

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії і технічного сервісу

Допущений до захисту:
завідувач кафедри
к.т.н. доц. О.О. Труханська

(Підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

“ ” _____ 2021 р.

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ
ОРґАНІВ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ОРґАНІЧНИХ ДОБРІВ В
МІЖРЯДДЯ ЯГІДНИХ КУЩОВИХ КУЛЬТУР**

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
за спеціальністю 208 Агроінженерія

Виконав: студент заочної форми
навчання

Руденко Євгеній Вікторович

Керівник: к.т.н., проф.

Середа Леонід Павлович

Зміст		
Анотація		
Вступ		7
Розділ 1	СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
	1.1 Сучасний стан та основні тенденції розвитку галузі ягідництва в Україні	10
	1.2 Перспективи розвитку галузі ягідництва в Україні та світі	15
	1.3 Обґрунтування необхідності внесення органічних добрив під вирощування ягідних культур	21
	1.4 Характеристика органічних добрив, для внесення в міжряддя ягідних культур	27
	1.5 Огляд технічних засобів для внесення органічних добрив в міжряддях ягідних культур	34
Розділ 2	ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ В РЯДИ ЯГІДНИХ КУЛЬТУР	38
	2.1 Обґрунтування раціонального мобільного енергозасобу для внесення органічних добрив (торфокомпосту) в рядах ягідних культур	38
	2.2 Визначення швидкості ланцюгово-пластинчастого транспортера і ширини стрічкового транспортера машини	41
	2.3 Траєкторія руху частинок добрив на стрічковому транспортері	44
	2.4 Визначення висоти відкривання заслінки бункера	49
	2.5 Аналіз енерговитрат внесення органічних добрив	50
Розділ 3	ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	53
	3.1 Методика і результати дослідження фізико-механічних властивостей торфокомпосту	53
	3.2 Методика дослідження стрічкового транспортера	61

3.3	Методика агротехнічної оцінки роботи машини	61
Розділ 4	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	63
4.1	Дослідження стрічкового транспортера	63
4.2	Експериментальні дослідження і лабораторно-польові випробування машини для внесення торфокомпосту	64
4.3	Результати енергетичних досліджень	73
	Висновки	75
	Список використаних джерел	77

Анотація

Магістерська робота містить 81 сторінка машинописного тексту та 8 листів презентаційного матеріалу. Текст записки включає в себе вступ, чотири розділи, висновки та список літературних джерел, в тому числі 18 таблиць і 21 рисунок, використано 59 формул. Список використаних джерел містить 37 першоджерел.

В роботі розглядається проблема підвищення ефективності та екологічності галузі ягідництва на прикладі кущових ягідних культур таких як малина, смородина, лохина, за рахунок розробки та обґрунтування параметрів та режимів роботи агрегату для поверхневого внесення органічних добрив та торфокомпосту в прикущову зону ягідних культур.

Вирішити дану проблему запропоновано за допомогою серійної машини Т-16М, з фронтальним навантажувачем та встановленим в його бункер поздовжнім ланцюгово-пластинчастим транспортером, і поперечним виносним стрічковим транспортером. Використання даної машини вирішує низку технологічних проблем які унеможливають використання серійних розкидачів органічних добрив, агрегат на базі Т-16М володіє низкою переваг, зокрема мобільність, низькі енерговитрати, доступність, легкість експлуатації, простота модернізації, універсальність.

Ключові слова: ягідні культури, малина, смородина, лохина, органічні добрива, торфокомпост, Т-16М, самохідне шасі, енергозасіб, транспортер, стрічковий транспортер, ланцюгово-пластинчастий транспортер.

Summary

The master's thesis contains 81 pages of typewritten text and 8 sheets of presentation material. The text of the note includes an introduction, four chapters, conclusions and a list of references, including 18 tables and 21 figures, 59 formulas are used. The list of used sources contains 37 primary sources.

The paper considers the problem of increasing the efficiency and environmental friendliness of the berry industry on the example of bush berry crops such as raspberries, currants, blueberries, by developing and justifying the parameters and modes of operation of the unit for surface application of organic fertilizers and peat compost in the berry zone of berry crops.

It is proposed to solve this problem with the help of a serial T-16M machine, with a front loader and a longitudinal chain-plate conveyor installed in its hopper, and a transverse remote belt conveyor. The use of this machine solves a number of technological problems that make it impossible to use serial spreaders of organic fertilizers, the unit based on T-16M has a number of advantages, including mobility, low energy consumption, availability, ease of operation, ease of modernization, versatility.

Key words: berry crops, raspberries, currants, blueberries, organic fertilizers, peat compost, T-16M, self-propelled chassis, energy, conveyor, belt conveyor, chain-plate conveyor.

Вступ

Ягідництво важлива галузь сільськогосподарського виробництва, вона є складовою частиною галузей народного господарства, що забезпечують продовольчий баланс України, а в майбутньому, вона має перспективи стати фундаментом для розвитку фермерства в Україні, як малого так і середнього. Ґрунтово-кліматичні умови нашої держави сприятливі для отримання високих врожаїв більшості популярних у світі видів ягідних культур, та не лише традиційних малини, ожини, смородини, але й екзотичних лохини зізіфусу, жимолості.

Сьогодні спостерігається відновлення галузі ягідництва в Україні, проте для високопродуктивного її функціонування потрібно створити високоефективну систему відновлення та високопродуктивного використання насаджень ягідних культур, за рахунок застосування сучасних інтенсивних технологій, засобів механізації виробничих процесів.

В структурі ягідної продукції на 2020 р, основною ягідною культурою є суниця та полуниця, другі йдуть малина та ожина, площі їх насаджень становлять – 5,5 тис. га, це 26,6% загальних площ ягідних насаджень 21,7 тис. га з них 19,9 у плодоносному віці Наступною за площами насаджень є смородина з площею насаджень 4,3 тис. га з яких 3,9 у плодоносному віці. Ці три ягідні культури займають 85% від загального виробництва в Україні також значної популярності набуває інша ягідна культура , лохина площі її насаджень становлять 1,2 тис. га і з кожним роком вони зростають [2].

В технологіях вирощування ягідних культур відбуваються суттєві зміни, в першу чергу збільшується кількість механізованих робіт, з'являються нові сорти та гібриди високопродуктивних ягідних культур, відбувається орієнтація на екологічність виробництва, з'являється можливість створення галузево орієнтованих кооперативів, це дає можливість створення висококонкурентного постачальника ягідної продукції на ринки Європи і світу.

Важливою перевагою вітчизняних ягідних культур є їх низька хімізація, основною причиною цього є зосередженість виробництва в господарствах населення, та висока вартість засобів захисту та мінеральних добрив, у зв'язку з чим малі виробники воліють економити на даних позиціях, зменшуючи кількість хімічних операцій, та замінюючи мінеральні добрива органічними. Ускладнює розвиток галузі відсутність технічних засобів для галузі ягідництва вітчизняного виробництва, застосування яких є невід'ємним елементом подальшого зростання виробництва, особливо актуальним є розвиток ягідництва для нашого регіону, так як Вінниччина завжди позиціонувалась як регіон з високим рівнем розвитку плодово-ягідного виробництва, навіть сьогодні регіон є одним з лідерів з виробництва ягідних культур в Україні [2, 5].

