

Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет аграрних технологій та екології
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: «Дослідження процесів вирощування органічної картоплі з удосконаленням машини для внесення добрив»

Виконав: студент 2 курсу, групи АІм-21
спеціальності 208 Агроінженерія
за освітньо-професійною програмою
«Агроінженерія»

Данилюк В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Тарасюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОП Сацюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Тараймович І.В.

(прізвище та ініціали)

Луцьк 2023

**ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет	<i>аграрних технологій та екології</i>
Кафедра	<i>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</i>
Галузь знань	<i>20 Аграрні науки та продовольство</i>
Освітній ступінь	<i>магістр</i>
Спеціальність	<i>208 Агроінженерія</i>
Освітньо-професійна програма	<i>Агроінженерія</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ:

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри аграрної інженерії
ім. проф. Г.А.Хайліса

доцент, к.т.н. _____ В.В. Сацюк
«10» січня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ**

Данилюку Василю Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесів вирощування органічної картоплі з
удосконаленням машини для внесення добрив

керівник роботи Тарасюк Віктор Васильович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ЛНТУ від «10» січня 2023 р. № 11/01-02

2. Термін здачі студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Титульний аркуш .
2. Завдання на роботу магістра.
3. Реферат.
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Основну частину.
7. Загальні висновки.
8. Перелік джерел посилань.
9. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

	к-сть листів
1. Вихідні дані	1 лист
2. Теоретичні положення	1 лист
3. Апаратура та обладнання для експериментальних досліджень	1 лист
4. Результати експериментальних досліджень	1 лист
5. Планування та результати експерименту з використанням математичного методу планування	1 лист
6. Схема експериментальної установки чи досліджуваної машини (функціональна або принципова)	1 лист
7. Складальне креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	1 лист

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Юхимчук С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою, формування завдань досліджень	15.06. – 01.07.2023 р.	
2	Обґрунтування конструкції і теоретичні дослідження	22.08 – 31.08.2023 р.	
3	Розробка схеми експериментальної установки чи досліджуваної машини	01.09 – 30.09.2023 р.	
4	Розробка програми і методики експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
5	Реалізація та обробка результатів експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
6	Експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування	15.10 – 01.11.2023 р.	
7	Розробка креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	01.11 – 15.11.2023 р.	
8	Узагальнення результатів та оформлення пояснювальної записки	15.11 – 25.11.2023 р.	
9	Оформлення ілюстративного матеріалу для захисту магістерської роботи	15.11 – 25.11.2023 р.	
10	Нормоконтроль	до 09.12.2023 р.	
11	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	09.12.– 19.12.2023 р.	

Студент

_____ (підпис)

Данилюк В.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Тарасюк В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Гарант ОПІ

_____ (підпис)

Сацюк В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота за спеціальністю 208 – агроінженерія, ОПП – агроінженерія. Луцький національний технічний університет, Луцьк, 2023.

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку джерел посилання. Загальний обсяг роботи складає 66 сторінок, включає 25 рисунків, 4 таблиці, перелік джерел посилання з 19 назв та 3 додатки.

У магістерській роботі проведено огляд літератури та сформульовано завдання досліджень за обраною темою. Встановлено, що основою вирощування органічної картоплі є обов'язкове внесення твердих органічних добрив. Через відсутність органіки відбувається сортове виродження картоплі, поширюються хвороби, відсутнє промислове вирощування картоплі. Українська картопля стала не конкурентною на світовому і внутрішньому ринках. Вихід із ситуації, що склалася, полягає у вирощуванні органічної картоплі.

Теоретично обґрунтовано інноваційну технологію смугового внесення твердих органічних добрив при вирощуванні органічної картоплі за двома схемами: осіннє внесення добрив при підготовці ґрунту та весняне з одночасною посадкою картоплі. Реалізація запропонованої технології залежить від відповідного технічного забезпечення. Тому, у магістерській роботі, запропоновано конструктивна компоновальна схема машини для смугового внесення твердих органічних добрив та проведено теоретичні дослідження основних параметрів і режимів її роботи. На основі проведених досліджень, запропоновано удосконалення пристрою подачі добрив на поле.

Розроблено програму експериментальних досліджень, яка включає методики проведення досліджень і опис лабораторного устаткування. Приведені результати експериментальних досліджень та їх аналіз. Проведено експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування експерименту та запропоновано подальше удосконалення технології вирощування органічної картоплі.

Ключові слова: технологія, вирощування, картопля, органічні добрива, машина, пристрій, шнек, ґрунт.

ABSTRACT

Master's thesis in specialty 208 - agricultural engineering, OPP - agricultural engineering. Lutsk National Technical University, Lutsk, 2023.

Structure and volume of the research work. The research work consists of entry, four sections, general conclusions, list of the used sources and additions. The general volume of work is made by an 66 page, includes 25 drawings, 4 tables, list of the used sources from 19 names and 3 additions.

In the master's thesis, a review of the literature was carried out and the task of research on the chosen topic was formulated. It has been established that the basis of growing organic potatoes is the obligatory application of solid organic fertilizers. Due to the lack of organic matter, varietal degeneration of potatoes occurs, diseases spread, there is no industrial cultivation of potatoes. Ukrainian potatoes have become uncompetitive on the world and domestic markets. The way out of the current situation is to grow organic potatoes.

The innovative technology of strip application of solid organic fertilizers in the cultivation of organic potatoes according to two schemes is theoretically substantiated: autumn application of fertilizers during soil preparation and spring application with simultaneous planting of potatoes. The implementation of the proposed technology depends on the appropriate technical support. Therefore, in the master's thesis, a constructive layout scheme of the machine for strip application of solid organic fertilizers was proposed and theoretical studies of the main parameters and modes of its operation were carried out. On the basis of the conducted research, it is proposed to improve the device for supplying fertilizers to the field.

A program of experimental research has been developed, which includes research methods and a description of laboratory equipment. The results of experimental studies and their analysis are presented. Experimental studies were conducted using the mathematical method of experiment planning, and further improvement of the organic potato cultivation technology was proposed.

Key words: technology, cultivation, potatoes, organic fertilizers, machine, device, auger, soil.

ЗМІСТ

	стр.
ЗАВДАННЯ.....	3
АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ.....	11
1.1 Особливості технології механізованого виробництва органічної картоплі.....	11
1.2 Потреба та вибір органічних добрив для вирощування картоплі.....	14
1.3 Аналіз робочих органів машин для внесення твердих органічних добрив.....	17
1.4 Аналіз досліджень механізованого вирощування картоплі.....	19
1.5 Висновки до розділу	22
2 ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ..	23
2.1 Обґрунтування смугового внесення органічних добрив при вирощуванні органічної картоплі.....	23
2.2 Обґрунтування конструкції машини для смугового внесення органічних добрив смугами.....	25
2.3 Визначення технологічних параметрів універсальної машини для внесення добрив смугами	31
2.4 Теоретичні дослідження пристрою подачі твердих органічних добрив смугами на поле.....	34
2.5 Висновки до розділу.....	36
3 ПРОГРАМА, МЕТОДИКИ І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	38
3.1 Програма експериментальних досліджень.....	38
3.2 Лабораторне обладнання, прилади і апаратура для проведення експериментальних досліджень.....	40
3.3 Методики визначення фізико-механічних властивостей добрив і параметрів пристрою їх подачі.....	42

3.4 Результати проведення експериментальних досліджень.....	46
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	54
4.1 Методика та результати проведення експерименту математичним методом планування експерименту.....	54
4.2 Доцільність та напрями використання отриманих результатів досліджень.....	57
4.3 Висновки до розділу.....	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	61
ДОДАТКИ.....	63

Перелік термінів

Органічна продукти - (від англ. *organic food*) – продукція сільського господарства та харчової промисловості, виготовлена відповідно до затверджених правил (стандартів), які передбачають мінімізацію використання пестицидів, синтетичних мінеральних добрив, регуляторів росту, штучних харчових добавок, а також забороняють використання ГМО.

Машина (від лат. *machina*, від дав.- гр. *Μηχανή* - пристрій, засіб, знаряддя) - технічний об'єкт, який складається із взаємопов'язаних функціональних частин (деталей, вузлів, пристроїв, механізмів та ін.), що використовує енергію для виконання покладених на нього функцій. Традиційно, під машиною розуміють технічну систему, яка виконує або допомагає у виконанні якогось виду роботи.

Пристрій - сукупність технічних елементів, окремий технічний засіб або його складова частина, які призначені для виконання однієї або кількох заданих функцій.

Органічні добрива - добрива, що містять елементи живлення рослин переважно у формі органічних сполук. До них відносять гній, компости, торф, тирса, солома, зелене добриво, мул (сапропель), промислові та господарські відходи та ін.

Картопля - (*Solanum tuberosum*), діал. б'ульба, бараболя - вид рослин родини пасльонових, поширена сільськогосподарська культура, яку в народі називають «другим хлібом»; одна з найважливіших продовольчих, технічних і кормових культур.

ВСТУП

Актуальність проблеми. Картопля - єдина культура в Україні, яку населення вирощує переважно у власних домогосподарствах: на городах, присадибних ділянках. На городи домогосподарств населення припадає 98 % усієї посадки цієї культури [4]. Наприклад, у 2010 частка виробленої картоплі у сільськогосподарських підприємствах та фермерських господарствах, сягала лише 2,6 % від загального обсягу одержаної продукції. Проте, Україна посідає четверте місце у світі за валовим виробництвом картоплі і концентрує понад 15% європейського(6 % світового) врожаю картоплі,

Населення домогосподарств стали основними виробниками картоплі через низький рівень життя. Вони змушені займатися самозабезпеченням і пошуком додаткових джерел надходження коштів. При цьому, поява фермерських господарств та кооперативних сільськогосподарських підприємств суттєво не вплинули на загальні обсяги виробництва картоплі через низький рівень технічного забезпечення.

Вирощену картопля майже не експортують, навіть навпаки, її імпортують. Відсутність налагодженої логістики для просування продукції від дрібнотоварного виробника до різного рівня споживачів на ринку призводить до значних втрат картоплі протягом календарного року.

За господарським призначенням сорти поділяють на столові, технічні, столово - технічні, кормові, універсальні, придатні до виготовлення напівфабрикатів. На сьогодні, Україна перебуває на третьому місці у світі за масштабом споживання картоплі на душу населення. Показник споживання картоплі становить 136 кг на душу населення. Це вказує не тільки любов до картоплі, але й низьку купівельну спроможність населення.

Таким чином, картоплю можна вважати продуктом щоденного споживання, другим хлібом, а також ефективним лікувальним засобом. Але, не більше 10% картоплі, вирощеної в Україні може виконувати лікувальні функції, що говорить про далеко не органічне її вирощування. Редакцією журналу «Агросвіт України» досліджено, що понад 90% картоплі, яку реалізують на ринках України, є непридатною для споживання.

Впровадження інтенсивних технологій в аграрному виробництві не дозволяє вирощувати органічну картоплю, не сприяє збереженню родючості ґрунтів, через нестачу органічних добрив. Відомо, що найбільш ефективними добривами для картоплі є органічні, зокрема підстилковий напівперепрілий гній ВРХ, який включає всі необхідні макро - і мікроелементи для росту і розвитку рослин. На всю площу відведену під картоплю необхідно вносити органічні добрива. Але виробництво і внесення їх під картоплю зменшується в Україні з кожним роком. Тому необхідно вести пошук виробництва нових видів органічних добрив і технологій їх внесення. При цьому варто звернути увагу на місцеві сировинні ресурси. Для Північного Полісся це сапропелі прісноводних озер.

У сапропелях є цілий ряд необхідних елементів живлення для рослин: фосфор, калій, азот і речовини, які поліпшують органічні, хімічні і біологічні властивості ґрунту. За різними літературними джерелами сапропелі підвищують врожайність сільськогосподарських культур в межах 15...48 %. Окрім того сапропелі володіють значним енергетичним зв'язком між вологою та сухою речовино., тобто наділенні властивістю утримувати у собі запаси вологи.

Сьогодні відсутня науково обґрунтована екологічна оцінка отримання сільськогосподарської продукції в умовах глобального потепління. Не розроблена екологічно безпечна та економічно доцільна система удобрення сільськогосподарських культур при виробництві органічної продукції.

Постала також проблема вирощування картоплі в умовах зростання середньої температура повітря у навколишньому середовищі. Змінити ситуацію можна шляхом виробництва та внесення у ґрунт волого утримуючих органічних добрив. Тому, з врахуванням вище вказаної актуальності, дослідження мають достатнє наукове і практичне значення.

Об'єкт досліджень – технологічні процеси вирощування органічної картоплі на основі вологоутримуючих органічних добрив.

Предмет досліджень – органічні добрива, компоненти органічних добрив, машина для внесення твердих органічних добрив.

Мета роботи. Удосконалити технологію вирощування органічної картоплі.

Завдання досліджень:

1. Провести аналіз технологій вирощування органічної картоплі і технічного забезпечення внесення органічних добрив.
2. Дослідити властивості вологоутримуючих твердих органічних добрив.
3. Розробити програму та методики експериментальних досліджень.
4. Встановити визначальні параметри пристрою подачі твердих органічних добрив при смуговому їх внесенні.
5. Провести експериментальні дослідження з визначення властивостей компонентів вологоутримуючих твердих органічних добрив.
6. Запропонувати удосконалення технології вирощування органічної картоплі і конструкцію машини смугового внесення органічних добрив.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження проведені із застосуванням методів, що ґрунтуються на основних положеннях теорії класичної механіки. Експериментальні дослідження проводились за галузевими і розробленими методиками на розроблених установках і стандартних приладах. При проведенні досліджень застосовувалися математичні методи планування експерименту.

Результати роботи та їх новизна. В магістерській роботі запропонована нова технологія механізованого вирощування органічної картоплі. Новизна результатів досліджень полягає у обґрунтуванні технології смугового внесення органічних добрив для вирощування органічної картоплі.

Апробація результатів магістерської роботи та публікації. Результати досліджень доповідались на Всеукраїнській НПК «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції». Кропивницький, квітень 2023 та Всеукраїнській НПК «Технічний прогрес в АПВ» 9 - 10 травня 2023 р. м. Харків. Отримано Патент України на корисну модель № 154479, опуб. 15.11.23р. бюл. №46 .

Структура роботи. Магістерська робота складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку джерел посилання і додатків. Загальний обсяг роботи складає 66 сторінок.

На захист вноситься технологія вирощування органічної картоплі і конструкція машини для смугового внесення твердих органічних добрив.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ ТА ОБГУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ

1.1. Особливості вирощування органічної картоплі

Вирощування органічної продукції вимагає пошуку нових технологій та розробки техніки для їх реалізації. За даними Міжнародної організації органічного руху (IFOAM), у 2009 р., під органічним виробництвом в Україні було зайнято близько 1% (у ЄС – до 3%) сільськогосподарських угідь, що становить майже 37,2 млн. га [1]. А, площа сертифікованих сільськогосподарських угідь з органічним виробництвом у 2011 р., становила лише 369 тис. га, що займає 16-те місце у світі. [2].

Органічне виробництва базується на використанні високоякісних органічних добрив, які виконують ряд важливих функцій для живлення рослин і позитивно мають впливати на основний засіб виробництва - ґрунт(рис. 1.1).



