,66 мг/кг, у нормі 20 т/га – 4,66 мг/кг, а за локального застосування у нормі 5 т/га – 2,08 мг/кг. У варіанті, де не вносили добрива (контроль) вміст рухомих форм фосфору ( $P_2O_5$ ) був на рівні 78,63 мг/кг ґрунту.

За внесення мінеральних добрив у нормі, що еквівалентно 10 т/га досліджуваного добрива, вміст  $P_2O_5$  в орному шарі ґрунту був на рівні 78,2 мг/кг, що відповідно забезпечило приріст порівняно з контролем на 6,0 мг/кг.

У варіанті, де вносили 10 т/га добрива МІД із додаванням азотно-фосфорних мінеральних добрив вміст рухомих форм фосфору був на рівні 77,87 мг/кг, тобто приріст відносно контролю - 5,1 мг/кг ґрунту.

Щодо вмісту рухомих форм калію, то розкидне застосування досліджуваного добрива у нормі 10 т/га забезпечило зростання даного показника, у шарі 0-20 см, на 26,5 мг/кг ґрунту, а у нормі 20 т/га – 40,7 мг/кг, у порівнянні з контролем, де даний показник був на рівні 52,43 мг/кг ґрунту.

Локальне внесення добрива у нормі 5 т/га теж характеризувалось позитивним впливом на калійний режим ґрунту, що забезпечило приріст до контролю на рівні 6,02 мг/кг.

За використання мінеральних добрив у системах удобрення картоплі спостерігалось зростання вмісту рухомих форм калію на 26,14-33,10 мг/кг ґрунту, порівняно з контролем.

**Таблиця 4.1.** Вплив застосування мелясного інноваційного добрива (МІД) на агрохімічні характеристики дерново-слабопідзолистого ґрунту

Варіант досліджу	Шар ґрунту, см	pH <sub>KCl</sub>	Гумус, %	Сгк	Сфк	Вміст елементів живлення, мг/кг			
				%		N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без добрив (контроль)	0-20	6,21	1,60	0,32	0,44	11,90	13,30	72,77	52,43
	21-40	6,19	1,51	0,29	0,42	10,13	10,97	68,77	46,57
МІД – 10 т/га	0-20	6,17	1,61	0,30	0,48	14,00	13,57	75,43	78,93
	21-40	6,16	1,54	0,29	0,43	13,30	11,50	71,40	73,77
МІД – 20 т/га	0-20	6,15	1,63	0,29	0,51	18,87	14,33	77,43	93,13
	21-40	6,14	1,56	0,27	0,47	17,37	13,77	75,27	83,53
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>170</sub> – екв. 10 т/га МІД	0-20	6,19	1,58	0,22	0,55	13,77	13,50	78,63	78,57
	21-40	6,19	1,51	0,22	0,47	13,17	11,83	76,67	75,70
МІД – 10 т/га + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> (вирівняно за інтенс. технолог.)	0-20	6,14	1,57	0,29	0,45	14,17	14,07	77,87	85,53
	21-40	6,15	1,51	0,26	0,43	13,37	12,10	76,40	75,40
МІД – 5 т/га (локально)	0-20	6,19	1,59	0,33	0,44	12,05	12,30	74,85	58,45
	21-40	6,18	1,53	0,28	0,41	11,15	11,30	72,20	50,85
НІР <sub>05</sub>		<u>0,3-0,4</u> 0,2-0,3	<u>0,04-0,05</u> 0,02-0,03	<u>0,03</u> 0,02	<u>0,03</u> 0,02	<u>1,0-1,2</u> 0,7-0,9	<u>0,4-0,8</u> 0,4-1,0	<u>2,7-2,8</u> 2,1-2,2	<u>2,4-2,7</u> 2,6-2,7

Проведені заміри біометричних параметрів протягом 2021–2023 років свідчать, що розкидне застосування МІД забезпечило формування бульб масою 108,6–125,2 г за діаметра – 79,6–87,10 мм.

Необхідно зазначити, що за внесення досліджуваного добрива спостерігалась тенденція – збільшення норми внесення добрива забезпечує зростання даних показників. У контрольному варіанті були сформовані бульби із середньою масою 104,7 г та діаметром 76,1 мм.

За внесення мінеральних добрив також простежувалось підкислення ґрунтового середовища, відповідно показник рН знизився на 0,02–0,02 одиниць.

Відносно вмісту гумусу, то за внесення добрив, практично змін не відбулося – спостерігалась тенденція до зростання його вмісту за внесення добрива у нормі 10–20 т/га. Тобто у досліджуваних варіантах даний показник у шарі 0–20 см коливався у межах 1,61–1,63 відсотка. У інших варіантах спостерігалась тенденція до зменшення його вмісту.

Результати аналізу на агрохімічні показники підорного шару ґрунту (21–40 см) свідчать про практично аналогічну тенденція як і у верхньому шарі. Слід зазначити, що різниця між варіантами характеризується менш вираженим переходом, що зумовлено меншою часткою контактування добрива із даним шаром ґрунту та коротким терміном впливу добрива на ґрунт (один вегетаційний період).