На сьогоднішній день відсутні зразки машин для виконання даної технологічної операції в умовах промислових ягідників. Тому актуальним науково технічним завданням є розробка конструкції та обґрунтування параметрів машини для внесення органічних добрив в ряди ягідних культур.

Виходячи з виконаного аналізу даних по технологіям вирощування ягідних культур, основною **метою магістерської роботи** є розробка раціональної технології механізованого внесення органічних добрив в рядках ягідних культур, обґрунтування конструктивної схеми машини і робочих органів.

Для досягнення поставленої мети нашої роботи вирішувалися наступні завдання:

- підбір та обґрунтування раціональної технології механізованого внесення органічних добрив;
- дослідження фізико-механічних властивостей застосовуваних добрив, як об'єкта механізованого внесення в насадженнях ягідних культур;
- пошук, дослідження і розробка робочих органів машини для внесення органічних добрив з дотриманням агротехнічних вимог;

- дослідження технологічних, кінематичних і конструктивних параметрів робочих органів машини і визначення їх оптимальних значень;

Об'єкт дослідження машина для внесення органічних добрив в ряди ягідних культур.

Предмет дослідження технологічний процес внесення органічних добрив в ряди ягідних культур.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Сучасний стан та основні тенденції розвитку галузі ягідництва в Україні

Ягідництво важлива галузь сільськогосподарського виробництва, вона є складовою частиною галузей народного господарства, що забезпечують продовольчий баланс України, а в майбутньому, вона має перспективи стати фундаментом для розвитку фермерства в Україні, як малого так і середнього. Ґрунтово-кліматичні умови нашої держави сприятливі для отримання високих врожаїв більшості популярних у світі видів ягідних культур, та не лише традиційних малини, ожини, смородини, але й екзотичних лохини зізіфусу, жимолості.

Проте в супереч сприятливим умовам, для починаючи з 1966 року галузь ягідництва в Україні почала занепадати, а площі відведені під ягідні культури постійно зменшуються. Найбільші площі насаджень плодово-ягідних культур спостерігались в 1965 рр, це – 1299 тис.га, більшість плодово-ягідних культур вирощувались в великими сільськогосподарськими підприємствами – 870,1 тис.га, чи 67%, тоді як в присадибних та дачних господарствах населення було – 429,1 тис.га, або 33% [1]. За даними державної служби статистики України площі засаджені ягідними культурами в плодоносному віці становлять 19,9 тис. га, в господарствах всіх категорій власності, з них 4,6 тис. га вирощується промисловими підприємствами, і 15,3 тис. га особистими селянськими та присадибними господарствами. В Україні основними промислово вирощуваними ягідними культурами є: малина, ожина, суниця, полуниця, смородина, аґрус, журавлина, лохина, шовковиця, та жимолость. Загальне виробництво ягідних культур на 2020 рік становило 1272,5 тис. центнерів, що на 94 тис. центнерів менше за валовий збір 2019 року [2].

З 2015 р. Українську ягідну продукцію охоче починають купувати за кордоном, відбувається ріст експорту в країни Європи особливо до Польщі, де ягідну продукцію піддають первинній переробці та відправляють далі на експорт, по всьому світі, експорт ріс до початку 2018 р, основними експортними ягідними культурами є малина, полуниця та лохина, цього року експорт малини зменшився на 6%, до 876 т. Польща купувала до 96% малини яка відправлялась на експорт з України. Залишок 4% відправляли в свіжому вигляді для споживання в Румунію. В 2020 році виробництво малини становило 353,1 тис ц, що практично стільки ж як і в попередньому 2019 році 355,4 тис. ц. [2, 3].

В останні роки Україна показує ріску експансію на ринок Європи. Навіть незважаючи що якісні показники української ягоди найчастіше, нижчої якості ніж потрібно, проте не варто недооцінювати вплив України на світові ціни. 2016 року Україна продала за кордон більш ніж 2 тис. т малини, це 0,5% від загальносвітового виробництва. Щорічно загальносвітовий попит на ягідні культури лише зростає, однак темпи зростання в Україні, навіть попри вигідне географічне розташування поблизу великих ринків збуту ЄС і порівняно невисоких витрат на робочу силу, відбувається повільно.

Сусідні країни такі, як Сербія та Польща останні роки нарощують виробництво, проте в них існує проблема робочої сили для вчасного збору врожаю, цей фактор є основним який стримує подальший розвиток даного сектору в країнах ближнього зарубіжжя. В Україні дана проблема стоїть не так гостро проте з ростом робочої міграції вже через кілька років і Україна стикнеться з даною проблемою. Сьогодні перевагою в даному секторі для України є малотоварне виробництво ягідної продукції в умовах особистих селянських та фермерських господарств. Багато колишніх заробітчат отримавши досвід вирощування ягідних культур за кордоном закладають плантації на батьківщині та починають створювати конкуренцію ті й же Польщі.

В довготерміновій перспективі даний сектор ринку буде стабільно зростати, тому варто очікувати росту цін на продукцію ягідного сектору. Як відмічалось вище врожай ягідних культур в Україні за останні два роки був практично рівним, це вказує на стабілізація даного сектору. Високі світові ціни, вигідне географічне розташування, наявність доступної робочої сили, централізація виробництва невеликими виробниками, є факторами, що підштовхують розвиток ягідництва в Україні, негативними факторами є високі ціни на технічні засоби, добрива засоби захисту ягідних культур.

Також позитивним є ріст внутрішньодержавного споживання ягід, в 2016 році українці в середньому вживали 48,8 кілограми на душу населення це на 33,2 кілограми менше необхідної фізіологічно обґрунтованої річної потреби, в Європі даний показник знаходиться на рівні 148,8 кілограм на душу населення, також він щорічно зростає, збільшення споживання ягід є показником добробуту населення [4-7]. Також важливим фактором, який підвищує привабливість вітчизняної ягідної продукції на світовому ринку є, низька хімізація, а отже екологічність продукції, можливо навіть розвиток галузі ягідництва в даному напрямку може стати рятівним для Українського ягідного сектору промисловості.

Як, видно сьогодні спостерігається відновлення галузі ягідництва України, проте для високопродуктивного її функціонування потрібно створити високоефективну систему відновлення та високопродуктивного використання насаджень ягідних культур, за рахунок застосування сучасних інтенсивних технологій, засобів механізації виробничих процесів.

Найбільші обсяги вирощування ягідних культур по Україні спостерігаються в Чернівецькій, Вінницькій і Дніпропетровських областях, це пояснюється оптимальними для даної галузі ґрунтово-кліматичними особливостями відзначених областей (рисунок 1.1) [8].



