МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий інститут інноватики,

природокористування та інфраструктури

Кафедра агробіотехнологій

ЛИТВИНЕНКО ВОЛОДИМИР

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ ЗА ВПЛИВУ КОМПОСТУ З СВИНЯЧОГО ГНОЮ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Спеціальності: 201 – «Агрономія»

освітньо-професійної програма – «Агрономія»

Кваліфікаційна робота за освітнім ступенем «магістр»

Виконав студент групи АГРм-21

____Литвиненко Володимир___

Науковий керівник:

_____Кривохижа Є.М.

Кваліфікаційну роботу допущено до захисту

«___»_____ 2024 р.

Завідувач кафедри

_____

ТЕРНОПІЛЬ – 2024

Реферат

Продуктивність пшениці ярої за впливу компосту з свинячого гною в умовах Західного Лісостепу України // Productivity of spring wheat when exposed to compost from pig manure in the Western Forest-Steppe of Ukraine. Кваліфікаційна робота. Кафедра агробіотехнологій. Навчально-науковий інститут інноватики, природокористування та інфраструктури. Тернопіль, ЗУНУ, 20234.

77 с. текст. част., 25 табл., 79 бібл. джерел.

Відходи свинарства за умов неправильного зберігання можуть стали основним джерелом забруднення повітря, водойм та ґрунту. Для зниження негативного впливу на окремі об’єкти навколишнього природного середовища свинячий гній доцільно переробляти на органічні добрива та використовувати їх для удобрення ґрунту, що забезпечить відтворення його родючості та підвищить врожайності сільськогосподарських культур. Проаналізовано технології переробки свинячого гною.

Найбільш поширеною технологією переробки свинячого гною є тривале витримування у гноєсховищах з подальшим внесенням отриманого органічного добрива на поля. Цю технологію застосовували у минулому столітті і зараз її використовує значна кількість господарств.

Більш безпечно використовувати свинячий гній після переробки його на органічні добрива шляхом компостування, вермикомпостування, пелетування, термічного сушіння та анаеробного зброджування. Технологічний процес компостування твердого гною проводиться пасивним або активним способами. За пасивного (традиційного) способу компостування здійснюють у природних умовах: суміш витримується у буртах на прифермських або польових майданчиках за плюсової температури навколишнього повітря.

Технологія активного компостування гною проводиться з періодичним втручанням людини або механізмів та автоматики у цей процес (внесення у гній хімічних реагентів, мікробіологічних препаратів, штучна аерація, підігрів, ворушіння тощо). У наслідок цього відбувається швидше отримання кінцевого продукту, під час компостування знижується рівень шкідливих викидів, зменшуються втрати поживних речовин та покращується якість одержуваних добрив.

Для пришвидшення переробки свинячого гною та підвищення її ефективності також використовують технологію вермикомпостування (процес переробки органічних відходів за допомогою культури дощових черв'яків).

Пелетування або екструзія – процес, під час якого відбувається сушіння гною. Отриманий готовий продукт можливо використовувати як добриво, енергетичне паливо або кормові добавки. Першим етапом цього способу є пресування гною за високих температур і тиску. Після цього проводять екструзію у штампі з отриманням гранул.

Для переробки свинячого гною також використовують технологію анаеробного зброджування. Біологічне розкладання гною здійснюється у безкисневому (анаеробному) середовищі за дії анаеробних мікроорганізмів. Унаслідок анаеробного зброджування виділяються два основних продукти: біогаз та дигестат. Біогаз – це газ, що складається з метану (близько 55–70%) та вуглекислого газу (30–45%) [8]. Біогаз є екологічно чистим видом палива та конкурентноздатним енергоносієм. Дигестат – залишок, що утворюється у процесі отримання біогазу, містить компоненти добрив (азот, фосфат, калій, мезо- та мікроелементи) у співвідношеннях, які необхідні рослинам.

Позитивними сторонами технології переробки відходів свинарства є відновлення і підвищення родючості ґрунтів та покращення екологічного стану навколишнього природнього середовища (НПС). Окрім позитивних сторін також є і суттєві недоліки: значна тривалість і сезонність переробк; значні трудовитрати та витрати електроенергії; втрати поживних речовин через випаровування і низька економічна ефективність; створення осередків

забруднення НПС тощо. З огляду на це необхідне подальше вдосконалення технології переробки відходів свинарства для підвищення їх економічної ефективності.

Визначено енергетичну ефективність виробництва органічних добрив з свинячого гною. Визначено, що за виробництва вермикомпосту з свинячого гною витрати енергії становлять 0,61±0,11 МДж/кг. Під час виробництва органічних добрив шляхом компостування витрати енергії знижуються – у середньому на 31,6%, порівняно з вермикомпостуванням. За гранулювання і термічного сушіння енергетичні витрати зменшуються – на 49,1% і 62,7% відповідно.

Вартість енергії виробництва органічних добрив з відходів свинарства шляхом компостування складає 0,65±0,09 грн./кг. За вермикомпостування вартість енергії збільшується у 1,4 раза, порівняно з компостуванням. Під час застосування термічного сушіння та гранулювання енергетичні витрати виробництва органічних добрив зростають у 1,8 раза та 2,1 раза відповідно.

Визначено, що для удобрення пшениці ярої доцільно використовувати компост з гною свиней у дозі 16 т/га.

Ключові слова: *урожайність, компостування, органічні добрива, яра пшениця.*

ЗМІСТ

ВСТУП..... 5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОБЛЕМИ ПЕРЕРОБКИ СВИНЯЧОГО ГНОЮ..... 8
1.1. Аналіз сучасних технологій виробництва органічних добрив з свинячого гною 8
1.2. Вплив компосту з свинячого гною на родючість ґрунту, продуктивність і якість зерна пшениці ярої..... 18
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 24
2.1. Місце досліджень та ґрунтово-кліматичні умови..... 24
2.2. Метеорологічні умови..... 25
2.3. Ґрунтовий покрив..... 28
2.4. Структура послідових площ..... 29
2.5. Врожайність сільськогосподарських культур..... 30
2.6. Схема досліду, методи та методика проведення досліджень..... 31
2.7. Технологія вирощування пшениці ярої в досліді..... 35
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОТРИМАННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ І ВПЛИВУ КОМПОСТУ З СВИНЯЧОГО ГНОЮ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ..... 37
3.1. Аналіз енергоефективності отримання органічних добрив з свинячого гною..... 37
3.2. Вплив компосту з свинячого гною на врожайність та якість зерна пшениці ярої 44
3.3. Економічна ефективність використання компосту з свинячого гною 60
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА..... 63
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ..... 64
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ..... 66
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК..... 68

ВСТУП

Вміст у ґрунті гумусу є одним із основних показників його родючості. Втрати гумусу відбуваються за інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських рослин.

Однією із важливих вимог належного ведення сільського господарства є підтримування позитивного або хоча б збалансованого балансу гумусу в ґрунті. [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. 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.

«Ефективне використання енергії під час виробництва органічних добрив 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 культур [12–14] висвітлено в наукових публікаціях низки вчених. Визначення енергоефективності виробництва органічних добрив із відходів свинарства та їх застосування для удобрення ґрунтів є одним із важливих питань.

Метою дослідження є визначення впливу компосту з свинячого гною на продуктивність ярої пшениці в умовах Західного Лісостепу України.

Об’єкт дослідження – процеси формування продуктивності сортів ярої пшениці.

Предмет дослідження – біометричні показники, структура урожаю, врожайність і якість зерна сортів ярої пшениці залежно від удобрення компостом з свинячого гною .

Завдання дослідження можна сформулювати так:

– визначити енергоефективність отримання органічних добрив з свинячого гною;

– дослідити біометричні показники, структуру урожаю, врожайність і якість зерна сортів ярої пшениці залежно від удобрення компостом з свинячого гною;

– охарактеризувати ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень, навести схему досліду та методи проведення досліджень;

– визначити вплив компосту з свинячого гною на урожайність пшениці ярої;

– розрахувати економічну ефективність вирощування ярої пшениці за використання компосту.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використовувалися наступні методи: аналіз та узагальнення наукової, науково-методичної літератури та результатів власних досліджень; польові та лабораторні досліди; теоретичне узагальнення, статистичний аналіз та порівняння даних.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше в умовах Західного Лісостепу України визначено вплив компосту з свинячого гною на розвиток рослин пшениці ярої. Встановлено оптимальну дозу компосту для вирощування ярої пшениці на сірому лісовому ґрунті.

Практичне значення одержаних результатів. Встановлена найбільш ефективна доза компосту з свинячого гною для вирощування ярої пшениці 12 т/га, яка забезпечує урожайність, у середньому 3,17 т/га та рівень рентабельності 18,6%.

Структура роботи. Згідно поставленої мети і завдань досліджень у структурі даної кваліфікаційної роботи міститься: вступ, п’ять окремих розділів, висновки та пропозиції виробництву, а також бібліографічний список.

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

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОБЛЕМИ ПЕРЕРОБКИ СВИНЯЧОГО ГНОЮ

1.1. Аналіз сучасних технологій виробництва органічних добрив з свинячого гною

«Свиноферми – місце утворення, накопичення та тривалого зберігання значної кількості органічних відходів, які можуть бути джерелом потрапляння в довкілля різноманітних забруднювальних речовин мінерального, органічного та біогенного походження. Крім того, життєдіяльність і фізіологічні процеси в організмі самих свиней можуть завдати певної шкоди навколишньому природному середовищу, особливо за великого скупчення тварин на обмеженій території та неналежних умов їх утримання. Найбільшим за масою відходом у свинарстві є гній. За рік від однієї свині вагою від 30 до 110 кг вихід гною становить 4,5–12 кг на день. Від свиноферми з 10000 голів – 45000–120000 кг гною на день» [1, 2].

«Гній є потенційно небезпечним джерелом забруднення довкілля, містить важкі метали, насіння бур’янів, яйця гельмінтів і патогенну мікрофлору» [3]. Від свинячого гною у повітря потрапляють парникові гази (закис азоту і метан), а також аміак, який є непрямим джерелом оксиду азоту (потенційного парникового газу) [4–6]. Утилізації гною займає важливе місце для забезпечення екологічної безпеки в зоні діяльності господарств, що утримують свиней.

Гній широко використовується для збільшення родючості ґрунту. У ньому міститься велика кількість органічних сполук, а також багато макро- мезо- 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 елементів живлення» [7]. Проте використання гною для удобрення ґрунту призводить до збільшення вмісту нітратів у рослинах. Також

регулярне застосування на полях гною спричиняє забруднення підземних вод амонійним азотом. Амонійний азот є продуктом розкладання азотовмісних органічних речовин у гною. Після внесення гною на полях аміачний азот може вимиватися з верхніх шарів ґрунту дощовими водами або зрошенням та потрапляти у підземні води. Нераціональне використання гною може стати причиною забруднення ґрунту та води патогенними мікроорганізмами, які небезпечні для здоров'я людей та тварин [8, 9].

На тваринницьких фермах використовується технологія переробки гною шляхом тривалого витримування [10]. Ця технологія застосовувалася у минулому столітті і на сьогоднішній час, ще значна кількість господарств її використовують.

Технологія переробки гною методом тривалого витримування складається із наступних операцій: транспортування та завантаження рідкого гною у гноєсховища; біоконверсія його методом тривалого витримування; вивантаження органічного добрива, транспортування його та внесення на поля.

Перевагами цієї технології є: широкий діапазон вологості гною (від 85 до 97%), під час переробки гною здійснюється лише кілька технологічних операцій, відсутність постійного контролю процесу переробки кваліфікованим персоналом та простота конструкції гноєсховища.

Недоліками цієї технології є: значні витрати на будівництво гноєсховищ та тривалі терміни переробки (до 12 місяців); витрати на розвантажувально-навантажувальні роботи; втрата аміаку під час зберігання гною та низька надійність знезаражування.

Після компостування гній безпечніше використовувати для удобрення ґрунту. Процес компостування може сповільнитися або зупинитися за дуже низьких температур. Оптимальна температура для компостування зазвичай знаходиться в діапазоні від 10 до 60 градусів Цельсія. За температур нижче цього діапазону мікроорганізми, відповідальні за розкладання органічного матеріалу, можуть перестати активно працювати. За польового компостування у буртах (штабелях) на відкритих майданчиках приготування компостів

здійснюють зазвичай за температури зовнішнього повітря у межах від 10 до 60 °С. За температури нижче -5 °С мікроорганізми, що розкладають органічний матеріал, сповільнюють свою активність. Майданчики для виробництва компостів повинні бути з невеликим нахилом та зазвичай мати асфальтове, бетонне або спрощене ґрунтове покриття, яке розраховане на навантаження механізмів, що використовуються і вагу штабелів. Також майданчики повинні бути обладнані системою збирання та зберігання зливових стоків та гноївки. Кювети повинні мати з'їзди з пандусами для їх очищення. Зливові стоки та гноївка використовуються для поливу сільськогосподарських угідь та буртів компосту. Необхідно, щоб рівень залягання ґрунтових вод був нижчим від майданчика компостування, принаймні, на 1–1,5 метра, щоб запобігти їх забрудненню компостними продуктами. Санітарна зона для дрібних житлових масивів зазвичай становить близько 500 метрів (щоб запобігти можливим негативним впливам від діяльності компостування на здоров'я та комфорт людей, що там проживають). Механізована техніка (навантажувачі, трактори, збиральні машини, бульдозери тощо) може застосовуватися на різних етапах процесу компостування (приготування компостної суміші, змішування її з наповнювачами та під час прибирання готового компосту).

Укладання буртів на майданчику у вигляді піраміди, тригранної призми або трапеції у перерізі забезпечують у середині оптимальний розподіл повітря і вологи, що сприяє кращому процесу розкладання органічних речовин. Теплоізоляційна подушка (наприклад, з торфу) з кутом природного ухилу бокових сторін бурту від 35 до 45° допомагає зберегти тепло, яке створюється у процесі компостування. А це сприяє прискоренню компостування. Компоненти укладаються (органічні відходи, солома, скошена трава тощо) шарами завтовшки від 5 до 15 см. При завершенні компостного бурту на його поверхню наносять теплоізоляційний шар, щоб знизити втрати тепла і для запобігання поширенню запаху, а також мух. Товщина теплоізоляційного шару може змінюватись у залежності від кліматичних умов та пори року. У літній період зазвичай досить шару товщиною 5–20 см. Водночас у зимовий період наносять

теплоізоляційний шар завтовшки від 30 до 40 см, щоб зберегти тепло всередині бурту. Як теплоізолюючий шар під час компостування використовують готовий просіяний компост, солому, тирсу, торф тощо. Бурти зазвичай зволожують через кожні 2–4 тижні. У буртах з доброю теплоізоляцією процес компостування продовжується і в зимовий час. Загалом процес компостування у буртах (штабелях) може тривати від 1,5–2 місяців до 3–6 місяців залежно від сезону року і кліматичних умов.

Перемішування компостної маси і примусова аерація з використанням каналів або труб, які розташовані під компостованим матеріалом допомагають зменшити анаеробні зони в бурті. За періодичного розпушування компостної маси відбувається подрібнення великих фрагментів сировини, збільшується питома поверхня, а також у ній відбувається більш рівномірний розподіл вологи та кисню. Це створює більш сприятливі умови для діяльності термофільних мікроорганізмів, які відіграють важливу роль у створенні термофільних умов. Термофільні умови характеризуються підвищеною температурою компостної маси (зазвичай у діапазоні від 45 до 70 °C) та сприяють більш інтенсивному розкладанню органічних речовин у бурті. За таких умов дозрівання компосту відбувається швидше. Суміш у буртах перемішують кілька разів протягом 30–45 діб, з інтервалами 6–8 діб. Надмірне перемішування призводить до охолодження та висихання компостованої маси, розривів у міцелії актиноміцетів та грибків або руйнування структури сировини і перетворення її на вологу гомогенну масу.