Рисунок 1.1 Вплив органічних добрив на систему вирощування органічної картоплі

Найпоширенішими органічними добривами є гній[3]. Дешевий, доступний і корисний матеріал для рослин. Залежно від строків зберігання, умов, ступеня розкладання органічних компонентів гною він набуває відповідного зовнішнього вигляду і консистенції. Розрізняють чотири ступені розкладання гною на солом'яній підстилці: свіжий, напівперепрілий, перепрілий і перегній.

В Україні виробляються похідні органічні добрива на основі підстилкового гною та посліду, а також продукти на основі торфу та сапропелів. Окремо можна виокремити добрива на основі природного мінералоїду – леонардиту. З появою біогазових установок можна виокремити також органічне добриво з дигестату та похідних продуктів з нього

Коренева система картоплі погано розвивається. Вона розташовується здебільшого в пухкому шарі ґрунту. У перший період розвитку важкорозчинні поживні речовини з ґрунту погано засвоюються кореневою системою картоплі. Це обумовлює покращену реакцію вирощування картоплі на внесенні добрива. Протягом процесу вегетації картоплі поглинання фосфору, азоту та калію проходить нерівномірно. Найбільшу кількість цих елементів картопля споживає під час цвітіння та бутонізації, у цей час відбувається найбільший приріст надземної маси картоплі. Під час бульбоутворення елементи живлення, що були поглинуті рослинами, витрачаються ними на формування бульб та їх ріст. До часу збирання врожаю бульби картоплі накопичують 90% азоту, 90% фосфору та 96% калію від загальної їх кількості у біомасі. На взаємодію добрив та врожаю значною мірою впливає природна родючість ґрунту, його гранулометричний склад, особливості агротехніки та сорти картоплі.

Важливим етапом вирощування картоплі є підтримування пухкого ґрунту у гребнях. Створення умови на початковому етапі залежить від якості і вчасності формування гребнів. Їх утворення залежить від чистоти майбутнього картопляного поля, структури ґрунту в зоні бульбоутворення і, відповідно величина і якість врожаю.

Найбільш раціонально проводити посадку з нагортанням на бульби незначної кількості пухкого ґрунту. Тоді він швидко прогрівається та сприяє інтенсивному проростанню насіння. Гребені формують перед появою сходів на поверхню поля

(приблизно на 10-14-й день після посадки, коли у бульбах появиться мичкувата коренева система, якою вона закріпиться за ґрунт). Висота гребня після першого нагортання має бути близько 18-23 см (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 Рациональні параметри гребенів після першого нагортання для отримання органічної картоплі

Для формування гребенів на тяжких за механічним складом ґрунтах, використовують фрезерні культиватори з активними робочими органами. Технологічну операцію необхідно проводити на понижених швидкостях. Формування гребенів на легких супіщаних ґрунтах можуть забезпечити культиватори з пасивними робочими органами. Основною умовою для проведення даної операції - достатня фізична стиглість ґрунту.

Вирощування органічної картоплі пов'язане з мінімізацією використання хімічних засобів для боротьби з бур'янами та хворобами. Для досягнення позитивного результату з використанням механічних засобів, провідні європейські вчені рекомендують протягом всього періоду вегетації рослин, проводи від трьох до п'яти підгортань гребенів. Це дозволяє не тільки

забезпечити постійно пухкі шари ґрунту навколо куща картоплі, але й досить ефективно вести боротьбу з бур'янами. Для боротьби з хворобами, на сьогодні, пропонується велика кількість препаратів органічного походження.

Спірним питанням у вирощуванні картоплі є ширина міжрядь при посадці. Останні дослідження свідчать, що широкорядні і грядкові технології є новими ресурсозберігаючими технологіями. Широкорядні технології вирощування картоплі з шириною міжрядь 90 см мають переваги на високо родючих ґрунтах для рівня врожайності понад 25 т / га. Потенційна врожайність при цьому технології - більше 80 т / га. За багаторічними даними, при збільшенні ширини міжрядь з 70 (75) до 90 см приріст врожайності картоплі становить 30-45%.

1.2. Потреба та вибір органічної сировини для вирощування картоплі

Картопля заслужила собі славу цінної продовольчої, кормової та технічної культури. Найбільше картоплі вирощують у Лісостепу та на Поліссі, де умови для неї найсприятливіші. Картоплею нормально переноситься кисла реакція ґрунту, оптимальним значенням для неї рН = 5-6.

Для хорошого росту та розвитку картопля потребує набагато більше елементів живлення, ніж інші сільськогосподарські культури. При 100 ц/га врожаю картоплі з ґрунтом бадиллям виноситься 40 - 60 кг азоту, 15 - 20 кг P_2O_5 , 60-80 кг K_2O та близько 18 кг Mg. Окрім того, у одній тонні картоплі знаходиться близько 2 кг P_2O_5 , 4 кг N та 6 кг K_2O . Протягом процесу вегетації картоплі поглинання фосфору, азоту та калію проходить нерівномірно. Найбільшу кількість цих елементів картопля споживає під час цвітіння та бутонізації, у цей час відбувається найбільший приріст надземної маси картоплі. Тому, органічні добрива тривалої дії найбільше підходять для вирощування картоплі. Щоб утворилось добре розвинуте бадилля картоплі, у відповідний час, вкрай потрібне підвищене азотне живлення. Малі дози азотного добрива пригнічують розвиток бадилля та затримують поступлення у рослину калію та фосфору.

Потреба у внесення значних доз органічних добрив вказує на потребу звернути увагу на сировину з місцевих органічних ресурсів. Адже, основні органічні добрива, які використовувались для вирощування картоплі –

підстилковий гній виробляється в обмеженій кількості. Органічні добрива, необхідно готувати до внесення. Вони повинні мати мінімальні втрати органічних речовин та азоту; не містити життєздатного насіння бур'янів та гельмінтів, хвороботворних мікроорганізмів. Застосування під картоплю свіжого гною, так само як і наявність у добривах сторонніх предметів не допускається.

Аналіз виробництва у галуззі рослинництва показує, що велика кількість органічної сировини, яка нераціонально використовується є солома злакових культур. У солومی найбільше органічної речовини, причому її склад дуже цінний для підвищення родючості ґрунту. Солома містить: целюлозу, пентозами, геміцелюлозу та лігнін, які є вуглеводними енергетичними субстратами для ґрунтових мікроорганізмів. Це основний будівельний матеріал для збільшення гумусу у ґрунтах [7].

Внесення однієї тони соломи дозволяє вернути у ґрунт: 4,2 кг азоту, 1,7 кг фосфору, 8,3 кг калію, 4,2 кг кальцію, 0,7 кг магнію та інших ряд мікроелементів. Удобрення соломою забезпечує доступність фосфору і калію, за рахунок розчинюючої дії речовин кислої природи, що утворюються при її розкладанні. Заробляння у ґрунт однієї тони соломи в сполученні з рідким гноєм або мінеральним азотом по своїй дії рівноцінна 3,5 - 4,0 т/га солومистого гною. Ізогумусовий коефіцієнт соломи по різних джерелах становить 0,1 - 0,25. Це значить, що внесення 20 - 40 ц соломи в ґрунті забезпечує утворення 0,3 - 2,6 т гумусу на 1 га. Єдиним недоліком застосування соломи є необхідність її зволожувати або компостувати з іншими волого місткими матеріалами. Щорічне внесення соломи на третій-четвертий рік підвищує кількість найцінніших водостійких агрегатів розміром більше 0,25 мм і збільшує водопроникність ґрунту, що важливо для умов зростання глобального потепління. Внесення соломи викликає посилення «дихання» ґрунту - виділення вуглекислого газу, який необхідний рослинам у процесі фотосинтезу.

Спроби одержати нові органічні добрива на основі з високою волого утримуючою здатністю знаходять місце у дослідженнях ЛНТУ[13]. При цьому іншим складником пропонуються сапропелі прісноводних озер. Даний напрямок

використання соломи, як складника при компостуванні з сапропелем органічного походження досліджений недостатньо.

Сапропель (від грецького *sapros* – гнилий і *pelos* – мул) – прісноводний мул(рис. 1.3), що утворюється на дні водоймищ з продуктів розпаду рослинних та тваринних організмів і містить більше 10% (за масою) органічної речовини у вигляді гумусу та рослинних залишків[11]. Дослідженнями доведено, що внесення сапропелів на у чистому вигляді, після проморожування, з нормою 50 і 100 т/га збільшує віть врожайність картоплі на 28 і 47ц з одного га. Завдяки корисним бактеріям навіть виснажений ґрунт перетворюється на родючий із гарною мікрофлорою. Неабиякою перевагою сапропелю є його абсолютна екологічна безпека.



Рисунок 1.3 Наявність мікроелементів в озерному сапропелі

Застосування сапропелю дає змогу боротися й проти шкідливих бактерій і патогенних мікроорганізмів. Ґрунт краще утримує вологу, а відсоток гумусу в ньому зростає. Практично гамлетівське питання «як утримати вологу» має ще один варіант відповіді. Сам сапропель аж ніяк не в змозі закрити геть усі потреби рослин в корисних речовинах.

1.3. Аналіз робочих органів машин для внесення твердих органічних добрив

Пристрої для внесення органічних добрив – це причепи або кузови з вмонтованими у них робочими органами для розподілення по поверхні поля гною, торфу, компостів, мульчі та інші матеріалів з метою підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Існує значна кількість технологій та технічних засобів для внесення твердих органічних добрив[5, 7, 10]. Серед них передпосівному (основний, суцільний, розкидний) надають перевагу. Добрива рівномірно розподіляють по полю і заробляють в ґрунт на глибину 10-20 см. Цим способом вносять основну кількість органічних добрив.

Розвиток конструкцій машин для внесення органічних добрив обумовлений необхідністю підвищення ефективності застосування добрив шляхом поліпшення якості їх розподілу на поверхні ґрунту. У більшості кузовних гноєрозкидачів, які випускаються в нашій країні і за кордоном, застосовують робочі органи трьох типів:

- дискові з вертикальною віссю обертання;
- барабанні - шнекові з горизонтальною віссю обертання;
- барабанні - шнекові з вертикальною віссю обертання.

Загально відомо, що кузовні машини для внесення органічних добрив, які оснащені горизонтальними барабанні -шнековими робочими органами, мають значну нерівномірність розподілу добрив на ширині захвату. Крім того, некерований потік через верхній барабан, зазор між дном та нижнім барабаном, а також зазор між барабанами скидає майже третину добрив. За кордоном існує тенденція до покращення техніко - експлуатаційних характеристик машини для внесення органічних добрив шляхом установки від 2 до 4 вертикальних шнекових розподільчих пристроїв (рис. 1. 4). Ширина внесення добрив такими робочими органами становить від 8 до 12 м.

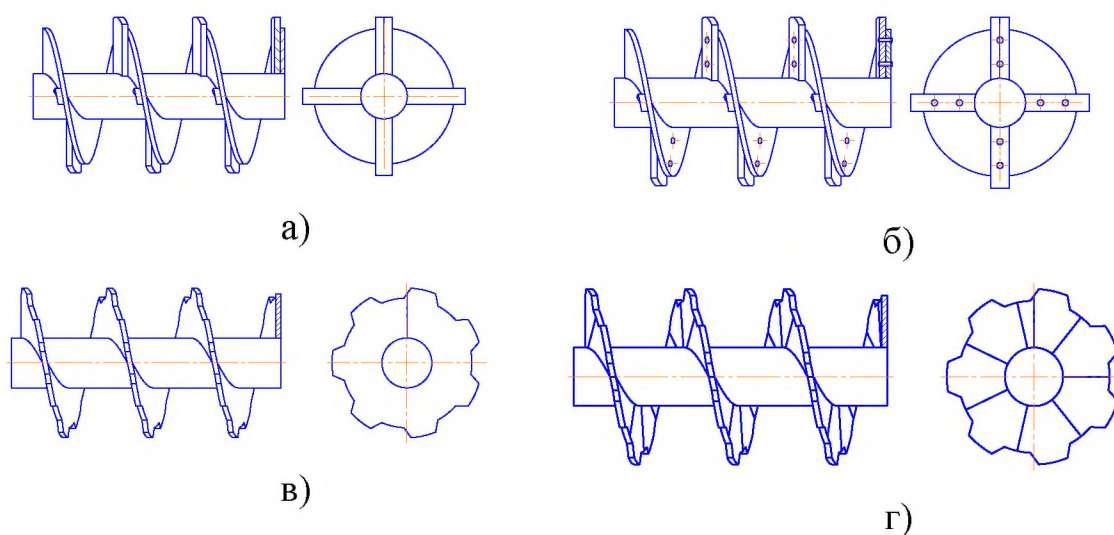
Тверді органічні добрива вносять без перевалочним, перевалочним і двофазним способами. При без перевалочному способі добрива транспортують з ферми на поле і вносять тією ж самою машиною. У другому випадку добрива доставляють на край поля і складують у бурти, після чого їх завантажують у розкидачі і вносять в ґрунт. При двофазному способі добрива вивозять на поле і

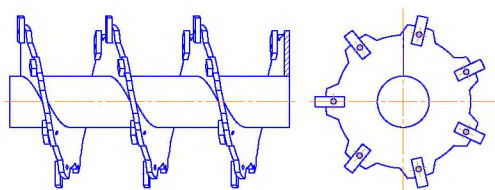
викладають у шаховому порядку у вигляді куп, які у подальшому валкувачами – розкидачами розподіляють по поверхні поля.



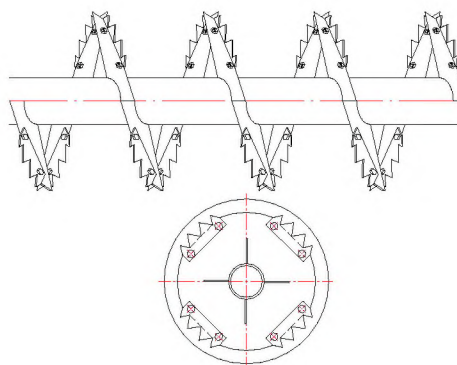
Рисунок 1.4 Мобільна техніка для внесення органіки

Доцільним було б говорити про те, що робочі органи машин для внесенні органіки утворюють гвинтові поверхні (рис.1.5), до яких кріпляться різні елементи у вигляді ножів, зубів для ефективного руйнування пласта, розрізання стеблово – соломистих включень за наявності їх у добривах.

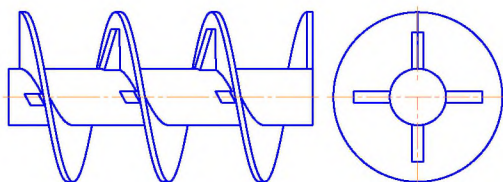




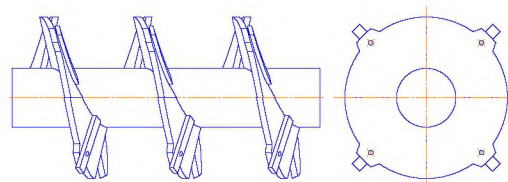
д)



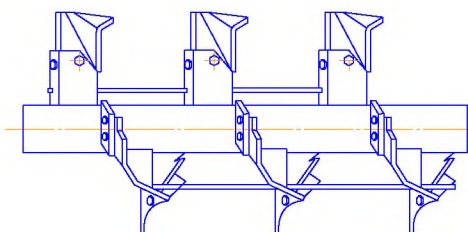
е)



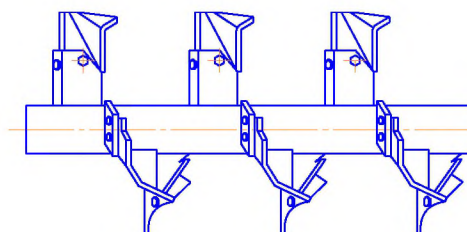
ж)



з)



к)



л)

1.5 Схеми найбільш типових конструкцій бітерів розкидних пристроїв сучасних машин: а, б - “Miro”, мод. MC97, MC107; в, г – 1-ПТУ-4; д - “Miro”, мод. SH43/55, SH50/90M; е – ВАТ “Ковельсьільмаш” (Україна), мод. МТО-7; ж - “Miro”, мод. DC-1; з - “Mirex”, мод. SH55/80, SH69/90M, SH45/70; к, л – “JF-STOLL”; пристрої а, б, в, г, д, е, ж, з у робочому положенні розміщують вертикально.