Рисунок 1.1 – Розподіл виробництва плодово-ягідної продукції в Україні в 2020 р.

В структурі ягідної продукції на 2020 р, основною ягідною культурою є суниця та полуниця, другі йдуть малина та ожина, площі їх насадження становлять – 5,5 тис. га, це 26,6% загальних площ ягідних насаджень 21,7 тис. га з них 19,9 у плодоносному віці Наступною за площами насаджень є смородина з площею насаджень 4,3 тис. га з яких 3,9 у плодоносному віці. Ці три ягідні культури займають 85% від загального виробництва в Україні також значної популярності набуває інша ягідна культура , лохина площі її насаджень становлять 1,2 тис. га і з кожним роком вони зростають [2].

Як видно з аналізу статистичної інформації основними ягідними культурами є кущові ягідні культури, а саме малина, ожина, смородина та лохина, разом вони займають 11 тис. га., також варто відмітити тенденцію до уповільнення зменшення площ насаджень ягідних, а по деяких з них навіть ріст, при цьому не спостерігається значного падіння виробництва, в останні три роки об'єми виробництва знаходились практично на одному рівні близько 13 тис.ц. досягти стабільних показників виробництва стало можливим завдяки впровадженню сучасних інтенсивної технології та застосуванню передового світового досвіду в ягідництві.

Виробництво ягідних культур в Україні за період 2018-2020 рр.

Роки	Площа насаджень, тис. га.		Валовий збір урожаю, тис. ц	Урожайність ц. з 1 га. площі
	Всього	В плодоносному віці		
2018	21,9	20,2	1382,6	68,4
2019	21,8	19,8	1366,5	68,6
2020	21,7	19,9	1272,5	64,6

В технологіях вирощування ягідних культур відбуваються суттєві зміни, в першу чергу збільшується кількість механізованих робіт, з'являються нові сорти та гібриди високопродуктивних ягідних культур, відбувається орієнтація на екологічність виробництва, з'являється можливість створення галузево орієнтованих кооперативів, це дає можливість створення висококонкурентного постачальника ягідної продукції на ринки Європи і світу. Впровадження новітніх технологій, досвіду лідируючих країн галузі, впровадження результатів наукових досліджень, в комплексі дає можливість збільшити продуктивність виробництва ягідних культур на інноваційній основі, не за рахунок екстенсивного збільшення площ насаджень (дивись таблицю 1.1), однак, подальше підвищення об'ємів виробництва повинне відбуватись разом зі зростанням якісних показників кінцевого продукту, високі смакові якості це запорука підвищення конкурентоздатності продукції на міжнародних ринках необхідно знижувати собівартість її виробництва чого можна досягти за рахунок зменшення ручної праці в технології вирощування малини. Важливою перевагою вітчизняних ягідних культур є їх низька хімізація, основною причиною цього є зосередженість виробництва в господарствах населення, та висока вартість засобів захисту та мінеральних добрив, у зв'язку з чим малі виробники воліють економити на даних позиціях, зменшуючи кількість хімічних операцій, та замінюючи мінеральні добрива органічними. Ускладнює розвиток галузі відсутність технічних засобів для галузі ягідництва

вітчизняного виробництва, застосування яких є невід’ємним елементом подальшого зростання виробництва, особливо актуальним є розвиток ягідництва для нашого регіону, так як Вінниччина завжди позиціонувалась як регіон з високим рівнем розвитку плодово-ягідного виробництва, навіть сьогодні регіон є одним з лідерів з виробництва ягідних культур в Україні [2, 5] (дивись таблицю 1.2).

Регіон займає провідну роль у структурі ягідного виробництва, завдяки значним насадженням головних ягідних культур.

Таблиця 1.2

Виробництво основних ягідних культур у Вінницькому регіоні за 2018-2020 р [2].

Рік	Загальна площа насаджень ягідних тис. га.	В плодоносному віці тис. га.	Валовий збір, тис. ц	Урожайність з 1 га. площі насаджень у плодоносному віці, ц
2018	1,3	1,1	90	86,1
2019	1,2	1,1	80,7	76,7
2020	1,1	1	72,4	73,6

Важливим показником продуктивності виробництва ягідних культур є сконцентрованість виробництва в господарствах населення.

1.2 Перспективи розвитку галузі ягідництва в Україні та світі

Останніми роками світове споживання ягід і ягідної продукції зростає стабільними темпами, відбувається цей ріст в основному за росту попиту в країнах з високим добробутом населення. Так статистичні дані світового споживання ягід показують щорічний ріст на 3-4%, а в країнах Європейського Союзу – 8% [9]. Більша частина ягід вживається у свіжому вигляді, частина заморожується для зберігання та реалізації в інші сезони, також для застосування в кондитерській та інших галузях в основному як наповнювач, залишки переробляється на джеми, концентрати, желе та інші

види ягідної продукції. Ріст світового споживання ягід та продукції їх переробки обумовлений трендами на здоровий спосіб життя, турботою про власне здоров'я, зручністю споживання ягід для харчування зайнятими людьми. Слідкуючи за трендами відомі світові мережі з продажу продуктів харчування створюють свої лінійки продукції для вегетаріанців. Не минули дані тренди і Україну у нас побільшало магазинів, що пропонують еко-продукти, з'являються власні торгові марки що позиціонують себе з точки зору екологічності продуктів харчування, а виробництво даної продукції неможливе без використання продуктів переробки ягід. Останні роки об'єм вироблених веганських товарів зріс у 3 рази. Ринок органічної продукції став окремою індустрією, його сукупний ріст становить 90 млрд доларів США. Спорт та здоров'я. Фреші, низькокалорійні продукти, смузі, фітнес тренд, це те на що орієнтуються найбільші світові бренди з виробництва продуктів харчування. Повна чи часткова відмова від цукрів, з споживанням яких пов'язують проблеми з зайвою вагою та погіршенням стану здоров'я. Понад 60% продуктів в Європі виробляють без використання цукру [10].

Україна маючи сприятливі для ягідництва ґрунтово-кліматичні умови входить до рейтингу основних світових виробників малини, смородини, а з недавнього часу і лохини [10]. Світове виробництво ягід за оцінками експертів досягло 15,4 млн. т. В зв'язку з особливою природою більшість ягід швидко псуються, мають низьку здатність до транспортування, мають короткий термін зберігання, тому основна їх частина вживається у свіжому вигляді, тому їх виробництво локалізується на незначній відстані від осередків їх споживання (міст, містечок), в країнах зі значним споживанням ягід експорт становить 14% від загального об'єму виробництва. Найбільш експортно придатною ягодою є лохина, вона придатна для транспортування може тривалий час зберігатись в охолодженому вигляді, сьогодні в Україні площі зайняті даною культурою становлять 1,2 тис. га (в 2020 році), що на 0,3 тис.га більше ніж в попередньому році. Для більшості інших свіжих ягід час товарного розподілу по торгових мережах обмежений годинами, а час на

реалізацію кількома днями, саме тому експорт свіжих ягід є складним логістичним завданням.