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пасічник Н. А., Марчук І. У. Застосування КАС для підживлення пшениці озимої на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів*. 2013. № 1. С. 140-143.
2. Веремеєнко С. І., Семенко Л. О. Сучасні проблеми деградації ґрунтів – трофічний аспект. *Наукові горизонти*. 2019. № 1 (74). С.69-75.
3. Балюк С. А., Кучер А. В., Максименко Н. В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми і стратегія сталого управління. *Український географічний журнал*. 2021. № 2. С. 3-11.
4. Сільське господарство України за 1995-2022 рр.: статистичні звіти. Київ: Державна служба статистики України, 1995-2021 рр. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
5. Сільське господарство Волинської області за 1995-2022 рр.: статистичні звіти. Луцьк: Державна служба статистики Волинської області, 1995-2021 рр. URL: <http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua/>
6. Скрильник Є.В. та ін. Вплив систем удобрення на органічну речовину та агрохімічні показники чорнозему типового / *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. № 88 С. 74-78.
7. Котвицький Б. Б., Пузняк О. М. Токсикоз дерново-підзолистих ґрунтів західного Полісся та відновлення їхньої родючості. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2003. № 64. С. 24-29
8. Шикула М. К. Концепція біологічного землеробства на чорноземних ґрунтах. *Вісник ХНАУ*. 2004. № 1. С. 237
9. Чайка Т. О. Ефективність органічного сільського господарства в Україні. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 4. С. 160-164.
10. Скрильник Є. В., Розумна Р. А., Денисенко А. А. Характеристика удобрюючих властивостей відходів желатинового виробництва і їх вплив на врожай сільськогосподарських культур. *Агрохімія і ґрунтознавство : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2004. № 65. С. 39-43.
11. Tara A. O'Brien, Stephen J. Herberta, Allen V. Barker. Paper sludge as a soil amendment for production of corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2006. Volume 34. Issue 15-16. P. 2229-2241.
12. Хижняк М. І., Цьонь Н. І. Спиртова барда як цінна кормова добавка й органічне добриво у сільському господарстві. *Рибогосподарська наука України*. 2010. № 2. С. 122-130.
13. Зінчук М. І. Вплив мелясної барди на агрохімічні показники чорнозему опідзоленого. *Збірник наукових праць. Охорона ґрунтів*. 2018. Спец. Випуск. С. 78-80.

14. Сичевський М. Е., Винник А. Л. Вплив коньячної барди на вміст рухомих форм макро- і мікроелементів у чорноземі карбонатному. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 3. С. 49-53.

15. Гурін А. Г., Резвякова С. В. Вплив відходів спиртового виробництва на біологічну активність ґрунту при вирощуванні ячменю. *Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні технології вирощування зернових, бобових та технічних культур», присвяченої 140-річчю створення ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»: наукове видання*. Херсон: ВЦ «Колос». 2014. С. 108-113. URL: [http://www.ksau.kherson.ua/files/conf\\_2014.pdf](http://www.ksau.kherson.ua/files/conf_2014.pdf).

16. Яворов В. М., Трач С. В. Соціальні передумови та еколого-економічні наслідки утилізації відходів спиртового виробництва ДП «Довжоцький спиртзавод». *Проблеми моніторингу ґрунтів і сучасні технології відтворення їх родючості*: збірник наукових праць [за ред. М. І. Бахмата]. Кам'янець-Подільський, 2007. № 15. Т. 1. С. 327-332.

17. Гловин Н. М. Вплив спиртової барди на агрохімічні властивості ґрунту. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія : Сільськогосподарські науки*. 2017. Т. 19, № 74. С. 192-195.

18. Годлін М. М., Антонова Т. Н. Відношення С:N в ґрунтах УРСР. *Тр. Укр. НДІ соц. землеробства*. Київ, 1939. Т. 4.

19. Бацула О. О., Скрильник Є. В. Органічні добрива: проблеми та перспективи виробництва і застосування. *Агроекологічний моніторинг ґрунтів як основа сталого розвитку аграрного виробництва*: матеріали Міжнар. конф. «Сталий розвиток агроecosystem». Київ, 2002. С. 102-107.

20. Городній М. М., Бикін А. В., Нагаєвська Л. М. *Агрохімія: підручник*. Київ: Алефа, 2003. 786 с.

21. Шевчук М. Й., Веремеєнко С. І. *Агрохімія*. Рівне: НЦВГП. 2011. 728 с.

22. Гаврилюк В., Бортнік Т., Бортнік А. та ін. Звіт про науково дослідну роботу. 01.03.01.03.П. Розроблення інноваційної ресурсозберігальної агротехнології застосування місцевих сировинних ресурсів для підвищення управління ґрунтовим органічним вуглецем в агроценозах Західного Полісся. Луцьк, 2021-2023. (Рукопис).

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР  
«ІНСТИТУТ ҐРУНТОЗНАВСТВА ТА АГРОХІМІЇ імені О. Н. СОКОЛОВСЬКОГО»  
ПОЛІСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОГО НАУКОВОГО ЦЕНТРУ  
«ІНСТИТУТ ҐРУНТОЗНАВСТВА ТА АГРОХІМІЇ імені О. Н. СОКОЛОВСЬКОГО»

## НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Бортнік Тетяна Павлівна, *канд. с.-г. наук*  
Гаврилюк Володимир Андрійович, *канд. с.-г. наук, ст. н. сп.*  
Бортнік Андрій Миколайович, *канд. с.-г. наук*  
Середюк Леонід Євгенович

## **ІННОВАЦІЙНІ РЕСУРСОЗБЕРЕЖУВАЛЬНІ АГРОТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ҐРУНТОВИМ ОРГАНІЧНИМ ВУГЛЕЦЕМ В АГРОЦЕНОЗАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ** (науково-практичні рекомендації)

Редактор Т. М. Лактіонова, *канд. с.-г. наук*

Підписано до друку 31.10.2024 р.  
Папір офсетний. Друк трафаретний.  
Ум. друк. арк. 4. Наклад 100 прим.  
Формат 60x90/16

Оригінал-макет виготовлено в Поліській дослідній станції  
ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»