

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Навчально-науковий інститут інноватики,
природокористування та інфраструктури**

Кафедра агробіотехнологій

МЕЛЬНИК ЗАХАР

**ВИКОРИСТАННЯ КОМПОСТУ З ГНОЮ ВРХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ
ЖИВЛЕННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ
УКРАЇНИ**

Спеціальності: 201 – «Агрономія»

освітньо-професійної програми – «Агрономія»

Кваліфікаційна робота за освітнім ступенем «магістр»

Виконав студент групи АГРм-21

Мельник Захар

Науковий керівник:

Кривохижа Є.М.

Кваліфікаційну роботу допущено до захисту

«__» _____ 2023 р.

Завідувач кафедри

ТЕРНОПІЛЬ – 2023

Реферат

Використання компосту з гною ВРХ для оптимізації живлення ячменю ярого в умовах Західного Лісостепу України // Use of cattle manure compost to optimize nutrition of spring barley in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine. Мельник Захар. Кваліфікаційна робота. Кафедра агробіотехнологій. Навчально-науковий інститут інноватики, природокористування та інфраструктури. – Тернопіль, ЗУНУ, 2023.

68 с. текст. част., 25 табл., 74 бібл. джерел.

Проаналізовано переваги та недоліки сучасних технологій утилізації відходів тваринництва. За переробки гною шляхом тривалого зберігання у ньому зберігається широкий діапазон вологості 85–97% і непотрібні гноєсховища складних конструкцій. Однак для використання цієї технології необхідний досить тривалий час обробки (до 12 місяців). Під час тривалого зберігання гною відбувається втрати поживних речовин та низька ефективність його знезаражування. Безпечніше використовувати гній, як добрива після компостування. Перевагами цієї технології є: менші втрати поживних речовин у порівнянні з тривалим зберіганням гною, низькі фінансові витрати і збільшення кількості корисних мікроорганізмів у ґрунті. До недоліків компостування відносять: тривалий виробничий цикл; залежність від природо-кліматичних умов умов; деколи отримання компосту неналежної якості; проведення аерації та перемішування сировини на що витрачаються фінансові ресурси. Перевагами вермикомпостування є відсутність неприємних запахів за утилізації гною та відсутність втрат поживних речовин. Недоліками даної технології є використання її переважно у теплу пору року та переробляється невелика кількість гною.

Під час пелетування відбуваються процеси перетворення свіжого гною на сухий, який використовують, як добриво або кормові добавки чи енергетичне паливо. Однак ця технологія енерговитратна для її реалізації потрібне досить дороге обладнання. Водночас використання пелет, як добрива менш корисне

порівняно із перегноєм. Для переробки гною також застосовують анаеробне зброджування. Перевагами цієї технології є виробництво якісних добрив та одержання біогазу. Недолік цієї технології – великі початкові витрати. Подальше вдосконалення технологій утилізації відходів тваринництва дозволить знизити негативний вплив на довкілля та підвищити економічну ефективність їх використання.

Визначено, що за виробництва компосту з гною великої рогатої худоби витрати енергії (людської та дизельного палива) становлять $0,39 \pm 0,08$ МДж/кг. Найбільш енерговитратними виробничими процесами є змішування компосту та полив його водою. На ці процеси витрачається $0,17 \pm 0,05$ МДж/кг. Менш енерговитратні: транспортування гною і формування буртів, на які використовується – $0,06 \pm 0,01$ МДж/кг енергії; наповнення ємності водою та її транспортування – $0,07 \pm 0,01$ МДж/кг; накриття бурту, сушіння та пакування компосту – $0,11 \pm 0,02$ МДж/кг.

Визначено, що для удобрення ячменю ярого доцільно використовувати компост з гною ВРХ у дозі 16 т/га.

Ключові слова: урожайність, компостування, органічні добрива, ячмінь ярий.

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ВСТУП..... | 6 |
| РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОБЛЕМИ ПЕРЕРОБКИ ГНОЮ У СКОТАРСТВІ..... | 8 |
| 1.1. Аналіз сучасних технологій утилізації гною у скотарстві | 8 |
| 1.2. Вплив компосту з гною ВРХ на родючість ґрунту | 16 |
| 1.3. Продуктивність ячменю ярого залежно від застосування компосту | 18 |
| РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ...21 | |
| 2.1. Місце досліджень та ґрунтово-кліматичні умови..... | 21 |
| 2.2. Схема досліду, методи та методика проведення досліджень..... | 24 |
| 2.3. Технологія вирощування ячменю ярого в досліді..... | 29 |
| РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОТРИМАННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ ТА ВПЛИВ КОМПОСТУ З ГНОЮ ВРХ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО..... | 31 |
| 3.1. Аналіз енергоефективності отримання органічних добрив з гною ВРХ | 31 |
| 3.2. Вплив компосту з гною ВРХ на врожайність та якість зерна ячменю ярого | 41 |
| 3.3. Економічна ефективність використання компосту з гною ВРХ | 58 |
| РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА | 60 |
| РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ | 64 |
| ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ | 69 |
| БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК | 71 |

ВСТУП

Вміст у ґрунті гумусу є основним показником його родючості. Втрати гумусу відбуваються під час інтенсивних технологій вирощування рослин. «Підтримування позитивного або хоча б збалансованого балансу гумусу в ґрунті є одним із основних заходів належного ведення сільського господарства» [1]. «Для цього використовують, в основному, органічні добрива [2].

Актуальність дослідження. Застосування органічних добрив у технологіях вирощування сільськогосподарських культур забезпечує їх високу врожайність та якість продукції, що є важливим елементом виробництва продуктів харчування [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. «Ефективне використання енергії є однією з основних вимог сталого розвитку сільського господарства» [7, 8]. «Питання щодо зниження енергоємності під час виробництва сільськогосподарської продукції» [9–11] та визначення енергетичної ефективності застосування мінеральних і органічних добрив за вирощування різних сільськогосподарських агрокультур [12–14] висвітлено в наукових працях низки вчених. Проте на сьогоднішній день у науковій літературі порівняно мало приділяється уваги питанням визначення енергоефективності виробництва органічних добрив із відходів тваринництва.

Метою дослідження є проведення аналізу сучасної наукової літератури з даного питання. Оцінювання впливу компосту з гною ВРХ на врожайність ячменю ярого.

Об'єкт дослідження – процеси формування продуктивності сортів ячменю ярого.

Предмет дослідження – біометричні показники, структура урожаю, продуктивність і якість зерна сортів ячменю ярого залежно від удобрення компостом з гною ВРХ.

Завдання дослідження можна сформулювати так:

- провести аналіз сучасної наукової літератури за обраним напрямом досліджень та визначити основні поняття теми;

- визначити енергоефективність отримання органічних добрив з гною ВРХ
- дослідити біометричні показники, структуру урожаю, продуктивність і якість зерна сортів ячменю ярого залежно від удобрення компостом з гною ВРХ;
- охарактеризувати місце досліджень, його ґрунтово-кліматичні умови, навести схему дослідів і методи проведення досліджень;
- визначити вплив компосту з гною ВРХ на урожайність ячменю ярого;
- розрахувати економічну ефективність вирощування ячменю ярого за використання компосту;
- систематизувати інформацію щодо охорони праці в досліджуваному господарстві і захисту навколишнього природного середовища.

Методи дослідження: аналіз та узагальнення наукової літератури; класифікація теоретичного матеріалу; статистичний аналіз та порівняння даних; розробка рекомендацій.

Для вирішення поставлених у роботі завдань використовували:

- системний підхід у доборі матеріалу, методи індуктивного і логічного аналізу, спостереження та статистичні методи аналізу літературних даних та результатів власних досліджень;
- зібраний і оброблений практичний матеріал у вигляді документації, методичні матеріали;
- узагальнені дані передового наукового досвіду.

Структура роботи. Згідно поставленої мети і завдань досліджень у структурі даної дипломної роботи міститься: вступ, п'ять окремих розділів, висновки і список використаної літератури.

Основними джерелами інформації для вирішення завдань дипломної роботи були: монографії, збірники та вісники наукових праць, фахові наукові і науково-практичні журнали, періодична та довідкова література, а також Інтернет-ресурси.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОБЛЕМИ ПЕРЕРОБКИ ГНОЮ У СКОТАРСТВІ

1.1. Аналіз сучасних технологій утилізації гною у скотарстві

В сучасному агровиробництві утилізація органічних відходів залишається одним з надважливих завдань для агропідприємств тваринницької галузі в якому «найбільшим за масою відходом тваринництва є гній» [1]. «За рік від однієї ферми ВРХ (1000 голів) вихід гною становить 30–40 тис. т» [2]. «Гній є потенційно небезпечним джерелом забруднення довкілля, містить важкі метали, насіння бур'янів, яйця гельмінтів та патогенну мікрофлору» [3]. Від нього у повітря потрапляють парникові гази, зокрема закис азоту і метан [4; 5]. Серед екологічних проблем важливе місце займає утилізація гною для господарств, що утримують велику рогату худобу.

Гній широко використовується для удобрення ґрунту. Його головним складником є нітраген, також він містить багато макро- і мікроелементів, які необхідні для активного розвитку рослин. «За використання гною у якості добрива відбувається позитивний вплив на функціонування ґрунтів, а також розвиток корисних мікроорганізмів, для яких він є джерелом поживних речовин» [6]. «Однак гній призводить до збільшення кількості вмісту нітратів у рослинах» [7]. «Крім того, регулярне удобрення гноєм призводить до забруднення підземних вод амонійним азотом, який вимивається у глибину ґрунту. Нераціональне використання гною може призвести до забруднення ґрунтів і води патогенними мікроорганізмами, що є загрозою для людей і тварин» [8].

На тваринницьких фермах використовується спосіб переробки гною шляхом тривалого витримування [9]. Така технологія застосовувалася у минулому столітті. Однак велика кількість господарств її використовують і в даний час.

Технологія переробки гною методом тривалого витримування з подальшим внесенням отриманого органічного добрива в ґрунт складається з наступних операцій: транспортування і завантаження рідкого гною; біоконверсія методом тривалого витримування (у сховищах); вивантаження органічного добрива та його транспортування; внесення органічного добрива на поля.

Перевагами цієї технології є: широкий діапазон вологості гною 85–97%, відсутність постійного контролю кваліфікованим персоналом за процесом переробки і простота конструкції гноєсховища.

Недоліками цієї технології є: великі обсяги гноєсховищ; тривалі терміни переробки – до 12 місяців; втрата поживних речовин гною; низька надійність знезаражування; економічне обтяжування через розвантажувально-навантажувальні роботи; значні витрати на будівництво гноєсховищ.

Після компостування використання гною для удобрення ґрунту є більш безпечним.

Компостування гною здійснюється пасивним і активним методами.

За пасивного (традиційного) компостування біологічне знезараження гною здійснюється за природніх умов у буртах.

Компостування здійснюється на бетонованих або спеціально підготовлених польових майданчиках (тривалістю: зимою – 3 місяці, літом – 2 місяці) за плюсової температури навколишнього повітря [10].

Перевагами пасивного компостування є широкий діапазон вологості вихідного гною (за використання вологопоглинаючих матеріалів) 60–92%, низькі вимоги до кваліфікації працівників, простота конструкції майданчиків компостування, відносно невеликі капітальні вкладення, відсутність у компості неприємного запаху, а також зменшення великої кількості мікроорганізмів та грибків [11].

До недоліків процесу компостування можна віднести нерівномірність дозрівання компосту залежність від погодних умов та підвищений ризик витікання забруднених стоків у дощовий період.

Активне компостування гною проводиться з періодичним втручанням людини у цей процес. До таких дій відносяться: внесення у гній хімічних реагентів та спеціальних мікроорганізмів; примусова подача в нього повітря, ворушіння, підігрів тощо. Унаслідок цього відбувається прискорення проходження процесу компостування.

Більш поширене активне компостування гною у буртах методом штучної аерації. При цьому гній з вологопоглинаючим матеріалом в буртах розміщують на відкритому майданчику. «Для механізації процесу використовують спеціальні машини для аерації буртів» [12]. Аерація буртів проводиться періодично, мінімум 3 рази протягом 40 днів. Цей процес завершується, коли компост перестає розігріватися [13]. «Для ще більшого прискорення компостування можливе застосування різних біологічних препаратів, що підвищують швидкість цього процесу. Термін біоконверсії методом активного компостування не перевищує 1–1,5 місяця. Отриманий у результаті бродіння продукт, без запаху, з низьким вмістом вологи і являє собою дрібнотекстурований матеріал, який може бути використаний як добрива» [14].

До переваг активного компостування належать: скорочені терміни компостування (1,5-2 місяці) [15]; зменшення капітальних витрат за рахунок зменшення майданчиків компостування (до 40%); низькі вимоги до кваліфікації працівників.

Пропонується «спосіб компостування із поєднанням анаеробного та аеробного процесів при зберіганні гною у буртах, що досягається використанням вуглеамонійної солі у кількості 3–4% від його маси. При цьому термін компостування гною скорочується. Насіння бур'янів у буртах, які оброблені вуглеамонійними солями, не проростає внаслідок втрати життєздатності. Застосування компостів, які заготовлені цим способом дозволяє підвищити врожайність сільськогосподарських культур за рахунок покращення якісних показників компосту». [16].

Недоліки активного компостування включають в себе: збільшення експлуатаційних витрат на використання додаткової техніки для аерації буртів

та закупівлі біопрепаратів; неможливість компостування за низьких температур; нестабільність процесу переробки у залежності від погодних умов; втрати азоту та інших поживних речовин; стоки, вилуговування і гідроліз впливають на рівень поживних речовин, а також втрати у НПС під час компостування [17]. Втрата поживних речовин може перешкоджати використанню компосту.

«За компостування у спеціальних ємностях виробництво компосту пришвидшується. Однак необхідно проводити його перемішування, подачу повітря і ретельний контроль за субстратом. Під час бродіння також втрачається аміак» [13].

«Для підвищення ефективності та зменшення часу переробки гною також використовують таку біотехнологію як вермикомпостування (переробка відходів за допомогою дощових черв'яків)» [18].

Пропонується «спосіб вермикомпостування при якому спочатку в сітчастих піддонах висотою не більше 200 мм і розміром вічок не менше 5 мм розміщують відповідно вермикомпост з вермикультурою, підстилковий гній, органічні і мінеральні наповнювачі (солома, ґрунт, дефекація тощо), причому вологість вказаних матеріалів повинна знаходитись в межах від 70 до 80%. Потім сітчасті піддони встановлюють один на одному, причому кожен сітчастий піддон з вермикомпостом з вермикультурою межує зверху або знизу одночасно з сітчастими піддонами відповідно з підстилковим гноем і піддоном з органічними і мінеральними наповнювачами з іншого боку. Вміст біомаси черв'яків у вермикомпості з вермикультурою складає 20 г на 1 кг маси матеріалів, які розміщені в суміжних сітчастих піддонах з підстилковим гноем і наповнювачем, а час вермикомпостування до перевстановлення сітчастих піддонів не перевищує 40 діб. Надалі створюються відповідні умови для вермикультивування: температура від 18 до 22 °С, вологість матеріалів 75% та аерування. У процесі вермикомпостування черв'яки з піддонів з вермикультурою через вічка переповзають в суміжні піддони, що спричиняє процес біодифузії – перенесення матеріалів з піддону в піддон і заселення їх мікробіотою, яка притаманна вермикультурі» [19] за таких умов самі черв'яки регулюють необхідне

перенесення мінеральних і органічних речовин. У процесі вермикомпостування шляхом зволоження та аерації створюються відповідні умови.

Вермикомпостування дозволяє отримати якісний біогумус. Однак ця технологія має певні недоліки, такі як: використовується для невеликих обсягів гною за значної тривалості компостування; необхідне відокремлення черв'яків від біогумусу та сезонність виробництва; відбуваються втрати поживних речовин через випаровування; значні трудовитрати.

«Пелетування, також спосіб, відомий як екструзія, перетворює свіжий гній у сухий, простий у користуванні, готовий продукт, який можна використовувати як добриво, кормові добавки або енергетичне паливо. Гній пресують при високих температурах і тиску, а потім проводять екструзію у штампі з утворенням гранул» [20].

Незважаючи на те, що гранули можуть бути отримані у великих кількостях, їх реалізація обмежується недостатніми ринками, і високими витратами на транспортування [21].

Пелетування – енерговитратний процес, для його реалізації потрібно досить дороге обладнання, а корисні властивості гною після пелетування, за використання пелет як добриво, значною мірою знижуються [22].

Для переробки гною також використовується анаеробне зброджування. Розкладання гною відбувається у безкисневому середовищі за допомогою бактерій. За таких умов виділяється біогаз.

В агровиробництві «біогаз являє собою комбінацію з метану, двоокису вуглецю, азоту, водню, окису вуглецю, кисню і сірководню. Близько 55–70% в біогазі – метан, а інша частина складається в основному з двоокису вуглецю. Як правило, азот, водень, окис вуглецю, кисень і сірководень знаходяться в невеликих кількостях» [23]. Метан у біогазі схожий на природний газ, і після очищення він може використовуватися для: спалювання у теплових установках, вироблення теплової та електричної енергії.