Світове виробництво ягід у 2017 р. становило 13,4 млн. т. В 2020 виробництво зросло до 15,4 мільйона тон. Суниця та полуниця залишаються на позиції лідера серед ягід. У структурі загальносвітового виробництва на неї припадає - 72,4%. Експорт, полуниці у 2020 році склав 2,1 мільйона тон [10]. Найбільшим виробником даної ягоди є Китай, під неї відведено 111 тис. га. Основна частка суниці виробленої в Китаї йде на переробку. Також зростає виробництво суниці у Мексиці, Єгипті, Туреччині [11, с.8].

Ріст споживання малини забезпечив зростання площ відведених даній культурі. Малина займає друге місце в рейтингу споживання ягід. Обсяги її виробництва у світовій структурі - 9,7%. В 2020 році виробництво зросло до 1,4 млн тон, світовий експорт становить 0,4 млн тон. За прогнозами експертів у 2021 році дана тенденція збережеться. В європейському регіоні виробництво малини та ожини сконцентровано в Росії та Польщі разом вони виробляють 33-34% світового валового збору [9].

Вирощування смородини сконцентровано в Росії 60% валового виробництва, 25% - Польща, 4% - Україна. Загальносвітове виробництво 630-680 тис. тон, смородина в основному використовується для переробки, тому в останні роки вона втрачає позиції серед виробників поступаючись іншим більш перспективним культурам таким як лохина. В 2016 р. смородина займала 5,2% загальносвітового виробництва ягід.

Починаючи з 2000 року набуває популярності лохина, обсяги насаджень жданої культури зростають і в Україні. Світове виробництво лохини зросло до 12,7% від загального виробництва ягід. В 2020 році валовий збір склав 2 млн тон. А експортний потенціал даної культури забезпечує постійний ріст експорту так в 2020 році він становив 0,6 млн тон. [9] Щодо локалізації вирощування лохини лідером є Азійський регіон.

Найбільшими країнами виробниками, а отже і експортерами ягід на світовий ринок є: Іспанія, Чилі, Мексика, США, Канада, Польща, Марокко.

Україна в даному світовому рейтингу має незначну частку, однак наша присутність по окремим культурам, на ринку Європейського Союзу стає все більш суттєвою. Об'єми експорту складають 14-16% валового збору. Експорт свіжих ягід - 4,1 тис. тон., заморожених ягід - 45,4 тис. тон [9]. Основним споживачем свіжої ягоди вітчизняного виробництва є країни ЄС. Зростають поставки до Китаю та Канади. Так останні 3 роки галузь ягідництва в Україні показує ріст та відновлення, частково це відбувається за рахунок впровадження у виробництво новітніх світових технологій, сортів та гібридів ягідних культур. За роки незалежності валовий збір ягід зріс на понад 60% (з 83,1 - до 136,7 тис. т). Однак, ріст комерційних насаджень, та експорту ягід, вказують на те, що реальні об'єми валового збору в Україні набагато більші.

Дані держстату України за 2019 рік наводять дані, що під лохину було відведено 900 га, з них лише 500 га були у плодоносному віці, а валовий збір становив 2,3 тис. т [2]. Однак експорт лохини вдвічі перевищував вказаний рівень виробництва. За оцінкою Асоціації «Ягідництво України», під лохину відведено площ у 7 разів більше ніж подають дані статистики, а тому з врахуванням внутрішнього споживання урожайність у 2019 році склала щонайменше 10 тис. т [12, с.20].

Найбільш перспективним ринком для реалізації ягідної продукції є ринок ЄС, туди щорічно імпортується заморожених ягід на суму понад 560 млн. євро. Частка нашої держави не перевищує 60 млн. євро – тобто 9% [13, с.11]. Основним експортним продуктом галузі ягідництва в Україні є заморожені ягоди, 2018 року експортовано 12,9 тис. тон на суму 16,4 млн євро, свіжих ягід – 1,37 тис. тон. Серед ягід лише лохина експортувалася у свіжому вигляді – 1,35 тис. тон. [13, с. 11].

Аналіз динаміки експорту ягідної продукції протягом 5 років показує на ріст присутності України на світовому ринку (таблиця 1.3) [14-17]. Структура експорту по країнам показує, що основна частка відправляється до Польщі та Білорусі. Це пов'язано з тим, що Польща займається реекспортом Української продукції до ЄС за пільговими квотами, як член ЄС. Ринок ЄС

надзвичайно привабливий для України, особливо для експорту свіжих ягід, в першу чергу з Західних регіонів, транспортування до Європи з яких є нетривалим, також вітчизняні аграрії мають перевагу над європейськими фермерами у яких середній розмір ділянки (1-2 га), а вітчизняні фермери мають можливість використання об'єднаних площ (50-100 га) ягідників, що дає можливість забезпечити необхідні експортні партії продукції, застосування сучасних ефективних технологій вирощування, післязбиральної доробки тощо.

Таблиця 1.3

Географія експорту ягід з України, т.

Країни	2015	2016	2017	2018	2019
Суниця, полуниця					
Білорусь	56,9	2107,7	1501,6	991,2	423,9
Польща		18	51,9	48	367,9
Молдова	34,6	142,1	232,1	98,6	34,6
Малина, ожина					
Польща	313,2	673,2	961,3	879,6	860,3
Білорусь		46,4	238,3	195,6	74,9
Румунія			32,6	33,4	13,6
Суниця, полуниця заморожена					
Польща	127,1	239,3	2095,7	2359,8	2356,6
Австрія	327,1	82,2	73	293,3	279
Чехія	1,2		37,3	36,1	218,6
Італія	157	2,9	90,8	30,2	165,1
Малина, ожина заморожені					
Польща	2222,3	4450,7	7587,1	7570,3	6832,7
Чехія	384,4	683,4	845,5	1890,4	2063,5
Литва	258,2	559,9	381,9	939,6	1158,7
Німеччина	562,5	1206,7	809,8	1198,7	1124,2
Австрія	180,5	635,5	1004,7	824,4	763,5
Франція	227,9	396,1	470,8	681,8	728,1
Італія	370	474,1	622,7	716,6	475,1

В перспективі Українська продукція ягідництва може завоювати всі світові ринки, для цього необхідно виконати ґрунтовне дослідження ринків, споживчі вподобання, умови логістики.

Експансія української продукції на світові ринки може створити високоефективну галузь народного господарства здатну створити значну кількість робочих місць в середині країни, збільшити доходи в бюджет, підвищити продовольчу безпеку України. Експансії українських аграріїв на світові ягідні ринки сприятиме підтримка галузі з боку держави направлена на закладання нових ягідників, створення об'єктів інфраструктури для сортування, пакування, охолодження, заморозки тощо.