1.4. Аналіз досліджень механізованого вирощування картоплі

Відповідно до попередніх пунктів, основними технологічними операціями при вирощуванні картоплі слід вважати поверхневе внесення твердих органічних добрив і садіння картоплі. Для забезпечення виконання вказаних операцій розроблено достатньо технічного забезпечення, проведено велику кількість досліджень. Так, для оцінки роботи розкидних пристроїв існують лише загальні формули, які зв'язують як режимні, так і конструктивні параметри роторних

(бітерних, барабанних) розкидачів органічних добрив. Серед них визначення кутової швидкості барабана

$$\omega = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{2l_x g}{\sin 2L}}, \quad (1.1)$$

де: r – радіус робочого органу, м;

l_x – відстань польоту часток органічних добрив, м;

L – кут відриву частинки від поверхні робочого органу, град.

Техніко - технологічні параметри розкидачів органічних добрив, пов'язані із роботою механізму подачі добрив до розкидного пристрою і швидкістю руху машино – тракторного агрегату. Наприклад, кількість твердих органічних добрив, яка переміщається в кузові розкидача ланцюгово - планчастим транспортером, можна визначити за формулою:

$$Q_{орг} = \rho_{орг} \cdot V_{тр} \cdot b_{тр} \cdot H_{орг}, \quad (1.2)$$

де: $\rho_{орг}$ – щільність органічних добрив у кузові розкидача, кг/м³;

$V_{дд}$ – швидкість переміщення транспортера, м/с;

$b_{тр}$ – ширина кузова розкидача або ширина ланцюгово – планчастого транспортера, м;

$H_{орг}$ – середня висота органічних добрив, які знаходяться в кузові розкидача.

При встановленні фактичної норма внесення органічних добрив необхідно враховувати швидкість руху агрегату:

$$Q_{орг} = 10^{-4} \cdot Q_n \cdot B \cdot V_m, \quad (1.3)$$

де: Q_i – норма внесення добрив, згідно агротехнічних вимог, кг/га;

B – середня ширина розкидання органічних добрив на поверхні поля, м;

V_m – швидкість руху агрегату, м/с.

Робочий процес картоплесадильної машини можна поділити на такі основні етапи: створення рівномірного потоку бульб і подача їх до сошників, формування сошником борозенки, укладання бульби на поверхню поля та загортання їх ґрунтом. У такому випадку, вихідними даними для технологічного розрахунку робочого процесу картоплесаджалки є: кількість бульб, яку необхідно висадити на один гектар Q_C шт/га. При цьому враховують крок садіння l_C м, і ширину міжрядь b , м.

Якщо відома частота обертання ВВП трактора $n_{\text{тр.}}$, хв^{-1} , передатне число i від ВВП до валу садильного апарату і кількість ложечок Z_L , то швидкість руху садильного агрегату $V_{\text{агр.}}$, буде визначатись за формулою:

$$V_{\text{агр.}} = \frac{600n_{\text{тр.}}iZ_L}{Q_C b}, \quad (1.4)$$

Кількість бульб, яка буде висаджена на одному гектарі, визначається за формулою:

$$Q_C = \frac{10^4 Z_H}{b l_H}, \quad (1.5)$$

Крок садіння l_C визначають за формулою:

$$l_C = \frac{50v_{\text{агр.}}}{3n_{\text{тр.}}iZ_L}, \quad (1.6)$$

Якщо відома середня маса однієї бульби $m_{\text{ср.}}$, г, то можна підрахувати витрати посадкового матеріалу Q кг/га підраховують за наступною формулою:

$$Q = \frac{0,6n_{\text{агр.}}iZ_L m_{\text{ср.}}}{bv_{\text{агр.}}}, \quad (1.7)$$

Дані формули дійсні при проектуванні комбінованих агрегатів.

1.5. Висновки до розділу

Аналіз літературних джерел і патентної літератури дозволяє зробити наступні висновки:

1. Основа отримання високого врожаю картоплі - збалансоване живлення: мають бути присутні макро -, мікро - і мезоеlementи в тих кількостях, які необхідні для отримання максимального врожаю. Для отримання високих урожаїв картоплі на легких супіщаних ґрунтах вносять 50 – 60 т/га гною, а торфокомпостів - від 60 до 90 т/га восени або на весні.

2. Відсутність достатньої кількості органічних добрив призводить до не тільки до зниження врожайності сільськогосподарських культур, але й втрати родючості ґрунтів. Відновити нормативне внесення органічних добрив у сільськогосподарському секторі можливо при впровадженні нових технологій застосування органічних добрив на основі місцевих сировинних ресурсів.

3. Властивості твердих органічних добрив залежать від способу і компонентів органічної сировини. Серед великої кількості, варто звернути увагу на сапропелі прісноводних озер, як матеріал з високою вологоутримуючою здатністю та стеблову частину врожаю зернових культур.

4. В основу реалізації нової технології вирощування картоплі покладено ідею осіннього смугового внесення органічної сировини та відповідної весняної посадки картоплі або весняної посадки картоплі з одночасним внесенням приготовлених добрив смугами.

5. Аналіз теоретичних досліджень вказує, що при впровадженні нових технологій виробництва органічної продукції, необхідно враховувати умови підготовки поля до посадки картоплі. Для цього потрібна нова машина для реалізації запропонованої технології.

РОЗДІЛ 2

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Обґрунтування смугового внесення твердих органічних добрив при вирощуванні органічної картоплі

Технологія вирощування органічної картоплі пов'язана з використанням із створення умов живлення майбутнім рослинам на протязі всього періоду вегетації рослин. При використанні органічної сировини для перетворення їх у добрива у зимовий період та досягнення позитивного ефекту в одержанні врожаю, важливо приділити особливу увагу наступним технологічним операціям[15]:

- осінню підготовку ґрунту до закладання твердих органічних добрив смугами на ширину міжрядь не менше 60 см;
- смугове закладання добрив із розрахунку 40 - 60 т/га;
- закриття добрив шаром ґрунту висотою 5 - 8 см на рівень поверхні поля;
- вкладання насіння картоплі відповідно до агротехнічних вимог симетрично над половою із закладених добрив, але не більше 7 – 8 см;
- загортання бульб ґрунтом у вигляді невеликих гребнів.

В процесі вегетації рослин, передбачається 3 - 4 разове підгортання гребнів із фрезерованого у міжряддях ґрунту. Дана операція призначена як для боротьби з бур'янами, так і для створення пухкого ґрунту у гребнях. Запропонована технологія переважає традиційний підхід, коли посадковий матеріал розміщують нижче рівня поля. Адже, розміщена картопля ближче до поверхні поля отримує достатньо тепла від швидкого прогрівання розпушеного і нагорнутого ґрунту у гребінь.

Запропонована структурна схема смугового внесення твердих органічних добрив при вирощуванні органічної картоплі, яка представлена на рис. 2.1. При раціональному підході до створення механізованого забезпечення для реалізації запропонованої технології вирощування органічної картоплі, достатньо однієї універсальної машини. Така машина має забезпечити внесення твердих органічних добрив смугами, весняне садіння картоплі з одночасним внесенням

добрив, догляд за рослинами шляхом розпушування міжрядь та нагортання гребнів з одночасним знищенням бур'янів.

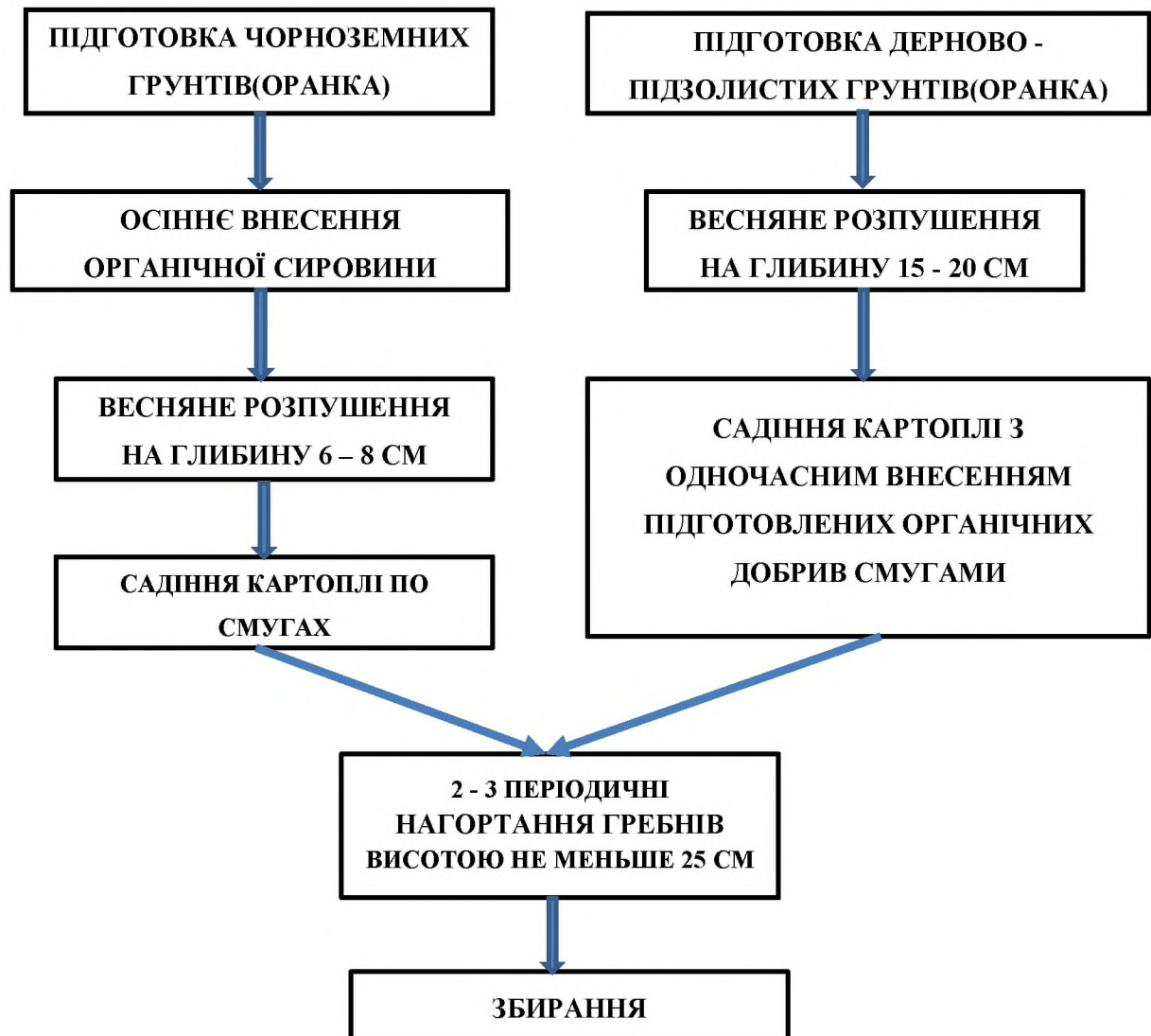


Рисунок 2.1 Інноваційна технологія вирощування органічної картоплі

Запропонована інноваційна технологія вирощування органічної картоплі [17] передбачає внесення на чорноземних ґрунтах органічної сировини (некомпостованих твердих органічних добрив) смугами у ґрунт осінню, а на дерново - підзолистих ґрунтах – компостованих(підготовлених) органічних добрив смугами у ґрунт весною одночасно з посадкою картоплі.

При вирощуванні картоплі на чорноземних ґрунтах, після оцінювання їх якісних параметрів, виконують наступні етапи проведення технологічних операцій: осінню підготовку ґрунту проведенням оранки на глибину 22 - 25 см, внесення некомпостованих твердих органічних добрив смугами у борозни на

ширину міжрядь посадки картоплі, але не менше 75 см, у поперечному перерізі 20×10 см на глибину, при якій після вкладання добрив, величина борозни відносно верхнього краю поверхні поля залишається до 5 - 6 см для загортання добрив шаром ґрунту, весняне вирівнювання і вкладання картоплі поверх смуг з органічних добрив та утворення гребнів, періодичне 2-3-разове нагортання гребнів з фрезерованого у міжряддях ґрунту до висоти не менше 25 см протягом всього періоду вегетації рослин, збирання картоплі.

При вирощуванні картоплі на дерново-підзолистих ґрунтах, після оцінювання їх якісних параметрів, виконують наступні етапи проведення технологічних операцій: осінню підготовку ґрунту проведенням оранки на глибину 22-25 см, весняну культивуацію, вкладання компостованих органічних добрив смугами у борозни у поперечному перерізі 20×10 см на глибину, при якій після вкладання добрив, величина борозни відносно верхнього краю поверхні поля залишається до 5-6 см для загортання добрив шаром ґрунту на ширину міжрядь посадки картоплі, але не менше 75 см, вкладанням картоплі поверх смуг з органічних добрив та 10 утворення гребнів, періодичне протягом всього періоду вегетації 2-3 нагортання гребнів з фрезерованого у міжряддях ґрунту до висоти не менше 25 см, збирання картоплі.

Реалізація запропонованого способу вирощування картоплі дозволить отримувати максимальний врожай картоплі на ґрунтах з різним механічним складом, ефективно використовувати тверді органічні добрива, зменшити собівартість продукції високої якості, в тому числі, органічної.

2.2. Обґрунтування конструкції машини для внесення добрив смугами

Технологічний процес об'ємного внесення твердих органічних добрив під чотирьохрядну картоплесаджалку полосами можна виконувати окремою технічною одиницею(при підготовці ґрунту в осінній період) або одночасно з садінням картоплі весною. При цьому важливу роль у застосуванні значних об'ємів добрив відіграють джерела сировини для твердих органічних добрив. В обох випадках, норма внесення, без втрати якості умов живлення для майбутніх рослин, зменшується до 10т/га. Відповідно, змінюються підходи до конструкцій

машин для внесення добрив. Але, схема процесу об'ємного внесення матиме вигляд, представлений на рис. 2.2.