Цей метод дозволяє виробляти якісне добриво. Під час переробки, азот перетворюється в аміак, який є компонентом добрив та легко засвоюється

рослинами. Під час застосування такого добрива поверхневі і ґрунтові води не забруднюються. За анаеробної переробки відбувається знищення патогенних мікроорганізмів, насіння бур'янів, а також зменшується неприємний запах.

Пропонується спосіб виробництва біогазу з відходів тваринного походження, який включає попередню гомогенізацію відходів, подальшу їх сепарацію на компоненти (водночас частину рідкої фракції відводять самопливом), подачу компонентів відходів, які біологічно розкладаються у резервуар виробництва біогазу. Перед подачею компонентів у резервуар до їх складу додають тверду органічну речовину і утворюють з них ферментну масу. Масу подають у резервуар виробництва біогазу. Перед сепарацією порцію відходів поділяють на дві нерівні частини. Більшу частину направляють на сепарацію, а меншу безпосередньо у резервуар виробництва біогазу. Винахід дозволяє підвищити продуктивність біогазового комплексу та рівномірність режиму його роботи за значних змін кліматичних умов і характеристик вихідної сировини із одночасним забезпеченням надійності роботи резервуара виробництва біогазу при значному зниженні температури НПС [24].

Мяленко В. І. та ін. [25] рекомендують спосіб отримання біогазу з екскрементів тварин, при якому доводять субстрат до вологості 90% з подальшим подрібненням його до розміру часток від 0,5 до 0,7 см. Вводять органічний каталізатор і здійснюють зброджування в анаеробному середовищі і збір біогазу. У якості органічного каталізатора використовують відходи молочного виробництва в обсязі від 5% до 10% від маси органічного субстрату. Зброджування в анаеробному середовищі здійснюють за температури від +17 °С до 22 °С. За даного способу інтенсифікується процес метанового бродіння гною із збільшенням виходу біогазу і підвищеним вмістом метану в ньому.

Мельничук М. Д. та ін. пропонують «спосіб виробництва біогазу та органічних добрив при зброджуванні багатокomпонентного субстрату, що включає: процеси підготовки органічної сировини подрібненням і змішуванням рідкої та подрібненої твердої фаз субстрату; подачу одержаного субстрату до горизонтального ферментера; послідовне анаеробне зброджування субстрату у

горизонтальному ферментері; потім у вертикальному ферментері з наступним накопиченням та зберіганням одержаних біогазу – в газгольдері перед очисткою та енергетичним використанням, а органічних добрив після ферментації – у вертикальному сховищі перед внесенням на поля. За цього способу виробництва біогазу компоненти субстрату готують та піддають анаеробній ферментації диференційовано і таким чином, що тверда фаза органічної сировини у процесі підготовки піддається подрібненню та плющенню до часток не більших ніж 50 мм і зберігається в анаеробних умовах за температури від 4 до 24 °С до зброджування у вертикальному ферментері» [26].

До переваг анаеробного зброджування належать: виробництво якісного добрива (за переробки азот перетворюється в аміак, який є компонентом добрив та легко засвоюється рослинами, водночас за використання такого добрива поверхневі та ґрунтові води не забруднюються); за анаеробної переробки відбувається знищення патогенних мікроорганізмів і насіння бур'янів; анаеробне зброджування зменшує неприємні запахи; біогаз, що одержаний за анаеробного зброджування, може бути використаний для вироблення генератором електроенергії [27], яка може використовуватися на фермі або для реалізації.

Недоліком даного методу є великі початкові витрати [28].

Сучасні ефективні технології утилізації побічних продуктів тваринного походження повинні відповідати наступним вимогам: проводитися у нетривалі терміни і з незначними трудовитратами, бути доступними та економічно ефективними, зменшувати негативний вплив на НПС, надійно знезаражувати відходи тваринництва і зменшувати їх неприємний запах, забезпечувати максимальне збереження поживних речовин у отриманих добривах.

Таким чином, технології переробки побічних продуктів тваринного походження з найменшим негативним впливом на НПС дорогі і не завжди доступні господарствам. Тому для удосконалення і впровадження найкращих технологій необхідна фінансова державна підтримка.

1.2. Вплив компосту з гною ВРХ на родючість ґрунту

На даному етапі «розвиток тваринництва та удосконалення методів утримання великої кількості тварин на обмеженій території призводять до утворення значних обсягів відходів тваринництва» [31]. Сьогодні «найбільшим за масою відходом у скотарстві є гній. За рік від однієї ферми ВРХ (1000 голів) вихід гною становить 30–40 тис. т. Гній є потенційно небезпечним джерелом забруднення довкілля, містить важкі метали, насіння бур'янів, яйця гельмінтів та патогенну мікрофлору. Від нього у повітря потрапляють парникові гази – закис азоту та метан» [32, 33]. Одним з найбільш широко застосовуваних у сільському господарстві способів утилізації відходів тваринництва є компостування. Удосконалення його процесів дозволить запобігти забрудненню навколишнього природного середовища, підвищити родючість ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур, що є важливим завданням агрохімічних досліджень.

Метою досліджень було проаналізувати вплив компосту з гною ВРХ на родючість ґрунту.

Компостування – це природний аеробний процес розкладання органічних відходів в аеробних (з доступом кисню) умовах за участю ґрунтових бактерій. Протилежним компостуванню є анаеробний (без кисневий) розклад органіки або процес гниття. В агровиробництві «продукт компостування або компост – багате гумусом добриво, яке збагачує ґрунт поживними речовинами. При дотриманні умов технології у компостній ямі через 12–24 місяців можна отримати готовий компост» [34].

Зазвичай «компост складається з двох основних компонентів; один з них, як правило, – гній, який досить багатий на поживні речовини, мікрофлору та містить значну кількість легкорозчинних азотовмісних органічних сполук. Інший – торф, солома тощо» [35].

Гній ВРХ у своєму складі містить (на 1 кг маси): азот загальний – 5,1 г; кальцій (оксид) – 4,0 г; фосфор (оксид) – 2,7 г; калій (оксид) – 5,0 г та інші речовини [36, 37] (табл.).

Таблиця 1.1

Вміст основних поживних речовин у гноєві ВРХ та компості

| Варіант | Органічна речовина, % | N, % | NH ₄ ⁺ , % | P _{заг.} , % | K ₂ O, % | CaO, % | SO ₄ ²⁻ , % | pH |
|----------|-----------------------|---------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------|-----------------------------------|------|
| Гній ВРХ | 19,97 ±0,61 | 0,51 ±0,01 | 0,12 ±0,01 | 0,27 ±0,01 | 0,50 ±0,01 | 0,40 ±0,02 | 0,05 ±0,01 | 8,08 |
| Компост | 23,76 ±0,95 | 0,72 ±0,01 | 0,11 ±0,01 | 0,35 ±0,02 | 0,53 ±0,01 | 0,43 ±0,02 | 0,11 ±0,01 | 6,71 |

У компості порівняно з гноєм збільшується вміст елементів живлення для рослин, зокрема загального азоту на 29,2%, фосфору – 22,9% та калію – 5,7% [38, 39].

Компости, у порівнянні з рослинними залишками та гноєм, вивільняють поживні речовини повільніше і мають більш тривалий ефект. Вони покращують повітряний і водний режими ґрунту, підвищують його біологічну активність, позитивно впливають на родючість, а також є джерелом корисної мікрофлори. В них «середня норма за суцільного внесення становить 10-25 т/га. За такої норми на 1 га потрапляє приблизно 220-470 кг основних елементів живлення. За локального внесення норма становить 8–11 т/га» [5].

За даними окремих науковців «застосування 30 і 60 т гною у сівозміні і побічної продукції рослинництва сприяє найінтенсивнішому накопиченню запасів гумусу в орному і підорному шарах ґрунту 0–40 см шарі (до 69,8–71,6 т/га порівняно з контролем – 48,7 т/га), до того ж спостерігається збагачення гумусу азотом. Аналіз розподілу гумусу в ґрунтовому профілі свідчить про негативну динаміку у нижчих шарах. Застосування органічних добрив сприяє покращенню поживного режиму сірого лісового ґрунту – відбувається зростання

вмісту гідролізованого азоту на 15–22%, рухомих сполук фосфору – на 30–57 та калію – на 21–51% порівняно з контролем» [53].

Отже, за використання компостів для удобрення ґрунту у ньому збільшується вміст органічних речовин (які відіграють важливу роль у його родючості), збільшується кількість корисної мікрофлори, покращується повітряний і водний режими та підвищується біологічна активність, що корисно для агровиробництва та навколишнього природного середовища.

1.3. Продуктивність та якість зерна ячменю ярого залежно від застосування компосту

Використання органічних добрив та нетоварної частини урожаю, дозволяє підвищити родючість ґрунту та створити оптимальні умови для росту та розвитку рослин [40]. До органічних добрив відносять гній, компости, солому, торф та ін. [41]. Зокрема, гній та компости, які вироблені і заготовлені малими товаровиробниками (фермерськими господарствами) відносяться до місцевих органічних добрив [42]. «Компости готують із різних органічних матеріалів (неуражених шкідниками та хворобами рослинних залишків, пташиного посліду, гною та ін.). Органічні матеріали складають у пухку купу (штабель) на рівній поверхні, перешаровуючи дерновою землею або торфом. Основою купи служить підстилка з листя, тирси або торфу шаром 10–12 см. Періодично купу зволожують водою або розчином добрив, через 40–50 діб компост перемішують, а коли його температура досягне +60 °С – ущільнюють» [43]. «Сьогодні компостування вважається найбільш екологічною та економічною технологією утилізації відходів тваринництва і птахівництва з метою отримання на їх основі органічних добрив високої якості» [44].

Використовуючи компост для удобрення ґрунту покращується його структура та повітряний і водний режими. Компост – повноцінне багатокомпонентне добриво, що містить усі макро- та мікроелементи, необхідні для життя рослин. Разом із компостом у ґрунт потрапляють корисні

мікроорганізми, які покращують стан кореневої системи, що позитивно впливає на здоров'я рослин. Разом із компостом ми також забезпечуємо ґрунт найважливішим компонентом – гумусом. В органічному виробництві компост є одним із основних добрив [45].

Під час компостування зменшується запах отриманого органічного добрива, гинуть бактеріальні патогени та знижує життєздатність насіння бур'янів [46].

«Для збільшення виходу гною літні табори та загони для худоби вистилають соломою шаром завтовшки 20–30 см. Коли солома перемішається з екскрементами і сечею, її замінюють. Одержаний гній вигортають бульдозером і складають у кагати. Для зменшення втрат аміачного азоту до гною можна додавати до 20% ґрунту. Такий компост, як свідчать дані дослідних установ, забезпечує дещо більший приріст урожаю сільськогосподарських культур» [35].

Середня норма «за суцільного внесення компосту становить 10–25 т/га. За такої норми на 1 га потрапляє приблизно 220–470 кг основних елементів живлення (NPK), що дає змогу взагалі не застосовувати мінеральні добрива. За локального внесення норма дорівнює 8–11 т/га» [43].

Науковцями визначено, що «збільшення дози пташиного перегною з 2-х до 7-ми т/га позитивно впливають на продуктивність ярого ячменю, а вищі дози викликають незначне пригнічення посівів та зниження врожайності при внесення 8, 9, 10 т/га пташиного компосту на 19,2, 5,8 та 3,5 % відповідно. Найбільш ефективною дозою внесення пташиного перегною на посівах ячменю ярого – 7 т/га» [47].

Органічні добрива збільшують врожайність і покращують якість продукції сільськогосподарських культур [48], зокрема зернових [49]. До показників якості зерна відносять: колір, запах, смак, вологість, натурна маса, маса 1000 зерен, склоподібність зерна, вміст основного зерна та домішок, зараженість, пошкодження шкідниками та свіжість зерна [50, 51].

Зерно ячменю ярого, яке вирощене за екологічної та біологічної систем землеробства та різних систем основного обробітку ґрунту відповідає вимогам

якості, які необхідні для використання його в продовольчих та кормових цілях [52].

Отже, за використання органічних добрив для удобрення ґрунту збільшують врожайність і покращують якість продукції зернових культур.

РОЗДІЛ 2.

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце досліджень та ґрунтово-кліматичні умови

Відомо, що Тернопільщина є переважно аграрною областю, оскільки саме ця галузь складає майже 60% валового внутрішнього продукту. Водночас у сільськогосподарській сфері області працюють майже 14880 мешканців. Тому є важливо підтримувати та стимулювати розвиток цієї галузі, яка забезпечує створення нових робочих місць та наповнення бюджетів. За даними Державної служби статистики в Тернопільській області у 2023 році зареєстровано 1074 фермерських господарств, які обробляють понад 20% всіх сільськогосподарських земель. Із загальної кількості діючих фермерських господарств, 75% мають в обробітку земельні ділянки площею до 100 гектарів. Хоча вони і рахуються дрібними, проте забезпечують значну кількість робочих місць. У Борщівському районі господарюють 100 фермерських господарств і це лише 0,2% від загальної їх кількості по Україні.

Господарство ТОВ «Інтубус» знаходиться у м. Борщів Тернопільської області. Господарство створене майном засновника з метою одержання прибутку відповідно до законодавства України. Воно має самостійний баланс, поточний та валютний рахунок в банку, печатку, штамп, емблему.

Основними видами діяльності є вирощування основних зернових і бобових культур та насіння олійних культур; лісозаготівля і дослідження та експериментальні наукові розробки у сфері інших природничих і технічних наук.

Допоміжна діяльність у рослинництві; гуртова торгівля зерном і кормами для тварин; надання в оренду сільськогосподарських машин, устаткування та вантажних автомобілів.

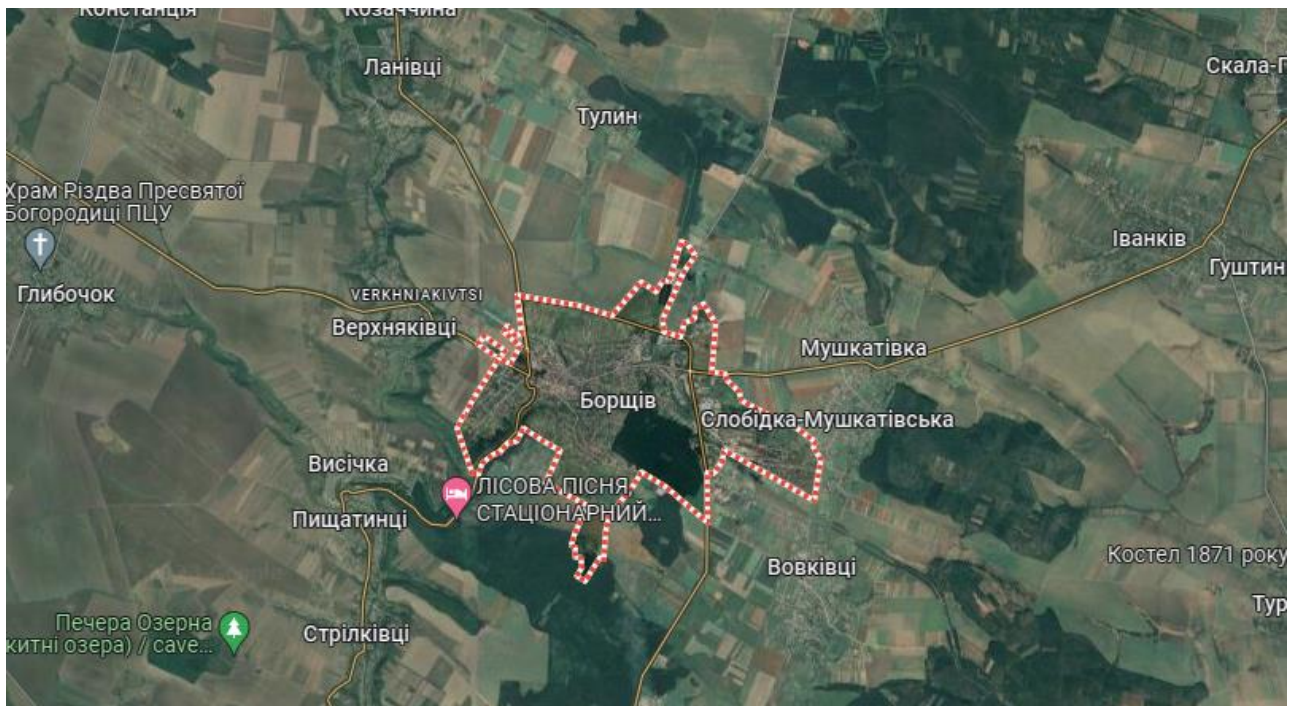


Рис. 2.1. Територіальне розташування бази дослідження

Аналізуючи кліматичні умови 2023 року та території бази дослідження можна відмітити, що сума середньодобових позитивних температур повітря дорівнює 1930–3060 °С. Середньорічна кількість опадів 500–550 мм., амплітуда мінімальних і максимальних температур – 7,3 °С (від +45 до –37 °С). Клімат на досліджуваній території є помірно-континентальний. Кількість днів з опадами істотно коливається за місяцями.

Досліджувана територія характеризується: 1) помітним спаданням річних опадів (від 650 мм в лісовій зоні до 450–500 мм); 2) різким підвищенням $T^{\circ}\text{C}$ повітря порівняно з зоною лісів. Зона має порівняно теплий і місцями навіть сухий клімат. Зростають літні температури і тривалість теплого сезону. За період з температурою більше +10 °С сума середніх добових температур зростає до 2400–2600 °С на сході зони і до 2500–2700 °С на південному заході. Безморозний період, як правило, триває 150–160 днів на сході і 165 днів на заході.