Однак навіть попри значну підтримку держави стрімкого розвитку галузі ягідництва не спостерігається. Так, лише у 2018 році серед закладених 3,8 тис. га насаджень, які підлягали державній компенсації четверта частина складала ягідники, зокрема - 179 га приходилося на суницю садову, 743 га - ягідні кущові, у тому числі 480 га лохину [15, с.5]. Проте, 80% витрат на закладання саду держава компенсує потім, протягом року, або на початку наступного, а початкові інвестиції необхідні уже на етапі планування, купівлі саджанців. Крім того, повернення інвестованих коштів (крім виробництва суниці садової) починається лише через кілька років.

Важливим фактором, що сприяє експансії українських ягід на світові ринки є екологічність, на нашу думку цей напрямок є основоположним для розвитку галузі в Україні.

Аналіз отриманих даних дає нам можливість зробити висновок, що серед вирощуваних в Україні ягідних культур, найбільшу перспективу для експансії на світові ринки у свіжому вигляді має лохин, в замороженому малина, полуниця та смородина. Важливим елементом успішної експансії є вирощування органічної продукції.

1.3 Обґрунтування необхідності внесення органічних добрив під вирощування ягідних культур

Сучасні технології вирощування ягідних культур включають застосування мінеральних та органічних добрив, перевага віддається органічним добривам. Коротко розглянемо поетапно технологію вирощування кущових ягідних культур на прикладі малини, смородини та лохини.

Технологія вирощування малини. Сьогодні в Україні використовують дві технології вирощування малини: традиційну та інтенсивну. Традиційна технологія передбачає отримання лише одного весняного врожаю, інтенсивна дозволяє отримувати 2 врожаї на рік.

Попри відмінності технології відрізняються сортами малини та технологією її обрізки, інші етапи технології вирощування малини практично ідентичні.

Основними технологічними етапами вирощування малини є: посадка, мульчування, підживлення, обрізка, полив, боротьба з хворобами та шкідниками. Розглянемо цікаві нам етапи вирощування малини, а саме посадку, мульчування та підживлення.

Малина – це чагарник. Стебла малини розвиваються 2 роки, коріння багаторічне. Коренева система росте протягом 15 років та навіть більше. Коріння розповсюджується в ґрунті на 1,5-2,0 м в радіусі. Основна маса коріння розміщується на глибині до 10- 40 см. Деякі корені можуть проникати в ґрунт на глибину 1,5 м, забезпечуючи кущ водою та мінеральними речовинами.

Цикл росту надземної частини ремонтантних сортів дворічний, як у звичайних сортів, проте існують біологічні відмінності рослин. У ремонтантних сортів квітки і ягоди формуються у перший рік росту пагону в літньо-осінній сезон. Тому під час вирощування ремонтантних сортів малини ми маємо, два урожаї за один рік.

Основним етапом вирощування малини є посадка, перед посадкою малини необхідно прискіпливо підійти до вибору місця вирощування малини, та провести правильну підготовку ґрунту під посадку малини, не менш важливо провести правильну посадку.

Оптимальними для малини є ділянки з кутом схилу 4-60 південно-західного чи південно-східного напрямків, без ярів, обсажене лісосмугами, для захисту від вітрів, та заморозків, з добре освітлюваною. Кращими ґрунтами є удобрені середні та легкі суглинки з нейтральною або слабо кислою реакцією (рН 6-7). Оптимальні норми органічних і мінеральних добрив визначаються на основі проведення аналізів ґрунту.

Хорошими попередниками для малини є хрестоцвіті культури (гірчиця, ріпак, капуста), вони зменшують кількість шкідників та грибків, також попередниками можуть бути сидерити. Не варто висаджувати малину по малині, суниці, картоплі, томатах, та коренеплодах, це зменшить можливість захворювання кореневими хворобами та нематодами, бобових і злакових трав в зв'язку з накопиченням в ґрунті дротяників, личинок травневого жука, довгоносиків, що можуть пошкоджувати корені рослин.

Кращим періодом для висаджування малини є осінь, за 20 днів до заморозків. Перед висадкою саджанців їх варто замочити в живильному розчині з суміші гною та глини. Далі ямо буром чи в ручну викопуємо яму під розмір кореневої системи рослини. Розправляємо коріння, засипаємо та ущільнюємо ґрунтом, проливаємо водою до 30 літрів. Ущільнений ґрунт над корінням мульчуємо компостом чи соломою.

Мульчування малини важливий агротехнічний захід, для мульчування застосовують: солому, тирсу, торф, чи торф з тирсою. Оптимальним є використання торфу чи торфокомпосту, солома як мульча швидко злежується та викликає дефіцит кисню для кореневої системи рослини. Також як мульча підходить щепка, кора та хвойного опаду. Мульчування прикореневої зони створює сприятливі умови для розвитку ґрунтової мікрофауни, зберігає воду,

захищає ґрунт від перемерзання, ерозії, вивітрювання, перегріву, збільшує кількість органічних речовин.

В процесі росту та розвитку куща малини її необхідно підживлювати, за умови якісного стартового підживлення в процесі посадки, додаткове підживлення проводять на кінець другого року розвитку малини, і далі щорічно. Оптимальними для малини є органічні добрива, що забезпечують майже всі необхідні для живлення малини елементи, також вони покращують водно-повітряний та структурний склад ґрунту. Органіку вносять двічі-тричі з початку вегетації із розрахунку по 3–5 л на один м² ділянки. Але якщо регулярно мульчувати малинник перегноем або компостом, то спеціально органіку можна не вносити.

Крім органічних добрив, ремонтантна малина потребує і мінеральних підживлень, причому в деяких випадках суперфосфат досить ввести лише при посадці, а при нестачі калію листя у малини стає дрібним, краї буріють, тканина між жилками відмирає. Вносити в ґрунт можна тільки ті калійні добрива, які не містять хлору, наприклад — калімагнезію або сірчаноокислий калій [18-20].

Технологія вирощування смородини. Чорна смородина - це кущова багаторічна культура, ягоди смородини містять вітаміни, мінерали, мають величезну харчову і лікувальну цінність. Ягоди смородини затребувані переробною промисловістю.

Під час вирощування смородини необхідно дотримуватися сучасної технології вирощування смородини.

Смородина одна з перших культур, що починає ріст ранньою весною, як тільки повітря прогріється до температури вище 0 °С. Фаза цвітіння починається за 4 тижні від початку вегетації. Розпускання листя відбувається одночасно з цвітінням. Смородина має хорошу морозостійкість, культура невибаглива до ґрунтів та місця вирощування, потребує доброго зволоження.

Відносно вибору ділянки для посадки смородини, не варто обирати ділянки з високим заляганням ґрунтових вод та загрозою підтоплення в

період весняних відлиг. Поганим місцем для вирощування смородини є низини, яри, долини та близькі до водойм ділянки.