Для прискорення процесу компостування у суміш додають готовий компост або спеціалізовані біологічні добавки. Спеціалізовані біологічні добавки для компостування можуть містити різні види ферментів (наприклад, з біомаси шлунка жуйних тварин, комерційні препарати целюлолітичних, гемоцелюлолітичних, пектинолітичних ферментів, мультиензимні композиції), мікроорганізми, які виділені з компосту або спеціально селекціоновані штами, деструктори культури на основі термофільних актиноміцетів, бактерій, що мешкають у рубці жуйних, іммобілізованих бактерій (*Bacillus subtilis* та

Bacillus licheniformis), грибків (*Pleurotus florida*, *Pleurotus ostreatus*, *Trichoderma viride* та ін.). Прискоренню процесу компостування сприяє зрошення компосту водним екстрактом готового компосту (який відомий як «компостний чай»). Цей метод дозволяє переносити корисні мікроорганізми, поживні речовини та інші корисні компоненти готового компосту у нову сировину. Співвідношення компосту і води, що рекомендуються при отриманні екстракту – 1:100. Додавання екстракту у бурти приводить до прискорення процесу дозрівання компосту на 10–20 днів. Додавання стартових культур (які містять суміш високоактивних мікроорганізмів, ферментів та інших біологічно активних компонентів) до компостної маси дозволяє скоротити терміни компостування до 4–15 діб [11].

Пасивне компостування – це найпростіший природній спосіб переробки органічних відходів, який включає отримання органічних сумішей (свинячий гній з додаванням свинячого гною з підстилкою; свинячий гній з додаванням торфу; свинячий гній з додаванням тирси; свинячий гній з додаванням інших місцевих органічних відходів). Із органічної суміші формується компостний бурт (штабель) заввишки трохи більше 2,5 метра. Через 6–8 місяців зберігання компостної суміші на польових майданчиках відбувається її дозрівання. Протягом цього часу проходить процес компостування, розкладання органічних речовин за впливу мезофільних і термофільних мікроорганізмів, а також інших організмів. Унаслідок цього утворюється компост, який придатний для використання у землеробстві, садівництві або городництві [12].

Недоліками методу пасивного компостування є: нерівномірність дозрівання компосту залежно від погодних умов (у суху погоду компост може висихати надто швидко, що уповільнює його дозрівання), у дощові періоди збільшується ризик витікання забруднених стоків у навколишнє природне середовище та значна тривалість процесу.

Технологія активного компостування гною передбачає участь людини або використання механізмів та автоматики для регулярного втручання у цей процес (періодичне перекидання гною для забезпечення вентиляції та

перемішування компостної маси, внесення у гній хімічних реагентів, мікробіологічних препаратів, підігрів тощо). Під час використання технології активного компостування: знижується рівень шкідливих викидів; відбувається швидше отримання готового компосту; зменшуються втрати поживних речовин; підвищується якість одержуваних добрив порівняно з пасивним методом.

Більш поширений метод активного компостування гною у буртах з використанням штучної аерації. За активного компостування гній з вологопоглинаючими матеріалами (солома, тирса тощо) розміщують у буртах на відкритому майданчику. «Для механізації процесу використовують спеціальні машини для аерації буртів» [13]. Для підтримання оптимальних умов процесу компостування аерації необхідно проводити періодично кілька разів (мінімум 3 рази) протягом 40 днів. Проведення аерації завершується, коли компост перестає розігріватися (його температура наближається до температури навколишнього природного середовища) [14]. «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 добриво» [15, 16].

До переваг активного компостування належать: скорочення часу компостування (від 1,5 до 2 місяців); більш ефективне використання існуючих майданчиків для компостування (зниження капітальних витрат завдяки зменшенню необхідності у додаткових майданчиках для компостування – до 40%); низькі вимоги щодо 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» [17].

До недоліків активного компостування належать: додаткові витрати на придбання мікробіологічних та хімічних препаратів; збільшення витрат на організацію аерації буртів; за знижених температур цей процес можливий тільки в закритих приміщеннях (що знижує його економічну ефективність); відбуваються втрати азоту та інших поживних речовин; стоки, вилуговування та гідроліз впливають на рівень поживних речовин, а також втрати у навколишнє природне середовище під час компостування [18]. Втрата поживних речовин у процесі активного компостування може суттєво впливати на якість отриманого компосту, що може перешкоджати його використанню для удобрення ґрунтів.

«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» [14].

«Для підвищення ефективності та зменшення часу переробки гною також використовують таку біотехнологію як вермикомпостування відходів» [19]. Вермикомпостування – природна екологічно безпечна технологія переробки органічних відходів з використанням черв’яків. Отриманий вихідний продукт – біогумус використовується як ефективне біологічне добриво.

«Пропонується спосіб вермикомпостування при якому готують субстрат на основі твердої фракції свинячого гною, зброджeного в біогазовой установці одного з приватних господарств. Зброджену масу відстоюють, відокремлюють згущену частину, яку додатково проціджують і отримують тверду фракцію (шлам). Субстрат для вермикомпостування готують з суміші шламу (75–80%) і попередньо подрібненої соломи пшениці (20–25%). Для забезпечення pH субстрату в межах 6,5–8,0 у підготовлену суміш додають вапняне борошно.

Після перемішування всіх компонентів доводять вологість субстрату до 80%. Підготовлений субстрат викладають у контейнер шаром 5 см і на поверхню випускають 50 особин черв'яків *Eisenia foetida*. Після проникнення черв'яків у субстрат через 5–10 хвилин поверхню накривають мішковиною. Цикл компостування триває 45 днів. Один раз у тиждень черв'яків годують, додаючи по 5 сантиметрів субстрату. Завершення циклу переробки субстрату встановлюють органолептичним методом за зміною кольору і запаху компосту» [20].

До недоліків технології вермикомпостування належать: можливість використовувати для невеликих обсягів гною за значної тривалості компостування 4–6 місяців; сезонність виробництва (оптимальні температури для компостування з використанням черв'яків коливаються у межах +13–25 °С) та некерованість мікробіологічних процесів; необхідне відокремлення черв'яків від біогумусу та інші трудовитрати; процес розкладання органічних речовин за допомогою черв'яків супроводжується втратами поживних речовин через випаровування.

Пелетування (також відоме як екструзія) – це процес під час якого свіжий гній перетворюється на компактні, сухі та прості у використанні продукти гранули або пелети. Вони зручні для зберігання, транспортування та застосування. Цей вид продукції широко використовується як добриво (яке легко дозувати та розподіляти на поверхні поля), кормові добавки (містять поживні речовини та додаються до раціонів для поліпшення травлення та загального здоров'я тварин) або енергетичне паливо (для опалення приміщень чи генерації енергії). Процес пелетування гною зазвичай включає кілька етапів, включаючи пресування за високих температур та тиску, а також екструзію у спеціальному устаткуванні, щоб отримати гранули певного розміру та форми [21].

Попри те, що гранули можна виробляти у великих кількостях, їх реалізація обмежується недостатністю ринків збуту та значними витратами на транспортування [22].

На процес пелетування витрачається значна кількість енергії, для його реалізації необхідне досить дороге обладнання. Також за використання пелет для удобрення ґрунту слід враховувати, що після пелетування гною значною мірою знижуються його корисні властивості [23].

«Перспективним, екологічно безпечним та енергетично вигідним напрямком утилізації органічних відходів, зокрема гною свиней, є анаеробна (метанова) переробка відходів свинарства в біогазових установках. Основними продуктами, які отримані за цією технологією є рідкі (напіврідкі) органічні добрива та біогаз. Між іншим, до того як у світі почалися енергетичні проблеми, біогаз завжди розцінювався як побічний продукт переробки відходів.

Біоенергетича складова анаеробного зброджування свинячого гною – переважно біогаз (вміст метану в межах 55–72%, діоксиду вуглецю – 27–44%, вологи – до 5%, сірководню – до 3%, а також домішок водню, аміаку тощо) з теплотою згорання 20–22 МДж/м³. Його можна використовувати як альтернативне паливо з подальшим виробленням теплової і електричної енергії для власних технологічних потреб: як для біоенергетичної установки, так і для свинокомплексу в цілому» [24].

Мовсесов Г.Є. «рекомендує спосіб переробки сільськогосподарських відходів з одержанням біогазу і добрива, що включає відокремлення частини відходів, завантаження її в контейнери і розміщення останніх в резервуарі, внесення в контейнери анаеробних мікроорганізмів, зброджування відходів з відбором біогазу та вивантаження зброджених відходів, який відрізняється тим, що відокремлення проводять шляхом фракціонування за видом відходів, на рідку і тверду фракції, і сортування за складом з однаковою тривалістю циклу бродіння, з подальшим завантаженням рідкої частини відходів в резервуар, а сортованих відходів – порізно в контейнери, які виконані проникними, занурення проникних контейнерів в резервуар, причому тривалість перебування контейнерів в резервуарі не перевищує технологічної тривалості циклу бродіння кожної окремої частини відокремлених відходів. Також цей спосіб відрізняється тим, що: вивантаження контейнерів із збродженими

відходами проводять одночасно з їх фракціонуванням і поверненням рідкої частини відходів в резервуар; вивантаження збродженої рідкої частини відходів з резервуара проводять з частковим залишенням у резервуарі рідини з анаеробними мікроорганізмами» [25].

Процишин Б.М. та ін. «пропонують спосіб одержання біогазу та біодобрив з органічних відходів, що включає подрібнення, нагрівання, гомогенізацію та анаеробну переробку органічної сировини в два етапи, вивантаження перебродженої маси, який відрізняється тим, що перед подрібненням вихідну органічну масу сепарують, а при анаеробній переробці субстратної маси, одержаним фільтратом вихідної сировини та фільтратом перебродженого розчину, розбавляють подрібнену тверду фракцію до робочої вологості. Цей спосіб одержання біогазу та біодобрив з органічних відходів також відрізняється тим, що вологість субстратної маси при анаеробній переробці становить 90–94%» [26].

Метод переробки гною способом анаеробного зброджування дозволяє виробляти якісне добриво. У процесі переробки азот перетворюється в аміак (NH_3), який входить до складу добрив і засвоюється рослинами. За удобрення ґрунтів таким добривом не забруднюються поверхневі та ґрунтові води. Під час переробки гною методом анаеробного зброджування зменшується його неприємний запах, відбувається знищення патогенних мікроорганізмів та насіння бур’янів [27]; біогаз, що утворюється внаслідок анаеробного зброджування органічних речовин, може бути використаний для вироблення електроенергії генераторами, [28], яка може використовуватися для потреб ферми або реалізуватися.

Недоліком цього методу є значні початкові витрати (на встановлення спеціалізованих реакторів, систем контролю і управління, а також на проектування та інженерні роботи) [29].

Сучасні ефективні технології переробки відходів свинарства на органічні добрива повинні відповідати наступним вимогам: бути доступними, із незначними трудовитратами, економічно та енергетично ефективними;

проводитися у нетривалі терміни та зменшувати негативний вплив на навколишнє природне середовище; забезпечувати максимальне збереження поживних речовин у одержаних добривах; зменшувати неприємний запах відходів свинарства і надійно їх знезаражувати.

Таким чином, технології переробки відходів свинарства на органічні добрива з найменшим негативним впливом на навколишнє природне середовище дорогі та не завжди доступні господарствам. З огляду на це для удосконалення та впровадження найкращих технологій необхідна державна фінансова підтримка.

1.2. Вплив компосту з свинячого гною на родючість ґрунту, продуктивність і якість зерна пшениці ярої

Використання свинячого гною як добрива обумовлено екологічними та санітарними вимогами, що запобігають забруднення ґрунту, атмосфери, водойм, рослинної та тваринницької продукції, а також біологічній безпеці для здоров'я людей та тварин. «Відходи тваринництва без належної переробки можуть бути джерелом забруднення ґрунтових вод та рослинної продукції нітратами та патогенними мікроорганізмами» [30].

«Середньодобовий вихід свіжих екскрементів від свиней (6–8% гною від своєї маси) становить близько 12 кг/добу на 1 гол., або 4,4 т/рік. Ці відходи містять речовини, спожиті тваринами з кормами (оскільки лише третина поживних компонентів використовується організмом на різноманітні фізіологічні процеси) та велику кількість мікроорганізмів, що населяють шлунково-кишковий канал тварин і нерідко є збудниками інфекційних хвороб. Фізичний, хімічний та мікробіологічний склад цих відходів залежить від різних чинників, таких як способи утримання та годівлі, відповідність режиму утримання, догляду за тваринами, а також від фізіологічних особливостей самих тварин (вік, вага, стать, порода). Гній також містить важкі метали, насіння бур'янів, яйця гельмінтів та патогенну мікрофлору, що є потенційно

небезпечним джерелом забруднення довкілля. Від нього у повітря потрапляють парникові гази – закис азоту та метан» [31, 32]. Одним із найбільш поширених методів переробки відходів тваринництва є компостування. Удосконалення процесів компостування дозволить запобігти забрудненню довкілля, підвищити родючість ґрунтів і врожайність сільськогосподарських культур, що є важливим завданням для сільськогосподарського виробництва.

Компостування – це біотермічний процес природнього розкладання органічних речовин з доступом кисню (в аеробних умовах) за участю аеробних мікроорганізмів. Протилежним компостуванню є процес гниття або розкладання органічних речовин без доступу кисню (в анаеробних умовах).

«Продукт компостування або компост – багате гумусом добриво, яке збагачує ґрунт поживними речовинами. За дотримання умов технології у компостній ямі через 12–24 місяців можливо отримати готовий компост» [33]. «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» [34].

Свинячий гній містить необхідні для живлення рослин біогенні елементи, зокрема загальний азот (0,37–0,65%), фосфор (0,25–0,76%), калій (0,19–0,51%) та ін. Конкретний вміст цих елементів може змінюватися у залежності від типу годівлі, методів утримання та обробки гною. Основними формами азоту у свинячому гною (50–70%) є аміак (NH_3) та карбонат амонію (NH_4HCO_3) і тільки невелика частина (від 3% до 8%) знаходиться у нітратній формі (NO_3^-). Ці форми легко засвоюються рослинами в перший рік. «Безпідстилковий гній також містить (у перерахунку на 10%-й вміст сухої речовини) різні мікроелементи, зокрема бор – 3,6 мг/кг, марганець – 27,3, молібден – 0,2, мідь – 6,9, цинк – 36,8 мг/кг та ін.» [35]. У компості порівняно з гноєм збільшується вміст поживних речовин, які необхідні для рослин (зокрема загального азоту на 32,4%, фосфору – 15,3% і калію – 4,6%) [36, 37]. Це відбувається завдяки процесам розкладання та трансформації органічних речовин у компості.

Компости мають певні переваги у порівнянні з рослинними залишками та гноєм, зокрема повільніше вивільняють елементи живлення рослин та мають більш тривалу дію, що корисно для підтримки родючості ґрунту на довгостроковій основі. За таких обставин знижується необхідність частих внесень добрив. За удобрення ґрунту компостами: у ньому збільшується вміст органічних речовин та кількість корисної мікрофлори; покращується структура ґрунту, повітряний і водний режими, а також підвищується його біологічна активність. А це, у свою чергу, сприяє зростанню врожайності сільськогосподарських культур.

Пшеницю м'яку яру (*Triticum aestivum*) (однорічну злакову культуру) доцільно вирощувати на удобрених родючих ґрунтах. Добрива рекомендується вносити безпосередньо перед вирощуванням цієї культури. Це дозволяє максимально ефективно використовувати добрива, забезпечуючи рослини необхідними елементами живлення у той момент, коли вони найбільше потребують їх для росту та розвитку.