Таблиця 2.1

Метеорологічні умови бази дослідження за 2023 рр.

| Основні показники | Роки | Місяці | | | | | | | | | | | | За рік |
|------------------------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
| Температура повітря °С | 2023 | 1,1 | 0,6 | 4,9 | 8,4 | 15,8 | 18,4 | 21,2 | 21,7 | 18,3 | 11,6 | 4,5 | -2,4 | 9,1 |
| Відносна вологість, % | 2023 | 89 | 87 | 65 | 82 | 59 | 73 | 68 | 75 | 84 | 90 | 67 | 91 | 75 |
| Кількість опадів, мм | 2023 | 34,6 | 51,4 | 37,8 | 67,2 | 11,7 | 60,1 | 64,3 | 68,5 | 5,9 | 50,9 | 58,2 | 25,6 | 506,2 |

Рельєф зони є різноманітний: присутні рівнинні ділянки й похилі. Схили мають крутизну і різну форму. Відсутність схилів великої крутизни на орних ґрунтах господарства дозволяє використовувати механізми для виконання с/г робіт.

На ділянках виділено декілька ґрунтових різновидностей. Серед ґрунтів найбільш розповсюджені сірі опідзолені, темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені. Ґрунтоутворюючі породи на землях ТОВ «Інтубус» в основному представляють лісовидні породи. Вони займають підвищені ділянки. Присутність цих порід обумовлює формування родючих ґрунтів.

Найбільш придатними для ячменю ярого є ґрунти, які мають невисоку об'ємну масу (не більше $1,25 \text{ г/см}^3$), з діапазоном реакції ґрунтового середовища (рН 6,5–7,0), високий загальний вміст калію (не менше 2%), супіщані, легко і середньосуглинистий гранулометричний склад (чорноземи, темно-сірі опідзолені, сірі лісові ґрунти) [54], які легко розрихлюються, достатньо насичуються повітрям та швидко прогріваються навесні.

Удобрення та живлення ячменю суттєво впливають на врожайність та якість рослинної продукції. Якщо у ґрунті не міститься достатньої кількості доступних поживних речовин, тоді не можливо очікувати високого та якісного врожаю [55]. З усіх зернових культур ярий ячмінь найбільш чутливо реагує на

нестачу поживних речовин у ґрунті і підживлення мінеральними добривами дає позитивний ефект.

Для пивоварного ячменю за врожайності близько 5 т зерна на гектар з ґрунту виноситься близько 110 кг азоту, 24 кг фосфору, 90 кг калію, 30 кг кальцію та 9 кг магнію. Ярий ячмінь отримує більшу частину поживних речовин за дуже короткий період часу, близько шести тижнів [56].

До початку виходу у трубку ячмінь отримує до 54% азоту, 46% фосфору, 63% калію, 50% кальцію та 33% магнію від загальної кількості поживних речовин [57].

2.2. Схема закладання дослідів, методи та методика проведення досліджень

Головним джерелом вологи в ґрунті є переважаючі опади, які складають в середньому 506,2 мм на рік. Таким чином, погодні умови, що склалися в роки проведення досліджень цілком характерні для зони Західного Лісостепу України і відображають нестабільність гідротермічних режимів вегетації ячменю ярого в цій зоні. Досліджуваний 2023 рік був сприятливим для росту та розвитку рослин ячменю.

Попередник ячменю ярого (*Hordeum vulgare L.*) була кукурудза на зерно після озимої пшениці. Обробіток ґрунту під ячмінь ярий включав лущення дисковими лущильниками ЛДГ-15 на глибину 6–8 см, оранку плугами з передплужниками на глибину 20–22 см. Передпосівна обробка ґрунту полягала в ранньовесняному боронуванні зубовими боронами у два сліди та передпосівної культивування на глибину 5–6 см. Посів проводили в другій декаді травня, норма висіву 5,0 млн. схожого насіння, сівалкою СН-16. Потім ґрунт прикочували кільчастими котками ЗКК-3А. Збирали ячмінь ярий – прямим комбайнуванням (однофазний спосіб).

Орний шар ґрунту (0–30 см) характеризується такими агрохімічними показниками: уміст гумусу 2,3–2,7%, реакція ґрунтового розчину слабокисла –

(рН 5,7–6,3), гідролітична кислотність 2,3–3,9 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насичення основами 78–92%, азот (за Корнфільдом) – 53,5 мг/кг; рухомого фосфору (за методом Чирикова) – 89,0 мг/кг і обмінного калію (за методом Мачигіна) – 103 мг/кг ґрунту. Визначення основних елементів проводилось згідно діючих стандартів: ДСТУ 7863:2015: Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда [60]. «ДСТУ 4115:2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова [61]. ДСТУ 4114–2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна [62]. ДСТУ ISO 14254:2005. Якість ґрунту. Визначення обмінної кислотності в хлоридно-барійових екстрактах» [63].

Компост вносили перед посівом ячменю рівномірно розподіляючи і закладаючи вручну лопатою. Ґрунт дослідного поля сірий лісовий. Посівна площа ділянки – 35 м², облікова – 30 м². Попередником під час вирощування ячменю ярого (*Hordeum vulgare L.*) Результати досліджень наведено в табл.

Під час приготування досліджуваного компосту на бетонний майданчик транспортним засобом завозили пшеничну солому. Розподіляли солому по поверхні майданчика для компостування шаром 0,5 м та зволожували її водою (доводячи вологість до 75–80%). Після цього на поверхню соломи наносили шар гною ВРХ завтовшки 0,3 м (вологістю 30–40%). Також додали 1% фосфоритного борошна від загальної маси соломи та гною. У подальшому цю масу перемішували бульдозером і розрівнювали для формування наступного шару. Багатошаровий бурт формувався шириною 3 м, висотою 1,5 м і довжиною 15 м. По завершенні формування бурту його покривали шаром пшеничної соломи товщиною 0,5 м. Масу п'ять разів перелопачували та зрошували водою протягом процесу компостування, який тривав 4 місяці. Готовий компост зберігали у буртах 1 рік.

Виходячи з мети досліджень, розв'язання поставлених завдань, польові досліді проводили за схемою наведеною в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Схема досліду

| Фактор А – сорти | Фактор В – дози компосту з гною ВРХ, т/га |
|------------------|---|
| Себастьян | I – 4 т/га; II – 8 т/га; III – 12 т/га; IV – 16 т/га; V – 20 т/га |
| Геліос | I – 4 т/га; II – 8 т/га; III – 12 т/га; IV – 16 т/га; V – 20 т/га |
| Вакула | I – 4 т/га; II – 8 т/га; III – 12 т/га; IV – 16 т/га; V – 20 т/га |

Найефективнішим інструментом інтенсифікації рослинництва нині залишається сорт. «Зростання валового виробництва зерна пшениці та ячменю (озимої та ярої форм) можливе за рахунок використання товаровиробниками насіння високоврожайних і високоінтенсивних сортів зернових колосових культур. Наукові дослідження та практичні результати аграріїв свідчать про те, що лише за рахунок сорту можна підвищити врожайність на 20–25% та стабілізувати рентабельність товарного зерна щонайменше на рівні 20%» [58]. У досліджах висівали три сорти ярого ячменю.

Себастьян – інтенсивний ярий сорт, який дає стабільний і високий урожай. Адаптований для вирощування в Україні ще з 2008 року. Виведений методом схрещування. Різновид – *nutans*.

Себастьян відрізняється високим куцненням і потребує дуже ранніх строків сівби.

Оригінатор: Сейет Плантефоредлінг І/С, Данія.

Потенційна врожайність 85–95 ц/га. Рекомендовані зони вирощування: Полісся, Лісостепова та Степової зони України.

Різновид – дворядний. Група стиглості – середньостиглий.

Вегетаційний період – 87–95 днів. Маса 1000 зерен 45,0–46,2 г.

Стійкість до, бал: вилягання – 7,9; осипання – 8,6; посухи – 7,9.

Висота рослин – середньорослий (59–66 см).

Норма висіву 3,9–4,4 млн. /га.

Стійкість до хвороб, бал: гельмінтоспоріоз – 7,8; борошниста роса – 8,4.

Вміст білка 10,7–11,5%.

Урожайність у компанії «Агропродсервіс»: 2018 р. – 75,7 ц/га; 2019 р. – 71,8 ц/га; 2020 р. – 67,9 ц/га; 2021 р. – 69,0 ц/га.

Екстрактивність речовин 80–82%.

Геліос – високоінтенсивний сорт шестирядного ячменю. Занесений до реєстру сортів рослин України з 2006 року для Лісостепу й Полісся. Універсального призначення.

Оригіатор: ЗАТ Селена.

«За даними Державного сортовипробування 2003–2005 рр. середні врожаї в зонах Лісостепу й Полісся становили 50,8–55,1 ц/га. Знижена фотоперіодична чутливість, що дозволяє сорту забезпечувати високий врожай за різних строків настання весни й у різних широтних зонах. Висока посухостійкість, яка зумовлена генетично контрольованим показником СОД-s 2 посухо-, соле- та кислотостійкості. Групова стійкість до летючої і кам'яної сажок, борошнистої роси, смужкового гельмінтоспоріозу, карликової іржі. Стійкий до вилягання, середньостиглий, дозріває на 3–5 днів пізніше Вакули, краще кущиться, має більш довгий колос, тому в умовах достатнього вологозабезпечення дає вищі врожаї з прибавками до 10 ц/га. Висока енергія проростання, тонкоплівчастість, невисокий вміст білка дозволяють використовувати сорт у пивоварній промисловості. Різновидність *ricotense*» [59].

Вакула – сорт ярого ячменю з підвищеною адаптивністю до умов вирощування, що змінюються. Шестирядний. Оригіатор – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіння та сортовивчення НААН, м. Одеса.

Сорт виведений за програмою селекції на підвищену адаптивність до умов вирощування, що змінюються в Україні. У реєстрі сортів рослин України від 2003 року для всіх кліматичних зон. Цінний для виготовлення продуктів

харчування має високий вміст β -глюканів, що знижують вміст холестерину крові, антиракова профілактика кишечника.

Господарські та біологічні характеристики:

– «за даними державного сортовипробування – найврожайніший сорт України. Середня врожайність у держсортівипробуванні за роки вивчення – 5,0 т/га. Максимальний урожай – 9,2–9,6 т/га;

– знижена фотоперіодична чутливість, що дозволяє сорту забезпечити високий урожай за різних термінів приходу весни та у різних широтних зонах;

– висока посухостійкість (8-9 балів) обумовлена генетично контрольованим показником СОД-s2 засухо-, соле- та кислотостійкості;

– групова стійкість до леткої сажі (8–9 балів), борошнистої роси (7–8 балів) смужкового гелмінтоспоріозу (8–9 балів);

– стійкий до вилягання (7–8 балів). Середньостиглий;

– велике зерно, вирівняне, маса 1000 зерен (44–50 г).

Апробаційні ознаки: різновид *pallidum*. Колос шестирядний, середньої довжини (7–9 см), нещільний (10–11 члеників на 4 см колосового стрижня), неламкий, слабо пониклий, прямокутної форми з переходом у ромбічну, солом'яно-жовту. Ости довгі (14–18 см), злегка розлогі, тонкі, еластичні, слабо зазубрені, при обмолоті легко відокремлюються. Колоскова луска тонка, вузька, без опушення. Квіткова луска тонко зморшкувата, нервація добре виявлена, із зубчиками, перехід в острів поступовий. Основна щетинка зерна довго волосяна. Кущ прямостоячий, лист не опушений, проміжний, зелений. Висота рослин 70–80 см. Зерно велике, видовжено-овальної форми, світло-жовте, вирівняне» [59].

2.3. Технологія вирощування ячменю ярого в досліді

Ярий ячмінь є дуже «вимоглива культура до ґрунтової родючості, що можна пояснити коротким вегетаційним періодом (90–100 днів) і надмірно швидким засвоєнням елементів живлення, а також слаборозвинutoю кореневою системою (особливо на початкових періодах росту й розвитку) з низьким рівнем

засвоєння важкодоступних форм живлення. Тому важливою умовою інтенсивного росту й розвитку ячменю є достатнє забезпечення його легкокорозчинними сполуками поживних речовин на початкових фазах життя – від проростання до виходу в трубку. До фази виходу в трубку він споживає майже 67% калію, приблизно 46% фосфору, а також більшу частину потреби азоту за весь вегетаційний період. До початку цвітіння ячмінь поглинає 80–85% поживних речовин з ґрунту. Тому дуже важливо, щоб рослини були забезпечені поживними речовинами від початку свого розвитку, адже компенсувати їхню нестачу в подальшому майже неможливо» [29, 30].

Під час польових досліджень проводили спостереження, обліки та лабораторні аналізи. Фенологічні спостереження та біометричний аналіз рослинних зразків здійснювали за загальноприйнятими методиками [64, 65, 72, 73, 74]. Визначення урожайності зерна проводили згідно структурного аналізу.

Визначення показників якості зерна проводили згідно із ДСТУ 3769-98 [66] та ДСТУ ISO 5983:2003 [67]. Визначення вмісту крохмалю – поляриметричним методом за Еверсом [68].

Під час оцінювання ефективності застосування добрив спочатку визначали умовний чистий прибуток. Різниця між вартістю додаткової продукції (ВДП) і витрати на застосування добрив (ВЗД) дає умовний чистий прибуток (УЧП), що одержаний від застосування добрив: $УЧП = ВДП - ВЗД$. Чим більший умовний чистий прибуток і збільшення врожаю з одиниці посівної площі, тим вища економічна ефективність застосування добрив. Вартість додаткової продукції врожаю від застосування органічного добрива визначали за середніми фактичними цінами реалізації ярого ячменю, що склалися на ринку по різних каналах збуту у VI кварталі 2023 р. [69, 70, 71].

Отримані результати експериментальних досліджень в господарстві обробляли статистично з використанням програм Microsoft Excel.

РОЗДІЛ 3.
АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОТРИМАННЯ ОРГАНІЧНИХ
ДОБРІВ ТА ВПЛИВ КОМПОСТУ З ГНОЮ ВРХ НА
ВРОЖАЙНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

3.1. Аналіз енергоефективності отримання органічних добрив з гною ВРХ

Визначено витрати часу і енергії під час компостування гною ВРХ (табл. 3.1).

З'ясовано, що енергоефективність виробництва компосту з гною ВРХ становить $0,39 \pm 0,08$ МДж/кг. Під час їх виробництва 1 т компосту, у середньому витрачається $7,0 \pm 1,6$ л дизельного палива з енергетичною цінністю $384,2 \pm 78,6$ МДж і вартістю ($195,3 \pm 44,6$ грн.) $195,3 \pm 44,6$ грн., а також $6,3 \pm 0,6$ людино-годин (378 ± 36 грн.) з оплатою 378 ± 36 грн. Загальна вартість енергії (дизельного палива і людської) під час виробництва 1 т компосту становить $573,3 \pm 80,6$ грн.

Вміст енергії у гноєві ВРХ становить 245–920 МДж/т [18]. Для отримання 1 т компосту використовується 1,4–1,6 т гною з вмістом енергії 770–880 МДж. Загальні витрати енергії під час одержання тони компосту з гною ВРХ складають 1161,5–1271,5 МДж.