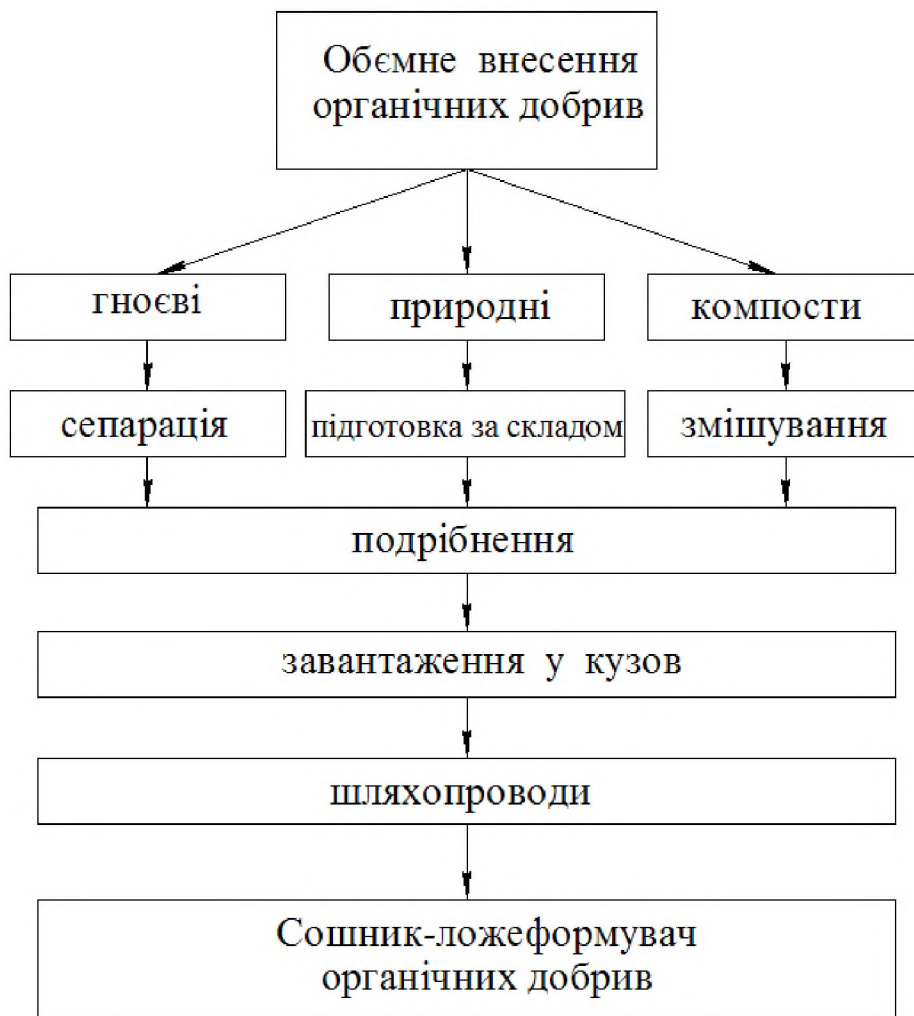


Рисунок 2.2 Схема процесу об'ємного внесення твердих органічних добрив

При обґрунтуванні конструкції універсальної для смугового внесення твердих органічних добрив при вирощуванні картоплі важливо оцінити технологічні переходи, які має забезпечити майбутня машина. Як видно із схеми (рис.2.2) така машина повинна забезпечити ряд якісних показників технологічного процесу:

- формувати сошниками ложа 20x10 у рихлому ґрунті;
- забезпечити відділення норми добрив у бункері від загального масиву з частковим його подрібненням, яке складом компонентів і умовами переміщення до сошників;
- забезпечувати загортання вкладених добрив у ложа шаром ґрунту з незначними гребнями;

- забезпечувати можливість комплектування фрезами для рихлення міжрядь та чотирьох рядною картоплесаджалкою;

- мінімізувати екологічні наслідки в процесі вирощування картоплі та сприяти збереженню родючості ґрунту;

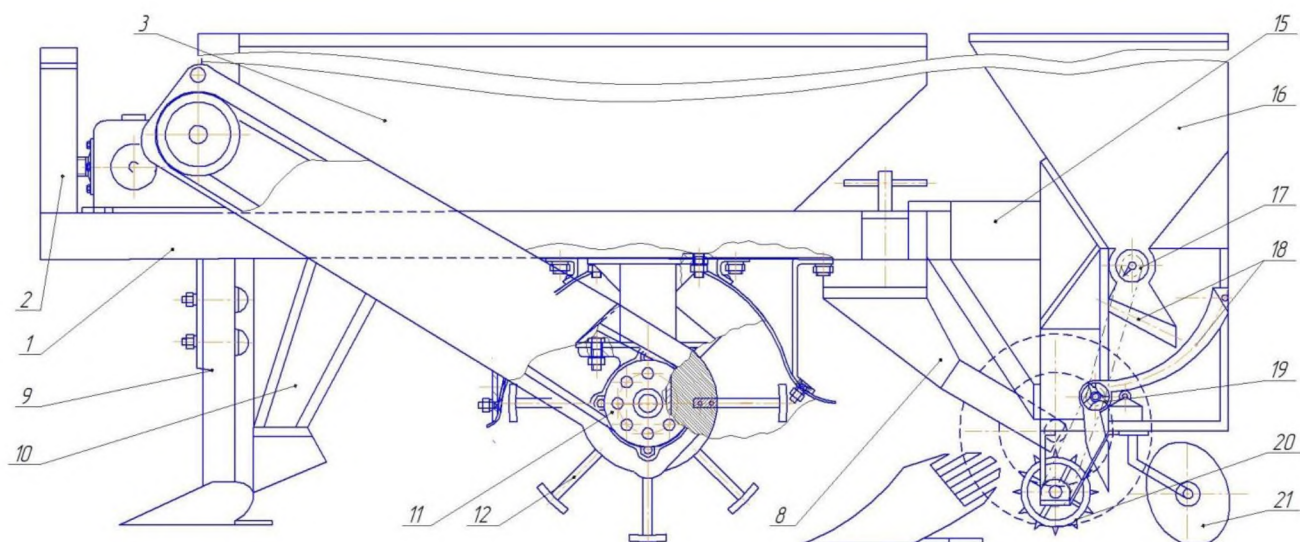
- агрегування її машини забезпечують трактори класу тяги 1,4 кН.

Таким чином відповідно до технологічного процесу садіння картоплі з шириною міжрядь не менше 70 см [17], пропонується компоувальна схема універсальної машини для садіння картоплі з одночасним внесенням твердих органічних добрив смугами(рис. 2.3). При незначному переобладнанні таку машину можна використовувати на різних технологічних операціях від внесення добрив, садіння картоплі, підгортання рядків протягом всього періоду вегетації рослин.

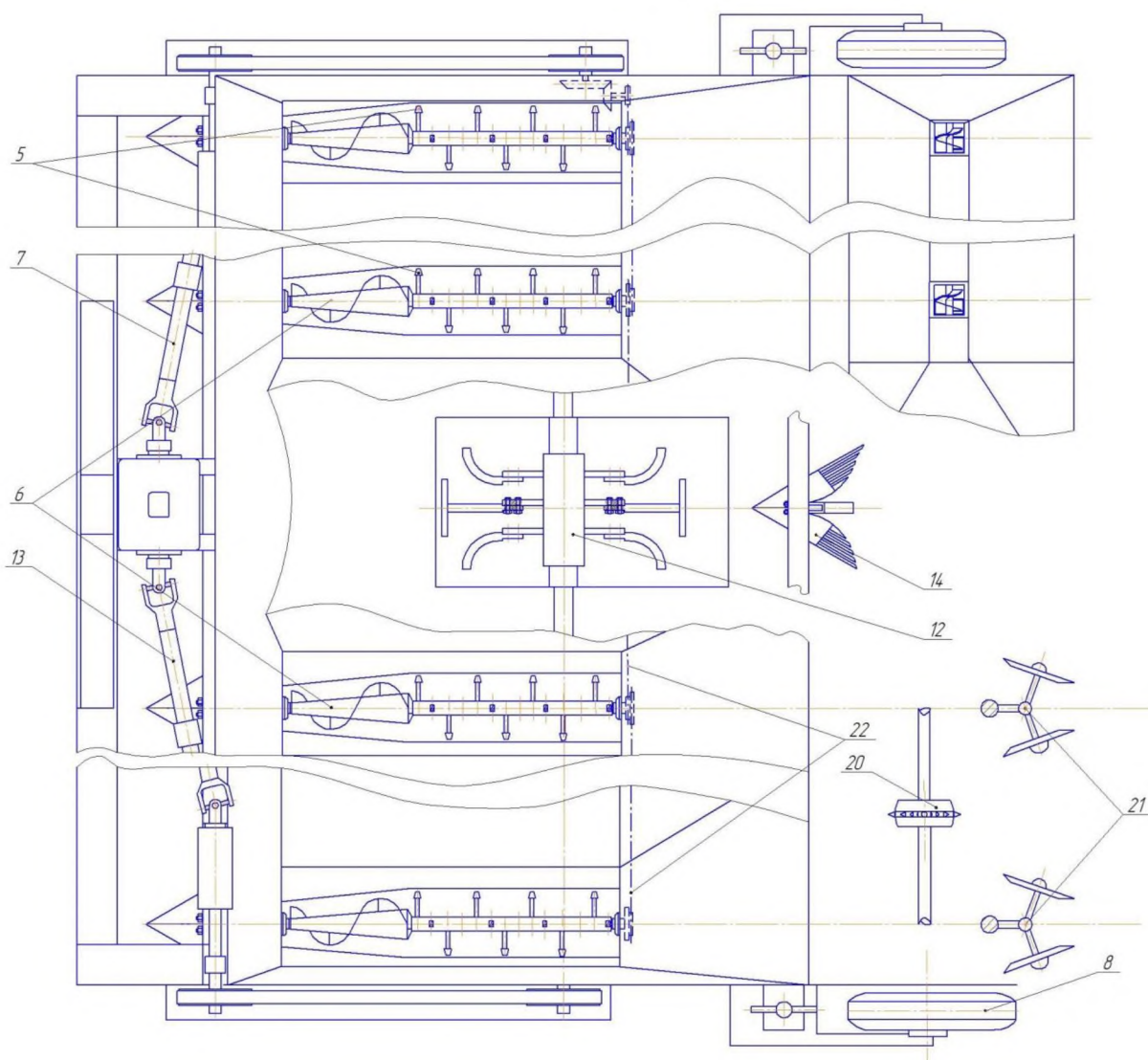
У відповідності до схеми, машина є навісною, модульного типу. До основних модулів машини варто віднести: модуль внесення твердих органічних добрив смугами; модуль картоплесаджалки з садильним апаратом без ланцюгового типу; модуль підгортання рядків картоплі протягом всього періоду вегетації рослин.

Універсальна машина для вирощування картоплі складається з базової рами 1 з навісним пристроєм 2, на якій встановлено секційний бункер органічних добрив 3, механізми подачі добрив 4 з пальцями 5 і конічними гвинтами 6 і приводом 7, опорні - ходові колеса 8, сошники 9 з спрямовувачами 10 потоків органічних добрив, фрез 11 з ножами 12 і приводом 13, нагортачів гребнів 14, рами 15 з секційним бункером картоплі 16 з дозаторами 17, гравітаційними поверхні 18 з трьох ложковими катушками 19, які кінематичне з'єднані з мірними колесами 20, загортачів картоплі 21, ланцюгових передач 22.

Запропонована універсальна машина для вирощування картоплі працює наступним чином. Після з'єднання базової рами 1 з рамою 15 секційного бункера картоплі 16 і приєднання універсальної машини для вирощування картоплі через навіску 2 до трактора, переведення опорно - ходових коліс 8 у робоче положення, фіксують у необхідному положенні сошники 9 з спрямовувачами 10 потоків органічних добрив, нагортачі гребнів 14, мірні колеса 20 і загортачі картоплі 21.



а)



б)

Рисунок 2.3 Конструктивна - компоувальна схема універсальної машини для вирощування картоплі: а – вид збоку; б – вид зверху

На попередньо обробленому оранкою полі, у загінці, підготовлені органічні добрива завантажуються у секційний бункер органічних добрив 3 з механізмами подачі добрив 4, а картопля – у секційний бункер картоплі 16 з дозаторами 17.

При переміщенні універсальної машини для вирощування картоплі привід 7 приводить в обертовий рух пальці 5 і конічні гвинти 6, якими підготовлені органічні добрива направляють через спрямовувачі 10 потоки органічних добрив у заглиблення з ґрунту утворені сошниками 9. Вкладені смугами органічні добрива закриваються ґрунтом нагортачами гребнів 14. Одночасно з секційного бункера картоплі 16 картопля дозаторами 17 направляється по гравітаційних поверхнях 18 до трьох ложкових котушок 19, які синхронно обертаються з дозаторами 17 ланцюговими передачами 22 від мірного колеса 20. Утворені рядки з картоплі закриваються загортачами картоплі 21. Після проходження загінки універсальну машину для вирощування картоплі переводять у транспортне положення до переміщення у наступну загінку за допомогою опорно - ходових коліс 8 і гідросистеми трактора.

Для формування якісних зон живлення для рослин у період підготовки ґрунту універсальна машина для вирощування картоплі працює наступним чином. Після приєднання універсальної машини для вирощування картоплі базової рами 1 через навіску 2 до трактора і переведення опорно - ходових коліс 8 у робоче положення, фіксують у необхідному положенні сошники 9 з спрямовувачами 10 потоків органічних добрив, нагортачі гребнів 14. На попередньо обробленому оранкою полі, у загінці, підготовлені органічні добрива завантажуються у секційний бункер органічних добрив 3 з механізмами подачі добрив 4.

При переміщенні універсальної машини для вирощування картоплі привід 7 приводить в обертовий рух пальці 5 і конічні гвинти 6, якими підготовлені органічні добрива направляють через спрямовувачі 10 потоки органічних добрив у заглиблення з ґрунту утворені сошниками 9. Вкладені в смуги органічні добрива закриваються нагортачами ґрунту 14. Після проходження загінки універсальну машину для вирощування картоплі переводять у транспортне положення до переміщення у наступну загінку за допомогою опорно - ходових коліс 8 і гідросистеми трактора.

Для забезпечення умов формування врожаю при 2-4 разовому нагортанні гребнів і знищенні бур'янів універсальна машина для вирощування картоплі працює наступним чином. Після приєднання універсальної машини для вирощування картоплі базової рами 1 через навіску 2 до трактора і переведення опорно - ходових коліс 8 у робоче положення, встановлюють у робоче положення фрези 11 з ножами 12, нагортачі гребнів 14.

При переміщенні універсальної машини для вирощування картоплі приводом 13 приводяться в обертний рух фрези 11 з ножами 12, якими інтенсивне розпушується ґрунт у міжряддях а, нагортачами гребнів 14 забезпечується знищення бур'янів і нагортання гребнів. Після проходження загінки універсальну машину для вирощування картоплі переводять у транспортне положення до переміщення у наступну загінку за допомогою опорно - ходових коліс 8 і гідросистеми трактора.

Кінематична схема універсальної машини для внесення добрив є простою та пов'язана з вилковим агрегатом трактора. Основним у ній є: редуктор для розподілу силового потоку на привід пристрою подачі добрив і приведення у обертання міжрядних фрез та ланцюгові передачі. У випадку комплектування з картоплесаджалкою кінематична схема не ускладнюється, так як робочі органи картоплесаджалки приводяться у рух від власного мірного колеса через ланцюгову передачу.

Принципова схема, яка необхідна для вивчення принципу роботи універсальної машини для внесення добрив, налагодження її роботи, проведення контролю якості виконання технологічного процесу та ін., являється основою для подальшої розробки конструкторської документації, графічного креслення на збірні вузли і окремі деталі. Основними агрегатними вузлами універсальної машини для внесення добрив є: базова рама з пристроєм для з'єднання з трактором і секційним бункером твердих органічних добрив, фрезерні робочі органи, пристрій подачі органічних добрив до сошників, який монтується у нижній частині бункера. Окремим вузлом є картоплесаджалка яка, при необхідності, легко демонтується. Запропонована конструкція має ряд переваг перед промисловими аналогами.