Удобрені поля сприяють розвитку потужної кореневої системи пшениці. Це відбувається завдяки тому, що доступ до достатньої кількості елементів живлення дозволяє рослинам краще розвиватися. Потужна коренева система, у свою чергу, сприяє економному використанню вологи. Коріння глибше проникають у ґрунт, що дозволяє рослинам отримувати воду з глибших шарів, де її вміст може бути стабільнішим навіть в умовах посухи. Це підвищує стійкість культури до посухи та покращує її витривалість у періоди нестачі вологи. Під час розрахунку потреби у добривах для вирощування пшениці враховуються: агрохімічні картограми (спеціальні карти або таблиці, що відображають вміст основних елементів живлення (азоту, фосфору, калію та ін.) у ґрунтах на конкретних ділянках), запланований урожай та особливості сорту. Для формування однієї тони зерна та відповідної кількості соломи у ярої пшениці потрібна певна кількість основних елементів живлення, зокрема 35–45 кг азоту (N), 8–12 кг фосфору (P) та 17–27 кг калію (K).

Середня норма компосту за суцільного внесення у ґрунт зазвичай становить від 10 до 25 тон на гектар. Ця кількість залежить від таких факторів, як тип ґрунту, склад компосту, норма його внесення для вирощування конкретної сільськогосподарської культури тощо. За норми 10–25 т/га у ґрунт потрапляє приблизно від 220 до 470 кг основних елементів живлення рослин. Розкидання на полі 20 тон на гектар компосту зі свинячого гною забезпечить: 105,0 кг азоту (N), 172,5 кг фосфору (P_2O_5), 141 кг калію (K_2O), 0,95 кг міді (Cu) та 3,5 кг цинку (Zn). За локального внесення компосту норма становить приблизно від 8 до 11 тон на гектар [5].

«Застосування 30 і 60 т гною у сівозміні та 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» [38].

Використання органічних добрив і нетоварної частини врожаю, відіграє важливу роль у підвищенні родючості ґрунту та створенні оптимальних умов для росту та розвитку рослин [39]. До органічних добрив відносять пташиний послід, гній, компости, сапропель, торф, солому тощо [40]. Водночас до місцевих органічних добрив відносяться гній, пташиний послід і компости, які отримані та заготовлені фермерськими господарствами [41].

«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» [42]. На сьогоднішній день компостування вважається однією з найбільш екологічно та економічно ефективних технологій утилізації відходів тваринництва і птахівництва та дозволяє отримувати на їх основі якісні органічні добрива [43].

Компост – повноцінне багатокомпонентне добриво, що містить доступні для рослин макро-, мезо- і мікроелементи. Одночасно із компостами в ґрунт вноситься величезна кількість корисних мікроорганізмів, які виконують важливі функції в основних ґрунтових процесах, що впливають на умови кореневого живлення рослин. В органічному землеробстві компост є одним із основних добрив [44].

У процесі компостування зменшуються запах (який пов’язаний з розкладанням органічних речовин) одержаного органічного добрива, гинуть патогенні мікроорганізми та знижується життєздатність насіння бур’янів [45].

«У Франції широко розповсюджена технологія, яка розроблена фірмою OTV (відома під назвою «Solida»). Компостування здійснюється у ємностях довжиною 8 м, глибиною і шириною по 4 м. Товщина шару оброблюваної маси – від 2 до 3,5 м. Змішування проводиться лопатевим колесом (потужність приводу 18,4 кВт), яке пересувається уздовж секції, а перевантаження – шнеком, розташованим усередині колеса. Суміш перевантажується щодобово або через 2–3 дні в сусідню секцію. У залежності від цього тривалість обробляння у системі секцій складає від 8 до 14 діб, після цього суміш вивантажується на відкриті майданчики для дозрівання протягом 1–1,5 місяця» [34].

Органічні добрива відіграють важливе значення у збільшенні врожайності та покращенні якості продукції сільськогосподарських культур [46], зокрема зернових злакових [47]. «Без внесення добрив урожайність ярої пшениці становить 2,71–2,75 т/га. За внесення у ґрунт органічних та органо-мінеральних добрив приріст урожаю пшениці становить 0,4 т/га (збільшення на 11,9%) та 2,9 т/га (збільшення на 48,8%)» [48].

Удобрення ґрунту органічними добривами позитивно впливає на покращення якісних показників зерна злакових культур (збільшується маса 1000 зерен і вміст білка) та хлібопекарських властивості борошна (седиментація та водопоглинання борошна, а також стійкість тіста) [49, 50]. Зернові злакові культури, що вирощені за різних систем основного обробітку ґрунту, екологічного та біологічного землеробства відповідають вимогам якості, які необхідні для використання їх у продовольчих і кормових цілях [51].

Таким чином, удобрення ґрунту органічними добривами сприяє збільшенню врожайності та покращення якості зерна злакових культур.

РОЗДІЛ 2.
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце досліджень та ґрунтово-кліматичні умови

Приватне агропромислове підприємство ПАП «Агропродсервіс» розташоване у с. Настасів має землі таких відділень як Росоховатець, Урмань, Ярчівці, Дружба, Вікторія, Гарбузів, Синява. Знаходиться у вигідному положенні поблизу районного центру та залізниці.

Господарство розташоване на північному заході Тернопільського району. Відстань господарства до: найближчої залізниці – 1 км, районного центру – 12 км та обласного центру – 12 км.

Рис. 2.1. Територіальне розташування бази дослідження

Основними видами діяльності господарства є рослинництво та тваринництво (до якого входить свинарство та скотарство).

Нині у господарстві є різні робітничі бригади, зокрема трактористи-машиністи, водії, апарати управління які забезпечують безперебійне нарощування матеріально-технічної бази корпорації та щорічно поповнюють ринок рослинною продукцією. Щорічно господарство поповнює свій земельний

фонд за рахунок тих земель, які не використовуються іншими господарствами вже багато років.

На даний час господарство ПАП «Агропродсервіс» спеціалізується на вирощуванні таких культур як: озима пшениця, озимий ячмінь, пшениця яра, кукурудза, гречка, озимий ріпак, соняшник, соя та цукровий буряк.

2.2. Метеорологічні умови

Господарство ПАП «Агропродсервіс» знаходиться у західній частині ґрунтово-кліматичної зони лісостепу, де середньорічна температура 12–15°С.

Тривалість вегетаційного періоду становить 180–220 днів. Клімат характеризується помірною континентальністю з чітко визначеними переходами між періодами року. Загалом кліматичні умови господарства цілком сприятливі для росту та розвитку основних сільськогосподарських культур.

Середньорічна норма опадів у господарстві коливається у межах 450–600 мм. Осінні заморозки спостерігаються у кінці жовтня та на початку листопада. Зимовий сезон починається у другій половині листопада з періодом середньомісячної температури повітря до – 0°С. Весняні заморозки закінчуються у середині квітня. Посівні роботи розпочинаються у першій декаді березня.

Аналіз середньорічних гідротермічних показників 2021–2023 років показав, що найбільше потепління було з травня до кінця вересня. Найтеплішим місяцем був серпень, середня температура якого становила 26,7 °С. Холодний період із середньою добовою температурою повітря нижче 0°С триває від 2 до 4 місяців. Найхолоднішим за аналізований період був січень із середньою температурою – -3,6 °С. У 2021–2023 роках середня сума опадів була 41,0 мм. Найбільше опадів випало у серпні – 68,8 мм (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Основні гідротермічні показники

Місяць	Середньодобова температура повітря, ºС				Сума опадів, мм			
	Середня багаторічна	2021 рік	2022 рік	2023 рік	Середня багаторічна	2021 рік	2022 рік	2023 рік
Січень	-3,6	-8	-1	-2	42,4	50,5	56	20,8
Лютий	2,1	-2	3,2	5	30,3	40,7	35	15,3
Березень	1,1	-11	8,4	6	26,7	16,9	50	13,1
Квітень	13,7	12	13	16	24,8	44,2	5	25,2
Травень	18	17	18	19	68,8	68,5	79	58,6
Червень	23	26	22	22	51,7	81	13	91,1
Липень	24,7	23	26	25	47,5	86	52	4,6
Серпень	26,7	27	28	25	30,1	49,7	3	37,7
Вересень	19,7	17	21	21	34,9	56	25	23,7
Жовтень	12	12	12	12	37,8	35,7	40	37,7
Листопад	6,5	5	8	6,5	31	19,3	35	38,6
Грудень	-5	-6	-4	-5	62,1	71,3	53	62
За рік	11,6	9,3	13	15,2	41,0	51,6	37,2	24,2

Основні агрокліматичні показники подані у таблиці 2.2, де зазначено максимальні та мінімальні багаторічні середньомісячні температури повітря, сума опадав за рік.

Таблиця 2.2

Основні агрокліматичні показники

№ з/п	Показники	Фактичні дані
1	2	3
1.	Дата переходу середньодобових температур повітря: навесні через 0°С	21.03
	5°С	29.03
	10°С	05.04
	15°С	15.05
	восени через 15°С	24.09
	10°С	20.10
	5°С	15.11
	0°С	02.12
2.	Тривалість періоду в днях з температурою повітря вище: 0°С	8
	5°С	7
	10°С	10
	15°С	126
3.	Сума середньодобових температур повітря за період з температурою вище: 0°С	33
	5°С	37
	10°С	2500–2800
	15°С	660
4.	Тривалість безморозного періоду, днів	170
5.	Абсолютний максимум температур повітря, °С	39
6.	Абсолютний мінімум температур повітря, °С	-2,9
7.	Середня дата останнього заморозку весною	02.04
8.	Середня дата першого заморозку восени	29.09
9.	Середня дата утворення стійкого снігового покрову	27.02
10.	Середня дата сходу снігу	40–45
11.	Тривалість періоду із стійким сніговим покровом, днів	2,5–30
12.	Глибина промерзання ґрунту, см (від-до)	15–50

2.3. Ґрунтовий покрив

На території господарства переважають чорноземи, сірі опідзолені, а також сірі лісові легко та середньосуглинкові ґрунти.

Чорноземи – найродючіші ґрунти в Україні. Вони характеризуються: диференціацією профілю (через відсутність розподілу колоїдів, як це спостерігається у підзолистих ґрунті); слабкокислою або нейтральною реакцією ґрунтового розчину (що сприяє розвитку рослин); добрими фізичними властивостями та високим вмістом поживних речовин. За вмістом гумусу чорноземи типові належать до середньогумусних (вміст гумусу понад 6%). Відповідно, чим важчий гранулометричний склад ґрунту, тим вищий вміст у ньому гумінових кислот. Характерною особливістю чорноземних ґрунтів є накопичення у них великої кількості стійких гумусових сполук. Товщина органічного шару чорнозему – не менше 40 см. Валовий запас гумусу та азоту в шарі 0–20 см становить 60–220 і 3–15 т/га відповідно. У метровому шарі – гумусу 240–880 т/га і азоту 12–60 т/га. Загальний вміст фосфору (P_2O_5) становить від 0,1 до 0,3%, а його валовий запас 2–45 т/га. Чорноземи мають високу поглинальну здатність (30–40 мг екв/100 г ґрунту). Також високий ступінь насиченості основами, особливо Ca^{2+} та Mg^{2+}.

Сірі лісові ґрунти характеризуються більш інтенсивним розвитком дернового процесу та ослабленням підзолистого. У їх профілі чітко спостерігається елювіально-ілювінльний тип розподілу речовин. Вміст гумусу в ясно-сірих (1,6–3,4%) і сірих лісових ґрунтах (2,2–4,7%) вищий у порівнянні з дерново-підзолистими (1,5–2%). Кількість його залежить від гранулометричного складу, надходження у ґрунт органічних залишків та рослин, які вирощуються.

Характеристика ґрунтів господарства подана в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Агровиробнича група ґрунту	Площа, га	Потужність орного шару, см	Гранулометричний склад	pH сольової витяжки	Вміст			
					гумусу, %	N	P_2O_5	K_2O
						мг на 100 г ґрунту		
Сірі-опідзолені	1000	0–32	Середньо суглинкові	4,5	3,0–4,0	12,8	12,0	19,1
Чорноземи	5000	0–32	Середньо суглинкові	6,5	4,0–6,0	11,3	14,0	21,2
Сірі лісові	2149	0–32	Легкосуглинкові	4,4	1,5–2,5	12,0	11,0	21,2

Характеристика ґрунтів господарства

2.4. Структура послідових площ

Структура посівних площ у відділенні Росоховатець подано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Структура посівних площ, 2023 рік

№ з/п	Сівозмінні групи і сільськогосподарські культури в них	Площа, га	Відсоток до землі в обробку
1	2	3	4
1	Багаторічні трави	95	1,2%
2	Буряк цукрові	416	5,1%

3	Кукурудза на зерно	2667	32,7%

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
4	Кукурудза на силос	814	10%
5	Пшениця озима	798	9,8%
7	Ріпак озимий	620	7,6%
8	Соя	1114	13,6%
9	Ячмінь озимий	855	10,4%
10	Ячмінь ярий	774	9,6%
	Всього землі в обробку	8149	100%

2.5. Врожайність сільськогосподарських культур

Основні показники врожайності за останні роки подано у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Врожайність сільськогосподарських культур, т/га

№ п/п	Культура	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середня за 3 роки
1	Буряк цукровий	600	650	700	650
2	Кукурудза на зерно	125	130	130	128,3
3	Кукурудза на силос	450	480	500	477
4	Пшениця озима	70	72	80	74
5	Ріпак озимий	38	40	42	40
6	Соя	28	30	34	31
7	Ячмінь озимий	65	68	70	68

8	Ячмінь ярий	60	65	60	62

2.6. Схема досліду, методи та методика проведення досліджень

Основним джерелом вологи у ґрунті є атмосферні опади, які становлять, у середньому 506,2 мм на рік. Погодні умови, які були у період досліджень характерні для Західного Лісостепу України та відображають вплив нестабільного гідротермічного режиму на вегетацію ярої пшениці у цій зоні. Загалом досліджуваний період був сприятливим для росту і розвитку рослин ярої пшениці.

Попередником ярої м'якої пшениці (*Triticum aestivum L.*) була кукурудза на зерно після озимої пшениці.

Обробіток ґрунту під яру м'яку пшеницю включав: лущення дисковим лущильниками (ЛДГ-15) на глибину 6–8 см та оранку плугами з передплужниками на глибину 20–22 см. Під час передпосівної обробки ґрунту проводили ранньовесняне боронування зубовими боронами у два сліди і передпосівну культивацію на глибину 5–6 см. Посів здійснювали сівалкою СН–16 у першій декаді травня з нормою висіву 5,5 млн. схожого насіння. Після цього землю ущільнювали кільчасто-зубовими котками (КЗК-6). Урожай пшениці ярої збирали однофазним методом (прямим комбайнуванням).

Орний шар ґрунту (0–30 см) мав наступні агрохімічні показники: уміст гумусу – 2,4–2,9%, pH 5,6–6,5 (реакція ґрунтового розчину слабокисла), гідролітична кислотність 2,4–4,1 мг-екв/100 г ґрунту; ступінь насичення основами 80–94%, азот (за Корнфільдом) – 56,2 мг/кг; рухомого фосфору (за методом Чирикова) – 86,0 мг/кг та обмінного калію (за методом Мачигіна) – 106 мг/кг ґрунту.

Визначення основних елементів проводилось згідно діючих стандартів: ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом

Корнфілда [52]; ДСТУ 4115:2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова [53]; ДСТУ 4114–2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна [54]; ДСТУ ISO 14254:2005. Якість ґрунту. Визначення обмінної кислотності в хлоридно-барійових екстрактах [55].

Компост розкидували вручну лопатою рівномірно його розподіляючи перед посівом ярої пшениці. Тип ґрунту дослідного поля – сірий лісовий. Посівна площа ділянки – 35 м², облікова – 30 м².