Таблиця 3.1

Витрати часу і енергії під час виробництва 1 т компосту

| № п.п. | Вид виробничого процесу | Час виробничого процесу, хв. | Витрати пального (дизель), л | Енергія палива, МДж | Енергія працівників | | Загальна енергія, МДж |
|--------|--|------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|-------------|-----------------------|
| | | | | | люд. год. | МДж | |
| 1. | транспортування гною та формування буртів | 16,0–22,0 | 1,0–1,4 | 47,7 –66,8 | 0,6 –0,9 | 0,8 –1,1 | 48,5 –67,9 |
| 2. | заправка ємності водою та її транспортування | 20,3–29,0 | 1,2–1,7 | 57,3 –81,1 | 0,4 –0,5 | 0,5 –0,6 | 57,8 –81,7 |
| 3. | перемішування компосту та поливання його водою | 45,0–80,0 | 2,4–4,3 | 114,5 –205,1 | 0,3 –0,6 | 0,4 –0,8 | 114,9 –205,9 |

| | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------|---------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|
| 4. | накриття бурту | 17,5–23,0 | – | – | 0,3 –0,4 | 0,4 –0,5 | 0,4 –0,5 |
| 5. | просушування компосту | 15,0–20,0 | 0,9–1,2 | 43,0 –57,3 | 0,6 –0,8 | 0,8 –1,0 | 43,8 –58,3 |
| 6. | пакування | 57,0–63,0 | 0,8–1,1 | 43,0 –52,5 | 4,1 –4,4 | 3,7 –4,0 | 46,7 –56,5 |
| Всього | | 170,8–237,0 | 6,3–9,7 | 305,5 –462,8 | 6,3 –7,6 | 6,6 –8,0 | 312,1 –470,8 |
| Відсоток виду енергії | | – | – | 98,1 | – | 1,9 | 100 |

Проведно аналіз енергоефективності вермикомпостування гною ВРХ. Виначено витрати часу і енергії під час підготовки субстрату для виробництва 1 т вермикомпосту (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Витрати часу і енергії під час підготовки субстрату для виробництва 1 т вермикомпосту

| № п.п. | Вид виробничого процесу | Час виробничого процесу, хв. | Витрати пального (дизель), л | Енергія палива, МДж | Енергія працівників | | Загальна енергія, МДж |
|-----------------------|--|------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|-------------|-----------------------|
| | | | | | люд. год. | МДж | |
| 1. | транспортування гною та формування буртів | 15,0–20,6 | 0,9–1,3 | 43,0 –62,0 | 0,6 –0,8 | 0,8 –1,0 | 43,8 –63,0 |
| 2. | заправка ємності водою та її транспортування | 17,6–28,8 | 0,5–0,8 | 23,9 –38,2 | 0,2 –0,3 | 0,2 –0,3 | 24,1 –38,5 |
| 3. | перемішування буртів та поливання їх водою | 39,1–69,4 | 1,1–1,9 | 52,5 –90,7 | 0,1 –0,3 | 0,2 –0,3 | 52,7 –91,0 |
| 4. | накриття бурту | 7,6–10,0 | – | – | 0,2 –0,3 | 0,2 –0,3 | 0,2 –0,3 |
| Всього | | 79,3–128,8 | 2,5–4,0 | 119,4 –190,9 | 1,1 –1,7 | 1,4 –1,9 | 120,8 –192,8 |
| Відсоток виду енергії | | – | – | 98,9 | – | 1,1 | 100 |

Встановлено, що енергоефективність підготовки субстрату з гною ВРХ для подальшого вермикомпостування становить $0,16 \pm 0,04$ МДж/кг. Під час підготовки 1 т субстрату, у середньому витрачається $3,3 \pm 0,8$ л дизельного палива

з енергетичною цінністю $155,2 \pm 35,8$ МДж і вартістю ($3,3 \pm 0,8$ л \times 27,9 грн. = $92,1 \pm 22,3$ грн.) $92,1 \pm 22,3$ грн., а також $1,4 \pm 0,3$ людино-годин ($1,4 \pm 0,3 \times 60$ грн. = 84 ± 18 грн.) з оплатою 84 ± 18 грн. Загальна вартість енергії (дизельного палива і людської) під час виробництва 1 т підготовки субстрату для його подальшого вермикомпостування становить $176,1 \pm 40,3$ грн.

Визначено витрати часу та енергії під час вермикультивування попередньо підготовленого субстрату для виробництва вермикомпосту (табл. 3.3).

Таблиця 33

Витрати часу та енергії під час вермикультивування 1 т субстрату

| № п.п. | Вид виробничого процесу | Час виробничого процесу, хв. | Витрати пального (дизель), л | Енергія палива, МДж | Енергія працівників | | Загальна енергія, МДж |
|-----------------------|---|------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------|-----------------------|
| | | | | | люд. год. | МДж | |
| 1. | формування вермилож та заселення їх вермикультурою | 19,2–25,6 | 1,2–1,5 | 57,3–71,6 | 0,8–1,0 | 1,0–1,3 | 58,3–72,9 |
| 2. | заправка ємності водою та її транспортування | 39,2–64,0 | 1,2–1,9 | 57,3–90,7 | 0,4–0,5 | 0,5–0,6 | 57,8–91,3 |
| 3. | перемішування буртів та поливання їх водою | 86,9–154,6 | 2,3–4,1 | 109,7–195,6 | 0,3–0,5 | 0,4–0,8 | 110,1–196,4 |
| 4. | накриття бурту | 16,9–22,3 | – | – | 0,5–0,7 | 0,4–0,6 | 0,4–0,6 |
| 5. | відділення черв'яків від вермикомпосту просушування біогумусу | 20,6–27,5 | 1,3–1,6 | 62,0–76,3 | 0,9–1,1 | 1,1–1,4 | 63,1–77,7 |
| 6. | пакування | 58,6–61,7 | 0,8–1,0 | 38,2–47,7 | 4,2–4,4 | 3,8–4,0 | 42,0–51,7 |
| Всього | | 241,4–355,7 | 6,8–10,1 | 324,5–481,9 | 7,1–8,2 | 7,2–8,7 | 331,7–490,6 |
| Відсоток виду енергії | | – | – | 98,1 | – | 1,9 | 100 |

Енергоефективність процесу вермикультивування складає $0,41 \pm 0,08$ МДж/кг. Під час вермикультивування 1 т субстрату, у середньому витрачається $8,5 \pm 1,7$ л дизельного палива з енергетичною цінністю $403,2 \pm 78,7$ МДж і вартістю ($8,5 \pm 1,7 \times 27,9$ грн. = $237,2 \pm 47,4$ грн.) $237,2 \pm 47,4$ грн., а також $7,7 \pm 0,6$ людино-годин ($7,7 \pm 0,6 \times 60$ грн. = 462 ± 36 грн.) з оплатою 462 ± 36 грн. Загальна вартість енергії (дизельного палива і людської) під час вермикультивування 1 т субстрату становить $699,2 \pm 83,4$ грн.

Таким чином, енергоефективність виробництва 1 т вермикомпосту складає $0,57 \pm 0,12$ МДж/кг, а загальна вартість енергії (дизельного палива і людської) становить $875,3 \pm 123,7$ грн.

Для отримання 1 т вермикомпосту використовується $1,3-1,4$ т гною ВРХ з вмістом енергії $757,3-815,5$ МДж. Загальні витрати енергії під час одержання тони вермикомпосту складають $1168,5-1226,7$ МДж.

Визначено витрати часу та енергії під час виробництва органічних добрив з гною ВРХ шляхом термічного сушіння (табл. 3.4).

Під час виробництва органічних добрив з гною ВРХ шляхом сушіння використовується, в основному електрична енергія. Також меншою мірою енергія працівників. Встановлено, що енергоефективність виробництва органічних добрив шляхом термічного сушіння становить $0,23 \pm 0,01$ МДж/кг. Під час виробництва 1 т органічних добрив шляхом сушіння, у середньому витрачається $56,0 \pm 2$ кВт год електричної енергії ($56,0 \pm 2$ кВт год $\times 1,85$ грн. = $103,6 \pm 3,7$ грн.) вартістю $103,6 \pm 3,7$ грн. та $16,1 \pm 0,6$ людино-годин ($16,1 \pm 0,6$ люд. год. $\times 60$ грн. = $966,0 \pm 36$ грн.) з оплатою $966,0 \pm 36$ грн.

. Загальна вартість енергії (електричної і людської) під час виробництва 1 т органічних добрив з використання сушарок гною становить $1069,6 \pm 39,7$ грн. Найбільш енергозатратною операцією є подрібнення, на яке витрачається $56,7\%$ загальних витрат енергії.

Таблиця 3.4

Витрати часу і енергії під час виробництва 1 т органічних добрив шляхом термічного сушіння

| № п.п. | Вид виробничого процесу | Час виробничого процесу, год. | Електрична енергія | | Енергія працівників | | Загальна енергія, МДж |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------|---------------------|-----------|-----------------------|
| | | | кВт год | МДж | люд. год. | МДж | |
| 1. | транспортування і сортування гною | 0,8–1,0 | 0,1–0,3 | 6,7–13,3 | 4,3–4,6 | 3,8–4,2 | 10,5–17,5 |
| 2. | подрібнення | 0,9–1,0 | 10,2–10,9 | 36,6–39,2 | 1,9–2,0 | 1,7–1,8 | 38,3–41,0 |
| 3. | витримування | 0,7–0,8 | – | – | 3,7–4,0 | 3,5–3,7 | 3,5–3,7 |
| 4. | сушіння | 0,9–1,0 | 9,1–9,7 | 32,6–34,9 | 1,9–2,0 | 1,7–1,8 | 34,4–36,8 |
| 5. | подрібнення | 0,9–1,0 | 23,7–25,4 | 85,3–91,2 | – | – | 85,3–91,2 |
| 6. | перемішування | 0,9–1,0 | 6,4–6,8 | 23,2–24,8 | – | – | 23,2–24,8 |
| 7. | пакування | 0,9–1,0 | 4,5–4,8 | 16,3–17,4 | 3,7–4,0 | 3,5–3,7 | 19,6–21,0 |
| Всього | | 6,0–6,8 | 54,0–57,9 | 200,7–220,8 | 15,5–16,6 | 14,2–15,2 | 214,8–236,0 |
| Відсоток виду енергії | | – | – | 93,5 | – | 6,5 | 100 |

Для отримання 1 т органічних добрив шляхом термічного сушіння використовується 1,5–1,6 т гною ВРХ з вмістом енергії 873,8–932,0 МДж. Загальні витрати енергії під час одержання тони таких органічних добрив складають 1088,6–1168,0 МДж.

Проведено аналіз енергоефективності отримання гранульованих органічних добрив з гною ВРХ (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Витрати часу і енергії під час виробництва 1 т гранульованих органічних добрив

| № п.п. | Вид виробничого процесу | Час виробничого процесу, год. | Електрична енергія | | Енергія працівників | | Загальна енергія, МДж |
|--------|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|---------------|-----------------------|
| | | | кВт год | МДж | люд. год. | МДж | |
| 1. | транспортування і сортування гною | 0,9–1,1 | 0,2 –0,3 | –9,5 –14,3 | 4,6 –5,1 | 4,1 –4,6 | 13,6 –18,9 |
| 2. | подрібнення | 1,0–1,1 | 10,7 – 11,9 | 38,5 –42,7 | 2,0 –2,2 | 1,8 –2,0 | 40,3 –44,7 |
| 3. | витримування | 0,8–0,9 | – | – | 3,9 –4,5 | 3,6 –4,0 | 3,6 –4,0 |
| 4. | сушіння | 1,0–1,1 | 9,6 – 10,6 | 34,4 –38,0 | 2,0 –2,2 | 1,8 –2,0 | 36,2 –40,0 |
| 5. | подрібнення до порошкоподібного стану | 1,0–1,1 | 25,0 – 27,6 | 89,7 –99,3 | – | – | 89,7 –99,3 |
| 6. | перемішування | 1,0–1,1 | 6,7 –7,5 | 24,4 –27,0 | – | – | 24,4 –27,0 |
| 7. | гранулювання | 1,0–1,1 | 15,8 – 17,6 | 56,9 –63,1 | 2,0 –2,2 | 1,8 –2,0 | 58,7 –65,1 |
| 8. | пакування | 1,0–1,1 | 4,7 –5,3 | 17,1 –18,9 | 4,0 –4,4 | 3,6 –4,0 | 20,7 –22,9 |
| Всього | | 7,7–8,6 | 72,7 | 270,5 –303,3 | 18,5 | 16,7 –18,6 | 287,2 –321,9 |

| | | | | | | |
|--------------------------|---|-----------|------|-----------|-----|-----|
| | | – 80,8 | | – 20,6 | | |
| Відсоток виду енергії | – | – | 94,2 | – | 5,8 | 100 |

Встановлено, що енергоефективність виробництва гранульованих органічних добрив становить $0,31 \pm 0,02$ МДж/кг. Під час виробництва 1 т гранульованих органічних добрив, у середньому витрачається 76,8 кВт год електричної енергії ($76,8 \pm 4,1 \times 1,85$ грн. = $142,1 \pm 7,6$ грн.) вартістю $142,1 \pm 7,6$ грн. та $19,6 \pm 1,1$ людино-годин ($19,6 \pm 1,1$ люд. год. $\times 60$ грн. = 1176 ± 66 грн.). з оплатою 1176 ± 66 грн. Загальна вартість енергії (електричної і людської) під час виробництва 1 т гранульованих органічних добрив становить $1318,1 \pm 73,6$ грн.

Для отримання 1 т гранульованих органічних добрив використовується 1,6–1,7 т гною ВРХ з вмістом енергії 932,0–990,3 МДж. Загальні витрати енергії під час одержання тони таких органічних добрив складають 1219,2–1312,2 МДж.

Визначено вартість енергії, яка витрачається на виробництво 1 кг органічних добрив з гною ВРХ (табл. 3.6).

Під час виробництва органічних добрив з гною ВРХ шляхом компостування та вермикомпостування використовується, в основному енергія дизельного палива. Також меншою мірою енергія працівників. За виробництва вермикомпосту витрати енергії становлять $0,57 \pm 0,12$ МДж/кг. Під час виробництва органічних добрив шляхом компостування витрати енергії зменшуються – у середньому на 31,6%. Вартість енергії виробництва органічних добрив шляхом компостування складає $0,57 \pm 0,08$ грн./кг. За вермикомпостування вартість енергії збільшується у 1,5 раза.

**Вартість енергії виробництва органічних добрив
з гною ВРХ, грн./кг**

| № п.п | Технологія одержання органічних добрив | Витрати енергії та її вартість | | | | | | | | |
|----------|---|--------------------------------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|--------|-------|
| | | дизельного палива | | електричної | | | працівників | | всього | |
| | | МДж | грн. | кВт год | МДж | грн. | МДж | грн. | МДж | грн. |
| 1. | компостування | 0,306 | 0,176 | | | | 0,007 | 0,378 | 0,313 | 0,554 |
| | | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | | 0,463 | 0,271 | | | | 0,008 | 0,456 | 0,471 | 0,727 |
| 2. | верми- компостування | 0,444 | 0,259 | | | | 0,009 | 0,492 | 0,453 | 0,751 |
| | | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | | 0,673 | 0,393 | | | | 0,011 | 0,594 | 0,684 | 0,987 |
| 3. | термічне сушіння | | | 0,054 | 0,201 | 0,100 | 0,014 | 0,930 | 0,215 | 1,030 |
| | | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | 0,058 | 0,221 | 0,107 | 0,015 | 0,996 | 0,236 | 1,103 |
| 4. | гранулювання | | | 0,073 | 0,271 | 0,135 | 0,017 | 1,110 | 0,287 | 1,245 |
| | | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | 0,081 | 0,303 | 0,150 | 0,019 | 1,236 | 0,322 | 1,386 |

Під час виробництва органічних добрив з гною ВРХ шляхом термічного сушіння і гранулювання використовується, в основному електрична енергія. Також меншою мірою енергія працівників. Енергоефективність виробництва гранульованих органічних добрив становить $0,31 \pm 0,02$ МДж/кг. Під час виробництва органічних добрив шляхом термічного сушіння витрати енергії зменшуються – у середньому на 25,8%. Вартість енергії виробництва органічних добрив шляхом термічного сушіння складає 1,07 грн./кг. За гранулювання вартість енергії збільшується у 1,2 рази.

3.2. Вплив компосту з гною ВРХ на врожайність та якість зерна ячменю ярого.

Лабораторний аналіз посівного матеріалу ячменю показав (таб. 3.1), що енергія проростання сорту Себастьян становила $67,5 \pm 3,2\%$, лабораторна схожість – $79,1 \pm 3,8\%$, маса 1000 насінин – $42,3 \pm 1,4$ г.

Таблиця 3.1

Аналіз посівного матеріалу ярого ячменю

| Сорти | Енергія проростання, % | Лабораторна схожість, % | Маса 1000 насінин, г |
|-----------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| Себастьян | $67,5 \pm 3,2$ | $79,1 \pm 3,8$ | $42,3 \pm 1,4$ |
| Геліос | $63,8 \pm 2,6$ | $74,7 \pm 3,2$ | $39,7 \pm 0,9$ |
| Вакула | $65,3 \pm 2,9$ | $77,5 \pm 3,4$ | $41,4 \pm 1,2$ |

Енергія проростання сортів Вакула та Геліос була меншою на 2,2% і 3,7% порівняно із сортом Себастьян. Найнижчою була лабораторна схожість у сорту Геліос – $74,7 \pm 3,2$. У сортів Вакула та Себастьян вона була більшою на 2,8% і 4,4%. Маса 1000 насінин сорту Вакула становила $41,4 \pm 1,2$ г, а Геліос $39,7 \pm 0,9$ г та була меншою порівняно з сортом Себастьян у середньому на 4,0%.

У ході обліку за датами настання фенологічних фаз розвитку рослин ячменю встановлено (табл. 3.2), що після посіву 12.05 сходи з'явилися практично одночасно – до 18.05.

Слід зазначити, що у варіантах з внесенням компосту 8 т/га, 12 т/га та 20 т/га сходи з'явилися на день раніше, однак різниця була практично непомітною. Фаза трьох листків настала 01.06–02.06 з різницею в один день на варіантах з 12 т/га та 16 т/га. Фаза Кущення рослин на контрольному та інших варіантах настала 15.06 за винятком варіантів з 16 т/га та 20 т/га, де ця фаза настала на один день пізніше. Така сама закономірність зазначена у фазу виходу трубку, що пов'язано з високим рівнем азотного живлення. За такого рівня живлення затримується

проходження фенофаз при інтенсивному розвитку вегетативної частини рослин. Фаза колосіння наступила на контрольному варіанті та з внесенням компосту 4 т/га 17.07. Однак на варіанті з внесенням компосту 8 т/га та 12 т/га – на 1–2 дні раніше порівняно з контролем та іншими варіантами. У варіантів з 16 т/га і 20 т/га настання фази колосіння відбувалося пізніше. Фаза цвітіння у варіантах 8 т/га та 12 т/га настала раніше порівняно з контролем та іншими варіантами на 1–2 дні. У варіантах із внесенням у ґрунт підвищеної дози компосту спостерігався більш пізній термін фази.