Що до вибору типу ґрунту, найкращим варіантом буде посадка смородини на опідзолених вилужених чорноземах, насичених гумусом слабопідзолистих ґрунтах, супіщаних та важких водопроникних суглинках. Карбонатні, піщані та заболочені ґрунти для закладки насаджень смородини не годяться.

Підготовка ґрунту під посадку саджанців смородини передбачає правильний вибір попередника, найкращі з попередників - гірчиця, багаторічні бобові, люпин, зернові культури. В жодному разі не висаджуйте малину після помідор, картоплі, чи інших пасльонових культур, так як вони мають спільних з смородиною шкідників.

Вирощування сидератів перед висадкою смородини, забезпечує накопичення в ґрунті поживних органічних речовин, структурує ґрунт, покращує його водно-повітряний режим, та має значну кількість інших переваг. Сидерати необхідно закласти в ґрунт для перегнивання маси за 3-4 тижні до висадки саджанців смородини.

Висаджування смородини найкраще виконувати восени (перша декада жовтня). Головне закінчити всі роботи за 10-14 днів до початку заморозків.

Підготовка ділянки під висаджування смородини полягає у розмітці ділянки, викопуванні ямок, внесенні органічних добрив. Ями наповнені добривом потрібно вкрити садовою плівкою до початку посадкових робіт. При викопуванні ям, верхній родючий шар ґрунту розміщують по одну сторону, а нижній - з іншого боку ряду. У посадочну яму або на 1 метр погонний рядка після посадки підсипати до 10 кг компосту (перегною, торфу), 150-200 г суперфосфату, 20 - 40 грам сірчанокислового калію чи деревної золи. Мінеральні добрива необхідно вносити по контуру ями, чи разом з компостом вздовж рядка виключаючи прямий контакт з корінням саджанця, оскільки виникають опіки коріння, а саджанець гірше приживається, і може взагалі загинути.

Перед висадкою коріння обробляють укорінювачами, чи стимуляторами росту, потім саджанці закладають у ями під кутом 45°, над ґрунтом повинно виступати не більше 3 бруньок. Навколо саджанців ущільнюють ґрунт, поливають та мульчують ряд торфом чи добре перепрілим перегноєм, подальше мульчування виконують раз чи двічі на рік, одне мульчування проводять органічним добривом чи компостом з вмістом мінеральних добрив.

Подальший догляд за насадженнями чорної смородини включає традиційні заходи: розпушування ґрунту, полив, підживлення і захист від хвороб і шкідників. Крім того, необхідно обов'язково обрізати пагони.

Чорна смородина - вологолюбива культура, тому для створення оптимального водного режиму ґрунт слід утримувати в розпушеному, вологому і вільному від бур'янів стані. Для цього ґрунт навколо кущів рихлять чи мульчують шаром мульчі не менше 10 см.

Активна коренева система у смородини розміщується у верхніх пухких поживних шарах ґрунту. Щоб не пошкодити коріння, обробку ґрунту навколо кущів виконують дуже обережно, на глибину не більше 6-8 см. На значній відстані від кущів або в міжряддях можливі обробки ґрунту на глибину до 10-12 см. Волога добре зберігається, якщо ґрунт навколо кущів замульчувати органічним матеріалом (торфом, торфокомпост, травою). У цьому випадку обробки (рихлення) ґрунту можна виконувати значно рідше.

Підгодовувати рослини необхідно з другого року посадки, для цього використовують органічні та мінеральні добрива.

Добрива вносять в прикореневу зону куща на відстань до 0,5 м та відразу заробляють в ґрунт. Мінеральні добрива можна вносити одночасно з органічними, чи окремо, в борозни на глибину 10 см, вздовж ряду кущів на відстані 20-25см від куща. Після внесення міндобрив, ґрунт мульчують органічними матеріалами [19, 21].

Технологія вирощування лохини. Ягоди лохини надзвичайно корисні, багаті унікальними вітамінами, вони захищають організм від токсинів з

навколишнього середовища, виводять радіонукліди, знижують схильність до алергії, мають знеболювальний та протизапальний ефект. Лохина містить речовини, які допомагають організму боротися зі старінням — уповільнюють вікові зміни в пам'яті; підвищують імунітет — допомагають організму боротися з небезпечними хворобами. Ці ягоди багаті на фолієву кислоту, тому їх радять вагітним. Окрім цього, ягода здоров'я є низькоалергенною, завдяки чому фахівці радять давати її маленьким діткам. І, звісно, лохина дуже смачна.

Вирощувати лохину не складно, проте необхідно провести значні підготовчі роботи та дотримуватись порад фахівців, обрати якісні саджанці лохини.

Висаджування лохини. Для промислових насаджень варто використати щонайменше 3-4 сорти лохини. Висаджування саджанців виконують в ямки з діаметром до 800 мм, та глибиною 500 мм. Для лохини оптимальними є лісові опідзолені ґрунти з кислотністю до 4 одиниць рН, найчастіше такі ґрунти зустрічаються в хвойних лісах, як що ж ви не маєте ділянки в хвойному лісі, то вам варто підготувати посадкову ямку, заповнити її шаром хвойного лісового ґрунту в суміші з хвойним опадом 5-10 см, кислим торфом та родючою землею з вашої ділянки. На суглинистих ґрунтах до ямки додають річкового піску для підвищення повітропроникності ґрунту.

Застосування під час посадки органічних добрив не рекомендовано. Рослина добре росте і плодоносить тільки на кислих ґрунтах, оптимальна кислотність ґрунту посадкової ями – рН 4,0.

В посадкову яму вносять азотні мінеральні добрива з великим вмістом сірки (20-30 гр. на одну рослину), спеціальні закислювачі ґрунту. Обов'язково мульчуємо ґрунт в рядку хвойним опадом чи тирсою з хвойних порід дерев, під час їх перегнивання ґрунт буде природнім шляхом буде підкислюватись та насичуватись азотом і іншими поживними елементами.

Далі догляд за лохиною включає стандартні операції: краплинне зрошування, боротьбу з шкідниками та хворобами, обрізку.

Як бачимо технології вирощування трьох найбільш популярних в Україні ягідних культур практично ідентичні, вони включають одні й ті ж операції з догляду за рослинами, проте мають певні відмінності в системі підживлення та захисту, дані відмінності викликані ботанічними особливостями описаних культур. Характерною для всіх розглянутих культур є операція мульчування ґрунту в рядку та підкущовій зоні органічними поживними елементами у вигляді компосту, мульчі, чи їх суміші з органічними добривами.

1.4 Характеристика органічних добрив, для внесення в міжряддя ягідних культур

Всі добрива згідно хімічного стану поділяються на наступні групи: органічні, мінеральні, бактеріальні, органо-мінеральні (рисунок 1.2) [23].