Під час приготування досліджуваного компосту транспортним засобом завозили ячмінну солому, яку рівномірно розподіляли на поверхні бетонного майданчика для компостування шаром 0,6 м і зволожували водою, доводячи вологість до 75–80%. Опісля на солому накладали шар свинячого гною (з вологістю 30–40%) завтовшки 0,3 м. Також додавали 1,0% фосфоритного борошна від загальної маси соломи і гною. Відтак цю масу перемішували бульдозером та розрівнювали для формування наступного шару. Багатошаровий бурт формували шириною 3 м, висотою 1,5 м та довжиною 15 м. Опісля завершення формування бурту його накривали шаром ячмінної соломи завтовшки 0,5 м. Масу п’ять разів перелопачували і зрошували водою впродовж компостування, яке тривало 4 місяці. Готовий компост зберігався у буртах протягом одного року.

Виходячи з мети роботи та поставлених завдань дослідження проводили за схемою, яка подана в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Схема досліду

Фактор А – сорти	*Фактор В – дози компосту з свинячого гною, т/га*
Куінтус	I – 4, II – 8, III – 12, IV – 16, V – 20
МІП Злата	I – 4, II – 8, III – 12, IV – 16, V – 20
Божена	I – 4, II – 8, III – 12, IV – 16, V – 20

Нині важливим інструментом інтенсифікації рослинництва залишається використання високопродуктивних сортів. «Зростання валового виробництва зерна пшениці (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%» [56]. У дослідах висівали три сорти пшениці м'якої ярої (МІП Злата, Куінтус та Божена).

Пшениця м'яка (яра) МІП Злата. «У Реєстрі сортів рослин України з 2017 р. Сорт рекомендований для вирощування в Лісостепу та на Поліссі.

Господарські та біологічні характеристики: високоврожайний (приріст до стандарту Елегія миронівська в середньому за 4 роки 8,3 ц/га) з високим потенціалом; середньостиглий (колоситься та дозріває одночасно зі стандартом Елегія миронівська); стійкий до вилягання, посухи та обсипання; стійкий проти борошнистої роси, бурої іржі, септоріозу, кореневих гнилей та сажкових хвороб.

Якість зерна. Маса 1000 зерен 47,7 г. Натура зерна 765–801 г/л, склоподібність 94%, вміст клейковини 32–39%, білка – близько 15%.

Апробаційні ознаки. Різновидність лютесценс. Низькорослий (до 85 см). Колос циліндричний, довгий (10–12 см), нещільний (15–17 колосків на 10 см довжини стрижня). Колоскова луска середня, ланцетна, із середньою нервацією. Зубець дуже короткий, ледь зігнутий. Плече округле, вузьке. Кіль вузький, середньо зазублений. У верхній частині колоса остюкоподібні відростки завдовжки 1,5–2,5 см. Зернівка видовжена, велика, борозенка середня та вузька.

Агротехнічні вимоги. Сорт інтенсивного типу. Агротехніка загальноприйнята для вирощування за інтенсивною технологією у даній зоні. Строк сівби ранній – перші дні початку польових робіт. Кращі попередники – вчасно зібрані кукурудза, соя, цукровий буряк і картопля. Передпосівний обробіток ґрунту включає оранку на зяб, на чистих площах можливий обробіток дисковими, чизельними чи плоскорізними знаряддями. Сіяти відкаліброваним протруєним насінням високих репродукцій. Норма висіву – 5,5–6,0 млн. схожих насінин на 1 га. Глибина загортання насіння 3–5 см з наступним коткуванням. За необхідності рекомендуються гербіциди. Потребує, добре реагує і витримує високі фони мінерального живлення. Основне мінеральне удобрення – $N_{60}P_{60}K_{60}$. Для отримання цінного за якістю зерна на фоні високого мінерального живлення обов'язковим є підживлення (N_{30} кг/га д. р.) в кінці кущіння та повторно – у фазі колосіння. Для забезпечення високих урожаїв високоякісного зерна необхідно проведення 2–3-разової обробки посівів проти шкідників та хвороб» [57].

Пшениця м'яка (яра) Куінтус. «Оригінатор Заатен-Уніон ГмбХ, Німеччина. Рік занесення в Державний реєстр сортів, придатних для поширення в Україні – 2015 р.

Вміст клейковини 27,6–29,0%. Об'єм хліба 1000–1020 мл. Потенційна урожайність 90–100 ц/га.

Рекомендовані зони вирощування Полісся, Лісостепова і Степова зони України.

Різновидність еритроспермум (остиста). Група стиглості середньостиглий. Вегетаційний період: 82–96 днів. Маса 1000 зерен: 37,0–39,8 г. Стійкість до, бал: вилягання – 8,9; осипання – 8,9; посухи – 8,4. Висота рослин середньостиглий (65–79 см). Норма висіву 5,5–6,0 млн. схожих насінин/га. Стійкість до хвороб, бал: фузаріоз колоса – 9,0; бура листкова іржа – 9,0; борошниста роса – 9,0. Вміст білка 13,4–13,8%. Сила борошна – 266–285 W, о.а.» [58].

Пшениця яра м'яка Божена. «Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України

Власник сорту: Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України. Рік державної реєстрації майнового права інтелектуальної власності на поширення: 2017 р. Рік реєстрації 2017 р.

Різновидність лютесценс. Сорт інтенсивного типу, рекомендований для вирощування у Лісостепу України. Високоврожайний (максимальна врожайність 6,78 т/га), перевага над стандартом Елегія миронівська 0,55 т/га.

Середньостиглий. Стійкий до: вилягання, низькорослий; посухи та обсипання; проростання зерна на пні; ураження борошнистою росою та септоріозом листя, твердою сажкою, середньостійкий проти бурої листкової іржі, кореневих гнилей.

Маса 1000 зерен 42,0 г. Натура зерна 755 г/л, склоподібність 90 %, вміст клейковини до 29,0 %, білка – 14,2 %, седиментація – 60 мл, сила борошна 377 о.а.

Належить до групи цінних пшениць. Рівень урожайності сорту: Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН (Київська область) – 5,03 т/ га.» [59].

2.7. Технологія вирощування пшениці ярої у досліді

«Пшениця яра – дуже вимоглива культура до ґрунтової родючості, що можна пояснити коротким вегетаційним періодом (90–120 днів) і менш розвиненою, порівняно з озимою пшеницею, кореневою системою. Вміст азоту, фосфору і калію у рослинах ярої пшениці протягом вегетаційного періоду значно варіює. Кількість загального азоту у фазу сходів сягає 5–6%. Приблизно стільки ж накопичується калію. Фосфору у цей час значно менше, всього 0,6–1,2% сухої речовини, але його значення у життєдіяльності рослин досить велике.

Споживання елементів мінерального живлення рослинами ярої пшениці починається з перших днів проростання насіння, коли розвиваються корінці і перший листочок, а запаси ендосперму використані, і триває 50–55 днів. Саме на самому початку вегетації на утворення кожного грама своєї біомаси вона споживає в 2–3 рази більше елементів живлення, ніж більш дорослі рослини. Максимальне надходження азоту в рослини ярої пшениці відбувається у період кущіння-колосіння, коли за 25–30 днів споживається 50–60% елемента, а від початку вегетації – 70–80%, тоді як сухої маси до цього часу створюється лише 50–60%. Надалі під час формування і наливу зернівок, також необхідний азот» [60, 61].

Під час польових досліджень здійснювали спостереження та обліки, а також проводили лабораторні аналізи. Фенологічні спостереження і біометричний аналіз рослин проводили відповідно до загальноприйнятих методик [62–66]. Врожайність зерна визначали після проведення структурного аналізу.

Визначення показників якості зерна проводили згідно із ДСТУ 3768:2019 [67] та ДСТУ ISO 5983:2003 [68]. Вміст сирої клейковин у здрібненому зерні – ручним способом відповідно до стандарту (ДСТУ ISO 21415-1:2009) [69].

Енергоефективність отримання органічних добрив з відходів свинарства визначено за методом прямих витрат енергії [70]. Матеріалами дослідження слугували дані технічної інформації, наукової літератури та власних досліджень технологій: компостування [71, 72], вермикомпостування [25], термічного сушіння [72] і гранулювання [73] свинячого гною.

Під час оцінки ефективності застосування добрив спочатку визначали умовний чистий прибуток (УЧП). Різниця між вартістю додаткової продукції (ВДП) і витратами на застосування добрив (ВЗД) дає умовний чистий прибуток, який одержаний від застосування добрив (УЧП = ВДП – ВЗД). Чим більший умовний чистий прибуток та збільшення врожаю з одиниці посівної площі, тим вища економічна ефективність застосування добрив. Вартість додаткової продукції врожаю від застосування органічного добрива (компосту) визначали

за середніми фактичними цінами реалізації пшениці ярої, що склалися на ринку у І кварталі 2024 р. [74–76].

Отримані результати експериментальних даних обробляли статистично з використанням програми Microsoft Excel.

РОЗДІЛ 3.
ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОТРИМАННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ І ВПЛИВУ КОМПОСТУ З СВИНЯЧОГО ГНОЮ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ

3.1. Аналіз енергоефективності отримання органічних добрив з свинячого гною

Визначено витрати часу та енергії під час процесу компостування гною свиней (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Витрати часу та енергії за виробництва 1 т компосту з гною свиней

№ з.п.	Вид виробничого процесу	Час виробничого процесу, хв.	Витрати дизельного пального, л	Енергія палива, МДж	Енергія працівників		Загальна енергія, МДж
					люд. год.	МДж	
1.	транспортування гною і формування буртів	17,3–23,8	1,1–1,5	52,5 –71,6	0,7 –1,0	0,9 –1,2	53,4 –72,8
2.	заправка ємності водою та її транспортування	21,9–31,4	1,3–1,8	62,0 –85,9	0,4 –0,6	0,6 –0,7	62,6 –86,6
3.	перемішування компосту та поливання його водою	51,9–92,2	2,8–5,0	133,6 –238,6	0,4 –0,7	0,5 –0,9	134,1 –239,5
4.	накриття бурту	20,2–26,5	–	–	0,4 –0,5	0,5 –0,6	0,5 –0,6
5.	просушування компосту	13,8–18,4	0,8–1,1	38,2 –52,5	0,5 –0,7	0,7 –0,9	38,9 –53,4
6.	пакування	58,9–60,9	0,8–1,0	38,2 –47,7	4,2 –4,3	3,8 –3,9	42,0 –51,6
Всього		184,0–253,2	6,8–10,4	324,5 –496,3	6,6 –7,8	7,0 –8,2	331,5 –504,5

Відсоток виду енергії	–	–	98,2	–	1,8	100

З’ясовано, що енергоефективність виробництва компосту з гною свиней становить 0,42±0,09 МДж/кг. На виробництво 1 т компосту, у середньому, витрачається 8,6±1,8 л дизельного палива з енергетичною цінністю 410,4±85,9 МДж і вартістю (8,6±1,8 × 27,9 грн. = 239,9±50,2 грн.) 239,9±50,2 грн., а також 7,2±0,6 людино-годин (7,2±0,6 × 60 грн. = 432,0±36 грн.) з оплатою 432,0±36 грн. Загальна вартість енергії, зокрема дизельного палива та людської під час виробництва 1 т компосту становить 671,9±86,2 грн.

Вміст енергії у гноєві свиней становить 203–1003 МДж/т [26]. Для отримання 1 т компосту використовується 1,5±0,1 т цього гною із вмістом енергії 904,5±60,3 МДж. Загальні витрати енергії на одержання 1 т компосту з гною свиней становлять від 1262,2 до 1382,8 МДж.

Проведено аналіз енергоефективності вермикомпостування гною свиней. Визначено витрати часу та енергії процесу підготовки субстрату для виробництва 1 т вермикомпосту (табл. 3.2).

Встановлено, що енергоефективність підготовки субстрату з гною свиней для подальшого вермикомпостування становить 0,20±0,05 МДж/кг. Під час процесу підготовки 1 т субстрату, у середньому, витрачається 4,1±1,0 л дизельного палива з енергетичною цінністю 193,3±45,4 МДж і вартістю (4,1±1,0 × 27,9 грн. = 114,4±27,9 грн.) 114,4±27,9 грн., а також 1,8±0,4 людино-годин (1,8±0,4 × 60 грн. = 108,0±24 грн.) з оплатою 108,0±24 грн. Загальна вартість енергії (дизельного палива і людської) під час підготовки 1 т субстрату для його подальшого вермикомпостування становить 222,4±51,9 грн.

Таблиця 3.2

Витрати часу та енергії на підготовку субстрату для виробництва 1 т вермикомпосту з гною свиней

№ з.п.	Вид виробничого процесу	Час виробничого процесу, хв.	Витрати дизельного пального, л	Енергія палива, МДж	Енергія працівників		Загальна енергія, МДж
					люд. год.	МДж	
1.	транспортування гною та формування буртів	16,2–22,3	1,0–1,4	47,7 –66,8	0,7 –0,9	0,9 –1,1	48,6 –67,9
2.	заправка ємності водою та її транспортування	23,1–37,8	0,7–1,1	33,4 –52,5	0,3 –0,4	0,3 –0,4	33,7 –52,9
3.	перемішування буртів та поливання їх водою	51,3–91,1	1,4–2,5	66,8 –119,3	0,1 –0,4	0,3 –0,4	67,1 –119,7
4.	накриття бурту	10,0–13,1	–	–	0,3 –0,4	0,3 –0,4	0,3 –0,4
Всього		100,6–164,3	3,1–5,0	147,9 –238,6	1,4 –2,1	1,8 –2,3	149,7 –240,9
Відсоток виду енергії		–	–	99,0	–	1,0	100

Визначено витрати часу й енергії на процес вермикультивування попередньо підготовленого субстрату з гною свиней для виробництва вермикомпосту (табл. 3.3).

Енергоефективність процесу вермикультивування гною свиней складає 0,42±0,06 МДж/кг. На процес вермикультивування 1 т субстрату, у середньому, витрачається 8,6±1,3 л дизельного палива з енергетичною цінністю 410,3±62,0 МДж і вартістю (8,6±1,3 × 27,9 грн. = 239,9±36,3 грн.) 239,9±36,3 грн., а також 8,0±0,6 людино-годин (8,0±0,6 × 60 грн. = 480±36 грн.) з оплатою

480±36 грн. Загальна вартість енергії, зокрема дизельного палива та людської процесу вермикультивування 1 т субстрату становить 719,9±72,3 грн.

Таблиця 3.3

Витрати часу та енергії на процес вермикультивування 1 т субстрату

№ з.п.	Вид виробничого процесу	Час виробничого процесу, хв.	Витрати дизельного пального, л	Енергія палива, МДж	Енергія працівників		Загальна енергія, МДж
					люд. год.	МДж	
1.	формування вермилож і заселення їх вермикультурою	20,8–27,7	1,3–1,6	62,0 –76,3	0,9 –1,1	1,1 –1,4	63,1 –77,7
2.	заправка ємності водою та її транспортування	42,4–60,1	1,3–1,7	62,0 –81,1	0,4 –0,5	0,5 –0,6	62,5 –81,7
3.	перемішування буртів та поливання їх водою	93,9–145,2	2,5–3,8	119,3– 181,3	0,3 –0,5	0,4 –0,7	119,7– 182,0
4.	накриття бурту	18,3–20,9	–	–	0,5 –0,7	0,4 –0,6	0,4 –0,6
5.	відділення черв’яків від вермикомпосту та просушування біогумусу	21,9–29,2	1,4–1,7	66,8 –81,1	1,0 –1,2	1,2 –1,5	68,0 –82,6
6.	пакування	60,4–63,6	0,8–1,1	38,2 –52,5	4,3 –4,5	3,9 –4,1	42,1 –56,6
Всього		257,7–346,7	7,3–9,9	348,3 –472,3	7,4 –8,5	7,5 –8,9	355,8 –481,2
Відсоток виду енергії		–	–		–		100

Таким чином, енергоефективність виробництва 1 т вермикомпосту із свинячого гною становить 0,62±0,11 МДж/кг, а загальна вартість енергії (дизельного палива та людської) складає 942,3±124,2 грн.