Таблиця 3.2

Результати фенологічних спостережень за рослинами ячменю ярого сорту Себастьян, залежно від дози внесення компосту з гною ВРХ (2023 р.)

| № п/п | Варіанти дослідів, дози компосту, т/га | Календарні терміни | | | | | | | |
|-------|--|--------------------|-------|--------------------|----------|----------------|-----------|----------|----------|
| | | Посів | Сходи | Фаза трьох листків | Куцнення | Вихід у трубку | Колосіння | Цвітіння | Збирання |
| 1 | Контроль (без добрив) | 12.05 | 18.05 | 02.06 | 15.06 | 29.06 | 17.07 | 20.07 | 25.08 |
| 2 | 4 | 12.05 | 18.05 | 02.06 | 15.06 | 29.06 | 17.07 | 20.07 | 25.08 |
| 3 | 8 | 12.05 | 17.05 | 02.06 | 15.06 | 29.06 | 16.07 | 19.07 | 25.08 |
| 4 | 12 | 12.05 | 17.05 | 01.06 | 15.06 | 29.06 | 16.07 | 19.07 | 25.08 |
| 5 | 16 | 12.05 | 18.05 | 01.06 | 16.06 | 30.06 | 18.07 | 21.07 | 25.08 |
| 6 | 20 | 12.05 | 17.05 | 02.06 | 16.06 | 30.06 | 18.07 | 22.07 | 25.08 |

Настання і проходження фенологічних фаз росту і розвитку ячменю ярого сорту Геліос відбувалось на всіх варіантах майже одночасно (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Результати фенологічних спостережень за рослинами ячменю ярого сорту Геліос, залежно від дози внесення компосту з гною ВРХ (2023 р.)

| № п/п | Варіанти дослідів, дози компосту, т/га | Календарні терміни | | | | | | | |
|-------|--|--------------------|-------|--------------------|---------|----------------|-----------|----------|----------|
| | | Посів | Сходи | Фаза трьох листків | Кущення | Вихід у трубку | Колосіння | Цвітіння | Збирання |
| 1 | Контроль (без добрив) | 17.05 | 24.05 | 07.06 | 19.06 | 02.07 | 22.07 | 25.07 | 25.08 |
| 2 | 4 | 17.05 | 25.05 | 07.06 | 19.06 | 01.07 | 22.07 | 25.07 | 25.08 |
| 3 | 8 | 17.05 | 24.05 | 07.06 | 19.06 | 01.07 | 21.07 | 24.07 | 25.08 |
| 4 | 12 | 17.05 | 24.05 | 06.06 | 20.06 | 02.07 | 21.07 | 25.07 | 25.08 |
| 5 | 16 | 17.05 | 25.05 | 06.06 | 21.06 | 03.07 | 23.07 | 26.07 | 25.08 |
| 6 | 20 | 17.05 | 23.05 | 07.06 | 21.06 | 03.07 | 23.07 | 28.07 | 25.08 |

Різниця розвитку фенологічних фаз сорту Геліос між варіантами з внесенням компосту і контролем складала 1–2 дні. Після сівби через 6–8 днів з'явилися сходи. Через 26–29 днів після появи сходів почалося Кущення, а через 59–62 дні – колосіння.

Сівба ячменю ярого сорту Вакула відбулася 15 травня за середньодобової температури 14,8°C, що призвело до швидких сходів, які з'явилися всіх варіантах 23–25 травня (табл. 3.4). Кущення розпочалося через 27–29 днів після появи повних сходів. Цвітіння настало через 23–25 днів після виходу у трубку. Різниця розвитку фенологічних фаз сорту Вакула між варіантами з внесенням компосту і контролем складала 1–3 дні.

Збирання проводилось в один термін після повного дозрівання зерна рослин ячменю ярого (сортів Себастьян, Геліос і Вакула) – 25.08.

Таким чином, настання фаз розвитку рослин ячменю ярого практично не залежало від доз внесення компосту. Невелике запізнення фаз розвитку (1–3 дні) спостерігалось у всі варіантах ячменю ярого із високою дозою внесення компосту з гною ВРХ.

Таблиця 3.4

Результати фенологічних спостережень за рослинами ячменю ярого сорту Вакула, залежно від дози внесення компосту з гною ВРХ (2023 р.)

| № п/п | Варіанти дослідів, дози компосту, т/га | Календарні терміни | | | | | | | |
|-------|--|--------------------|-------|--------------------|---------|----------------|-----------|----------|----------|
| | | Посів | Сходи | Фаза трьох листків | Кущення | Вихід у трубку | Колосіння | Цвітіння | Збирання |
| 1 | Контроль (без добрив) | 15.05 | 21.05 | 04.06 | 17.06 | 30.06 | 20.07 | 23.07 | 25.08 |
| 2 | 4 | 15.05 | 23.05 | 04.06 | 17.06 | 29.06 | 20.07 | 23.07 | 25.08 |
| 3 | 8 | 15.05 | 22.05 | 05.06 | 18.06 | 29.06 | 20.07 | 22.07 | 25.08 |
| 4 | 12 | 15.05 | 22.05 | 05.06 | 18.06 | 30.06 | 19.07 | 22.07 | 25.08 |
| 5 | 16 | 15.05 | 22.05 | 05.06 | 18.06 | 01.07 | 21.07 | 24.07 | 25.08 |
| 6 | 20 | 15.05 | 21.05 | 06.06 | 19.06 | 01.07 | 21.07 | 26.07 | 25.08 |

Від швидкості проходження міжфазних періодів залежить тривалість періоду вегетації рослин. Залежно від доз внесення компосту фаза сходів почалася через 5–6 днів після посіву. У варіантах з 8 т/га, 12 т/га та 20 т/га – на день раніше (табл. 3.5).

Фаза трьох листків почалася швидше на варіантах з внесенням компосту 12 т/га та 16 т/га, проте різниця в одну добу була несуттєвою. Фаза Кущення настала через 34–35 днів після посіву із запізненням в одну добу на варіанті з підвищеною дозою компосту. Така ж тенденція була відзначена і при настанні фази виходу в трубку, яка настала через 48–49 діб після посіву. Фаза колосіння настала трохи раніше на варіанті 8 т/га, 12 т/га – на 65 день посіву. Пізніше за всіх повне колосіння настало у варіантах 16 т/га та 20 т/га – на 67 день. Фаза цвітіння настала швидше у варіанті з внесенням компосту 4 т/га. Водночас різниця в 1–2 доби була несуттєвою.

Таблиця 3.5

Тривалість проходження міжфазових періодів у рослин ярого ячменю сорту Себастьян залежно від доз внесення компосту, діб (2023 р.)

| № п/п | Варіанти дослідів, дози компосту, т/га | Кількість діб від посіву до | | | | | | |
|-------|--|-----------------------------|------------------|---------|-----------------|-----------|----------|----------|
| | | Сходів | Фази трьох листя | Кущення | Виходу в трубку | Колосіння | Цвітіння | Збирання |
| 1 | Контроль (без добрив) | 6 | 21 | 34 | 48 | 66 | 69 | 105 |
| 2 | 4 | 6 | 21 | 34 | 48 | 66 | 69 | 105 |
| 3 | 8 | 5 | 21 | 34 | 48 | 65 | 68 | 105 |
| 4 | 12 | 5 | 20 | 34 | 48 | 65 | 68 | 105 |
| 5 | 16 | 6 | 20 | 35 | 49 | 67 | 70 | 105 |
| 6 | 20 | 5 | 21 | 35 | 49 | 67 | 71 | 105 |

Збирання ярого ячменю сорту Себастьян було проведено через 105 днів після посіву на всіх варіантах, що вивчалися.

Сходи ярого ячменю сорту Геліос залежно від дози внесення компосту з'явилися через 6–8 днів. У варіантах з внесенням компосту 8т/га, 12 т/га і 20 т/га сходи з'явилися на 1–2 дні раніше (табл. 3.6).

Фаза трьох листків почалася у варіанті з використанням компосту в дозі 16 т/га через 12 днів, але різниця порівняно з іншими варіантами дослідів 1–3 доби була несуттєвою. Фаза Кущення почалася через 26–29 днів після посіву із затримкою 1–3 доби у варіантах з підвищеними дозами компосту.

Таблиця 3.6

Тривалість проходження міжфазових періодів у рослин ярого ячменю сорту Геліос залежно від доз внесення компосту, діб (2023 р.)

| № п/п | Варіанти дослідів, дози компосту, т/га | Кількість діб від посіву до | | | | | | |
|-------|--|-----------------------------|--------------------|---------|-----------------|-----------|----------|----------|
| | | Сходів | Фази трьох листків | Кущення | Виходу в трубку | Колосіння | Цвітіння | Збирання |
| 1 | Контроль (без добрив) | 7 | 14 | 26 | 39 | 59 | 62 | 100 |
| 2 | 4 | 8 | 15 | 27 | 39 | 60 | 63 | 100 |
| 3 | 8 | 7 | 14 | 26 | 38 | 58 | 61 | 100 |
| 4 | 12 | 7 | 13 | 27 | 39 | 58 | 62 | 100 |
| 5 | 16 | 8 | 12 | 27 | 39 | 59 | 62 | 100 |
| 6 | 20 | 6 | 15 | 29 | 41 | 61 | 66 | 100 |

Тривалість періоду кущення – вихід в трубку на всіх варіантах становила 12 діб, а від виходу в трубку до колосіння змінювалась не суттєво в межах 19–21 добу.

Різниця у тривалості за всіма варіантами досліджень у період колосіння – цвітіння була не значною і становила 3–4 доби.

Збирання ярого ячменю сорту Геліос було проведено через 100 днів після посіву (на всіх досліджуваних варіантах).

Значного впливу різних доз компосту з гною ВРХ на довжину міжфазного періоду у рослин ярого ячменю сорту Вакула не спостерігалось. Незначне подовження тривалості міжфазного періоду (сівба – сходи, сходи – вихід у трубку, вихід в трубку – колосіння) відбувалося за підвищених доз компосту і становило 1–3 дні (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Тривалість проходження міжфазових періодів у рослин ярого ячменю сорту Вакула залежно від доз внесення компосту, діб (2023 р.)

| № п/п | Варіанти дослідів, дози компосту, т/га | Кількість діб від посіву до | | | | | | |
|-------|--|-----------------------------|------------------|---------|-----------------|-----------|----------|----------|
| | | Сходів | Фази трьох листя | Кущення | Виходу в трубку | Колосіння | Цвітіння | Збирання |
| 1 | Контроль (без добрив) | 6 | 14 | 27 | 40 | 60 | 63 | 102 |
| 2 | 4 | 8 | 12 | 25 | 37 | 58 | 61 | 102 |
| 3 | 8 | 7 | 14 | 27 | 39 | 60 | 62 | 102 |
| 4 | 12 | 7 | 14 | 27 | 39 | 58 | 61 | 102 |
| 5 | 16 | 7 | 14 | 27 | 40 | 60 | 63 | 102 |
| 6 | 20 | 6 | 16 | 29 | 41 | 61 | 65 | 102 |

Збирання ярого ячменю сорту Вакула було проведено на всіх досліджуваних варіантах через 102 дні після посіву.

Таким чином, швидкість проходження міжфазових періодів рослин ячменю практично не залежить від доз внесення компосту. Спостерігається невелике (1–3 дні) запізнення за підвищених доз компосту.

Врожайність сільськогосподарських культур, зокрема ячменю ярого, взаємопов'язана з такими елементами його структури як: довжиною колосу,

кількість зерен у колосі та масою зернівки. Необхідно створити умови вирощування ячменю ярого, що забезпечують високі значення структурних показників, які безпосередньо впливає на підвищення врожаю. Система удобрення у цьому питанні має важливе значення.

Згідно проведених досліджень удобрення компостом позитивно впливало на збільшення довжини колоса ячменю ярого сорту Себастьян (рис. 3.1).

Без внесення добрив довжина колоса ячменю сорту Себастьян становила 5,7 см. У другому варіанті, де вносили 4 т/га компосту вона підвищилася на 0,4 см та становила 6,1 см. У варіант з дозою 8 т/га спостерігалось зростання довжини колоса на 0,6 см порівняно з контролем. Показник сягав 6,3 см. За внесення у ґрунт 12 т/га, 16 т/га і 20 т/га компосту (варіанти 4, 5 та 6) показники були найвищі і складали 7,2 см, 6,8 см та 6,5 см відповідно. Прирости відносно варіанту без добрив відповідно становили 1,5 см, 1,1 см та 0,8 см.

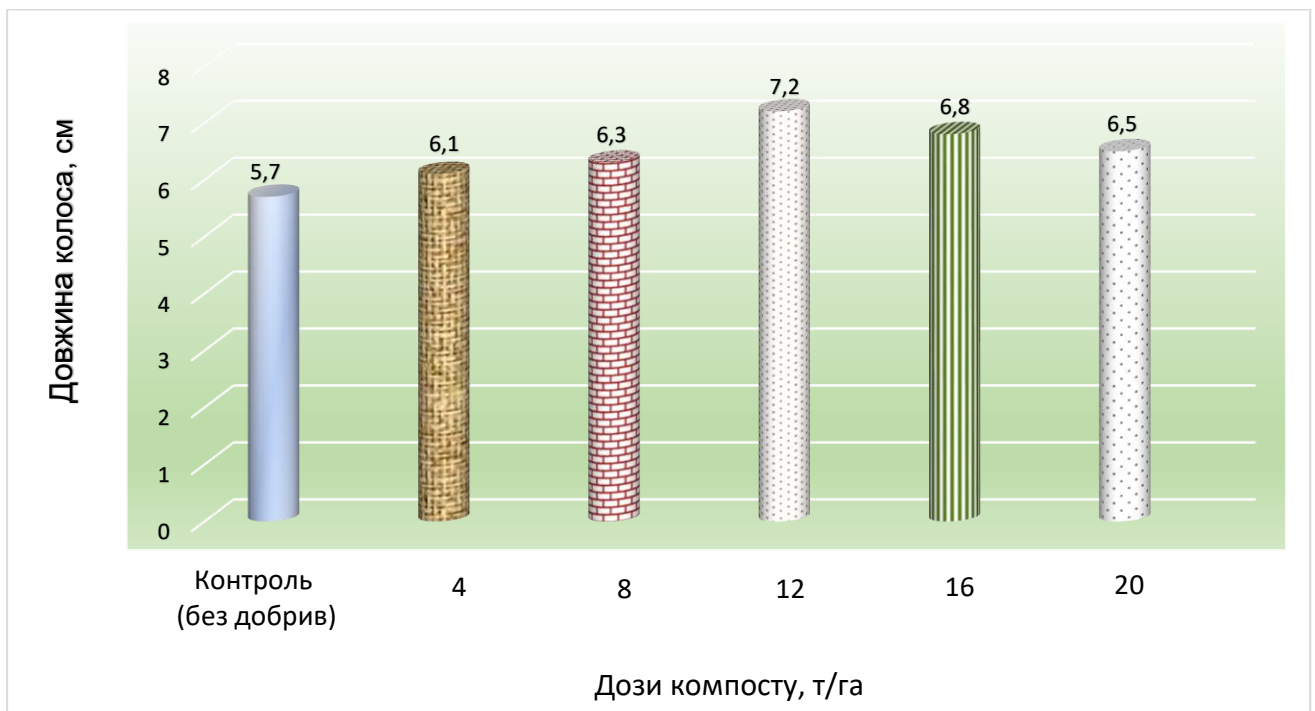


Рисунок 3.1. Вплив компосту на формування довжини колоса ячменю ярого сорту Себастьян

Удобрення компостом також позитивно впливало формування довжини

колоса ячменю ярого сорту Геліос (рис. 3.2).

Колос ячменю ярого сорту Геліос характеризувався дещо нижчим значеннями довжини порівняно з сортом Себастьян. У першому варіанті, де вирощували культуру без застосування добрив довжина колоса була найнижчою у досліді і становила 5,2 см. За внесення компосту 4 т/га і 8 т/га (варіанти 2 та 3) колос характеризувався довжинами 5,4 см і 5,7 см відповідно. Прирости відносно контрольного показника, складала 0,2 см та 0,5 см.