2.3. Визначення технологічних параметрів універсальної машини для внесення добрив смугами

Агротехнічні вимоги щодо машин для внесення твердих органічних добрив основним технологічним параметром є норма внесення. Вона пов'язана з швидкістю руху машини – тракторного агрегату і робочою шириною розподілу добрив по поверхні поля. Якщо внесення суцільне, то при заданих параметрах швидкості і ширини захвату, кількість добрив, які потрібно внести на ділянці поля за одиницю часу, визначається за формулою:

$$q_3 = 10 \cdot D \cdot B_p \cdot v_{ag.} \quad (2.1)$$

де q_3 - кількість добрив, внесене за одиницю часу, кг/с;

D - норма внесення відповідно до агротехнічних вимог, т/га;

B_p - ширина розподілу, м;

$v_{ag.}$ - швидкість руху агрегату, м/с.

Для одночасного чотирьох смугового внесення:

$$B_p = 4B_c + 3B_m \quad (2.2)$$

де B_c – ширина смуги з внесеними добривами, м;

B_m – ширина міжрядь, м.

Фактична кількість внесених добрив повинна враховувати товщину шару, який вкладається у смугу, можна встановити за виразом:

$$q_{\phi} = \rho_D \cdot H_c \cdot v_{mat.} \quad (2.3)$$

де, q_{ϕ} - фактична кількість добрив, внесене на одиницю часу, кг/с;

ρ_D - щільність добрива у смугі, кг/м³;

H_c - товщина шару добрив, які подаються у смугу, м;

$v_{\text{мат.}}$ - швидкість руху матеріалу у пристрої подачі, м/с.

Кількість добрив, що вносяться смугами на одиницю площі поля, можна знайти прирівнявши вирази (2.1) і (2.3) і з урахуванням (2.2), тобто:

$$10 \cdot D \cdot (B_c + B_m) \cdot V_{\text{аг.}} = \rho_D \cdot H_c \cdot V_{\text{мат.}}, \quad (2.4)$$

З (1.4) отримаємо:

$$D = \frac{\rho_D \cdot H_c \cdot V_{\text{мат.}}}{10 \cdot (B_c + B_m) \cdot V_{\text{аг.}}}, \quad (2.5)$$

2.4. Теоретичні дослідження пристрою подачі твердих органічних добрив у смуги на поле

Пристрій подачі добрив призначений для часткового рихлення матеріалу, який знаходиться у бункері та спрямування його до сошників з визначеною нормою внесення на один гектар. Внесення смугами потребує забезпечення нерозривності потоку добрив. Для цього транспортуюча частина у зоні вивантаження виготовлена конічною. Конструктивні особливості пристрою подачі твердих органічних добрив у смугами на поле зображено на рис. 2.4.

Пристрій подачі добрив розміщений у вивантаження сапропелю з накопичувальної ємкості 1 бункера. У конусній частині корпусу пристрою 2 встановлено розрихлювач добрив 3. До конусної частини 2 болтовим з'єднанням кріпиться шнека 4 у корпус 5. На шнекові 5 передбачено циліндричну 6 і конічну 7 частини робочих поверхонь.

На валу 8 розрихлювача у чотири ряди приварено спеціальні зубові лопатки 9. Вали розрихлювача і шнека вмонтовані у підшипникові вузли, які вмонтовані у відповідні корпусні частини бункера. Обертання робочих поверхонь розрихлювача і шнека забезпечується за допомогою ланцюгових передач через блок зірочок 12.

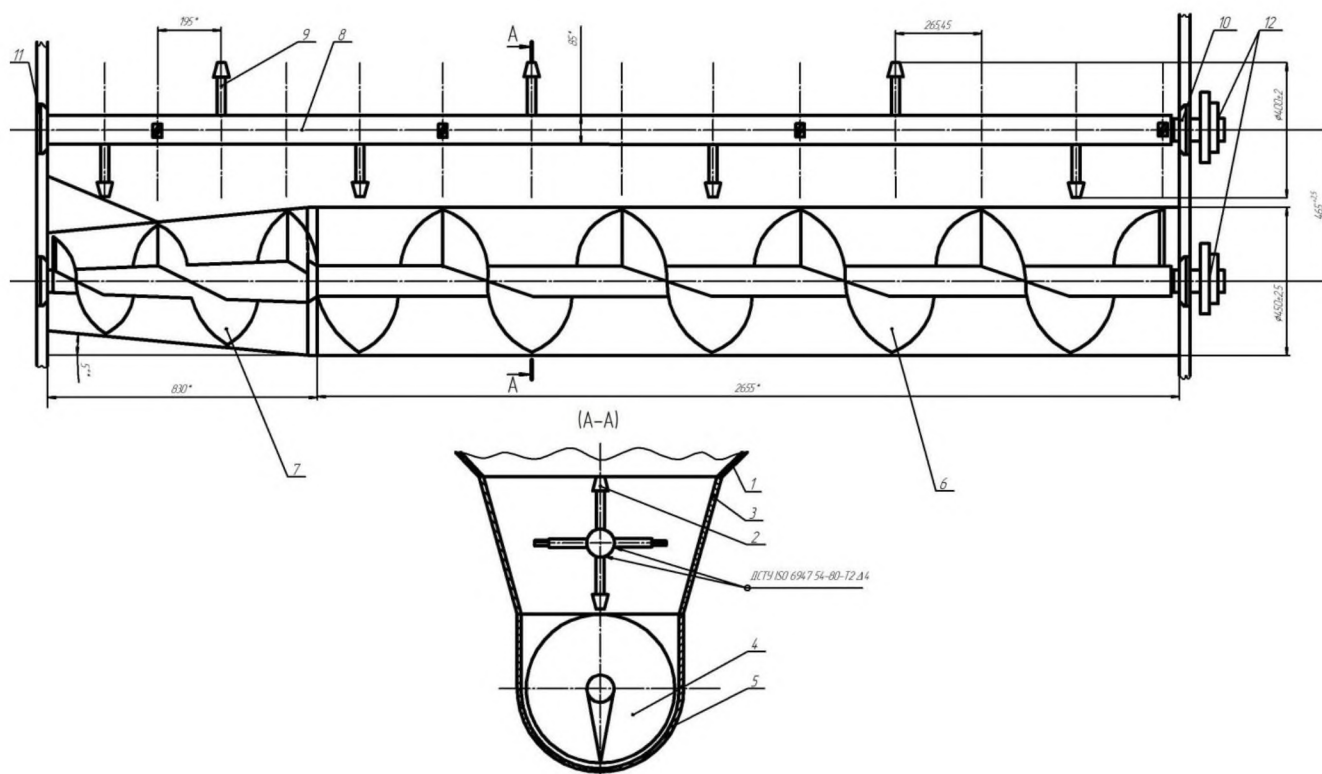


Рисунок 2.4 Конструктивне компонування пристрою подачі органічних добрив: 1- секція бункера; 2- розрихлювач; 3- конусний корпус; 4- шнек; 5- корпус шнека; 6- циліндрична частина шнека; 7- конічна частина шнека; 8- вал розрихлювача; 9- зубові лопатки; 10 і 11- підшипникові вузли; 12- блок зірочок

Основні параметри пристрою подачі добрив встановленні за допомогою розробленої лабораторної установки, яка представлена у розділі 3. У даному пункті розглянемо теоретичні особливості шнекових механізмів.

У запропонованому пристрої з гвинтовим робочим органом, необхідно створити незначний тиск для продавлювання твердих органічних добрив крізь вихідний отвір, який менший за діаметр гвинта у циліндричній частині шнека. Циліндрична частина 6 шнека виконує роль транспортуючого елемента, а для зростання тиску передбачено конічну частину 7 шнека. Проте значення кута зменшення незначне, лише 5° , тому аналіз взаємодії добрив будемо розглядати, як з циліндричним гвинтом.

Аналіз навантажень, які діють на гвинт показує, що за умови, коли продуктивність такого пристрою є сталою, максимальний тиск продавлювання також буде сталим. Значення продуктивності визначається за формулою:

$$Q = 47 \cdot D^2 \cdot S \cdot \psi \cdot n \cdot V \cdot k, \quad (2.6)$$

де D - діаметр шнека, м;

S - крок, м;

ψ - коефіцієнт заповнення жолоба;

n - частота обертання шнека, об/хв;

V - об'ємна маса матеріалу, т/м³;

k - коефіцієнт, який залежить від нахилу шнека до горизонту.

Розподіл тиску за довжиною гвинта, з певним допущенням, можна приймати таким, що змінюється за законом рівномірного зростання від нуля до робочого тиску (максимального), який визначається експериментально. Провести розрахунок біжучого тиску за довжиною гвинта можна, використавши схему, рис.2.5.

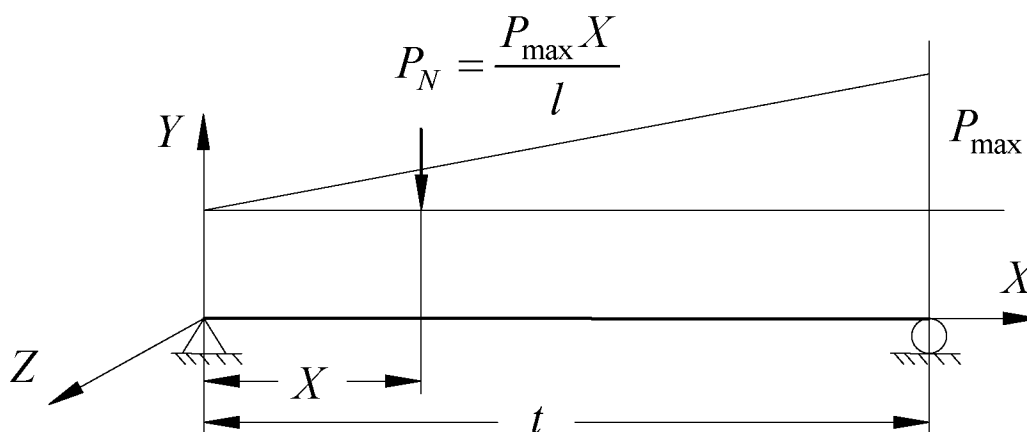


Рисунок 2.5 Схема зміни тиску за довжиною шнека

Розглянемо розподіл нормального тиску P_N , який діє на площадці dF гвинта, утвореного радіусом dr і кутом $d\alpha$ (рис. 2.7). Так як осьовий тиск P_o є позитивним для переміщення твердих органічних добрив і створює умов їх продавлювання крізь вихідний отвір, то його значення залежатиме від кута нахилу осі гвинта α . Але кут α впливатиме і на значення колового тиску P_K . У

випадку значного відхилення від умови (2.10) у зоні контакту гвинтової поверхні із твердими органічними добривами виникатимуть дотичні напруження відповідно до значення тиску P_z .

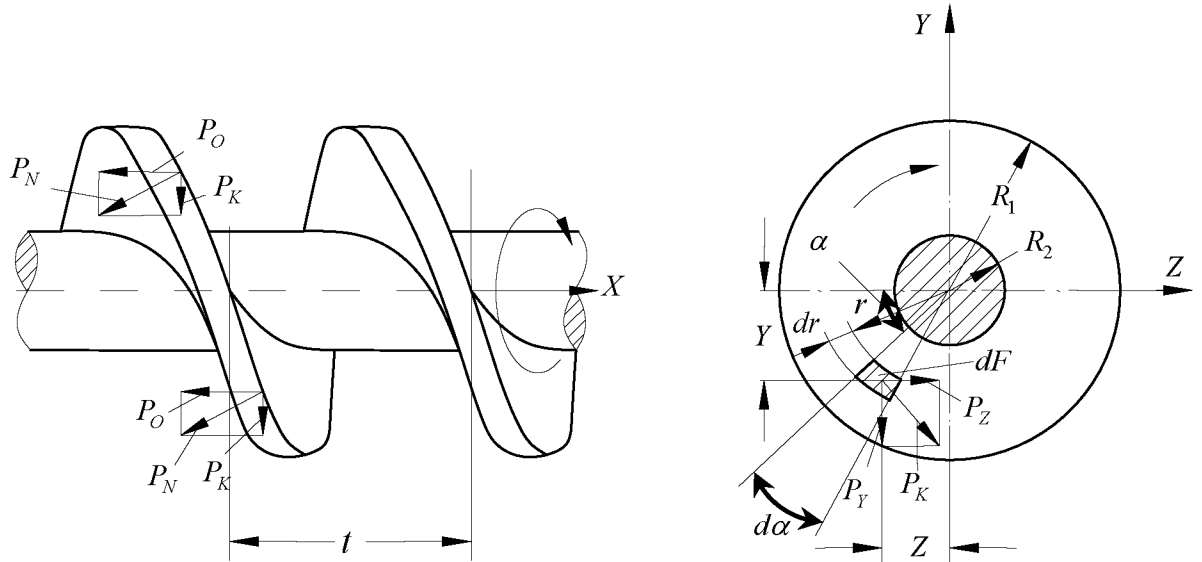


Рисунок 2.6 Розподіл нормального тиску на поверхні гвинта

Умова розподілу нормальних і дотичних напружень матиме вигляд:

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_r}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} = 0 \\ \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} = 0 \end{cases}, \quad (2.7)$$

Зв'язок значень радіальних напружень σ_r і напружень в напрямку дії тиску P_z визначається з врахуванням коефіцієнта Пуассона ν .

$$\sigma_r = \frac{\nu}{1-\nu} \cdot \sigma_z, \quad (2.8)$$

У випадку, якщо $\nu \approx 0$, зсувними напруженнями на поверхні гвинта можна знехтувати, і тому гвинт працюватиме як поршень, створюючи умови продавлення твердих органічних добрив до сошників.

Тиск P_N , який діє перпендикулярно поверхні гвинта, можна розкласти на складові осьовий тиск та коловий, які відповідно визначаються з залежності:

$$\begin{cases} P_o = P_N \cos \beta \\ P_k = P_N \sin \beta \end{cases},$$

де P_o – осьовий тиск, направлений по осі гвинта, Па;

P_k – коловий тиск, перпендикулярний радіусу, направлений проти обертання, Па;

β - середній кут нахилу гвинта, град.

Умова переміщення твердих органічних добрив гвинтовим робочим органом шнека і створення умов продавлювання їх крізь торцевий отвір має вигляд:

$$P_o = P_k \quad (2.9)$$

2.5. Висновки до розділу

Складність виконання процесу вирощування картоплі з одночасним внесенням органічних добрив полягає у необхідності суттєвого збільшення габаритних розмірів сільськогосподарської машини, що ускладнює її конструкцію. Тому, нове технічне рішення, найбільш раціональне, полягає у створенні машини для внесення осіннього добрив смугами при підготовці поля для садіння картоплі при вирощуванні органічної продукції. За результатами досліджень у даному розділі виконано наступне:

1. На основі проведеного аналізу технологічних процесів вирощування органічної продукції запропоновано роздільну технологію садіння картоплі з осіннім внесенням твердих органічних добрив смугами та весняну посадку відповідно рядності вкладених смуг.

2. Запропоновано конструктивну - компоновальну схему машини внесення добрив смугами з врахуванням її універсальності: використанні як підгоргача картоплі та забезпечення посадки картоплі з одночасним внесенням твердих органічних добрив смугами.