Для отримання 1 т вермикомпосту використовується 1,4±0,1 т свинячого гною з вмістом енергії 814,1±30,2 МДж. Загальні витрати енергії на одержання 1 т вермикомпосту складають від 1397,7 до 1458,0 МДж/т.

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

Таблиця 3.4

Витрати часу і енергії на виробництво 1 т органічних добрив шляхом термічного сушіння

№ з.п.	Вид виробничого процесу	Час виробничого процесу, год.	Електрична енергія		Енергія працівників		Загальна енергія, МДж
			кВт год	МДж	люд. год.	МДж	
1.	транспортування та сортування гною	1,0–1,2	0,1–0,4	8,3–16,4	5,3–5,7	4,7–5,2	13,0–21,6
2.	подрібнення	0,8–1,0	9,0–10,3	32,2–37,0	1,7–1,9	1,5–1,7	33,7–38,7
3.	витримування	0,9–1,0	–	–	4,6–4,9	4,3–4,6	4,3–4,6
4.	сушіння	1,0–1,1	9,6–10,3	34,5–36,9	2,0–2,1	1,8–1,9	36,3–38,8
5.	додаткове подрібнення	0,8–1,0	20,8–23,9	75,0–85,9	–	–	75,0–85,9
6.	перемішування	0,8–0,9	6,0–6,4	21,9–23,4	–	–	21,9–23,4
7.	пакування	1,0–1,1	4,8–5,4	17,2–19,5	3,9–4,5	3,7–4,2	20,9–23,7
Всього		6,3–7,3	50,3–56,7	189,1–219,1	17,5–19,1	16,0–17,6	205,1–236,7
Відсоток виду енергії		–	–	92,4	–	7,6	100

За виробництва органічних добрив із свинячого гною шляхом термічного сушіння здебільшого використовується електроенергія та меншою мірою енергія працівників. Визначено, що енергетична ефективність виробництва органічних добрив із використанням технології термічного сушіння становить 0,22±0,02 МДж/кг. На виробництво 1 т органічних добрив шляхом термічного

сушіння, у середньому, витрачається 53,5±3,2 кВт год електричної енергії (53,5±3,2 кВт год × 1,85 грн. = 99,0±5,9 грн.) вартістю 99,0±5,9 грн. та 18,3±0,8 людино-годин (18,3±0,8 люд. год. × 60 грн. = 1098,0±48 грн.) з оплатою 1098,0±48 грн. Загальна вартість електричної і людської енергії під час виробництва 1 т органічних добрив з гною свиней із використання сушарок становить 1197,0±53,9 грн. Найбільш енергетично затратною операцією є подрібнення, на яке витрачається 52,8% від загальних витрат енергії.

Для отримання 1 т органічних добрив шляхом термічного сушіння використовується 1,6±0,1 т свинячого гною з вмістом енергії 964,8±60,3 МДж. Загальні витрати енергії для одержання тони органічних добрив становлять від 1125,4 до 1246 МДж.

Проведено аналіз енергетичної ефективності процесу одержання гранульованих органічних добрив з гною свиней (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Витрати часу та енергії на виробництво 1 т гранульованих органічних добрив

№ з.п.	Вид виробничого процесу	Час виробничого процесу, год.	Електрична енергія		Енергія працівників		Загальна енергія, МДж
			кВт год	МДж	люд. год.	МДж	
1.	транспортування та сортування гною	1,1–1,3	0,3 –0,4	11,7 –16,5	5,7 –5,9	5,1 –5,3	16,8 –21,8
2.	подрібнення	1,1–1,2	11,3 –12,6	40,7 –45,1	2,1 –2,3	1,9 –2,1	42,6 –47,2
3.	витримування	0,7–1,0	–	–	3,7 –4,8	3,4 –4,2	3,4 –4,2
4.	сушіння	1,1–1,2	10,2 –11,2	36,4 –40,2	2,1 –2,3	1,9 –2,1	38,3 –42,3
5.	подрібнення до порошкоподібного стану	0,8–1,0	21,2 –26,0	76,1 –93,6	–	–	76,1 –93,6
6.	перемішування	0,8–1,0	5,7 –7,1	20,7 –25,5	–	–	20,7 –25,5
7.	гранулювання	1,1–1,2	16,7 –18,6	60,1 –66,7	2,1 –2,3	1,9 –2,1	62,0 –68,8

8.	пакування	0,9–1,1	4,4 –5,1	16,1 –18,3	3,9 –4,3	3,4 –3,9	19,5 –22,2
Всього		7,6–9,0	69,8 –81,0	261,8 –305,9	19,6 –21,9	17,6 –19,7	279,4 –325,6
Відсоток виду енергії		–	–	93,8	–	6,2	100

Встановлено, що енергоефективність виробництва гранульованих органічних добрив з гною свиней становить 0,30±0,02 МДж/кг. На виробництво 1 т гранульованих органічних добрив, у середньому, витрачається 75,4±5,6 кВт год електричної енергії (75,4±5,6 × 1,85 грн. = 139,5±10,4 грн.) вартістю 139,5±10,4 грн. та 20,8±1,2 людино-годин (20,8±1,2 люд. год. × 60 грн. = 1248,0±72,0 грн.) з оплатою 1248,0±72,0 грн. Загальна вартість електроенергії та людської енергії для виробництва 1 т гранульованих органічних добрив складає 1387,5±82,4 грн.

Для одержання 1 т гранульованих органічних добрив використовується 1,5±0,1 т гною свиней з вмістом енергії 995,0±30,2 МДж. Загальні витрати енергії для одержання тони таких органічних добрив складають від 1267,3 до 1327,6 МДж.

Отже, під час виробництва органічних добрив з гною свиней шляхом компостування і вермикомпостування здебільшого використовується енергія дизельного палива, а також меншою мірою енерговитрати ручної праці. За виробництва 1 кг вермикомпосту витрати енергії складають 0,60±0,11 МДж. Під час виробництва органічних добрив із використанням технології компостування витрати енергії зменшуються – у середньому на 31,7%. Вартість енергії для виробництва 1 кг органічних добрив шляхом компостування становить 0,67±0,09 грн. За вермикомпостування вартість енергії збільшується на 28,7%.

3.2. Вплив компосту з свинячого гною на врожайність та якість зерна пшениці ярої.

Лабораторний аналіз посівного матеріалу пшениці показав (табл. 3.6), що енергія проростання сорту Куінтус становила 91,5 ±5,4%, лабораторна схожість – 93,8±5,6%, маса 1000 насінин – 40,6±1,2 г.

Таблиця 3.6

Аналіз посівного матеріалу ярої пшениці

Сорти	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Маса 1000 насінин, г
Куінтус	91,5 ±5,4	93,8±5,6	40,6±1,2
МІП Злата	86,2 ±4,7	91,3±4,9	42,2±1,8
Божена	89,6±5,1	92,7±5,2	41,9±1,5

Енергія проростання сортів Божена та МІП Злата була меншою на 1,9% і 5,3% порівняно із сортом Куінтус. Найнижчою була лабораторна схожість у сорту МІП Злата – 91,3±3,2. У сортів Божена та Куінтус вона була більшою на 1,4% і 2,5%. Маса 1000 насінин сорту МІП Злата становила 42,2±1,8, а Куінтус 40,6±1,2 г та була меншою порівняно з сортом Божена у середньому на 1,3%.

У ході обліку за датами настання фенологічних фаз розвитку рослин пшениці встановлено (табл. 3.7), що після посіву 3 травня сходи з’явилися практично одночасно – до 11 травня. Однак у варіантах із внесенням компосту у кількості 8 т/га, 12 т/га і 20 т/га сходи з’явилися на день раніше (але різниця була практично непомітна). Фаза трьох листків настала 19–20 травня з різницею один день для варіантів з 8 т/га, 12 т/га і 16 т/га. Фаза кущення рослин у контрольному та інших варіантах настала 30 травня, окрім варіанту з 16 т/га, де ця фаза настала на одну добу пізніше. Така ж закономірність спостерігалася й у фазу виходу трубку, що швидше за все, пов’язано з високим рівнем

азотного живлення. За таких умов дещо затримується проходження фенологічних фаз за інтенсивного розвитку вегетативної частини рослин. Фаза колосіння у контролі та з внесенням компосту 4 т/га наступила 22 червня – на 1 день раніше ніж у варіантах 8 т/га і 12 т/га. Водночас у варіантів з внесенням компосту 16 т/га і 20 т/га настання фази колосіння відбувалося пізніше. У варіантах із внесенням у ґрунт підвищених доз компосту (16 т/га і 20 т/га) спостерігався дещо пізніший термін настання цієї фази.

Таблиця 3.7

Результати фенологічних спостережень за рослинами пшениці ярої сорту Куінтус, залежно від дози внесення компосту з свинячого гною

№ з/п	Варіанти досліду, дози компосту, т/га	Посів	Сходи	Фаза трьох листків	Кущення	Вихід у трубку	Колосіння	Цвітіння	Збирання
		календарні терміни (2023 рік)							
1	Контроль (без добрив)	3.05	11.05	20.05	30.05	5.06	22.06	30.06	21.08
2	4	3.05	11.05	20.05	30.05	5.06	22.06	30.06	21.08
3	8	3.05	10.05	19.05	30.05	5.06	21.06	29.06	21.08
4	12	3.05	10.05	19.05	30.05	5.06	21.06	29.06	21.08
5	16	3.05	11.05	19.05	31.05	6.06	23.06	1.07	21.08
6	20	3.05	10.05	20.05	30.05	6.06	23.06	2.07	21.08

Настання і проходження фенологічних фаз росту та розвитку пшениці ярої сорту МІП Злата відбувалось у всіх дослідних варіантах приблизно одночасно (табл. 3.8).

Різниця розвитку фенологічних фаз сорту МІП Злата між варіантами з внесенням компосту та контролем складала 1–2 дні. Після сівби через 7–9 днів

з’явилися сходи. Після появи сходів через 19–22 дні почалося кущення, а через 48–50 днів – колосіння.

Таблиця 3.8

Результати фенологічних спостережень за рослинами пшениці ярої сорту МІП Злата залежно від дози внесення компосту з свинячого гною

№ п/п	Варіанти досліду, дози компосту, т/га	Посів	Сходи	Фаза трьох листків	Кущення	Вихід у трубку	Колосіння	Цвітіння	Збирання
		календарні терміни (2023 рік)							
1	Контроль (без добрив)	5.05	13.05	22.05	1.06	7.06	24.06	2.07	21.08
2	4	5.05	14.05	22.05	1.06	6.06	24.06	2.07	21.08
3	8	5.05	13.05	22.05	1.06	6.06	23.06	1.07	21.08
4	12	5.05	13.05	21.05	2.06	7.06	23.06	2.07	21.08
5	16	5.05	14.05	21.05	3.06	8.06	25.06	3.07	21.08
6	20	5.05	12.05	21.05	3.06	8.06	25.06	4.07	21.08

Сівба пшениці ярої сорту Божена відбулася 8 травня за середньодобової температури 15,2°С, що призвело до швидких сходів, які з’явилися всіх варіантах 16–18 травня (табл. 3.9).

Кущення розпочалося через 18–22 дні після появи повних сходів. Через 24–26 днів після виходу у трубку настало цвітіння. Різниця розвитку фенофаз сорту Божена між варіантами з внесенням компосту та контролем складала 1–2 дні.

Збирання зерна рослин пшениці ярої (сортів Куінтус, МІП Злата і Божена) проводилось після досягнення ним фази повної стиглості в один термін – 21 серпня.

Таким чином, настання фаз розвитку рослин ярої пшениці практично не залежало від доз внесення компосту. Водночас незначне запізнення фаз

розвитку на 1–2 дні спостерігалося у всіх варіантах пшениці ярої із високою дозою (16 та 20 т/га) внесення компосту із свинячого гною.

Таблиця 3.9

Результати фенологічних спостережень за рослинами пшениці ярої сорту Божена залежно від дози внесення компосту з свинячого гною

№ з/п	Варіанти досліду, дози компосту, т/га	Посів	Сходи	Фаза трьох листків	Кущення	Вихід у трубку	Колосіння	Цвітіння	Збирання
		календарні терміни (2023 рік)							
1	Контроль (без добрив)	8.05	16.05	25.05	4.06	10.06	27.06	5.07	21.08
2	4	8.05	18.05	25.05	4.06	9.06	27.06	5.07	21.08
3	8	8.05	17.05	24.05	5.06	9.06	27.06	4.07	21.08
4	12	8.05	17.05	24.05	5.06	10.06	26.06	4.07	21.08
5	16	8.05	17.05	24.05	6.06	11.06	28.06	6.07	21.08
6	20	8.05	16.05	25.05	6.06	11.06	28.06	7.07	21.08

Від швидкості проходження міжфазних періодів рослин залежить тривалість їх вегетаційного періоду. Залежно від доз внесення досліджуваного компосту фаза сходів почалася через 7–8 днів після посіву. У варіантах із 8 т/га, 12 т/га і 20 т/га – на день пізніше ніж у контролі (табл. 3.10).

Фаза трьох листків почалася швидше на варіантах із внесенням досліджуваного компосту 8 т/га 12 т/га і 16 т/га, однак різниця в один день була несуттєвою. Фаза кущення настала через 27–28 днів після посіву із запізненням на два дні на варіантах з підвищеною дозою компосту (16 т/га і 20 т/га). Така ж тенденція спостерігалася під час тривалості фази виходу в трубку, яка настала через 33–34 днів після посіву. Фаза колосіння настала трохи раніше на варіантах 8 т/га та 12 т/га – на 49 день посіву. Пізніше повне колосіння настало у варіантах 16 т/га і 20 т/га – на 51 день порівняно з контролем та іншими

дозами внесення компосту. Фаза цвітіння настала швидше у варіантах із внесенням компосту 8 т/га та 12 т/га. Водночас різниця у 1–3 дні була незначною.

Таблиця 3.10

Тривалість проходження міжфазових періодів у рослин пшениці ярої сорту Куінтус залежно від доз внесення компосту, діб (2023 рік)

№ з/п	Варіанти досліду, дози компосту, т/га	Кількість діб від посіву до						
		сходів	фази трьох листків	кущення	виходу в трубку	колосіння	цвітіння	збирання
1	Контроль (без добрив)	8	17	27	33	50	58	110
2	4	8	17	27	33	50	58	110
3	8	7	16	27	33	49	57	110
4	12	7	16	27	33	49	57	110
5	16	8	16	28	34	51	59	110
6	20	7	17	27	34	51	60	110

Збирання пшениці ярої сорту Куінтус було проведено через 110 днів після посіву на всіх досліджуваних варіантах.

Сходи пшениці ярої сорту МІП Злата залежно від дози внесення компосту з’явилися через 7–9 днів. У контрольному варіанті та за внесення компосту 8т/га, 12 т/га і 20 т/га сходи з’явилися на 1–2 дні раніше (порівняно з варіантами 4 т/га та 16 т/га (табл. 3.11).

Фаза трьох листків у варіантах з використанням компосту в дозах 12 т/га, 16 т/га та 20 т/га почалася через 16 днів, але різниця 1 доба (у порівнянні з іншими варіантами, що вивчалися) була несуттєвою. Фаза кущення почалася через 27–29 днів після посіву із затримкою 1–2 доби у варіантах з дозами компосту 16 т/га та 20 т/га.