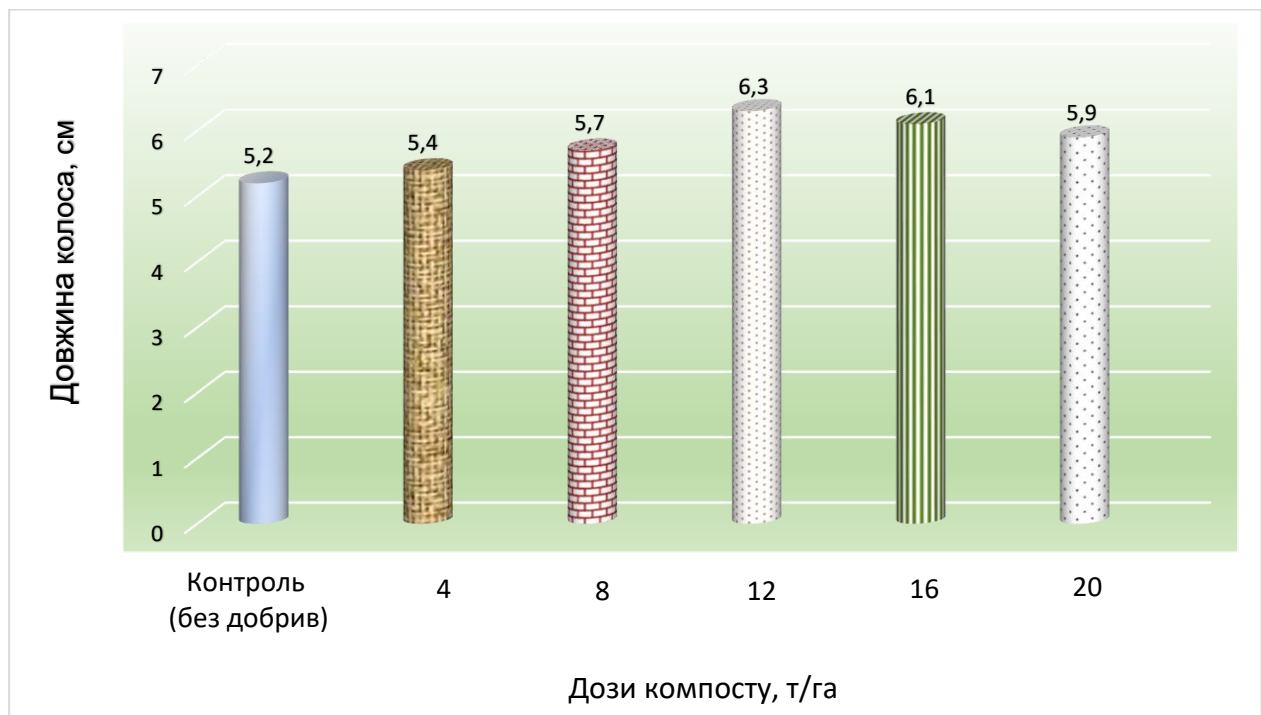


Рисунок 3.2. Вплив компосту на формування довжини колоса ячменю ярого сорту Геліос

Вищі прирости колоса у довжині були у варіантів 4, 5 та 6 з дозами компосту 12 т/га, 16 т/га і 20 т/га. За таких умов довжини збільшувалася на 1,1 см, 0,9 см і 0,7 см відповідно, а показники становили 6,3 см, 6,1 см і 5,9 см.

Результати досліджень довжини колоса ячменю ярого сорту Вакула залежно від впливу доз компосту з гною ВРХ наведено на рисунку 3.3.

Із даних рисунку видно, що найменш продуктивним був варіант без добрив, оскільки колос відзначався найменшою довжиною 5,4 см. У результаті

застосування 4 т/га компосту його довжина зростала до 5,7 см, що було вищим від неудобреного фону на 0,3 см. Внесення 8 т/га компосту (у третьому варіанті) за цієї дози органічного добрива сприяло отриманню приросту колоса в довжині на рівні 0,5 см, показник сягав 5,9 см.

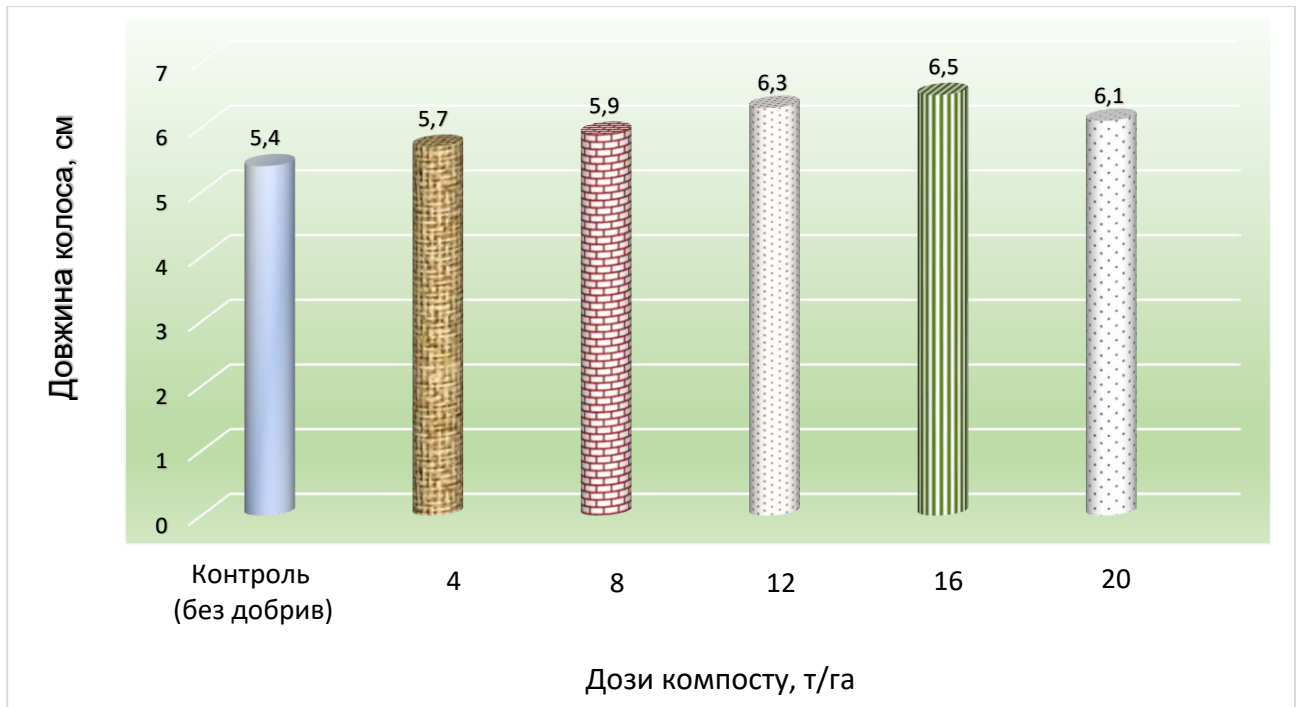


Рисунок 3.3. Вплив компосту на формування довжини колоса ячменю ярого сорту Вакула

Четвертий варіант з внесенням 12 т/га компосту забезпечив збільшення довжини колоса до 6,3 см, приріст склав 0,9 см. У п'ятому варіанті, де проводили удобрення компостом у дозі 16 т/га рослини ячменю ярого сорту Вакула відзначалися найдовшим колосом, який становив 6,5 см, що перевищувало значення варіанту без добрив на 1,1 см. За внесення компосту 20 т/га (варіант б) колос характеризувався довжиною 6,1 см. Приріст відносно контрольного показника, складав 0,7 см.

За внесення у ґрунт компосту в дозах від 8 до 20 т/га проявлялася позитивна дія на показники структури врожаю ячменю ярого. Маса 1000 зерен

ячменю сорту Себастьян без внесення добрив (контроль) була $39,5 \pm 2,1$ г. За внесення компосту у дозах 4–20 т спостерігалось збільшення маси 1000 зерен від $41,2 \pm 2,4$ до $43,2 \pm 3,9$ г (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

**Вплив компосту з гною ВРХ на висоту рослин та структуру врожаю
ячменю ярого сорту Себастьян (2023 р.)**

| Варіант | Висота рослин, см | Кущистість, шт. | | Кількість зерен у головному колосі, шт. | Вага зерен у головному колосі, г | Співвідношення зерно : солома | Маса 1000 зерен, г |
|----------|-------------------|--------------------|--------------------|---|----------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| | | загальна | продуктивна | | | | |
| Контроль | 61,5 $\pm 2,8$ | 2,73 $\pm 0,17$ | 2,45 $\pm 0,14$ | 18,4 $\pm 0,6$ | 0,61 $\pm 0,05$ | 1:1,19 | 39,5 $\pm 2,1$ |
| 4 т/га | 63,3 $\pm 3,1$ | 3,16 $\pm 0,24$ | 2,61 $\pm 0,17$ | 20,1 $\pm 0,9$ | 0,94 $\pm 0,09$ | 1:1,15 | 41,2 $\pm 2,4$ |
| 8 т/га | 63,8 $\pm 3,5$ | 3,31 $\pm 0,21$ | 2,86 $\pm 0,21$ | 21,6 $\pm 1,5$ | 0,97 $\pm 0,11$ | 1:1,21 | 41,9 $\pm 2,8$ |
| 12 т/га | 72,4 $\pm 4,7$ | 3,35 $\pm 0,27$ | 2,94 $\pm 0,25$ | 20,8 $\pm 1,2$ | 0,79 $\pm 0,07$ | 1:1,27 | 42,8 $\pm 3,6$ |
| 16 т/га | 70,2 $\pm 4,2$ | 3,57 $\pm 0,33$ | 3,02 $\pm 0,27$ | 21,2 $\pm 1,8$ | 0,82 $\pm 0,04$ | 1:1,16 | 42,5 $\pm 3,4$ |
| 20 т/га | 65,6 $\pm 3,9$ | 3,62 $\pm 0,36$ | 3,08 $\pm 0,23$ | 22,5 $\pm 2,1$ | 0,87 $\pm 0,06$ | 1:1,14 | 43,2 $\pm 3,9$ |

На кількість продуктивних стебел сорту Себастьян найбільший вплив проявляли дози від 12 до 20 т/га, що склало $2,94 \pm 0,25$ – $3,08 \pm 0,23$ шт. продуктивних стебел порівняно з контролем ($2,45 \pm 0,14$ шт.).

Висота рослин ячменю ярого сорту Себастьян була вищою на 2,8–15,1% порівняно з контролем.

За впливу органічних добрив на основі компосту на структуру врожаю ячменю сорту Вакула також відбувалися позитивні умови для росту та розвитку рослин. Зокрема, у варіантах 8 і 20 т/га була найбільша кількість зерен у головному колосі $22,9 \pm 1,7$ і $22,5 \pm 2,1$ шт., а маса 1000 зерен становила $39,8 \pm 2,3$ і $41,9 \pm 3,2$ г (табл. 3.9).

**Вплив компосту з гною ВРХ на висоту рослин та структуру
врожаю ячменю ярого сорту Вакула (2023 р.)**

| Варіант | Висота рослин, см | Кущистість, шт. | | Кількість зерен у головному колосі, шт. | Вага зерен у головному колосі, г | Співвідношення зерно : солома | Маса 1000 зерен, г |
|----------|-------------------|-----------------|---------------|---|----------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| | | загальна | продуктивна | | | | |
| Контроль | 57,8 ±2,1 | 2,68 ±0,15 | 2,39 ±0,12 | 19,5 ±0,9 | 0,57 ±0,03 | 1 : 1,26 | 36,5 ±1,9 |
| 4 т/га | 60,5 ±2,6 | 2,81 ±0,23 | 2,24 ±0,16 | 21,3 ±1,3 | 0,89 ±0,06 | 1 : 1,22 | 38,3 ±2,5 |
| 8 т/га | 60,2 ±2,4 | 3,06 ±0,26 | 2,67 ±0,22 | 22,9 ±1,7 | 0,95 ±0,09 | 1 : 1,28 | 39,8 ±2,3 |
| 12 т/га | 68,9 ±3,7 | 3,14 ±0,29 | 2,75 ±0,24 | 21,5 ±1,4 | 0,71 ±0,04 | 1 : 1,32 | 41,6 ±2,9 |
| 16 т/га | 65,9 ±3,5 | 3,38 ±0,32 | 2,82 ±0,26 | 22,7 ±1,9 | 0,77 ±0,06 | 1 : 1,23 | 40,4 ±2,7 |
| 20 т/га | 62,1 ±3,8 | 3,45 ±0,34 | 2,84 ±0,28 | 23,4 ±2,3 | 0,83 ±0,08 | 1 : 1,17 | 41,9 ±3,2 |

У контролі висота рослин сорту Вакула була $57,8 \pm 2,1$ см. За внесення компосту у дозах: 4 т/га, 8 т/га, 12 т/га, 16 т/га та 20 т/га висота рослин збільшувалася на 4,5%, 4,0%, 16,1%, 12,3% та 6,9% відповідно.

За співвідношення зерна до соломи – 1:1,14–1:1,16 було отримано максимальну врожайність зерна ячменю ярого сорту Вакула.

Продуктивна кущистість ячменю ярого сорту Геліос у контролі була $2,31 \pm 0,09$ шт. Найбільший рівень продуктивної кущистості був за внесення у ґрунт 12 т/га, 16 т/га та 20 т/га компосту і становив $2,56 \pm 0,15$ шт., $2,64 \pm 0,18$ шт. та $2,72 \pm 0,21$ шт. відповідно (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

**Вплив компосту з гною ВРХ на висоту рослин та структуру врожаю
ячменю ярого сорту Геліос (2023 р.)**

| Варіант | Висота рослин, см | Кущистість, шт. | | Кількість зерен у головному колосі, шт. | Вага зерен у головному колосі, г | Спів- відношен- ня зерно : солома | Маса 1000 зерен, г |
|----------|-------------------------|-----------------|-----------------------|---|---|--|-----------------------------|
| | | загальна | про- дуктив- на | | | | |
| Контроль | 54,1 ±1,2 | 2,64 ±0,15 | 2,31 ±0,09 | 17,8 ±0,5 | 0,54 ±0,02 | 1:1,31 | 34,3 ±1,5 |
| 4 т/га | 56,7 ±1,8 | 2,56 ±0,12 | 2,08 ±0,07 | 19,3 ±0,7 | 0,86 ±0,07 | 1:1,24 | 36,7 ±1,7 |
| 8 т/га | 56,9 ±2,4 | 2,83 ±0,18 | 2,43 ±0,12 | 20,5 ±1,1 | 0,91 ±0,09 | 1:1,33 | 37,4 ±2,1 |
| 12 т/га | 65,3 ±3,7 | 2,95 ±0,21 | 2,56 ±0,15 | 21,7 ±1,6 | 0,63 ±0,05 | 1:1,36 | 39,6 ±2,6 |
| 16 т/га | 61,6 ±3,5 | 3,18 ±0,25 | 2,64 ±0,18 | 19,1 ±1,4 | 0,68 ±0,03 | 1:1,29 | 39,2 ±2,4 |
| 20 т/га | 58,4 ±2,9 | 3,31 ±0,27 | 2,72 ±0,21 | 21,5 ±1,8 | 0,75 ±0,06 | 1:1,26 | 40,9 ±2,8 |

Найбільша озерненість колоса (22,9±1,7 шт., 22,7±1,9 шт. і 23,4±2,3 шт.) та маса 1000 зерен сорту Геліос (41,6±2,9, 40,4±2,7 та 41,9±3,2) була за удобрення ґрунту компостом у кількості 8 т/га, 16 т/га та 20 т/га відповідно.

Використання компосту для удобрення ґрунту у кількості 8 т/га, 12 т/га, 16 т/га та 20 т/га у технологіях вирощування ячменю ярого сорту Геліос призводить до збільшення кількості зерен в колосі на 14,9%, 9,3%, 14,1% і 16,7% відповідно.

Визначено, що висота рослин ячменю ярого сорту Себастьян коливалася в межах $63,3\pm 3,1$ – $72,4\pm 4,7$ см, сорту Вакула – $65,9\pm 3,5$ – $68,9\pm 3,7$ см, сорту Геліос – $61,6\pm 3,5$ – $65,3\pm 3,7$ см залежно від дози внесеного компосту.

Отже, використання органічних добрив на основі компосту з гною ВРХ сприяє поліпшенню показників структури врожаю від яких залежить продуктивність ячменю ярого.

Компост з гною ВРХ містять цінні органічні речовини у легкозасвоюваній формі, що необхідно для рослин. Тому нами було проведено дослідження з визначення оптимальної кількості компосту для вирощування ячменю ярого (*Hordeum vulgare L.*).

Компост вносили перед посівом ячменю рівномірно розподіляючи і закладаючи вручну лопатою. Ґрунт дослідного поля сірий лісовий. Посівна площа ділянки – 35 м², облікова – 30 м². Повторюваність дослідів – п'ятиразова. Попередником під час вирощування ячменю ярого (*Hordeum vulgare L.*) була кукурудза на зерно. Результати досліджень наведено в табл.

Найменша врожайність насіння ячменю ярого була у варіанті без добрив, зокрема сорту Себастьян – 3,07 т/га, Геліос – $2,93\pm 0,05$ т/га та Вакула $3,02\pm 0,08$ т/га (табл. 3.11).

Удобрення ґрунту компостом з гною ВРХ у дозах 4 т/га, 8 т/га та 12 т/га сприяло зростанню врожайності сорту Себастьян у порівнянні з контролем – на 5,5%, 10,1% і 21,0% відповідно. У варіантах, де компосту вносили у кількості 16 т/га та 20 т/га відбувалося підвищення врожайності на 25,1% ($P\leq 0,001$) і 26,7% ($P\leq 0,001$), що суттєво не відрізняється.

За внесення у ґрунт компосту з гною ВРХ у дозі 16 т/га найбільша урожайність спостерігалася, зокрема у сорту $3,84\pm 0,27$ т/га. Дещо меншою вона була у сортів Вакула – $3,67\pm 0,25$ т/га і Геліос $3,55\pm 0,23$ т/га.

Отже, удобрення ґрунту компостом з гною ВРХ у кількості 16 т/га забезпечує розкриття ресурсного потенціалу ячменю ярого, внаслідок цього зростає його врожайність.