3. Запропоновано формули для визначення технологічних параметрів машини для внесення органічних добрив. Встановлено, що на забезпечення норми

внесення в розрахунку на один гектар важливо враховувати об'ємну продуктивність механізму подачі добрив q . Для цього запропоновано пристрій шнекового типу безперервної дії.

4. З врахуванням запропонованої конструкції пристрою подачі твердих органічних добрив, проведено теоретичні дослідження гвинтового робочого органу, які дозволяють проводити аналіз умов взаємодії матеріалу з робочими поверхнями пристрою.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Виробництво органічної продукції вимагає особливих підходів до створення технічних засобів для окремих виконання технологічних операції. При вирощуванні картоплі основними технологічними операціями є: підготовка ґрунту, садіння, догляд і збирання, які взаємозалежні між собою.

Підготовка ґрунту до садіння картоплі розпочинається відразу після звільнення поля від попередника. Вважається, що найкращими попередниками для картоплі є зернові культури і трави. Тому, в осінній період проводять боротьбу з бур'янами, попередньо вносять тверді органічні добрива із розрахунку 40-60 т/га з подальшим їх заорювання на глибину 22 - 24 см.

Відсутність підстилкового гною вимагає пошуку нових підходів у підготовці поля до садіння картоплі шляхом зміни черговості оранки і внесення твердих органічних добрив. Запропонована вище технологія передбачає внесення твердих органічних добрив смугами. При цьому норму внесення можна зменшити до 10 т/га, без втрати ефективності, за рахунок концентрації добрив. Такий підхід дозволяє сформувати раціональні зони живлення для майбутніх рослин.

Забезпечити реалізацію запропонованої технології можливо у випадку створення нової машини для внесення добрив, у якій одним з головних робочих органів є пристрій подачі добрив на поверхню поля. Проведений аналіз відомих конструкцій, теоретичні дослідження, не дозволили визначитись з кінцевими конструктивними - технологічними параметрами даного пристрою, що спонукало до виготовлення лабораторної установки та проведення цілого комплексу необхідних експериментальних досліджень. Запропонована програма експериментальних досліджень передбачала:

1. Дослідження властивостей твердих органічних добрив.
2. Визначення кута природнього укусу твердих органічних добрив в залежності від вмісту соломистих складових.

3. Обґрунтування раціональних геометричних параметрів і режимів роботи робочих поверхонь для подачі добрив з бункера на поле математичним методом планування експерименту.

4. Моделювання процесу смугового внесення твердих органічних добрив при вирощуванні картоплі у польових умовах.

5. Вироблення рекомендацій щодо вдосконалення технології вирощування органічної продукції.

Обробка експериментальних даних проводилась на основі стандартних методик [18,19]. За результатами дослідів підраховували:

- середнє арифметичне значення отриманих даних:

$$x_{\text{сеп.}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (3.1)$$

- середню квадратичну похибку:

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{сеп.}})^2}{n-1}}, \quad (3.2)$$

- середню квадратичну похибку середнього арифметичного значення:

$$\sigma = \frac{S_c}{\sqrt{n}}, \quad (3.3)$$

- коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{S_c}{x_{\text{сеп.}}} \cdot 100\%, \quad (3.4)$$

- похибку досліду:

$$\nu = \pm \left(\frac{S_c}{x_{\text{сеп.}} \cdot \sqrt{n}} \right) \cdot 100\%. \quad (3.5)$$

3.2. Лабораторне обладнання, прилади і апаратура для проведення експериментальних досліджень

Запропонована програма для проведення експериментальних досліджень передбачала використання, як стандартного лабораторного обладнання, так і спеціально розробленого. До стандартного віднесено лабораторні установки та обладнання, яке призначене для визначення фізико – механічних властивостей твердих добрив, їх складників, вологості ґрунту.

Дослідження процесу подачі твердих органічних добриві на поверхню поля передбаченим пристроєм у машині для внесення добрив смугами проводили на спеціально виготовленій дослідній установці, креслення якої представлено на рис. 3.1, а загальний вигляд на рис. 3.2.

Запропонований пристрій подачі добрив (рис.2.4) включає два вузли: розрихлювач (поз. 2) і шнек (поз. 4), які призначенні для забезпечення ефективної подачі добрив на поле. Тому, лабораторна установка (рис.3.1 і 3.2) змодельована аналогічно та включає дві зони взаємодії з матеріалом: зону розрихлення матеріалу і зону створення необхідного тиску при подачі. Такий підхід дозволив спростити конструкцію лабораторної установки з можливістю її виготовлення. З іншої сторони, процес підготовки та подачі твердих органічних добрив у спрямовувачі сошників збережено і наближено до реальних умов внесення твердих органічних добрив смугами. За всіх інших умов, застосування даної установки дозволило встановити раціональні параметри пристрою подачі добрив. Основними параметрами, на які звертали увагу, були:

- геометричні параметри розрихлюючої гвинтової частини, які формують поверхні, що взаємодіють з добривами;
- кут нахилу осі обертання робочого органу;
- частота обертання привідного валу лабораторної установки.

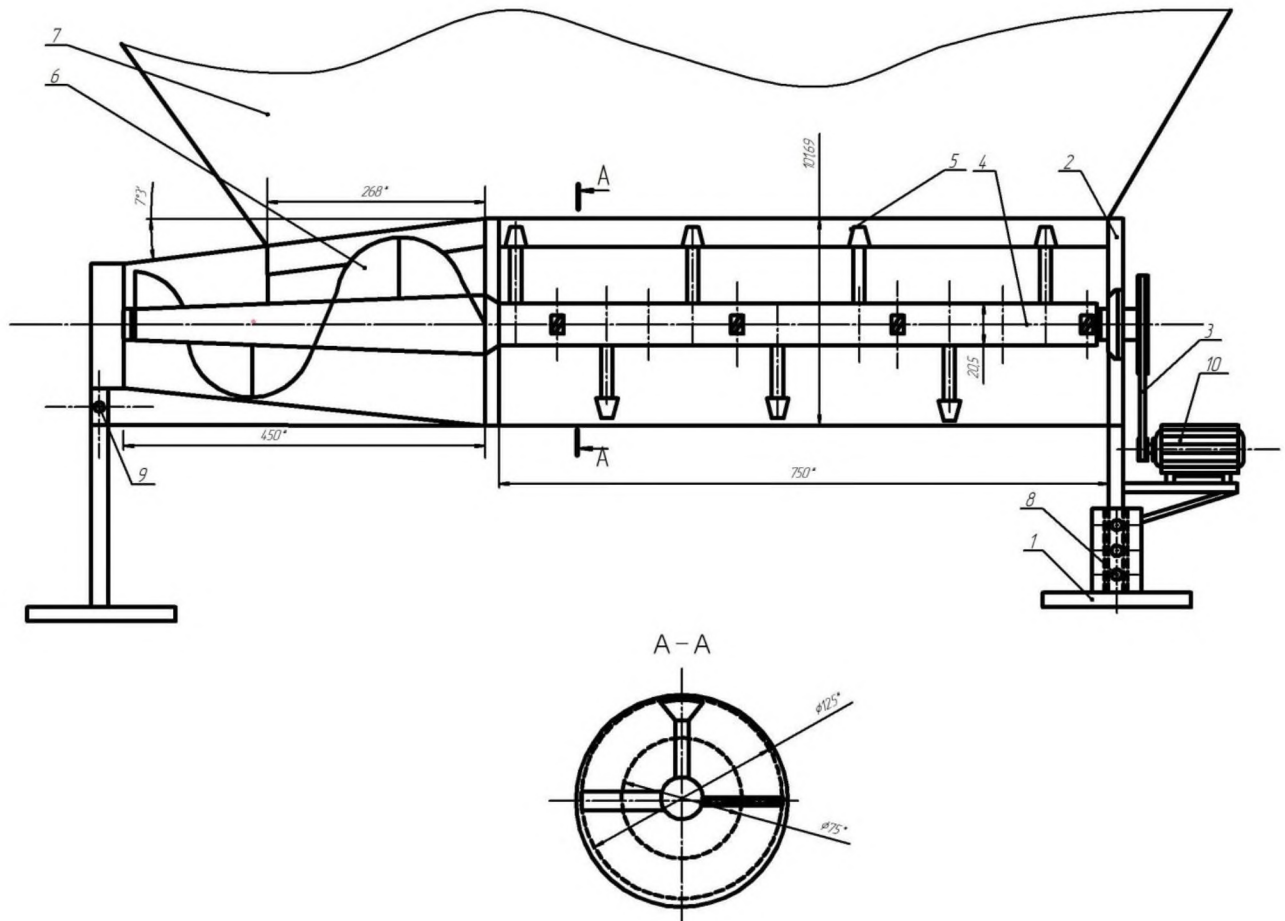


Рисунок 3.1 Схема дослідної установки для визначення параметрів пристрою подачі добрив на поверхню поля: 1- стаяк; 2- корпус; 3- пасова передача; 4- вал; 5- рихляча частина; 6- гвинтова частина; 7- бункер; 8- фіксатор; 9- шарнір; 10- електричний привід

Дана дослідна установка складається із зварної рами, яка спирається на два стаяки 1. Основна стійка телескопічна, дозволяє змінювати кут нахилу обертання валу 4. Зміна висоти стаяка кріпиться фіксатором 8. На другому стаяку передбачено шарнір 9. Робочий орган пристрою подачі твердих органічних добрив виконаний з двох частин: розрихлюючої 5 і гвинтової 6. Розрихлююча частина 5 передбачає чотири ряди зубових лопаток для руйнування твердих включень добрив і часткового переміщення добрив до гвинтової частини 6. Гвинтова частина включає циліндричну і конічну навивки у вигляді гвинтової лінії. Це дозволяє створювати незначний тиск у вихідному отворі пристрою. Для

утримання масиву добрив в установці передбачено бункер 7, а привід здійснюється від електродвигуна 10 пасовою передачею 3.



Рисунок 3.2 – Загальний вид дослідної установки

3.3 Методики проведення дослідів з визначення фізико-механічних властивостей матеріалу і параметрів пристрою

Підготовка поля з внесенням твердих органічних добрив тривалий процес. Для аналізу технології смугового внесення органічних добрив необхідно провести цілий комплекс експериментальних досліджень. Як лабораторних, так і польових. Для цього розроблені відповідні методики щодо осіннього закладання смугами добрив, закладання добрив смугами у період посадки картоплі, визначення ефективності сезонного закладання добрив (проведення зрізів у польових умовах і визначення врожайності картоплі при застосування смугового внесення).

Лабораторні дослідження передбачали визначення складу та властивостей твердих органічних добрив для осіннього смугового внесення. До таких віднесено: вологість, вміст соломистих складових у підстилковому гної. Зусилля

руйнування соломистих складових під впливом вологи проводили на естезіометрі (3.3) шляхом їх розриву, як у поздовжній осі, так проводили поперечний розрив.

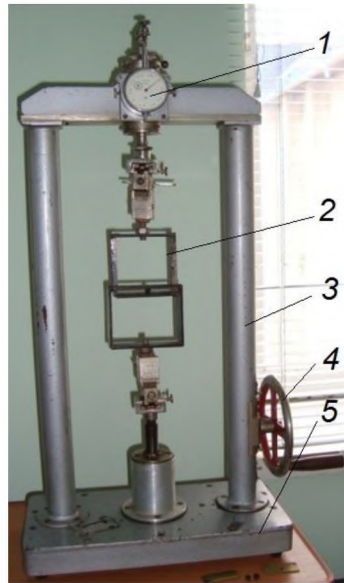


Рисунок 3.3 Екс тензометр, переобладнаний для руйнування визначення зусилля розриву стебел: 1 – індикатор; 2 – рамка для встановлення зразка матеріалу; 3 – рама; 4 – ручка; 5 – станина.

Вміст соломистої складової і вологість добрив прямо пропорційна якості формування смуги запропонованим пристроєм. Тому для проведення дослідів використовувався підстилковий гній, який пролежав у зимовий період не менше трьох місяців(рис.3.4).



Рисунок 3.4 Зразок твердих органічних добрив з підстилкового гною

Для проведення польових досліджень дані параметри визначались візуально на основі порівняльних зразків. При дослідженнях на лабораторній установці відбирався перепрілий підстилковий гній у кількості 50 кг. Зразок розкладався шаром товщиною до 20 см у відкритому середовищі на ґрунтовому покриві та витримувався одну добу. Після чого відбирались зразки масою 5 г із середнього шару для встановлення вологості за стандартною методикою висушування у сушильній шафі при температурі 110⁰С. Після висушування добрив на ситах відділяли соломисті складові та встановлювали їх відсотковий вміст. Загальна маса добрив різної консистенції становила 250 - 250кг.

Підготовка для використання твердих органічних добрив при внесенні запропонованою машиною смугами необхідна для надання добривам властивості сипкості. Тому такі добрива найкраще заздалегідь виготовляти шляхом компостування матеріалів органічного походження. Після розкладу органічних решток, необхідно провести їх сепарацію та подрібнення. Таким чином можна зберегти хімічно - зв'язану вологу у добривах, надати їм властивості сипкості.

Дослідження кута природнього укосу проводили стандартним методом(рис.3.5). Кутом природнього укосу називають найбільше значення кута, який утворюється між горизонтальною площиною і твірною поверхні вільно відсипаного на цю площину матеріалу.

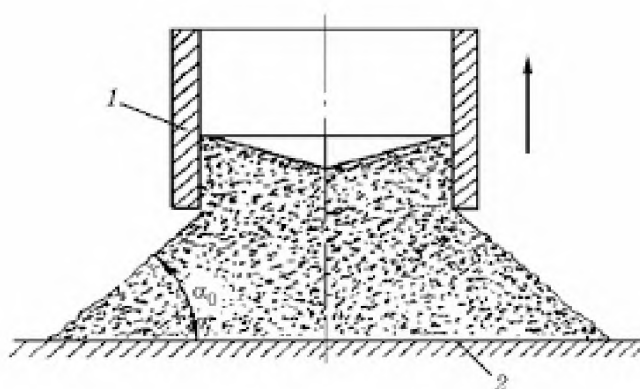


Рисунок 3.5 Схема до визначення кута природнього укосу приготвлених твердих органічних добрив

Циліндр 1 встановлювали на опорну поверхню 2 і заповнювали його приготовленими органічними добривами по верхній обріз. Після чого повільно піднімали циліндр у вертикальній площині до повного спорожнювання. За допомогою кутоміра визначали кут укосу. Кількість повторюваностей становила рівним п'яти.

Методика проведення досліду передбачає з встановлення вологості соломистих включень на зусилля їх руйнування передбачала наступні дії: вилучення соломистих складових із загальної маси, встановлення зусилля розриву та визначення їх вологості. Після вилучення достатньої кількості стебел зусилля розриву встановлювали для одного стебла, трьох і п'яти. Для даних груп відбирали наважки масою 5-10 г і висушували у сушильній камері при температурі 100 - 120⁰С.

Залишки стеблової частини залежать від часу компостування органічних матеріалів у буртах, ефективність їх подрібнення. Солома злакових культур в процесі обмолоту зернових культур добре подрібнюється зернозбиральним комбайном. Тому довжина стебел у межах 100 мм є допустимим значенням.

Методики щодо осіннього закладання смугами добрив, закладання добрив смугами у період посадки картоплі проводились вручну. Метою осіннього закладання добрив(рис.3.6) було встановити ефективність розкладання соломистих складових до початку посадки картоплі.