Таблиця 3.11

Тривалість проходження міжфазових періодів у рослин пшениці ярої сорту МІП Злата залежно від доз внесення компосту, діб (2023 рік)

№ п/п	Варіанти досліду, дози компосту, т/га	Кількість діб від посіву до						
		сходів	фази трьох листків	кущення	виходу в трубку	колосіння	цвітіння	збирання
1	Контроль (без добрив)	8	17	27	33	50	58	108
2	4	9	17	27	32	50	58	108
3	8	8	17	27	32	48	56	108
4	12	8	16	28	33	49	58	108
5	16	9	16	29	34	51	59	108
6	20	7	16	29	34	49	58	108

Тривалість періоду: кущення – вихід в трубку на всіх варіантах становила від 5 до 6 днів; виходу в трубку – колосіння змінювалась у межах 15–18 днів.

Різниця тривалості періоду колосіння – цвітіння у всіх варіантів, що вивчалися була несуттєвою та становила 8–9 діб.

Збирання всіх досліджуваних варіантів пшениці ярої сорту МІП Злата було проведено через 108 днів після посіву.

Внесені у ґрунт різні дози компосту з свинячого гною не проявляли значного впливу на довжину міжфазного періоду у рослин пшениці ярої сорту Божена. Несуттєве подовження тривалості окремих міжфазних періодів вегетації, зокрема сівба – сходи, сходи – вихід у трубку, вихід в трубку – колосіння відбувалося у варіантах з внесенням компосту 16 т/га і 20 т/га та становило 1–3 дні (табл. 3.12).

Збирання пшениці ярої сорту Божена було проведено через 105 днів після посіву (у всіх варіантах, що вивчалися).

Таблиця 3.12

Тривалість проходження міжфазових періодів у рослин пшениці ярої сорту Божена залежно від доз внесення компосту, діб (2023 рік)

№ з/п	Варіанти досліду, дози компосту, т/га	Кількість діб від посіву до						
		сходів	фази трьох листя	кущення	виходу в трубку	колосіння	цвітіння	збирання
1	Контроль (без добрив)	8	17	27	33	50	58	105
2	4	10	17	27	32	50	58	105
3	8	9	16	28	32	50	57	105
4	12	9	16	28	33	49	57	105
5	16	9	16	29	34	51	59	105
6	20	8	17	30	35	52	61	105

Таким чином, тривалість проходження міжфазових періодів рослин ярої пшениці практично не залежить від доз внесення компосту. Спостерігається невелике запізнення від 1 до 4 днів за підвищених доз компоту (16 т/га та 20 т/га).

Врожайність зернових злакових культур взаємопов’язана з такими елементами її структури, зокрема довжина колосу, кількість зерен у колосі і маса зернівки. Необхідно створити умови вирощування зернових злакових культур, зокрема пшениці ярої, що забезпечують високі значення структурних показників, які безпосередньо впливають на їх врожайність. Важливе значення у цьому питанні відіграє система удобрення.

На основі проведених досліджень нами визначено, що удобрення компостом позитивно вливає на збільшення довжини колоса пшениці ярої сорту Куінтус (рис. 3.1).

Без внесення добрив довжина колоса пшениці сорту Куінтус становила 8,7 см. У другому варіанті, де вносили компост у дозі 4 т/га вона підвищилася

на 0,8 см та становила 9,5 см. За внесення компосту у дозі 8 т/га (варіант 8) спостерігалося зростання довжини колоса на 1,2 см порівняно з контролем. Показник сягав 9,9 см. У варіантах, де у ґрунт вносили 12 т/га, 16 т/га та 20 т/га компосту показники були найвищі та становили 11,4 см, 10,6 см та 10,2 см відповідно. Прирости порівняно з контролем становили 2,7 см, 1,9 см та 1,5 см відповідно.

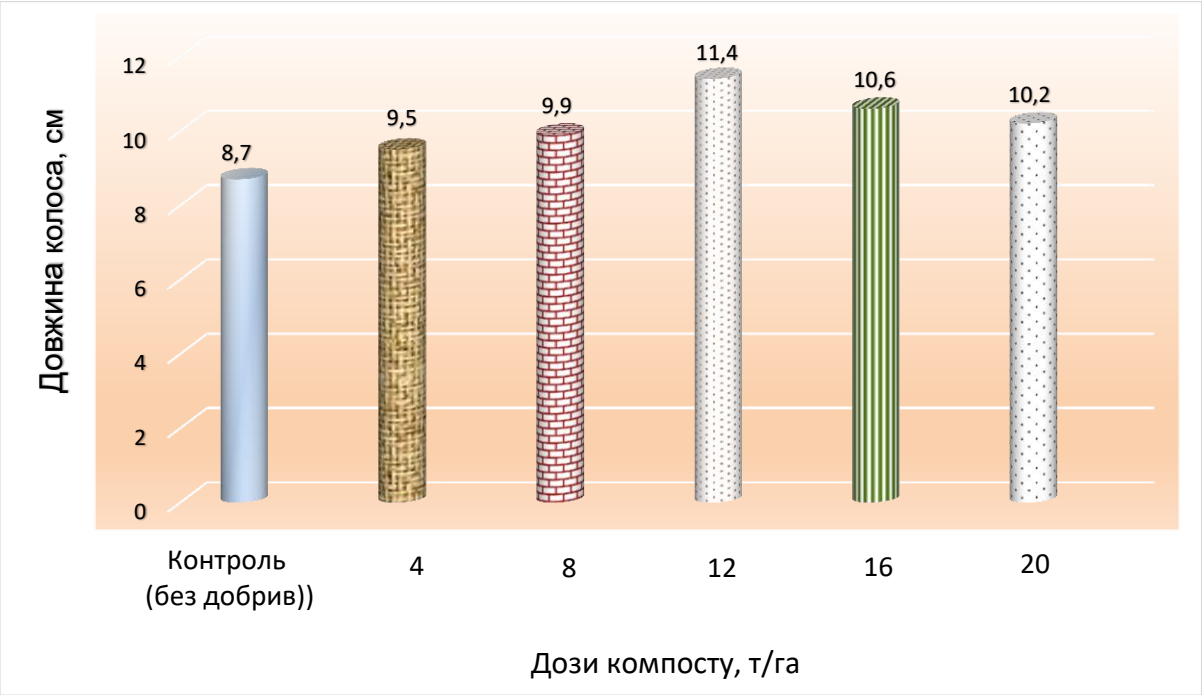

Рисунок 3.1. Вплив компосту з свинячого гною на формування довжини колоса пшениці ярої сорту Куінтус

Удобрення компостом також позитивно вливало формування довжини колоса пшениці ярої сорту МІП Злата (рис. 3.2).

Колос пшениці ярої сорту МІП Злата характеризувався дещо вищим значеннями довжини порівняно з сортом Куінтус. У контролі довжина колоса була 9,1 см. За внесення компосту 4 т/га і 8 т/га довжина колоса збільшувалася на 6,6% та 13,2% відповідно. Прирости відносно контрольного показника, складали 0,6 см та 1,3 см.

За удобрення ґрунту компостом у дозах 12 т/га, 16 т/га та 20 т/га довжини колоса пшениці ярої становили 11,8 см, 11,4 см і 10,6 см, а прирости становили

2,7 см, 2,3 см та 1,5 см відповідно.

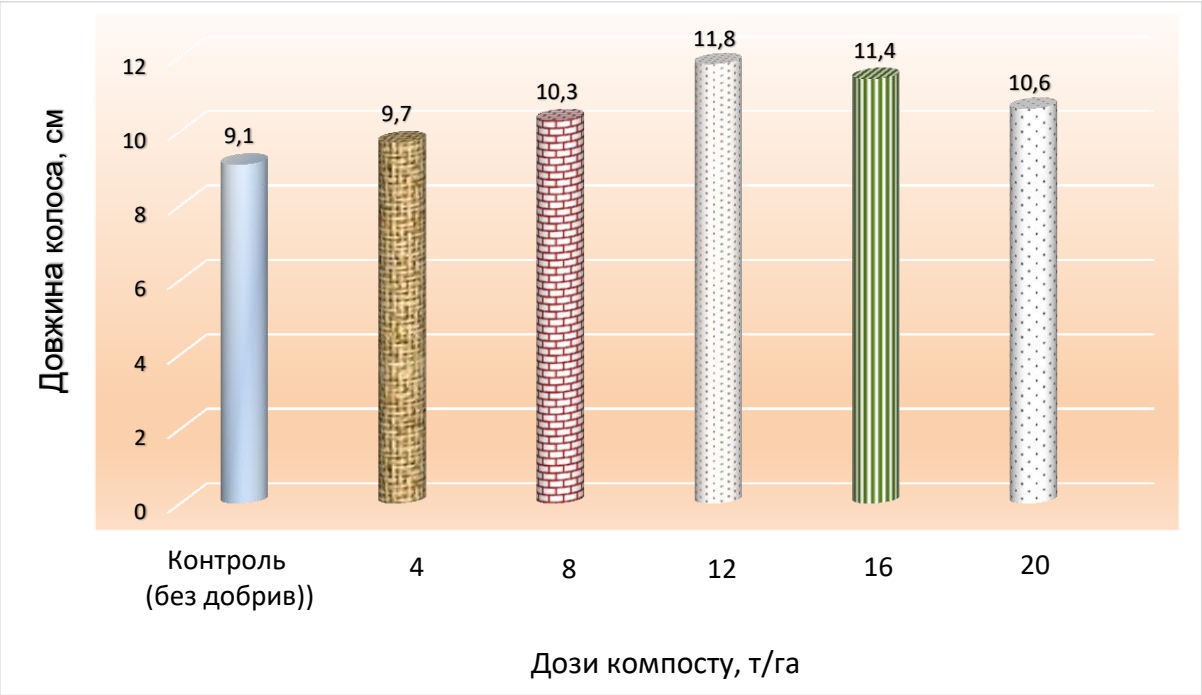

Рисунок 3.2. Вплив компосту з свинячого гною на формування довжини колоса пшениці ярої сорту МІП Злата

Отримані результати згідно з рисунком 3.3 показують, що найменш продуктивним був варіант без добрив, оскільки колос пшениці ярої сорту Божена відзначався найменшою довжиною 9,5 см. За внесення компосту у дозі 4 т/га його довжина колоса зростала до 10,2 см, що було вищим від неудобреного фону на 0,7 см. У варіанті з дозою компосту 8 т/га було отримано приріст колоса в довжині на рівні 1,1 см, а його показник сягав 10,6 см.

У четвертому варіанті, де проводили удобрення компостом у дозі 12 т/га рослини пшениці ярої сорту Божена відзначалися найдовшим колосом, який становив 12,1 см, що перевищувало значення контролю на 2,6 см. П’ятий варіант з внесенням 16 т/га компосту забезпечив збільшення довжини колоса до 11,7 см, приріст склав 2,2 см. У шостому варіанті з дозою 20 т/га колос характеризувався довжиною 10,9 см. Приріст відносно контрольного показника

складав 1,4 см.

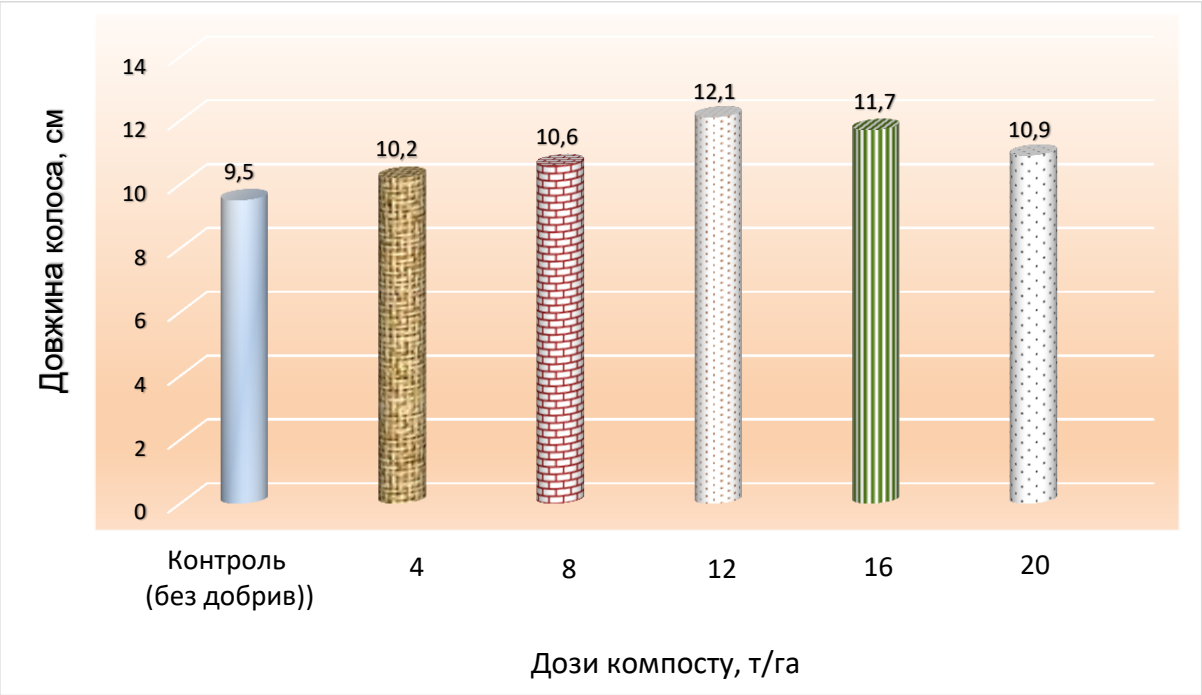

Рисунок 3.3. Вплив компосту з свинячого гною на формування довжини колоса пшениці ярої сорту Божена

У досліджуваних варіантах (від третього до шостого) з дозами компосту 8–20 т/га проявлялася позитивна дія на показники структури врожаю пшениці ярої. Маса 1000 зерен пшениці сорту Куінтус без внесення добрив (контроль) була 37,1±1,6 г. Водночас внесення компосту у дозах 4–20 т/га сприяло збільшенню маси 1000 зерен від 37,8±2,3 г до 39,6±3,2 г (табл. 3.13).

На кількість продуктивних стебел сорту Куінтус найбільший вплив проявляли дози компосту від 12 до 20 т/га, що становило 2,91±0,21–3,05±0,19 шт. продуктивних стебел порівняно з контролем (2,42±0,11).

Висота рослин пшениці ярої сорту Куінтус була вищою на 2,4–15,2% порівняно з контролем.

Таблиця 3.13

Вплив компосту з свинячого гною на висоту рослин та структуру врожаю пшениці ярої сорту Куінтус (2023 рік)

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	64,2 ±2,6	2,67 ±0,15	2,42 ±0,11	19,3 ±1,1	0,61 ±0,05	1:1,37	37,1 ±1,6
4 т/га	65,8 ±2,6	3,12 ±0,22	2,56 ±0,09	21,9 ±1,4	0,94 ±0,09	1:1,33	37,8 ±2,3
8 т/га	66,4 ±3,1	3,27 ±0,12	2,82 ±0,19	23,5 ±1,9	0,97 ±0,11	1:1,45	38,5 ±2,8
12 т/га	75,7 ±3,9	3,29 ±0,18	2,91 ±0,21	22,1 ±1,5	0,79 ±0,07	1:1,48	39,1 ±3,4
16 т/га	73,4 ±3,6	3,51 ±0,29	2,97 ±0,24	23,6 ±2,3	0,82 ±0,04	1:1,32	38,7 ±2,9
20 т/га	68,9 ±2,3	3,57 ±0,31	3,05 ±0,19	24,5 ±2,6	0,87 ±0,06	1:1,27	39,6 ±3,2

За впливу компосту з свинячого гною на структуру врожаю ярої пшениці сорту Божена також відбувалися позитивні умови для росту і розвитку рослин. Зокрема, за внесення компосту у дозах 8 т/га та 20 т/га була найбільша кількість зерен у головному колосі 22,6±1,7 і 23,1±2,4 шт., а маса 1000 зерен становила 40,5±3,1 та 40,8 г (табл. 3.14).