**Вплив компосту з гною ВРХ на врожайність зерна
ячменю ярого, т/га (2023 р.)**

| Приріст | Варіанти дослідів | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | без добрив – контроль | دوزи компосту, т/га | | | | |
| | | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| Сорт Себастьян | | | | | | |
| – | 3,07±0,11 | 3,24±0,18 | 3,38±0,19 | 3,72±0,23 | 3,84±0,27 | 3,89±0,31 |
| т/га | – | 0,17±0,07 | 0,31±0,08 | 0,65±0,12 | 0,77±0,16 | 0,82±0,20 |
| % | – | 5,5±2,3 | 10,1±2,6 | 21,0±3,9 | 25,1±5,2 | 26,7±6,5 |
| Сорт Геліос | | | | | | |
| – | 2,93±0,05 | 3,02±0,12 | 3,14±0,15 | 3,49±0,19 | 3,55±0,23 | 3,64±0,23 |
| т/га | – | 0,09±0,07 | 0,21±0,10 | 0,56±0,14 | 0,62±0,12 | 0,71±0,18 |
| % | – | 3,1±2,4 | 7,17±3,4 | 19,1±4,8 | 21,2±4,1 | 24,2±6,1 |
| Сорт Вакула | | | | | | |
| – | 3,02±0,08 | 3,14±0,14 | 3,21±0,17 | 3,56±0,22 | 3,67±0,25 | 3,74±0,29 |
| т/га | – | 0,12±0,06 | 0,19±0,09 | 0,54±0,14 | 0,65±0,17 | 0,72±0,21 |
| % | – | 4,0±2,0 | 6,3±3,0 | 17,9±4,6 | 21,5±5,6 | 23,8±7,0 |

Починаючи із внесення компосту з гною ВРХ у дозі 4 т/га спостерігалось збільшення вмісту крохмалю у зерні ярого ячменю сорту Себастьян на 1,6% порівняно з контролем. За доз 8 т/га, 12 т/га, 16 т/га та 20 т/га відбувалося збільшення вмісту крохмалю у зерні ячменю на 2,2%, 2,9%, 3,3 і 3,1% відповідно (табл. 3.12).

Без внесення добрив вміст крохмалю у сорту Геліос становив 53,4±0,02. За внесення у ґрунт компосту у кількості 4 т/га, 8 т/га, 12 т/га, 16 т/га та 20 т/га відбувалося незначне збільшення вмісту крохмалю у зерні ячменю від 1,7% до 3,4%. Найбільшим вміст крохмалю був за доз компосту 12 т/га, 16 т/га та 20 т/га.

**Вплив компосту з гною ВРХ на вміст крохмалю
у зерні ячменю, % (2023 р.)**

| Варіант | Сорти | | |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| | Себастьян | Геліос | Вакула |
| Контроль | 54,2±0,04 | 53,4±0,02 | 55,6±0,05 |
| 4 т/га | 55,8±0,06 | 55,1±0,04 | 56,9±0,07 |
| 8 т/га | 56,4±0,08 | 55,7±0,06 | 57,2±0,12 |
| 12 т/га | 57,1±0,11 | 56,3±0,09 | 57,5±0,17 |
| 16 т/га | 57,5±0,19 | 56,8±0,15 | 58,1±0,21 |
| 20 т/га | 57,3±0,14 | 56,6±0,13 | 57,8±0,16 |

Вміст крохмалю у сорту Вакула без внесення добрив становив 55,6±0,05%. За удобрення ґрунту компостом у дозах 4 т/га, 8 т/га, 12 т/га, 16 т/га та 20 т/га спостерігалось не суттєве збільшення вмісту крохмалю у зерні ячменю. Найбільш високий вміст крохмалю був за дози компосту 16 т/га у сорту Вакула 58,1±0,21%. Дещо нижчий цей показник за аналогічного удобрення був у сорту Геліос – 56,8±0,15%.

Внесення компосту з гною ВРХ позитивно вплинуло на вміст білка у зерні ячменю (табл. 3.13). Найменше білка накопичувалося у зерні без внесення добрив (контроль), у середньому – 10,2%. За дози компосту 16 т/га вміст білка у зерні ячменю збільшувався на 1,2%.

Отже, позитивна дія органічного добрива на концентрацію білка пояснюється тим, що в компості з гною ВРХ містяться всі необхідні елементи живлення у достатній кількості, що позитивно впливає на білковий синтез рослини.

Підвищення масової частки вологи залежно від внесення компосту з гною ВРХ (20 т/га) становило 1,2% та було несуттєвим порівняно з контролем (середній вміст вологи у зернах 12,0%) (табл. 3.14).

Таблиця 3.13

**Вплив компосту з гною ВРХ на вміст білка
у зерні ячменю, % (2023 р.)**

| Варіант | Масова частка, % | | |
|----------|------------------|------------|------------|
| | Себастьян | Геліос | Вакула |
| Контроль | 10,3±0,04 | 9,6±0,02 | 10,6±0,05 |
| 4 т/га | 10,7±0,06 | 10,2±0,04 | 10,8±0,05 |
| 8 т/га | 10,9±0,08 | 10,7±0,05 | 11,1±0,09 |
| 12 т/га | 11,0±0,09 | 10,9±0,006 | 11,5±0,007 |
| 16 т/га | 11,3±0,11 | 11,1±0,08 | 11,8±0,12 |
| 20 т/га | 10,6±0,05 | 9,5±0,05 | 10,4±0,05 |

Таблиця 3.14

**Вплив різних доз компосту на масову частку вологи
у зерні ячменю, % (2023 р.)**

| Варіант | Масова частка, % | | |
|----------|------------------|-----------|-----------|
| | Себастьян | Геліос | Вакула |
| Контроль | 12,3±0,5 | 11,1±0,4 | 12,6±0,6 |
| 4 т/га | 12,5±0,7 | 11,7±0,6 | 12,9±0,8 |
| 8 т/га | 12,8±0,9 | 12,4±0,8 | 13,2±0,12 |
| 12 т/га | 13,6±0,11 | 13,2±0,10 | 14,1±0,14 |
| 16 т/га | 14,5±0,15 | 13,7±0,13 | 15,5±0,16 |
| 20 т/га | 13,2±0,12 | 12,5±0,9 | 13,8±0,11 |

За дози компосту 4 т/га, 8 т/га, 12 т/га та 16 т/га вміст вологи у зерні ячменю збільшувався на 0,4%, 0,8%, 1,6% і 2,6% відповідно, порівняно з контролем.

3.3. Економічна ефективність використання компосту з гною ВРХ

Економічна оцінка ефективності застосування добрив є найважливішою та заключною частиною у вивченні будь-якого виду добрив. Від правильного

економічного аналізу залежить кінцевий висновок про доцільність їх застосування. Економічна ефективність використання компосту з гною ВРХ під час вирощування ячменю ярого визначали за закупівельними цінами 2023 року.

Використання органічних добрив під час вирощування ячменю ярого сорту Себастьян, дозволило отримати умовний чистий дохід на рівні 32–900 грн/га залежно від дози (табл. 4.1). Визначена економічна ефективність показала, що внесення компосту з гною ВРХ у технології вирощування ячменю ярого рентабельно. Рентабельність оптимальних доз за врожайністю склала 28,6–43,1%. Водночас слід зазначити, що внесення компосту в дозі 12 т/га було рентабельнішим, ніж у дозі 20 т/га – цей показник становив відповідно 43,1% та 9,9%. Найнижчий рівень рентабельності 2,3% від застосування компосту з гною ВРХ був у варіанті 8 т/га через відносно низьке збільшення врожаю.

Таблиця 4.1

Економічна ефективність застосування органічних добрив на основі компосту з гною ВРХ за вирощування ярого ячменю

| Показник | 4 т/га | 8 т/га | 12 т/га | 16 т/га | 20 т/га |
|--|--------|--------|---------|---------|---------|
| Сорт Себастьян | | | | | |
| Надбавка врожаю, т/га | 0,17 | 0,31 | 0,65 | 0,77 | 0,82 |
| Витрати на застосування добрив, грн/га | 690 | 1394 | 2090 | 2754 | 3432 |
| Ціна реалізації, грн/га | 4600 | 4600 | 4600 | 4600 | 4600 |
| Вартість додаткової продукції, грн/га | 782 | 1426 | 2990 | 3542 | 3772 |
| Умовний чистий прибуток, грн/га | 91 | 32 | 900 | 788 | 340 |
| Рентабельність, % | 13,2 | 2,3 | 43,1 | 28,6 | 9,9 |
| Сорт Геліос | | | | | |
| Надбавка врожаю, т/га | 0,09 | 0,21 | 0,56 | 0,62 | 0,71 |
| Витрати на застосування добрив, грн/га | 686 | 1386 | 2078 | 2738 | 3404 |
| Ціна реалізації, грн/га | 4800 | 4800 | 4800 | 4800 | 4800 |
| Вартість додаткової продукції, грн/га | 432 | 1008 | 2688 | 2976 | 3408 |
| Умовний чистий прибуток, грн/га | – | – | 610 | 238 | 4 |
| Рентабельність, % | – | – | 29,4 | 8,7 | 0,1 |

Продовження таблиці 4.1

| Показник | 4 т/га | 8 т/га | 12 т/га | 16 т/га | 20 т/га |
|--|--------|--------|---------|---------|---------|
| Сорт Вакула | | | | | |
| Надбавка врожаю, т/га | 0,12 | 0,19 | 0,54 | 0,65 | 0,72 |
| Витрати на застосування добрив, грн/га | 682 | 1378 | 2066 | 2722 | 3384 |
| Ціна реалізації, грн/га | 4750 | 4750 | 4750 | 4750 | 4750 |
| Вартість додаткової продукції, грн/га | 570 | 903 | 2565 | 3088 | 3420 |
| Умовний чистий прибуток, грн/га | – | – | 499 | 366 | 36 |
| Рентабельність, % | – | – | 24,2 | 13,5 | 1,1 |

У сорту Геліос найвищий умовно чистий прибуток за внесення компосту у кількості 12 т/га склав 610 грн/га, а рівень рентабельності – 29,4%. Найбільша вартість додаткової продукції була за дози компосту 20 т/га як у сорту Себастьян, так і у сорту Вакула. У сорту Себастьян вартість додаткової продукції становила 3772 грн/га за рівня рентабельності 9,9% і у сорту Вакула – 3420 грн/га за рівня рентабельності 1,1%.

Показники умовно чистого прибутку сорту Вакула також залежали від кількості внесеного компосту у ґрунт і варіювали в межах 36–499 грн/га. Відповідно рівень рентабельності становив від 1,1% до 24,2%.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Внаслідок багаторічного «нераціонального та неконтрольованого використання природних ресурсів на території ТОВ «Інтубус», дедалі помітнішим стає погіршення екологічного стану, характерними ознаками є забруднення атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, порушення та забруднення ґрунтів. Ці фактори, у свою чергу, активізують розвиток несприятливих природних процесів (зсувів, паводків), ускладнюють використання природних компонентів, як виробничих ресурсів у промисловості і сільському господарстві. Відбувся перерозподіл стоку малих річок, що порушує природні процеси водоутворення у Тернопільській області. Науково обґрунтована сівозміна захищає ґрунт ТОВ «Інтубус», оскільки правильне розміщення та чергування культур забезпечує підвищення врожайності та захист ґрунту від водної та вітрової ерозії» [63].

В ТОВ «Інтубус» широко використовуються «смугові посіви – це посіви, коли на одному полі кілька культур, які виступають окремими смугами. Ці сівозміни впроваджуються в різних районах і мають різні цілі. На постійно вітряних полях застосовують противітрову сівозміну – посіви розміщують перпендикулярно до напрямку вітрів, які найчастіше дмуть. Для посівів, уражених водною ерозією, посіви висаджують на схилах з ухилом більше двох градусів» [63].

У 2021 році ТОВ «Інтубус» застосувала таку схему посіву полів, уражених ерозією ґрунту: багаторічні трави розміщували в смужних посівах з озимими зерновими. Площа полів, уражених ерозією, становить 80 га, що пов'язано зі стоком дощової води та сніготанення.

ТОВ «Інтубус» використовує «добрива комплексні мінеральні та органічні. Органічні добрива (перепрілий гній ВРХ . З мінералів використовують нітроамофоску, аміачну селітру, диксил-ультра. ТОВ «Інтубус» вносить добрива з урахуванням того, скільки елементів живлення забирає з ґрунту попередник і скільки потребує наступна культура. При збалансованому

внесенні добрив вміст гумусу та поживних речовин у ґрунті нормалізується» [44].

Необхідно суворо дотримуватися доз внесення добрив, оскільки їх збільшення може призвести до негативних наслідків: попадання добрив у підземні води, що може призвести до евтрофікації природних вод; викиди азоту в атмосферу; погіршення кругообігу та балансу поживних речовин, агрохімічних властивостей та родючості ґрунту;

ТОВ «Інтубус» суворо дотримується існуючі норми використання мінеральних добрив.

Дози «внесення вапна залежать від рН ґрунтового середовища та культури, під яку використовують вапно, оскільки його надмірна кількість може пригнічувати ріст рослин і знижувати врожайність. Кисла реакція ґрунту може переходити в лужну, що не менш шкідливо для багатьох культур, ніж кислі, наприклад, льон, картопля, зернові тощо» [71].

На дослідних ділянках ТОВ «Інтубус» проводиться ущільнення ґрунту під дією агротехніки, а мульчування. Благоустрій ТОВ «Інтубус» здійснюється шляхом висадки лісосмуг, що захищають від вітру.

Застосування пестицидів і агрохімікатів. Інтенсифікація виробництва в ТОВ «Інтубус» сьогодні неможливий без використання пестицидів. Нарешті, втрати врожаю через шкідників, хвороби та бур'яни можуть бути значними.

При обробці рослин пестицидами «в ТОВ «Інтубус» частина їх гине внаслідок переносу вітром, розноситься в атмосфері повітряними потоками. Залежно від форми препарату 40–70% дози осідає в ґрунті, створюючи початковий запас отруйної речовини. Вони потрапляють в атмосферу безпосередньо під час внесення та під час випаровування з поверхні ґрунту, рослин і води. Потім вони можуть виходити з атмосфери в ґрунт, водойми тощо, поширюючись на значні відстані» [65].

При використанні пестицидів на ТОВ «Інтубус» дотримуються наступних вимог: мінімальна кратність обробок у сезон, доза препарату, застосування засобів захисту

РОЗДІЛ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

В сьогоденнішніх реаліях «сільське господарство є невід'ємною частиною в розвитку економіки країни. Оснащеність сільського господарства технікою, електрифікація, механізація, а також хімізація виробництва докорінно змінила умови і характер праці, разом з тим ставляться підвищенні вимоги до організації безпеки праці на виробництві» [72].

Питання охорони праці на Державному рівні регулюється такими законами: Закон України «Про охорону праці»; Про внесення змін до Закону України «Про охорону праці»; Кодекс законів про працю України; Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності»; Закон України «Про колективні договори і угоди».

Головною метою охорони праці в ТОВ «Інтубус» є «створення на кожному робочому місці безпечних умов праці, умов безпечної експлуатації обладнання, зменшення або повна нейтралізація дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на організм людини і, як наслідок, зниження виробничого травматизму та професійних захворювань» [60].

«У законі «Про охорону праці» вперше в історії України економічні заходи управління охороною праці зведені до рангу державної політики. Цим Законом у суспільстві стверджуються принципово нові взаємовідносини, що базуються на економічному механізмі управління умовами праці – формуванні у власника (роботодавця) економічної зацікавленості в проведенні заходів щодо поліпшення умов праці» [63].

У ТОВ «Інтубус» за охорону праці відповідає власник підприємства, він своїм наказом покладає відповідальність за стан охорони праці в структурних підрозділах: по рільництву – на головного агронома, по механізації – на головного інженера, по захисту рослин – на головного спеціаліста із захисту рослин. В господарстві є інженер по техніці безпеки і охорони праці.

Основними «несприятливими факторами зовнішнього та виробничого середовища є: типи сировини, матеріалів, пестициди, гербіциди, мінеральні добрива, середньо- та високочастотний шум з рівнем звукового тиску в межах 90–110 дБА, вібрація, інтенсивно підвищена або понижена температура повітря, променеве тепло» [73].

Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці

Не допускаються до роботи особи, які молодші 18-річного віку, вагітні жінки та матерігодувальниці, особи після хірургічних операцій таті, якімають медичні протипоказання.

Тривалість робочого дня під час роботи в ТОВ «Інтубус» знадзвичайно небезпечними препаратами немає перевищувати 4год (з доопрацюванням упродовж 2год у нешкідливих умовах), з іншими пестицидами – бгод.

Наперіод роботи з пестицидами робітників слід забезпечити засобами індивідуального захисту, безкоштовним спецхарчуванням відповідно до медичних вказівок, організувати душ і прання одягу.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Використання компостів для удобрення ґрунту у ньому збільшується вміст органічних речовин (які відіграють важливу роль у його родючості), збільшується кількість корисної мікрофлори, покращується повітряний і водний режими та підвищується біологічна активність, що корисно для агровиробництва та навколишнього природного середовища.