а)



б)

Рисунок 3.6 Закладання соломи смугами: а – осінь; б – осінні зрізи

У якості природнього зволожувача використовували озерний сапропель 90 - 92% вологості. Зрізи закладених добрив проводили у кінці серпня місяця після збирання картоплі.

Весняна закладка добрив проводилась наступним чином(рис.3.7). Підгортачем робили борозни. Після чого вкладали у якості добрив перепрілий за зимовий період підстилковий гній. Добрива закривали шаром ґрунту і над смугами з добрив проводили посадку картоплі. Оцінку даного методу проводили фото фіксацією росту бадилля протягом періоду вегетації і оцінкою врожайності у вересні місяці. На посадковому полі довільно вибирались квадрати 1х1м та визначалась врожайність.



Рисунок 3.7 Смугове закладання перепрілого гною перед посадкою картоплі

3.4 Результати проведених експериментальних досліджень

Серед багатьох властивостей твердих органічних добрив, яка найбільше впливає на якість виконання процесу внесення твердих органічних добрив смугами при вирощуванні органічної картоплі є сипкість(за відсутності великих включень). Дана властивість залежить від вологості добрив, вмісту соломистих включень і оцінюється узагальненим параметром: кутом природнього укосу.

Дослідження проводились згідно методики, представленої у п.3.3. Зневоднювати тверді органічні добриві штучними методами не варто. Так як у них присутня волога, яка має хімічний або хіміко – фізичний зв'язок, корисною для живлення рослин. Чим вища вологість твердих органічних добрив, тим вищий їх потенціал з іншої сторони вологість сприяє розчепленню стеблових - соломистих включень. Для експерименту використовувались зразки твердих органічних добрив, відібраних у жовтні місяці 2022 року. Середня масова відносна вологість становила 78,31%. Дослід проводили шляхом висушування зразків до абсолютно сухого значення при температурі 120°C на протязі двох годин у трьох варіантах з метою аналізу процесу зневоднення матеріалу та виявлення потенціалу волого утримуючої здатності твердих органічних добрив. Тому важливо побудувати три кривих сушіння, з метою порівняння періодів зневоднення, відповідно до маси зразків. Результати досліджень зведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1. – Результати визначення вологості твердих органічних добрив

Час сушіння, хв.	Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3	
	Маса,г	Вологість,%	Маса,г	Вологість,%	Маса,г	Вологість,%
0	5,37	78,58	7,05	78,72	5,10	77,64
20	5,04	77,18	6,05	75,21	4,27	73,30
40	3,24	64,51	4,60	67,39	3,10	63,23
60	2,24	48,66	3,56	57,87	2,26	49,56
80	1,49	22,82	2,65	43,40	1,77	35,59
100	1,29	10,85	2,02	25,74	1,34	14,92
120	1,15	4,34	1,50	16,67	1,14	3,51

Відповідно до табличних даних, маса наважки за №2 відрізняється від двох інших у 2 грами. Така різниця, за всіх інших умов не повинна впливати на інтенсивність віддачі вологи для капілярно – пористих колоїдних тіл. Згідно даних табл.3.1, будували криві сушіння вказаних добрив, представлених на рис.

3.8. Аналіз даних кривих сушіння вказує на утримання ними вологи, з врахуванням кінетики процесу. При цьому, прослідковується три характерні періоди: прогріву, постійної та падаючої швидкості сушіння, що відповідає більшості колоїдних капілярно-пористих тіл.

З іншої сторони, спів падіння параметрів зниження вологості у період часу від 0 до 40 хвилин (у межах похибки), вказує на точність проведення експерименту. Поступове зростання показника зміни вологості до завершення досліду за вар. 2 (різниця складає у межах 10%) вказує на високу волого утримуючу здатність твердих органічних добрив.

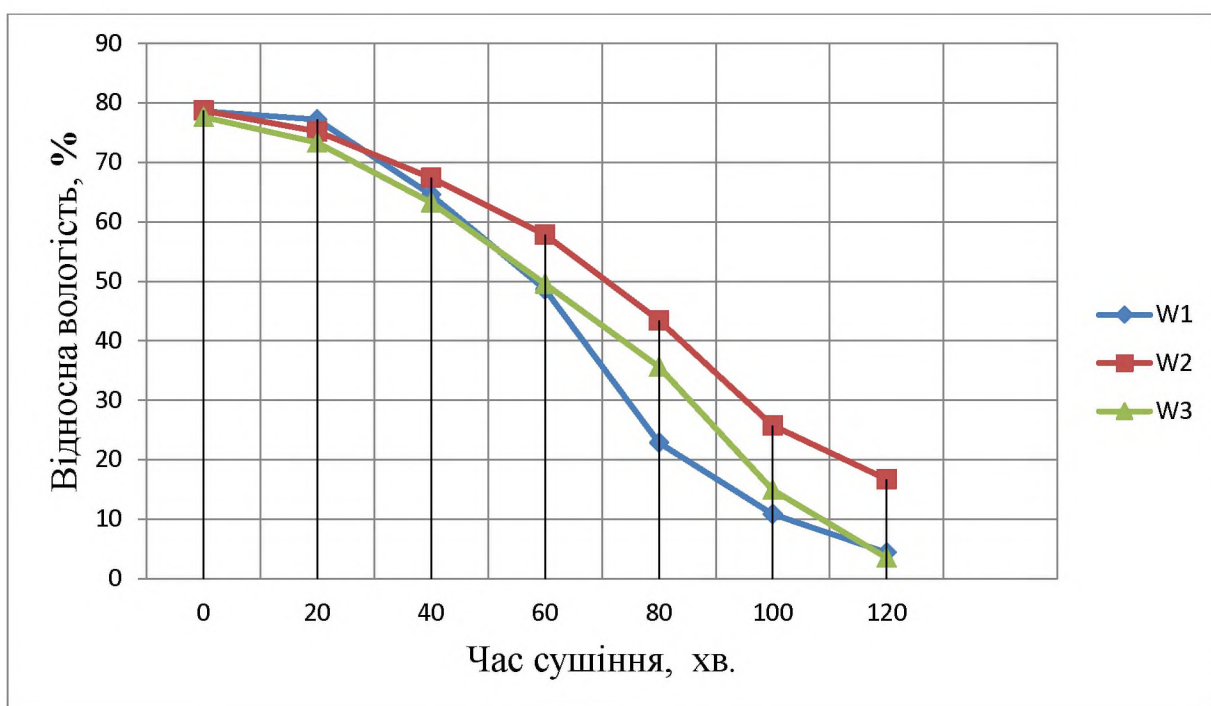


Рисунок 3.8 Криві сушіння твердих органічних добрив

Досліди з визначення кута природного укусу проводили з добривами вологістю у межах 65 - 75 %, як таких що мають невелику сипучість після розпушування. У дослідження дану операцію проводили вручну. Досліди проводили відповідно до методики, представленої у п. 3.3 з використанням циліндра (рис. 3.4) . Дані заносили у табл. 3.2.

Аналіз отриманих результатів, представлених в табл. 3.2 вказує на те, що з підвищенням вологості з 65 до 75% щільність твердих органічних добрив зростає

на 10 відсотків. В свою чергу, за таких параметрів вологості, кут природнього укусу падає на 72 відсотки. Таким чином, версія про встановлення у пристрій подачі добрив додаткового розрихлювача, перед подачею у спрямовувачі добрив гвинтовим робочим органом є правильною.

Таблиця 3.2. – Результати визначення кута укусу твердих органічних добрив

№ дослідів	Щільність, т/м ³ , при W=65%	Значення кута укусу, град.	Щільність, т/м ³ , при W=70%	Значення кута укусу, град.	Щільність, т/м ³ , при W=75%	Значення кута укусу, град.
1	0,62	42	0,65	34	0,68	25
2	0,72	38	0,72	36	0,70	28
3	0,61	41	0,73	31	0,81	31
4	0,65	40	0,61	32	0,62	27
5	0,66	39	0,79	35	0,76	33
Середні значення	0,666	40	0,7	33,6	0,714	28,8

На розрихлення злежаних добрив також впливає вміст стеблових - соломистих включень. Для даних досліджень важливо було встановити зусилля розриву стебел соломи злакових культур, які пролежали у компості не менше трьох місяців. Довжина стебел вибрана у межах 100 мм. Зусилля розриву визначали для одного, п'яти і десяти стебел відповідно до стандартної методики на екс тензометрі (рис.3.3). Для цього при поздовжньому розриві використовували дерев'яні затискачі з обох сторін. При поперечному розриві утворювали прогин на стеблі, за який гачком проводили розтягування. Результати проведених дослідів для розриву п'яти представлені у табл. 3.3. Для проведення вказаних дослідів вибирали максимально довгі стебла злакової (пшеничної) соломи, яка була подрібнена зернозбиральним комбайном і використання у якості підстилки великої рогатої худоби.

Вологість стебел знаходилась у широких межах від сухої 15 - 20% до 50 - 60% відносної вологості. Як показали дослідження вологість на варто враховувати при руйнуванні стебел, адже воно носить випадковий характер.

Таблиця 3.3. – Результати досліджень розриву п'яти стебел під тривалим впливом вологого середовища

Напрямок зусилля прикладання	№ дослідження	Довжина зразка, мм	Середнє значення, мм	Сила розриву, Н	Середнє значення, Н
поздовжнє	1	100	101,4	86	62,0
	2	105		73	
	3	94		45	
	4	98		44	
	5	110		62	
поперечне	1	99	103,2	192	157,4
	2	106		148	
	3	112		183	
	4	96		125	
	5	103		139	

Аналіз результатів досліджень показує, що зусилля розриву стебел поздовжнього розриву 62,0 Н, значно менше зусилля при прикладанні поперечного зусилля на 157,4. При хаотичному розміщенні стебел у загальній масі добрив, захоплення стебел пальцями пристрою подачі добрив буде відбуватися у поперечному напрямі. При середньому значенні сили розриву 109,7 Н, вони будуть витягуватись із загальної маси або руйнуватись.

Результати польових досліджень оцінювались візуально після проведення зрізів і викопування картоплі (рис.3.9 і 3.10). Як видно з фотографій зрізів перетворення соломи під впливом сапропелю, отримано позитивний ефект, що дозволило у весняний період забезпечити насіння достатньою кількістю вологи для сто відсоткового їх проростання та швидкого набирання стеблової маси. Адже, після посадки на учбовому полігоні ЛНТУ 29.04.2023 року, цілий місяць не було випадання опадів. Складні погодні умови були також протягом всього періоду вегетації.



а)



б)

Рисунок 3.9 Закладання дослідів(а) і проросла картопля через місяць без опадів(б)



а)



б)

Рисунок 3.10 Зріз смуги закладення добрив осінню(а); б зібрана картопля

Як видно з фото на рис.3.10(а), у зрізі закладених добрив смугою з соломи і сапропелю, солома злакових фактично розклалась повністю. Невеликі залишки у трикутнику при дотику до них руйнуються у попіл. Щодо врожайності (рис. 3.10,б), то сорт Бела роса виявився зовсім не готовим до умов що склалися через нестачу вологи, неможливість формувати пухкий шар у гребні. Сорт Гренада виявився більш стійким до посухи, відповідно відбулось формування куща з достатньо рівномірними розмірами бульб.

Полеві дослідження проведенні із застосування технології весняного внесення твердих органічних добрив смугами проводились на чорноземах Луцького р-ну та їх результати представлені на рис. 2.11



а)



б)

Рисунок 3.11 Весняна посадка 26.04.2023 р. на смуги з органічних добрив(а) та сходи картоплі(б) сорту Белла Роса(Луцький р -н)

Відсутність опадів протягом місяця не сприяла сходам на південному схилі глинистих ґрунтів, а зливова вода не затрималась у міжряддях. Тому сформовані високі гребні при посадці не сприяли розвитку рослин у першій стадії вегетації. Збір врожаю картоплі на даній ділянці проводився 01.09.23 р. Ефективність врожаю визначалась наступним чином. Вибрану ділянку шириною 1 м впоперек міжрядь викопували вручну до рядків, у які не вкладались добрива. У кожному рядку розроблялись по п'ять кущів. Як результат врожайність картоплі за запропонованою технологією у порівнянні з контролем був більшим на 50-60%.

Висновки за розділом 3

1. Запропонована програма і методики експериментальних досліджень для встановлення властивостей твердих органічних добрив в лабораторних умовах.
2. Розроблено методики з визначення ефективності застосування смугового внесення твердих органічних добрив в осінній та весняний періоди.
3. Проведені експериментальні дослідження з добривами вологістю у межах 65 - 75 %, показали, що їх поведінка при віддачі вологи аналогічна поведінці капілярно – пористих колоїдальних тіл. Такі тіла швидко вбирають воду, яка сприяє гниттю стеблових - соломистих включень у добривах.
4. Зусилля розриву стеблових – соломистих включень коливається у широких межах від 50 до 200 Н. При цьому поперечне руйнування вимагає значно меншого зусилля, що необхідно враховувати при розробці пристрою подачі добрив.
5. Проведені порівняльні польові дослідження смугового внесення твердих органічних добрив в осінній період підготовки ґрунту і весною під час садіння вказують на перевагу внесення твердих органічних добрив осінню, а врожайність за складних умов вегетації перевищує на 50 - 60% у порівнянні з контрольною ділянкою.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Методика визначення раціональних конструктивних параметрів і режимів роботи пристрою подачі добрив

При визначенні основних конструктивних і режимних параметрів запропонованого пристрою подачі твердих органічних добрив необхідно враховувати вміст стеблових - соломистих включень у добривах, який оцінювали коефіцієнтом k . Даний коефіцієнт враховує відношення стеблових – соломистої компоненти до загальної маси добрив при вологості 65-75%. Для встановлення перспективи встановлення запропонованого пристрою подачі добрив у конструкцію машини, за допомогою лабораторної установки(рис.3.1) було прийнято рішення оцінити вплив кута нахилу осі обертання робочого органу α_{po} у напрямку подачі добрив. Для цього довжину стояка 2 змінювали перестановкою пальця 8. Важливо також поєднати кутову швидкість обертання робочого органу ω , c^{-1} з швидкістю осьового переміщення добрив, яка у реальних умовах має бути рівною швидкості руху МТА. Відповідно зміну кутової швидкості обертання запропонованого робочого органу ω , забезпечували пасовою передачею. А контроль швидкості переміщення добрив в осьовому напрямку проводили вкиданням білих кульок у добрива на початку робочого органу та відслідковували час появи їх на виході.

Методика визначення ефективності подачі добрив смугами є стандартною із використанням відомого математичного методу планування експерименту[18, 19].

Досліджувалась якість у відсотках подачі добрив з врахуванням нерозривністю потоку добрив на виході з лабораторної установки з врахуванням вище приведених факторів:

- коефіцієнт k , що враховує вміст стеблових - соломистих включень;
- кута нахилу осі обертання робочого органу α_{po} , град.;
- швидкості переміщення добрив в осьовому напрямку V м/с.

У дослідженнях було використано симетричний некомпозиційний план Бокса - Бенкіна другого порядку [18], який розрахований на використання трьох рівнів для кожного з факторів: верхнього (+1), основного (0) і нижнього (-1).