У контролі висота рослин ярої пшениці сорту Божена була 67,2±3,1 см. Найбільше збільшення висоти рослин порівняно з контролем – на 15,0% і 12,2% спостерігається за внесення у ґрунт компосту з свинячого гною у дозах 12 т/га та 16 т/га. Водночас за внесення компосту у дозах 4 т/га, 8 т/га і 20 т/га висота рослин пшениці збільшувалася на 3,2%, 3,6% та 6,2% відповідно.

Таблиця 3.14

Вплив компосту з свинячого гною на висоту рослин та структуру врожаю пшениці ярої сорту Божена (2023 рік)

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	67,2 ±3,1	2,71 ±0,17	2,45 ±0,14	18,9 ±0,8	0,65 ±0,07	1:1,42	38,6 ±1,8
4 т/га	69,4 ±2,8	3,16 ±0,25	2,59 ±0,12	20,7 ±1,1	0,97 ±0,11	1:1,38	39,3 ±2,5
8 т/га	69,7 ±3,4	3,32 ±0,17	2,85 ±0,22	22,6 ±1,7	1,02 ±0,14	1:1,51	40,5 ±3,1
12 т/га	79,1 ±4,3	3,34 ±0,21	2,93 ±0,24	21,6 ±1,4	0,85 ±0,09	1:1,53	39,7 ±3,6
16 т/га	76,5 ±3,9	3,54 ±0,37	3,01 ±0,26	22,3 ±2,1	0,86 ±0,07	1:1,39	39,3 ±3,4
20 т/га	71,6 ±2,8	3,62 ±0,34	3,08 ±0,22	23,1 ±2,4	0,91 ±0,09	1:1,32	40,8 ±3,7

За співвідношення зерна до соломи – 1:1,32–1:1,39 було отримано максимальну врожайність зерна пшениці ярої сорту Божена.

Продуктивна кущистість пшениці ярої сорту МІП Злата у контролі була 2,56±0,14 шт. Внесення компосту у дозах 12 т/га, 16 т/га і 20 т/га підвищило цей показник на 19,9%, 21,5% та 24,2% відповідно порівняно з контролем (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

Вплив компосту з свинячого гною на висоту рослин та структуру врожаю пшениці ярої сорту МІП Злата (2023 рік)

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	67,5 ±2,8	2,81 ±0,17	2,56 ±0,14	20,1 ±1,4	0,69 ±0,12	1:1,32	38,4 ±1,6
4 т/га	68,7 ±3,1	3,26 ±0,18	2,68 ±0,14	22,6 ±1,6	1,06 ±0,21	1:1,29	39,3 ±2,5
8 т/га	69,2 ±3,4	3,39 ±0,14	2,95 ±0,23	24,8 ±2,3	1,12 ±0,12	1:1,41	40,7 ±3,1
12 т/га	78,7 ±4,1	3,35 ±0,21	3,07 ±0,26	22,5 ±1,7	0,91 ±0,18	1:1,43	39,5 ±3,8
16 т/га	75,7 ±4,1	3,59 ±0,32	3,11 ±0,27	24,1 ±2,5	0,87 ±0,14	1:1,29	39,7 ±1,6
20 т/га	70,3 ±2,5	3,62 ±0,35	3,18 ±0,22	25,8 ±2,4	0,96 ±0,16	1:1,24	40,9 ±3,4

Найбільша озерненість колоса (24,8±1,7 шт., 24,1±2,5 шт. та 25,8±2,4 шт.) та маса 1000 зерен сорту МІП Злата (40,7±3,1 г, 39,7±1,6 г і 40,9±3,4 г) була у варіантах із внесенням компосту у дозах 8 т/га, 16 т/га і 20 т/га відповідно.

Використання компосту з свинячого гною для удобрення ґрунту у дозах 8 т/га, 12 т/га, 16 т/га та 20 т/га у технологіях вирощування пшениці ярої сорту МІП Злата призводить до збільшення кількості зерен в колосі на 19,0%, 10,7%, 16,6% і 22,1% відповідно.

Визначено, що висота рослин пшениці ярої сорту Куінтус коливалася в межах 65,8±2,6–75,7±3,9 см, сорту Божена – 69,4±2,8–79,1±4,3 см, сорту МІП Злата – 68,7±3,1–78,7±4,1 см залежно від дози внесеного компосту.

Отже, використання органічних добрив на основі компосту з свинячого гною сприяє поліпшенню показників структури врожаю від яких залежить продуктивність пшениці ярої.

Компост з свинячого гною є цінним органічним добривом, оскільки містить органічні речовини у легкозасвоюваній для рослин формі. З огляду на це нами було проведено визначення оптимальної кількості компосту для вирощування ярої пшениці (*Triticim aestivim L.*).

Найменша врожайність насіння пшениці ярої була у варіанті без добрив, зокрема сорту Куінтус – 3,07 т/га, МІП Злата – 2,93±0,05 т/га та Божена 3,02±0,08 т/га (табл. 3.16).

Удобрення ґрунту компостом з свинячого гною у кількості 4 т/га і 8 т/га сприяло зростанню врожайності сорту Куінтус у порівнянні з контролем – на 11,1% та 12,6%. За внесення компосту у кількості 12 т/га, 16 т/га і 20 т/га відбувалося підвищення врожайності на 21,5% (P≤0,001), 24,9% (P≤0,001) і 27,2% (P≤0,001) відповідно, що суттєво не відрізняється.

Таблиця 3.16

Вплив компосту з свинячого гною на врожайність зерна пшениці ярої, т/га (2023 рік)

Приріст	Варіанти досліду					
	без добрив – контроль	дози компосту, т/га				
		4	8	12	16	20
Сорт Куінтус						

–	2,61±0,09	2,79±0,015	2,94±0,17	3,17±0,19	3,26±0,24	3,32±0,28
т/га	–	0,29±0,05	0,33±0,07	0,56±0,11	0,65±0,14	0,71±0,18
%	–	11,1	12,6	21,5	24,9	27,2

Продовження таблиці 3.16

Приріст	Варіанти досліду					
	без добрив – контроль	дози компосту, т/га				
		4	8	12	16	20
Сорт МІП Злата						
–	2,69±0,06	2,83±0,11	2,87±0,15	3,18±0,18	3,23±0,21	3,37±0,25
т/га	–	0,14±0,04	0,18±0,07	0,49±0,11	0,54±0,14	0,68±0,18
%	–	5,20	6,69	18,21	20,07	25,28
Сорт Божена						
–	2,62±0,03	2,76±0,09	2,89±0,12	3,15±0,14	3,21±0,19	3,27±21
т/га	–	0,14±0,04	0,27±0,06	0,53±0,09	0,59±0,14	0,65±0,12
%	–	5,34	10,3	20,2	22,5	24,8

За внесення у ґрунт компосту з свинячого гною у кількості 16 т/га найбільша урожайність спостерігалася у сорту Куінтус – 3,26±0,24 т/га. Дещо меншою вона була у сортів МІП Злата і Божена – на 0,9% та 1,5% відповідно порівняно з сортом Куінтус.

Таким чином, удобрення ґрунту компостом з свинячого гною у кількості 16 т/га забезпечує розкриття потенціалу врожайності пшениці ярої.

У контрольному варіанті вміст клейковини в зерні пшениці ярої сорту Куінтус становив 27,4±0,03%. За удобрення ґрунту компостом із свинячого гною у дозі 4 т/га відбувалося збільшення вмісту клейковини в зерні пшениці ярої на 0,2% порівняно з контролем. У варіантах з внесенням компосту 8 т/га, 12 т/га, 16 т/га і 20 т/га збільшення вмісту клейковини у зерні ярої пшениці спостерігалося на 1,1%, 0,8%, 1,7% та 1,4% відповідно (табл. 3.17).

Без внесення добрив вміст клейковини у сорту МІП Злата становив 32,6±0,04%. У варіантах із удобренням ґрунту компостом у дозах 4 т/га і 8 т/га відбувалося незначне збільшення вмісту клейковини у зерні пшениці на 0,3% та 0,6% порівняно з контролем. Найбільший вміст клейковини від 0,8% до 2,2% був за доз компосту 12 т/га, 16 т/га і 20 т/га.

Таблиця 3.17

Вплив компосту з свинячого гною на вміст клейковини у зерні ярої пшениці, % (2023 рік)

Варіант	Сорти		
	Куінтус	МІП Злата	Божена
Контроль	27,4±0,03	32,6±0,04	26,8±0,02
4 т/га	27,6±0,07	32,9±0,06	27,3±0,05
8 т/га	28,5±0,09	33,2±0,09	27,8±0,11
12 т/га	28,2±0,14	33,5±0,11	28,1±0,16
16 т/га	29,1±0,17	34,8±0,14	28,4±0,19
20 т/га	28,8±0,12	33,4±0,12	27,8±0,14

Вміст клейковини у зерні пшениці сорту Божена без внесення добрив становив 26,8±0,02%. У варіантах, де вносили компост у кількості 4 т/га і 8 т/га, спостерігалося не суттєве збільшення у зерні пшениці вмісту клейковини на 0,5% та 1,0% відповідно. За удобрення ґрунту компостом у дозах 12 т/га, 16 т/га і 20 т/га вміст клейковини у зерні пшениці був дещо більшим на 1,3%, 1,6% та 1,0% відповідно. Найбільш високий вміст клейковини – 34,8±0,14% спостерігався у зерні пшениці ярої сорту МІП Злата за дози компосту 16 т/га. Дещо нижчий цей показник за такої ж дози удобрення ґрунту був у сорту Божена – 28,4±0,19%.

Внесення компосту з свинячого гною позитивно вплинуло на вміст білка у зерні пшениці (табл. 3.18). Найменший вміст білка виявлено у зерні досліджуваних сортів пшениці без внесення добрив (контроль), який у

середньому становив 15,1%. За доз компосту 4 т/га і 8 т/га вміст білка у зерні ярої пшениці збільшувався на 10,6% та 13,9%. За доз компосту 12 т/га, 16 т/га і 20 т/га вміст білка у зерні ярої пшениці був у межах 2,4–2,6%.

Таблиця 3.18

Вплив компосту з свинячого гною на вміст білка у зерні пшениці, % (2023 рік)

Варіант	Масова частка, %		
	Куінтус	МІП Злата	Божена
Контроль	16,5±0,09	16,3±0,08	12,4±0,05
4 т/га	17,1±0,11	16,9±0,11	16,1±0,07
8 т/га	17,4±0,17	17,3±0,14	16,9±0,14
12 т/га	17,8±0,24	17,5±0,12	17,1±0,12
16 т/га	18,1±0,21	17,7±0,15	17,3±1,16
20 т/га	16,9±0,07	16,6±0,09	15,1±0,09

Отже, позитивний вплив компосту із свинячого гною на вміст білка у зерні пшениці ярої пояснюється тим, що він містить достатню кількість елементів живлення, які необхідні для білкового синтезу у рослин.

3.3. Економічна ефективність використання компосту з свинячого гною

Доцільність використання будь-якого виду добрив повинна обґрунтовуватися економічними розрахунками. Економічну ефективність використання компосту з свинячого гною під час вирощування пшениці ярої визначали за закупівельними цінами 2023 року.

Використання компосту з свинячого гною під час вирощування пшениці ярої сорту Куінтус, дозволило отримати умовний чистий дохід на рівні 330–798 грн/га залежно від дози (табл. 3.19). Визначено, що удобрення ґрунту

компостом з свинячого гною у технології вирощування пшениці ярої є рентабельним. Рентабельність оптимальних доз за врожайністю досліджуваних сортів, у середньому склала 16,0–23,4%. Водночас визначено, що удобрення ґрунту компостом у дозі 12 т/га було рентабельнішим (23,4%) ніж за використання дози 20 т/га, де цей показник становив, у середньому 6,7%. Найнижчий рівень рентабельності 5,6% від застосування компосту з свинячого гною був за його дози 8 т/га через нижчий рівень урожайності зерна досліджуваних сортів ярої пшениці.

Таблиця 3.19

Економічна ефективність застосування органічних добрив на основі компосту з свинячого гною за вирощування ярої пшениці

Показник	4 т/га	8 т/га	12 т/га	16 т/га	20 т/га
Сорт Куінтус					
Надбавка врожаю, т/га	0,29	0,33	0,56	0,65	0,71
Витрати на застосування добрив, грн/га	580	1170	1750	2300	2880
Ціна реалізації, грн/га	4550	4550	4550	4550	4550
Вартість додаткової продукції, грн/га	1320	1500	2548	2960	3230
Умовний чистий прибуток, грн/га	740	330	798	660	350
Рентабельність, %	35,7	15,9	38,6	31,9	16,9
Сорт МІП Злата					
Надбавка врожаю, т/га	0,14	0,18	0,49	0,54	0,68
Витрати на застосування добрив, грн/га	620	1250	1870	2450	3060
Ціна реалізації, грн/га	4600	4600	4600	4600	4600
Вартість додаткової продукції, грн/га	24	828	2254	2484	3128

Умовний чистий прибуток, грн/га	–	–	384	34	68
Рентабельність, %	–	–	18,6	1,6	3,3

Продовження таблиці 3.19

Показник	4 т/га	8 т/га	12 т/га	16 т/га	20 т/га
Сорт Божена					
Надбавка врожаю, т/га	0,14	0,27	0,53	0,59	0,65
Витрати на застосування добрив, грн/га	610	1240	1860	2450	3050
Ціна реалізації, грн/га	4650	4650	4650	4650	4650
Вартість додаткової продукції, грн/га	651	1260	2464	2750	3020
Умовний чистий прибуток, грн/га	41	20	604	300	–
Рентабельність, %	2,0	1,0	29,1	14,5	–

У сорту МІП Злата найвищий умовно чистий прибуток за удобрення ґрунту компостом у дозі 12 т/га становив 384 грн/га, а рівень рентабельності – 18,6%. Найбільша вартість додаткової продукції була за внесення компосту в дозі 20 т/га у сортів Куінтус та МІП Злата. У сорту Куінтус вартість додаткової продукції становила 3230 грн/га за рівня рентабельності 16,9% і у сорту МІП Злата – 3128 грн/га за рівня рентабельності 3,3%.

Показники умовно чистого прибутку сорту Божена також залежали від дози внесеного компосту з свинячого гною у ґрунт та змінювалися у межах від 20 грн/га до 604 грн/га. Відповідно рівень рентабельності становив від 1,0% до 29,1%.

РОЗДІЛ 4.
ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

«У ПАП «Агропродсервіс» застосовують пестициди та агрохімікати, які зареєстровані та відповідають наступним вимогам: висока біологічна ефективність щодо цільового призначення; безпечність для здоров'я людини та навколишнього природного середовища за умови дотримання регламентів їх застосування; відповідність санітарним нормам та іншим нормативно-правовим актам. Виробництво, торгівля, використання та реклама пестицидів та агрохімікатів до їх державної реєстрації забороняються.

Для всіх дозволених до застосування пестицидів встановлені гранично допустимі концентрації у об'єктах довкілля. Однак є ще одна важлива ланка у загальній системі заходів щодо запобігання шкідливому впливу пестицидів на здоров'я людини – визначення допустимих залишкових кількостей у харчових продуктах. З'ясовуючи токсикологічні властивості, встановлюючи рівень вмісту пестицидів, здатних викликати патологічний ефект в організмі (з урахуванням віддалених наслідків), беруть за основу порогові для людини і недіючі дози. При оцінці токсичності препарату враховуються не лише рівень $ЛД_{50}$, а й його стійкість, різноманітні умови потрапляння в організм, можливі перетворення на інші сполуки у процесі обміну» [77].