2. Проведено порівняльний аналіз існуючих на сьогодні технологій переробки побічних продуктів тваринного походження у скотарстві. Виявлено, що менш ефективною є переробка гною методом тривалого витримування. Більш безпечно використовувати такі технології як: компостування, пелетування та анаеробне зброджування.

3. Визначено, що технології утилізації відходів тваринництва поряд із позитивними сторонами (підвищення та відновлення родючості ґрунтів і покращення екологічного стану довкілля) мають суттєві недоліки такі як: значна тривалість та сезонність переробки; втрати поживних речовин через випаровування; значні трудовитрати і створення осередків забруднення навколишнього природного середовища; низька економічна ефективність. Для зменшення негативного впливу на НПС необхідне подальше удосконалення способів прибирання гною та методів його утилізації.

4. За виробництва вермикомпосту з гною ВРХ витрати енергії (дизельного палива і людської) складають $0,57 \pm 0,12$ МДж/кг. За виробництва компостів (енергія дизельного палива і людська), гранулювання (електрична і людська енергія) і термічного сушіння (електрична і людська енергія) витрати енергії зменшуються – у середньому на 31,6%, 45,6% та 59,7% відповідно. Вартість енергії виробництва органічних добрив з гною ВРХ шляхом компостування складає $0,57 \pm 0,08$ грн./кг. За вермикомпостування, термічного сушіння і гранулювання вартість енергії збільшується у 1,5 раза, 1,9 раза та 2,3 раза відповідно.

5. Удобрення ґрунту компостом з гною ВРХ у кількості 16 т/га забезпечує розкриття ресурсного потенціалу ячменю ярого, внаслідок цього зростає його врожайність.

6. Оцінюючи екномічну ефективність вирощування сорту Геліос найвищий умовно чистий прибуток за внесення компосту у кількості 12 т/га склав 610 грн/га, а рівень рентабельності – 29,4%. Найбільша вартість додаткової продукції була за дози компосту 20 т/га як у сорту Себастьян, так і у сорту Вакула. У сорту Себастьян вартість додаткової продукції становила 3772 грн/га за рівня рентабельності 9,9% і у сорту Вакула – 3420 грн/га за рівня рентабельності 1,1%.

Удобрення ґрунту компостом з гною ВРХ у кількості 16 т/га в умовах Західного лісостепу України забезпечує максимальну реалізацію генетичного потенціалу ячменю ярого, що сприяє підвищенню його врожайності, у середньому до 22,6%.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Buzhyn O., Shvydenko A., Kulitsa O., Zaiets R., Hora V. Environmental safety: soils exploitation in Cherkasy oblast. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*. 2019. No 1 (19). P. 53–58. DOI: [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2019-1\(19\)-53-58](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2019-1(19)-53-58).
2. Вовк В. Еколого-економічна ефективність виробництва біогазу з сільськогосподарських відходів. *Економічний простір*. 2022. № 181. С. 177–182. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/181-31>.
3. Гапоненко О. Технологія утилізації сільськогосподарських відходів та диференційованого внесення органічних добрив. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2013. Вип. 17(2). С. 330–334. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2013_17%282%29_43.
4. Болтянский Б. В., Мовчан С.І., Дереза С. В. Сучасні наукові дослідження на шляху до Євроінтеграції: матеріали Міжнародного науково-практичного форуму (Мелітополь, 21-22 червня 2019р.). Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного; Ч.1. С. 61–64.
5. Тимощук О.А., Тимощук О.Б., Матвійчук Б.В. Викиди парникових газів від сільськогосподарської діяльності та їх динаміка протягом 1990–2020 років. *Український журнал природничих наук*. 2023. Вип. 1. С. 174–186.
6. Fotyma M., Mercik S. *Chemia Rolna*. Warszawa : Wydawnictwo Naukowe PWN, 1995. 356 s.
7. Zbytek Z., Talarczyk W. Gnojowica a ochrona środowiska naturalnego. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*. 2008. № 4. S. 12–14.
8. Paluszak Z., Ligocka A. Badania mikrobiologiczne gleby aluwialnej skażonej gnojowicą. *Roczniki Gleboznawcze*. 2003. T. 54, № 1/2. S. 117–124.

9. Горобець О.В. Класифікація сільськогосподарських відходів і вибір технології їх утилізації. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. 2020. № 4 (31). С. 225–229.
10. Журавель С.В., Кравчук М.М., Кропивницький Р.Б. та ін. Органічні добрива: навчальний посібник (для студентів напряму підготовки 201 «Агрономія»). Житомир: Вид-во Поліського ун-ту, 2020. 200 с.
11. Cáceres R., Coromina N., Malińska K., Martínez-Farré F.X., López M., Soliva M., Marfà O. Nitrification during extended co-composting of extreme mixtures of green waste and solid fraction of cattle slurry to obtain growing media. *Waste Management*. 2016. Vol. 58. P. 118–125.
12. Комар А.С., Григоренко С. М. Перспективи механізації видалення та переробки гною Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв». (Харків, 24–25 листопада 2022 року) Харків: ДБТУ, 2022. С. 158–161.
13. Beatty G., Zygmunt H. Alternative Technologies/Uses for Manure (draft). Washington : United States Environmental Protection Agency, Office of Wastewater Management, 2005. 35 p.
URL: http://www.epa.gov/npdes/pubs/cafo_report.pdf.
14. Dubnevych Ю., Voinycha Л. Global experience of efficient agricultural waste management. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series "AIC Economics"*. 2023. No 30. С. 118–124. DOI: <https://doi.org/10.31734/economics2023.30.118>
15. Huang G.F., Wu Q.T., Wong J.W.C., Nagar B.B. Transformation of organic matter during cocomposting of pig manure with sawdust. *Bioresource Technology*. 2006. Vol. 97, Issue 15. P. 1834–1842.
16. Матвієць О.Г., Чома З.З., Демянович В.М., Давидова О.Є., Вешицький В.А. Спосіб компостування гною: пат. 28471 А Україна. № 97041688; заявл. 09.04.1997; опубл. 16.10.2000, Бюл. № 5. 2 с.

17. Дозорець А.О. Корнута Ю.Ю. Отримання якісних добрив в процесі метанового зброджування органічних відходів. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2011. № 7. С. 21–23.
18. Kostecka J. Badania nad dżdżownicami i wermikultura w edukacji na rzecz zrównowazonego rozwoju. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 2004. Tom 498. S.11–25.
19. Кравчук В.І., Таргоня В.С., Роженко В.П., Таргоня С.В., Роженко І.В. Спосіб вермикомпостування підстилкового гною: пат. 33219 Україна. № u200802170; заявл. 20.02.2008; опубл. 10.06.2008; Бюл. № 11. 4 с.
20. Болтянський Б. В. Перспективи та доцільність використання нетрадиційних джерел енергії в тваринництві. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету : електрон. наукове фах. видання*. 2014. Вип. 4, Т. 1. С. 69–75. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/1784>.
21. Поліщук В.М., Лободко М.М., Сидорчук О.В., Поліщук О.В. Вплив режимів метанового бродіння на ефективність виробництва біогазу. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК*. 2013. Вип. 185(3). С. 180–191. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_tech_2013_185%283%29__21.
22. Асадян, Д. С. Аналіз способів переробки гною тварин для отримання біогазу. *Інноваційні технології в агропромисловому комплексі: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Мелітополь, 01–30 вересня)*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 46–49.
23. Кернасюк Ю. В. Науково-методологічні підходи до визначення собівартості виробництва та економічної ефективності продукції біоенергетичної утилізації гною. *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки: зб. наук. пр.* Кіровоград: КНТУ, 2010. Вип. 17. С. 164–171.
24. Бородай В. П., Кривохижа Є. М., Чуприна Д. С. Огляд сучасних технологій переробки гною у скотарстві. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 2. С. 112–119.

1. 25. Recebli Z., Selimli S., Ozkaymak M., Gonc O. Biogas production from animal manure. *Journal of Engineering Science and Technology*. 2015. Vol. 10, No. 6. P. 722–729.
26. Мельничук М. Д., Бауер Ф., Дубровін В.О., Дубровіна О.В. Спосіб виробництва біогазу та органічних добрив при зброджуванні багатокомпонентного субстрату. пат. 48730 Україна. № u200911812 заявл. 19.11.2009; 25.03.2010; бюл. № 6. 4 с.
27. Grygier S., Idziak P., Jędrzejczak M. Energetyczne wykorzystanie odpadów poprodukcyjnych powstających w dużych fermach hodowli bydła. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. 2018. Nr I/1. S. 25–37.
28. Akinbami J.-F.K., Ilori M.O., Oyebisi T.O., Akinwumi I.O., Adeoti O. Biogas energy use in Nigeria: current status, future prospects and policy implications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2001. Vol. 5, Issue 1. P. 97–112.
29. Захарченко Е.А. Ефективність застосування добрив при вирощуванні ярого ячменю. *Вісник Сумського НАУ*. 2007. № 10, 11. С. 117–120.
30. Лісовал А.П., Макаренко В.М., Кравченко С.М. Система застосування добрив : підручник. Київ : Вища шк., 2002. 317 с.
31. Пінчук В.О., Подоба Ю.В., Тертична О.В., Кривохижа Є.М., Дешко В.І., Мінералов О.І. Екологічно безпечні технології переробки побічної продукції тваринного походження з отриманням органічного добрива. Науково-методичні рекомендації. Київ: ТОВ «ДІА», 2023. 50 с.
32. Семенчук І.М., Шкрюбка М І. Проблеми збереження та відтворення родючості ґрунтів України. *Агросвіт*. 2018. № 5. С. 49–52.
33. Nasiyevich N.B. The role of organic fertilizers in increasing the fertility of west kazakhstan soils. *Polish journal of soil science*. 2013. Vol. XLVI. No 2. P. 115–124.
34. Скляр О.Г., Карапетров В.В. Суть та впровадження технології компостування. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнародної конференції

- (Мелітополь, 02–27 листопада 2020 р.). Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 232–234.
35. Писаренко В.М., Писаренко П.В. Органічні добрива на захисті родючості ґрунту: монографія. Полтава: ФОП Смірнов А.Л., 2022. 156 с.
36. Чорний С.Г. Основи агрономічної хімії: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2020. 284 с.
37. Дідур І. М., Мацера О. О. Агрохімія. Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт студентами 3-го курсу денної та заочної форм навчання факультету агрономії та лісівництва з галузі знань 20 – "Аграрні науки та продовольство" спеціальностей 201 – "АГРОНОМІЯ" та 203 – "САДІВНИЦТВО ТА ВИНОГРАДАРСТВО" освітнього ступеня "Бакалавр". Вінницький національний аграрний університет. Вінниця, 2019. 166 с.
38. Krysztoforski M. Sporządzenie kompostów i biopreparatów. Radom: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, 2011. 40 с.
39. Hayashi K., Koga N., Yanai Y. Effects of field-applied composted cattle manure and chemical fertilizer on ammonia and particulate ammonium exchanges at an upland field. *Atmospheric Environment*. 2009. Vol. 43, Iss. 35. P. 5702–5707. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2009.07.043.
40. Господаренко Г., Черно О., Чередник А. Значення органічних добрив у системі удобрення культур польової сівозміни. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2019. № 23. С. 184–190.
41. Романащенко О.А. Аналіз технологій внесення твердих органічних добрив в Харківській області. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2015. Вип. 156. С. 216–221.
42. Вахняк В. С., Гліва М.П., Березюк Л.К., Наглюк О.П. Особливості використання індичого посліду як місцевого органічного добрива у малих господарствах. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика : зб. тез доп. II Міжнар. Наук.

- Інтернет-конф. (м. Тернопіль, 20 листоп. 2020 р.). Тернопіль : ЗУНУ, 2020. С. 34-36.
43. Писаренко П.В., Антонєць А.С., Писаренко В.М., Піщалєнко М.А., Пономарєнко С.В. Методичні рекомендації з основ органічного землеробства для фермерів (досвід ПП Агроєкологія). Полтава: ГО «Центр природного землеробства», 2013. 60 с.
44. Шульга Ю. Ефективні біотехнологічні рішення для компостування гною. *Журнал про корів*. 2019. №3. С. 10–12.
45. Krysztoforski M. Sporządzenie kompostów i biopreparatów. Radom: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, 2020. 48 с.
46. Larney F.J., Yanke L.J., Miller J.J., McAllister T.A. Fate of coliform bacteria in composted beef cattle feedlot manure. *Journal of Environmental Quality*. 2003. Vol. 32. P. 1508–1515.
47. Грановська Л.М., Малярчук А.С., Томницький А.В., Булигін Д.О., Лужанський І.Ю., Мішукова Л.С. Вплив гуміфікованого компосту на родючість темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 17–22.
48. Канда М.І., Мальований М.С., Одноріг З.С. Визначення впливу композиції органічного добрива на стан ґрунтів львівської області. VI Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Вінниця, 20–22 вересня, 2017р.). Вінниця, 2017р. С. 26.
49. Абрамович О.В. Оцінка післядії впливу ферментованого органічного добрива на врожай та якість зерна вівса. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. праць. 2013. Вип. 17, Т. II. С. 22–24.
50. Сєгеда І.В. Товарознавство: продовольчі товари : навч. посібник. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекєтова, 2022. 224 с.
51. Частоколяний Б. О. Особливості технічної якості зерна ячменю. Студентський науковий вісник МНАУ. Сільськогосподарські науки. 2020. Вип. 2 (15). С. 267–270.

52. Бобер А. В. Вплив систем землеробства та основної обробки ґрунту на якість зерна ячменю ярого. Органічне виробництво і продовольча безпека : зб. матеріалів доп. учасн. III Міжнар. наук.-практ. конф. (Житомир, 23 квіт. 2015 р.). Житомир : Полісся, 2015. С. 597–601.
53. Дегодюк Е.Г., Літвінова О.А., Ярмоленко Є.В., Дмитренко О.В. Вплив органічних добрив на родючість сірого лісового ґрунту. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 2. С. 31–35.
54. Камінська В.В., Дудка О.Ф., Мушик Б.В. Продуктивність ячменю ярого за різних технологій вирощування. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2016. Вип. 3-4. С. 114–122.
55. Miša P. Jak úspěšně pěstovat jarní ječmen? *Farmář*. 2003. Roč. 9, Č. 1. S. 16–19.
56. Vaněk V., Balík J., Pavlíková D., Tlustoš P. *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha: Profi press, s.r.o., 2007. 176 s.
57. Hřivna L. Racionální výživa jarního ječmene. *Úroda*. Roč. 59, Č. 2., S. 10–16.
58. Карамушка О.М. Економічний розвиток насінневих підприємств з виробництва зернових колосових культур : дис. ... канд. економ. наук : 08.00.04. Дніпропетровськ : ДДАЕУ, 2016. 207 с.
59. Гирка А.Д. Агробіологічні основи формування продуктивності озимих та ярих зернових культур у північному Степу України: дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.09. Дніпропетровськ, 2015. 353 с.
60. ДСТУ 7863:2015: Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 5 с.
61. ДСТУ 4115:2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова. [Чинний від 2003-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 10 с.
62. ДСТУ 4114:2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна. [Чинний від 2003-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 9 с.

63. ДСТУ ISO 14254:2005. Якість ґрунту. Визначення обмінної кислотності в хлоридно-барійових екстрактах (ISO 14254:2001, IDT). [Чинний від 2006-07-01]. Вид. офіц. Київ. Держспоживстандарт України. 2006. 14с.
64. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. 1. Загальна частина / ред. : В.В. Волкодав; Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин. Київ, 2000. 100 с.
65. Бабич А.О. Методика проведення досліджень по кормовиробництву. Вінниця : 1994. 88 с.
66. ДСТУ 3769-98. Ячмінь. Технічні умови. Введ. 01.07.98. Київ: Держстандарт України, 1998. 18 с.
67. ДСТУ ISO 5983:2003. Корми для тварин. Визначення вмісту азоту і обчислення вмісту сирого білка. Метод К'ельдаля. Показчик та огляд (ISO 5983:1997, IDT): ДСТУ ISO 5983:2003. [Чинний від 2005.07.01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 14 с. (Національний стандарт України).
68. Трибрат Р.О., Самойленко М.О. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПШ «Харчові технології» спеціальності 181 «Харчові технології» денної форми здобуття вищої освіти. Миколаїв: МНАУ, 2023. 64 с.
69. Бойко В.І., Лебідь Є.М., Рибка В.С. та ін. Економіка виробництва зерна (з основами організації і технології виробництва): монографія ; за ред. В.І. Бойка. Київ: ННЦ "ІАЕ НААНУ", 2008. 400 с.
70. Заришняк А.С. Стаціонарні польові дослідження України. Київ : Аграрна наука, 2014. 146 с.
71. Мосіюк П.О., Хіміч В.Г. Економічна ефективність застосування добрив. Київ : Урожай, 1987. 136 с.
72. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Методика польового дослідження: навчальний посібник. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.
73. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М., Попов С. І., Музафаров Н. М., Бухало В. Я., Криштоп Є. А. Дослідна справа в агрономії:

навчаль-ний посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. Рожкова А. О. Харків, 2016. 316 с.

74. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С.М., Пузік Л.М., Попов С.І., Музафаров Н.М., Бухало В.Я., Криштоп Є.А. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник: у 2 кн. Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / за ред. Рожкова А. О. Харків, 2016. 342 с.