Таблиця 4.1. - Фактори та рівні варіювання

Рівні варіювання	Фактори		
	Кут нахилу осі обертання робочого органу α_{po} , град	Коефіцієнт вмісту стеблових - соломистих складових k	Швидкість переміщення добрив в осьовому напрямку V , м/с
	x_1	x_2	x_3
Верхній (+1)	15	0,8	3,33
Основний (0)	7,5	0,5	2,64
Нижній (-1)	0	0,2	1,95
Інтервал варіювання ε	7,5	0,3	0,69

При проведенні трьох факторного експерименту необхідно провести 15 дослідів відповідно до матриці планування експерименту, яка представлена у Порядку проведення дослідів встановлювали, використовуючи таблицю випадкових чисел.

Функція відгуку (нерозривність потоку органічних добрив при на виході) в області факторного простору подана у вигляді нелінійного рівняння регресії:

$$t = 64 + 16,458x_1 - 6,667x_2 + 22,792x_3 - 2x_1^2 - 0,417x_2^2 - 5,167x_3^2 - 7,25x_1x_2 \quad (4.1)$$

Аналіз рівняння регресії дає можливість оцінити вплив на якість вкладання твердих органічних добрив запропонованим пристроєм подачі з врахуванням вище приведених факторів.

Для отримання математичної моделі якості вкладання твердих органічних добрив, було проведено трьох факторний експеримент на лабораторній установці що представлена у п.3.2. Мета експерименту полягала у виявленні розривів

добрив при виході з пристрою. Вважали, у такому випадку, у реальних умовах, запропонована машина забезпечить якість вкладання смугами твердих органічних добрив заданої норми. При проведенні експериментальних досліджень, якість виконання процесу вважалась за 100% вважали, коли добрива рухались суцільним потоком.

Обробка даних результатів трьох факторного експерименту за трьох рівневим планом другого порядку за допомогою програми, створеної у середовищі Mathcad, дозволила отримати наступне рівняння у розкодованому вигляді:

$$t = 64 + 11,917\tau + 3,825h + 0,286P - 0,220\tau^2 - 0,185h^2 - 1,788 \cdot 10^{-4}P^2 - 1,611\tau h \quad (4.2)$$

За рівнянням регресії (4.2) було побудовано поверхні відгуку (рис. 4.1) та її двомірне січення (рис. 4.2).

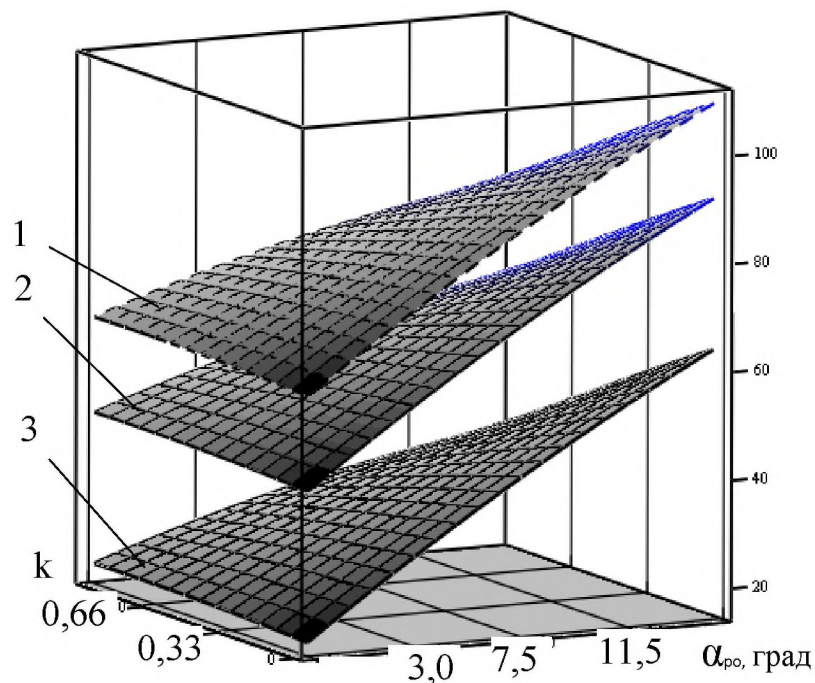


Рисунок 4.1 Ефективність подачі ТОД вологістю $W=70\%$ залежно від коефіцієнта k , що враховує вміст стеблових - соломистих включань; кута нахилу осі обертання ведучого валу α_{po} , град. і швидкості переміщення добрив в осьовому напрямку V м/с: при 1 – $V = 1,95$ м/с; 2 – $V = 2,64$ м/с; 3 - $V = 3,33$ м/с

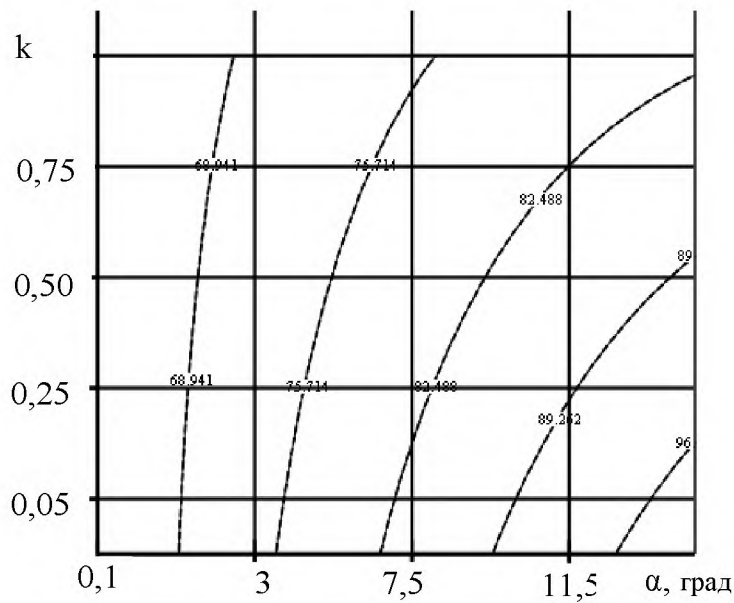


Рисунок 4.2 Двовірні січення поверхні відгуку, яка характеризує якість подачі і враховує норму внесення твердих органічних добрив

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що всі три фактори мають суттєвий вплив на забезпечення рівномірності подачі добрив. Тому, запропонований механізм має включати два робочих органи: розрихлюючий бітер і комбінований гвинтовий пристрій для створення необхідного тиску у зоні виходу добрив із горловини до сошників.

4.4. Доцільність та напрями використання отриманих результатів досліджень

Широкий ряд картоплесаджалок вказує на те, що у технологіях вирощування картоплі проблема її садіння вирішена. В той же час, проблема створення раціональних зон живлення рослин залишається актуальною. Особливо в умовах глобального потепління. На це впливають як об'єктивні, так і суб'єктивні причини. Як відомо вирощування картоплі пов'язано з обов'язковим внесенням твердих органічних добрив з нормою до 60 т/га. Їх відсутність, через втрату ролі тваринництва у сільськогосподарському виробництві, є однією з причин пошуку виробництва органічних добрив або застосування альтернативних технологій, у яких норму їх внесення можна було б зменшувати до 10 т/га. На сьогоднішній

день ще не налагоджено виробництво високоякісних органічних добрив в достатній кількості. Тому, взамін готовим добривам можна використовувати органічну сировину з місцевих джерел. Отримані результати досліджень вказують, що внесення органічних добрив смугами має перспективу реалізації як в осінній, так і у весняний період(рис.2.1). На запропонований технологічний процес одержано Патент України на корисну модель №154479.

В осінній період можна вносити тверді органічні добрива будь якого стану та складу, так як через зиму відбудеться їх перегнивання, хімічні елементи стануть доступними для живлення рослин. Одночасно такі добрива зможуть накопичити у собі достатню кількість води, яка потрібна у перший період вегетації рослин. Як показали цьогорічні дослідження, останній аргумент є важливий, що підтверджується результатами врожайності(рис. 4.3) отриманої при поведенні польових дослідів.



а)



б)

Рисунок 4.3 Результати досліджень роздільної технології садіння картоплі з внесенням смугами твердих органічних добрив: а – врожайність картоплі у рядках з внесеними добривами; б – без внесення

Цьогоріч після посадки картоплі, цілий місяць були відсутні опади. Тому, як видно з фото, закладання органічних добрив смугами на глинистих ґрунтах є необхідною технологічною операцією. Збирання картоплі проводили 30.09. 2023 року.

Відповідно на дерново – підзолистих пісочних ґрунтах внесення твердих органічних добрив смугами необхідно проводити одночасно з садінням картоплі. При цьому їхня вологість має бути максимально високою. Осіннє внесення є нерациональним, так як за зимовий період може відбутися вимивання поживних елементів з добрив через високу фільтраційну здатність таких ґрунтів.

Запропонована універсальна машина забезпечує формування якісних зон живлення для рослин у період підготовки ґрунту або з одночасним садінням картоплі, підвищення точності вкладання насіння картоплі на смуги з органічних добрив закритих ґрунтом, можливість застосування при нагортанні гребнів протягом періоду вегетації рослин, зниження металомісткості конструкції садильних апаратів.

4.3. Висновки за розділом

1. Проведені дослідження з визначення ефективності роботи пристрою з використанням математичного методу планування експерименту в лабораторних умовах вказують на його роботу здатність для встановлення на машину для внесення добрив смугами.

2. Виробництво картоплі, особливо екологічної, є актуальним питанням для України, адже воно володіє низкою переваг серед інших видів сільськогосподарських культур, але потребує обов'язкового внесення твердих органічних добрив з нормою еквівалентною поверхневому внесенню 40-60 т/га.

3. Запропонована універсальна машина для вирощування органічної картоплі модульного типу, дозволяє комплектувати і виконувати наступні технологічні операції: осіннє смугове внесення органічних добрив різного періоду приготування ; садіння картоплі весною з одночасним внесенням виготовлених органічних добрив смугами; підгортання рядків протягом всього періоду вегетації рослин.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Для забезпечення виробництва екологічно чистих продуктів харчування, необхідно створити умови для проведення науково-технічних досліджень з подальшою реалізацією нових технологій у виробництві. Кількість господарств з вирощування картоплі зростає, але уваги вирощуванню екологічної продукції приділяється ще недостатньо.

Проведенні дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Однією з ключових сільськогосподарських культур, є картопля, яка вимагає внесення твердих органічних добрив. Особливо при вирощуванні органічної продукції. Відсутність таких добрив, не дозволяє забезпечити норму внесення на гектар 40- 60 т/га.

2. Зменшення норми внесення до 10 т/га без зниження ефективності живлення рослин можливе при смуговому їх внесенні. Удосконалена роздільна технологія смугового внесення добрив передбачає їх осіннє внесення на глинистих ґрунтах і весняне з одночасним садінням картоплі.

3. На основі проведених досліджень, для забезпечення точності подачі твердих органічних добрив у смуги, запропоновано пристрій подачі добрив, що складається з двох робочих елементів: ротора і гвинтового робочого органу.

4. Конструктивне виконання універсальної машини модульного типу картоплі дозволяє використовувати типові промислового виробництва чотирьохрядні картоплесаджалки при роздільній технології садіння з осіннім внесенням твердих органічних добрив.

5. Для застосування запропонованої технології весняного садіння картоплі універсальною чотирьохрядною машиною з одночасним внесенням твердих органічних добрив, запропонована конструктивно – компоновальна схема машини, яка може бути використана у господарствах з промислового вирощування органічної картоплі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. FiBL IFOAM World of Organic Agricultural 2013 UA final / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pdf-archive.com/2013/12/31/fibl-ifoam-world-oforganic-agriculture-2013-ua-final/preview/page/12/>.
2. Петриченко В.Ф. Наукове забезпечення та перспективи органічного землеробства в Україні /В.Ф. Петриченко, В.Ф. Камінський //Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і реалізації якісної органічної продукції (Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., 26 червня 2013 р., Київ – Іллінці). – К.: ФОП «А.І. Каштелянов», 2013. – С. 5–15.
3. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: монографія / за ред. д-ра с.-г. наук, проф., акад. НААН Я.М. Гадзала, д-ра с.-г. наук, проф., чл.-кор. НААН В.Ф. Камінського. – К.: Аграрна наука, 2016. – 592 с.
4. Булах Т. М., Плахотнікова Л. О. Особливості забезпечення матеріального добробуту сільського населення // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Науковий журнал - 2012, № 4 (66).
5. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич [та ін.] ; За ред. Д. Г. Войтюка. - К. : Агроосвіта, 2015. - 678 с.
6. Інформаційний ресурс: <http://agroazbuka.com/uk/sapropel.html>.
7. Машина для локального внесення твердих органічних добрив з одночасною посадкою картоплі. Дідух В.Ф., Поліщук М.М., Сацюк В.В., Бабарика С.Ф. Патент на КМ 84229, опубл. 10.10.2013 р., МПК А 01 С 9/00.
8. Пастухов В. І. Польові дослідження технології вирощування картоплі під соломою / В. І. Пастухов, М. В. Бакум, Д. А. Ящук, І. О. Головін, Д. В. Крохмаль, В. В. Адамчук, В. Г. Присяжний, С. І. Корнієнко, О. М. Могильна, О. В. Мельник // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2015. - Вип. 156. - С. 120-125. - Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg>.
9. Удобрення польових культур на основі максимального застосування місцевих органічних ресурсів / В. М. Кабанець, М.Г. Собко, М.І. Радченко О.В. - Сад, 2015. – 23 с.

10. Сільськогосподарські і меліоративні машини: Навчальний посібник / Кошук О. Б., Лузан П. Г., Мося І. А., Герлянд Т. М., Романов Л. А. – К. : ІПТО НАПН України, 2015. – 291 с.
11. Шевчук М. Й. Сапропелі України. Запас, якість і використання органо-мінеральних добрив // Вісник аграрної науки, 2000, №2. – С. 24 – 28.
12. Hood R.C. (2001). The effect of soil temperature and moisture on organic matter decomposition and plant growth. *Isot. Environ. Health Stud.*, 37, 25-41.
13. Дідух В.Ф. Дослідження процесу формування у ґрунті вологоутримуючого шару / В.Ф. Дідух, І. Є. Цизь, В.В. Тарасюк, С.М. Хомич // 3б. наук. статей., Кропивницький - 2023 - с. 110...116.
14. Petr Novak, Petr Sarec, Oldrich Lata, Martin Brtnicky, Jiri Masek. Influence of manure with activators of organic matter on physical properties of soil. Jelgava, 22.-24.05.2020.s. 457- 461.
15. В. Данилюк, В. Дідух Пошукові дослідження технологій вирощування органічної картоплі. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції». Кропивницький: ЦНТУ. 2023. – 71 с. (24-26).
16. Особливості вирощування картоплі в умовах Полісся з використанням місцевих добрив. /Дідух В,Ф., Цизь І.Є., Тарасюк В.В., Данилюк В.М., Тарасюк Д. / Матеріали Всеукраїнської НПК «Технічний прогрес в АПВ» 9 - 10 травня 2023р. / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2023. 325 с.(95-100).
17. Дідух В.Ф. Данилюк В.М., Цизь І.Є., Тарасюк В.В., Голій О.В. Спосіб вирощування картоплі. Патент України на корисну модель №154479 А01С14/00, А01С21/00, А01С7/00. Опубл. 15.11.2023 бюл. №46
18. Налимов В.В. Статистические методы планирования эксперимента / В.В. Налимов. – М.: Наука, 1970. – 378 с.
19. Шейко В.М., Кушнарєнко Н.М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Знання-Прес, 2002. – 295 с.

ДОДАТКИ