РОЗДІЛ 5.
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

«Відповідальність за охорону праці і безпеку при збиранні урожаю зернових культур покладається на керівників господарств, організацій, що їх застосовують. Тому роботодавцям в першу чергу необхідно забезпечити виконання певних організаційно-профілактичних заходів для недопущення випадків травмування працюючих на жнивах. Це призначення відповідальних осіб, які будуть координувати роботу підлеглих на протязі всього часу збирання урожаю; проведення інструктажів з охорони праці та пожежної безпеки з усіма працівниками; розробка схем руху транспорту по території з визначенням дозволених та заборонених напрямків руху; ознайомлення всіх водіїв та механізаторів із безпечними маршрутами руху транспортних засобів по території господарств; виділити та обладнати спеціальні місця для відпочинку та харчування працюючих, забезпечити їх мийними засобами та рушниками тощо» [78].

«Усі роботи, які пов’язані з використанням пестицидів, виконують під керуванням спеціаліста із захисту рослин. При цьому відповідальність за стан охорони праці покладається на керівників господарств. Безпосередніх організаторів робіт із захисту рослин добирають з осіб, що мають досвід роботи і спеціальну освіту. Щороку перед початком робіт із захисту рослин усі особи, що зайняті у них, проходять навчання та інструктаж з питань охорони праці та обов’язковий медичний огляд. Особи, діяльність яких пов’язана з транспортуванням, зберіганням та застосуванням пестицидів та агрохімікатів і торгівлею ними, повинні мати допуск (посвідчення) на право роботи із зазначеними засобами. До усіх видів робіт з пестицидами залучаються робітники за належно оформленим нарядом. Вказані роботи, у тому числі дії з протруєним насіннєвим матеріалом, обов’язково реєструються у спеціальних журналах. Усі роботи з пестицидами і мінеральними добривами повинні бути максимально механізовані. У кожного працівника повинні бути засоби індивідуального захисту для очей та рук (протигаз, респіратор, захисні окуляри,

рукавички тощо) та комплект спецодягу, спецвзуття, що закріплюється за ним на весь період робіт. Зберігати засоби індивідуального захисту потрібно у індивідуальних шафах у приміщенні, ізольованому від хімікатів, продуктів та кормів» [79].

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Аналіз складу відходів свинарства показав, що вони є джерелом органічних та мінеральних речовин і з них, за відповідної переробки, можливо отримати цінні продукти: добрива та біогаз.

2. Проведено аналіз сучасних технологій переробки відходів свинарства на органічні добрива. З'ясовано, що менш ефективною є переробка гною шляхом тривалого витримування. Безпечніше використовувати такі технології, як компостування, гранулювання і анаеробне зброджування.

3. Компост проявляє позитивний вплив на агрохімічні характеристики ґрунту, зокрема збільшується вміст органічних речовин, азоту, фосфору, калію, кальцію, сірки та інших елементів живлення рослин. За використання компосту для удобрення ґрунту покращується повітряний та водний режими і підвищується його біологічна активність, збільшується кількість корисної мікрофлори, що сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур.

4. Проаналізовано, що технології переробки відходів тваринництва на органічні добрива поряд із позитивними сторонами (підвищення і відновлення родючості ґрунтів та покращення екологічного стану навколишнього природного середовища) мають значні недоліки такі як: значна тривалість і сезонність переробки; втрати поживних речовин через випаровування та створення осередків забруднення довкілля; значні трудовитрати та витрати електроенергії і низька економічна ефективність тощо. З огляду на це необхідне подальше удосконалення та підвищення економічної ефективності способів переробки гною на органічні добрива.

5. Під час виробництва вермикомпосту з гною свиней витрати енергії (дизельного палива і працівників) становлять 0,61±0,11 МДж/кг. За використання для виробництва органічних добрив технологій: компостування (енергія дизельного палива та працівників), гранулювання (електроенергія та енергія працівників) і термічного сушіння (електроенергія та енергія працівників) витрати енергії знижуються – у середньому на 31,2%, 50,8% та

63,9% відповідно. Вартість енергії виробництва органічних добрив з гною свиней шляхом компостування складає 0,67±0,09 грн./кг. За використання технологій: вермикомпостування, термічного сушіння та гранулювання вартість енергії збільшується у 1,4 раза, 1,8 раза та 1,9 раза відповідно.

6. За удобрення ґрунту компостом з свинячого гною у кількості 16 т/га створюються сприятливі умови для росту та розвитку ярої пшениці, що сприяє розкриттю її потенціалу та збільшенню врожайності (у середньому на 22,7%).

7. Удобрення ґрунту компостом із свинячого гною (за доз 4 т/га, 8 т/га, 12 т/га, 16 т/га та 20 т/га) сприяє підвищенню вмісту білка в зерні ярої пшениці, у середньому на 2,6±0,6% та клейковини – на 1,2±0,07% порівняно з контролем. Виявлені залежності між дозами компосту та вмістом білка у зерні дозволять прогнозувати якість урожаю.

8. Оцінюючи економічну ефективність вирощування пшениці ярої сорту МІП Злата найвищий умовно чистий прибуток за удобрення ґрунту компостом у дозі 12 т/га становив 384 грн/га, а рівень рентабельності – 18,6%. Найбільша вартість додаткової продукції була за внесення компосту – 20 т/га у сортів: Куінтус і МІП Злата. У сорту Куінтус вартість додаткової продукції становила 3230 грн/га за рівня рентабельності 16,9% і у сорту МІП Злата – 3128 грн/га за рівня рентабельності 3,3%.

9. За вирощування ярої пшениці в умовах Західного лісостепу України для удобрення ґрунту рекомендується використовувати компост із свинячого гною у кількості 16 т/га.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Михалко О.Г. Вплив індустріального свинарства на навколишнє середовище. М'ясні генотипи свиней: сьогодення та перспективи : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців (Одеса, 2 вересня 2021 р.). Одеса: Одеський державний аграрний університет, 2021. С. 15–18.
2. Бучковська В.І, Смертюк В.О. Екологічна небезпека свинарства 6-й Міжнародний молодіжний конгрес "Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування": збірник матеріалів. Львів: Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2021. С. 182.
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. Philippe F.X., Nicks B. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: Production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015. Vol. 199. P. 10–25.

7. Fotyma M., Mercik S. Chemia Rolna. Warszawa : Wydawnictwo Naukowe PWN, 1995. 356 s.
8. Zbytek Z., Talarczyk W. Gnojowica a ochrona środowiska naturalnego. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*. 2008. № 4. S. 12–14.
9. Paluszak Z., Ligocka A. Badania mikrobiologiczne gleby aluwialnej skażonej gnojowicą. *Roczniki Gleboznawcze*. 2003. T. 54, № 1/2. S. 117–124.
10. Горобець О.В. Класифікація сільськогосподарських відходів і вибір технології їх утилізації. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. 2020. № 4 (31). С. 225–229.
11. 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.
12. 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.
13. Комар А.С., Григоренко С. М. Перспективи механізації видалення та переробки гною. Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. (Харків, 24–25 листопада 2022 року) Харків: ДБТУ, 2022. С. 158–161.
14. 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.
15. Dubnevych Yu., Voinycha L. Global experience of efficient agricultural waste management. *Bulletin of Lviv National Environmental University*. *Series "AIC Economics"*. 2023. No 30. C. 118–124. DOI: https://doi.org/10.31734/economics2023.30.118.

16. 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.
17. 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.
18. Дозорець А.О. Корнута Ю.Ю. Отримання якісних добрив в процесі метанового зброджування органічних відходів. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2011. № 7. С. 21–23.
19. Kostecka J. Badania nad dzdzownicami i wermikultura w edukacji na rzecz zrownowazonego rozwoju. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 2004. Tom 498. S.11–25.
20. Зінченко М.Г., Пономаренко Є.Д., Шумейко К.Р. Застосування методів сучасної біотехнології для підвищення родючості ґрунтів. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Хімія, хімічна технологія та екологія*. 2021. № 1 (5). С. 44–50.
21. 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.
22. 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/nvnau_tech_2013_185%283%29__21.
23. 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.

24. Шевченко І.А., Ляшенко О.О. Сучасні аспекти утилізації гною свиней. *Всеукраїнський журнал «Прибуткове свинарство»*. 2012. №5 (11). С. 36–40.
25. Мовсесов Г.Є. Спосіб переробки сільськогосподарських відходів з одержанням біогазу і добрива: пат. 12596 Україна. № u200508037; заявл. 15.08.2005; опубл. 15.02.2006, Бюл. № 2. 5 с.
26. Процишин Б.М., Михалевич В.В., Аксютов І.О. Бабкін Я.В. Спосіб одержання біогазу та біодобрив з органічних відходів: пат. 46323 Україна. № u200908675; заявл. 18.08.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23. 2 с.
27. Бородай В.П., Кривохижа Є.М., Чуприна Д.С. Огляд сучасних технологій переробки гною у скотарстві. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 2. С. 112–119.
28. 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.
29. 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.
30. 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.
31. Жукорський О.М. Никифорук О.В. Галузь свинарства – реальна та прогнозована загроза для довкілля. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 3. С. 102–107.
32. 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.
33. 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.

34. Павленко С.І., Ляшенко О.О., Лисенко Д.М., Харитонов В.І Аналіз і обґрунтування технологічних процесів компостування сільськогосподарських органічних відходів тваринного походження. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2011. № 9. С. 94–104.
35. Чорний С.Г. Основи агрономічної хімії: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2020. 284 с.
36. Krysztoforski M. Sporządzanie kompostów i biopreparatów. Radom: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, 2011. 40 c.
37. 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.
38. 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.
39. 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.
40. Романашенко 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.
41. 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. ІІ Міжнар. Наук.

Інтернет-конф. (м. Тернопіль, 20 листоп. 2020 р.). Тернопіль : ЗУНУ, 2020. С. 34-36.

42. Писаренко П.В., Антонець А.С., Писаренко В.М., Піщаленко М.А., Пономаренко С.В. Методичні рекомендації з основ органічного землеробства для фермерів (досвід ПП Агроекологія). Полтава: ГО «Центр природного землеробства», 2013. 60 с.
43. Шульга Ю. Ефективні біотехнологічні рішення для компостування гною. *Журнал про корів*. 2019. №3. С. 10–12.
44. Krysztoforski M. Sporządzanie kompostów i biopreparatów. Radom: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, 2020. 48 c.
45. 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.
46. 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.
47. 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. ІІ. С. 22–24.
48. Каленська С.М., Шутий О.І. Формування продуктивності та якості пшениці твердої ярої залежно від мінерального живлення у Правобережному Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 3. С. 19–24.
49. Stankowski S. Woloszyk C. Nastepczy wplyw nawozow organicznych i dawek azotu na plon i jakosc ziarna pszenzyta ozimego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 2002. T. 484, Nr 2. S.623–628.

50. Ali N., Khan M.N., Ashraf M.S., Ijaz S. et al. Influence of Different Organic Manures and Their Combinations on Productivity and Quality of Bread Wheat. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2020. Vol. 20. P. 1949–1960.
51. Юла В.М., Дрозд М.О. Ефективність вирощування пшениці ярої в системі органічного землеробства. *Збірник наукових праць Національного наукового центру "Інститут землеробства НААН"*. 2014. Вип. 4. С. 55–59.
52. ДСТУ 7863:2015: Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 5 с.
53. 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.
54. 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.
55. 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.
56. Карамушка О.М. Економічний розвиток насіннєвих підприємств з виробництва зернових колосових культур : дис. … канд. економ. наук : 08.00.04. Дніпропетровськ : ДДАЕУ, 2016. 207 с.
57. Кочмарський В.С., Солона В.Й., Хоменко С.О., Федоренко І.В., Федоренко М.В., Сіроштан А.А. Сорт пшениці м’якої ярої МІП Злата: А.с. № 171153. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Вид. 2018 р.
58. Тимощук А.О., Вознюк О.А., Довбиш Л.Л. Вплив органо-мінеральних препаратів на розвиток рослин пшениці ярої. Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Житомир, 13–14 червня 2019 р.) Житомир : вид-во «ЖНАЕУ». 2019, 131–133 с.

59. Демидов О.А., Хоменко С.О., Солона В.Й., Кочмарський В.С., Власенко В.А., Гудзенко В.М., Сіроштан А.А., Мурашко Л.А. Сорт пшениці м'якої ярої Божена. А.с. № 171156. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Вид. 2018 р.
60. Хоменко Г.В., Бердніков О.М., Потапенко Л.В. та ін. Ефективність застосування діазофіту в різних системах удобрення при вирощуванні пшениці ярої. *Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб*. 2009. Вип. 10. С. 116-123.
61. Лісовал А.П., Макаренко В.М., Кравченко С.М. Система застосування добрив : підручник. Київ : Вища шк., 2002. 317 с.
62. 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.
63. Бабич А.О. Методика проведення досліджень по кормовиробництву. Вінниця : 1994. 88 с.
64. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Методика польового досліду: навчальний посібник. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.
65. 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. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. Рожкова А.О. Харків, 2016. 316 с.
66. 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.
67. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Введ. 10.06.2019. Київ: Держстандарт України, 2019. 15 с.
68. ДСТУ ISO 5983:2003. Корми для тварин. Визначення вмісту азоту і обчислення вмісту сирого білка. Метод К'єльдаля. Покажчик та огляд

(ISO 5983:1997, IDT): ДСТУ ISO 5983:2003. [Чинний від 2005.07.01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 14 с. (Національний стандарт України).

69. ДСТУ ISO 21415-1:2009. Пшениця і пшеничне борошно. Вміст клейковини. Частина 1. Визначання сирої клейковини ручним способом (ISO 21415-1:2006, IDT). [Чинний від 2011.07.01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 8 с.
70. Dimitrijević A., Gavrilović M., Ivanovic S.M. et al. Energy Use and Economic Analysis of Fertilizer Use in Wheat and Sugar Beet Production in Serbia. *Energies*. 2020. Vol. 13, Iss. 9. P. 1–12. URL: https://www.mdpi.com/1996-1073/13/9/2361
71. Rudrum D. Innovations in Composting Pig Manure. Wageningen : Wageningen University, 2005. 170 p.
72. Bloemhard C.M.J., Arts M.W.M.F., Scheepens P.C., Elema A.G. Thermal inactivation of weed seeds and tubers during drying of pig manure. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 1992. Vol. 40, No. 1. P. 11–19.
73. Liu Z., Wang X. Manure treatment and utilization in production systems. *Animal Agriculture*. 2020. Chapter 26. P. 455–467. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00026-4.
74. 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.
75. Заришняк А.С. Стаціонарні польові досліди України. Київ : Аграрна наука, 2014. 146 с.
76. Мосіюк П.О., Хіміч В.Г. Економічна ефективність застосування добрив. Київ : Урожай, 1987. 136 с.
77. Про пестициди і агрохімікати. Закон України від 02.03.1995 р. № 86/95-ВР. *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 1995. № 14. Ст. 91.
78. Курепін В.М., Курепін Д.В. Стратегічні підходи щодо забезпечення активізації виробничої діяльності та охорони праці при вирощуванні високоякісного зерна зернових культур. Актуальні проблеми землеробської

галузі та шляхи їх вирішення : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 4-6 грудня 2019 р.). Миколаїв : МНАУ, 2019. С. 94–97.

79. Колошко Ю.В., Желобкова Д.С. Особливості охорони праці при роботі з пестицидами. Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі : Матеріали VI Всеукраїнскої науково-практичної конференції (м. Умань, 15 жовтня 2021 року). Умань: УНУС, 2021. С.79–82.