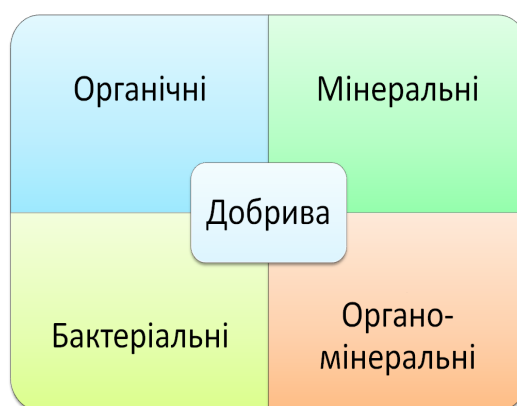


Рисунок 1.2. Класифікація добрив.

Органічні добрива не лише насичують ґрунт мікроелементами, але і покращують її структуру, "пожвавлюють" її, сприяючи розмноженню корисних ґрунтових мікроорганізмів. Ці мікроорганізми, у свою чергу, розкладають органічні добрива і повільно вивільняють поживні речовини, необхідні рослинам.

Органічні добрива є повними, вони містять в собі 3 основних хімічних елементи, необхідні для росту та розвитку рослин: азот N, фосфор P і калій K. Сидерати та мульчу також відносять до органічних добрив.

Внесення органічних добрив має значний ефект під час вирощування ягідних кущових культур. Найчастіше серед органічних добрив застосовують перегній, компост, торфокомпост та мульчу, або їх суміші, в таких сумішах присутні всі без винятку поживні речовини. Проте сьогодні спостерігається дефіцит перегною у зв'язку з зменшенням поголів'я ВРХ, та інших сільськогосподарських тварин. Тому в ягідні плантації вносять торф, торфокомпост та мульчу [18-22]. В Україні торф почали використовувати як добриво понад 200 років тому. В Україні торф'яники займають площу більше 10 000 км². Більше половини з них розташовані в Поліссі на півночі країни, де вони займають близько 6,4 % території. Одним з них є родовище «Морочно-1», Дубровицького району Рівненської області. На ліцензованих площах даного родовища веде роботи з видобування торфу фірма «Рекорд»[1]. Інша велика територія торф'яних покладів розташована в лівобережній частині середньої частини долини Дніпра.

Видобуток і виробництво торфу зросли за часів перебування України в складі Радянського Союзу, сягнувши 7,5 млн тон в 1970 році. Тоді 73 % видобутого торфу використовувалося в сільському господарстві і 27 % йшло на енергетичні потреби. За роки незалежності видобуток енергетичного торфу впав і становить менше мільйона тон на рік; більшість його брикетується і йде на побутовий обігрів осель [24].

Торф – це тисячолітні рослинні залишки, що піддалися розкладанню. Він містить лише азот до 30 кг на тонну, проте це важкозасвоюваний рослинами азот. З тони торфу рослини засвоюється 3-5% азоту (0,6-1,0 кг). Підвищують засвоюваність азоту методом прогрівання торфу до температури 60°C, досягти цього можна застосовуючи торф для компостування у суміші з іншими органічними залишками. Однак засвоюваність азоту зростає максимум до 3,0 кг/т. За складом і властивостями торф з різних місць досить

сильно розрізняються за вмістом мінеральних речовин і рослинних залишків, кислотністю, вологоємністю, ступенем розкладання. У багатьох свіжовидобутих або погано провітрених торфах може бути значна кількість різних токсичних для рослин речовин. Хоча дані токсичні речовини за гарної аерації швидко окислюються і втрачають токсичність.

Торф майже не впливає на вміст в ґрунті хімічних елементів живлення рослин, торф збільшує об'єм органічних речовин, структурує ґрунт, покращує його аерація та зменшує ущільненість.

Внесення чистого торфу як добрива доцільне лише за умови бідності ґрунту органічними речовинами (піщаний, глинистий ґрунт) тоді використовуючи торф та мінеральні добрива можна його покращити, а відповідно, і збільшити врожай.

Торф можна вносити в будь-яку пору року, та чим більше, тим краще. Ввести надмірну кількість торфу неможливо. Однак для отримання високих врожаїв, достатньо довести вміст органічної речовини в орному шарі до 4-5%. Для підвищення вмісту органічних речовин на 1%, необхідно 12-15 кг торфу на 1 м². У природному стані дерново-підзолисті ґрунти містять 1,5-2,0% органічної речовини. Тому потрібно ввести до 50 кг торфу на 1 м². В подальшому для утримання постійних показників вмісту органічних речовин необхідно вносити щорічно лише 0,2-0,3 кг/м².

Торф ефективний при використанні в якості мульчі. Оптимальним є його застосування у суміші з перегноем чи іншими органічними матеріалами. Торф використовують в технології приготування компостів. Такий компост, за санітарними міркуваннями, можна використовувати як добриво не раніше ніж через рік після закладки. Торфофекальні компости містять підвищені кількості живильних речовин, тому в ґрунт їх краще вносити навесні по 2-3 кг/м².

Кислотність торфу (рН 2,5-3,0), під час внесення в ґрунт необхідно зменшувати його кислотність, для цього до нього додають вапно або доломіт 4-5 кг на 100 кг торфу [25].

Мульча. Мульчування — вкривання поверхні ґрунту соломкою, перегноем, мульч-папером, галькою, щебнем, переробленими відходами з наданням їм магнітної сприйнятливості, тощо для захисту ґрунту від пересихання й перегрівання. Мульчування розглядається як спосіб поліпшення фізичних агрономічних властивостей ґрунтів та ефективності дії мінерального живлення сільськогосподарських рослин.

Поширене за кордоном. Перспективне в Україні для збереження ґрунтової вологи, запобігання втрат ґрунту внаслідок ерозійних процесів та зменшення застосування гербіцидів [26].

Мульчування це покриття зони ряду, чи прикореневої зони мульчею. Мульча може бути органічною та неорганічною, в нашому випадку використання неорганічної мульчі ми не розглядаємо. Функцій які виконує мульчування: зменшує негативний вплив заморозків та перегріву, регулює водно-повітряний режим ґрунту, покращує структуру ґрунту, збільшує кількість органіки, сприяє розвитку ґрунтових мікроорганізмів, збільшує кількість дощових черв'яків.

Мульчування підходить для всіх ягідних культур: малини, агрусу, смородини, ожини, полуниці, плодкових та декоративних дерев і кущів. Та для городніх культур: картоплі, помідор, та ін. Мульча сприяє отриманню високих врожаїв. Зберігає родючий шар ґрунту від вітрової та водної ерозії (рисунок 1.3), температурних коливань.



Рисунок 1.3 - Настільна модель опадів показує критичні відмінності в кількості і якості стоків пов'язаних з висотою залишку в порівнянні з

традиційним сільським господарством. Всі лотки отримали ту ж кількість модельованих опадів [23].

Під шаром мульчі активно розвивається корисна мікрофлора, що збільшує кількість корисних для рослин речовин, зростає родючість ґрунту.

Мульча пригнічує ріст і розвиток бур'янів. Зменшує втрати вологи при перегріванні влітку, за постійного використання відпадає потреба у розпушенні ґрунту, стабілізується кислотність ґрунту.

Мульча зберігає плоди, що опускаються до землі від гниття та забруднення, також мульча це естетично гарно.

Мульчування виконують на весні перед початком цвітіння, після закінчення заморозків, і восени за 10-20 днів до їх початку. Проте кожен вид мульчі повинен вноситись в свої терміни, суха трава влітку, оброблене листя - перед зимою. Незважаючи на це, методи укладання мульчі ідентичні з незначними відмінностями, зазвичай мульчування проводять вручну, у зв'язку з відсутністю технічних засобів для механізованого внесення мульчі.

Перед мульчуванням мульчу попереднього року варто заробити в ґрунт на глибину до 5 см, щоб не пошкодити коріння кущів, та знищити перші паростки бур'янів. Потім насипають шар мульчі до 10 см в залежності від потреби, та обраного матеріалу мульчі. Для смородини цей шар становить 15-20 см. Можливий варіант осіннього обробітку ґрунту навколо куща.

Органіка привнесена в ґрунт з мульчею, з часом розкладається і дає додаткове живлення ґрунтовим організмам і самій рослині.

Оптимальними видами мульчі є торф, компост, перегній, трава, листі, кора дерев, використання торфу як мульчі ми розглянули вище. Розглянемо інші види мульчі.

Компост. Безумовно найкращий матеріал для мульчування. Він повністю безпечний можливе виробництво компосту під конкретну культуру чи склад ґрунту, тому оптимально підходить для використання в промисловому ягідництві. Компост знижує ураження шкідниками та

захворюваннями, ефективно підживлює рослини. Запобігає негативному впливу ультрафіолетових променів на ґрунт та мікроорганізми.

Недоліки: органіка розкладаючись стимулює фотосинтез лише у достатньо зволоженому ґрунті. Нестача якої викликає пересихання мульчуючого шару.

Компост вноситься шаром 20-30 см. Вносять його навесні чи на початку літа.

Перегній. Сприятливо впливає на родючий шар, покращуючи його родючі властивості, відпадає необхідності у внесенні додаткових добрив в період вегетації. Перегній захищає рослини від шкідників. Ґрунт насичений, перегноем структурується, стає легким та пухким.

Недоліки: посилює ріст бур'яну по периметру зони мульчування, вимагає періодичного розпушення та боротьби з бур'янами.

Товщина внесення до 5 см. Терміни внесення навесні чи на початку літа.

Скошена трава (Солома). Мульча з трав оптимально підходить для мульчування овочевих культур, проте дану технологію використовують в інтенсивних садах, при мульчуванні пристовбурних смуг скошеною травою [5]. Вона стає перепоною рослинам і паразитам, що знаходяться в ґрунті. На мульчованих грядках рідше розвиваються грибкові хвороби рослин, збагачує ґрунт азотом.

Недоліки: вимагає постійного оновлення та ворущіння мульчі. У сухій траві є насіння, яке може викликати інтенсивний ріст бур'янів. Така мульча приваблива для комах і птахів. При щільному шарі солома не дає проростати молодим паросткам.

Листя. Восени опале листя згрібають, і накривають кущі смородини або передбачувані грядки з овочевими культурами. Вона перепріває довше, ніж трава. До середини літа черви та інші мікроорганізми повністю переробляють листя, а земля стає пористою і пухкою.

Недоліки: листя використовувати в якості мульчі можна лише після повної дезінфекції, так як опале листя ідеальне місце для зимування спор хвороботворних грибків та шкідників, що активізуються в ньому на початку теплового сезону, ушкоджуючи чагарники.

Товщина шару мульчі повинна становити 40 см, до весни шар ущільниться до 3-5 см. Не можна використовувати листя дубу, тополі, волоського горіха, так як вони сповільнюють розвиток рослин.

Хвоя. Хвоя добре утримує вологу, сприяє аерації ґрунту. Фітонциди в хвої відлякують комах.

Недоліки: хвоя підвищує кислотність ґрунту. Тому необхідно її вносити разом з вапном чи деревним вугіллям для нейтралізації рН. При вирощуванні лохини хвоєю вносять без нейтралізаторів кислотності [22].

Хвою вносять перед зимою, шаром 7-10 см.

Кора. Захищає поверхневі шари ґрунту від промерзання та перегріву. Кора відштовхує воду, тому довго не піддається гниттю. Тому кору частіше застосовують як декоративну мульчу, в ландшафтному дизайні.

Недоліки: значний вміст дубильних речовин в корі перешкоджає активному росту молоді порослі.

Вносять навесні або восени, шаром в 10 см.

Тирса. Тирса (щепи) - цінний органічний матеріал, інтенсивно використовується для мульчування в промисловому садівництві [5, 6]. Під час розкладання виділяє вуглець, що стимулює ріст корисних бактерій і мікрофлори в ґрунті. За своїм складом ґрунт стає схожим на торф, що позитивно впливає на розвиток кореневої системи.

Недоліки: тирсу необхідно використовувати тільки в сухому вигляді, у свіжій тирсі можуть міститись грибки та патогенна мікрофлора.

Мульчування тирсою виконують аналогічно іншим видам мульчі. Бажано змішувати тирсу з сухою травою, шар внесення 3-5 см.

1.5 Огляд технічних засобів для внесення органічних добрив в міжряддях ягідних культур

Для внесення органічних добрив (гною, торфу, компосту та ін.) застосовуються спеціальні механізми, які приводяться в дію від ВВП, системи гідроприводу енергозасобу, чи ходових коліс.

Сучасні машини для внесення біомаси органічних добрив поділяють на дві групи: причіпні і навісні. За технологічним процесом роботи розкидачі органічних добрив поділяються на такі дві групи: кузовні і розкидачі з попередньо насипаних куп, розсипаних по полю з певною послідовністю, такі машини можуть бути барабанні чи роторним. Причіпні кузовні розкидачі, можуть виконувати функцію причепа після демонтажу розкидаючого обладнання [23].

Рівномірність розподілу органічних добрив по довжині гону поля залежить, від конструкції механізму подачі, та механізму розкидання, така система погано підходить для використання в умовах садівництва, чи ягідництва, де добрива необхідно вносити не суцільним шаром по полю, а у зону ряду кущів, чи пристовбурну зону дерев. За суцільного розкидання, рівномірність розподілу добрив по поверхні поля завжди буде в межах агротехнічних норм.

Механізм подачі розкидачів поділяють на штовхаючі вздовж чи поперек кузова, тягнучий - безперервної чи періодичної дії, вібраційні з рівним дном чи під кутом та багато ін. [19, 23, 27]. На рисунку 1.4. наведено класифікацію механізмів розкидачів органічних добрив.

У сучасних розкидачах органічних добрив найбільшого поширення набули планчасті транспортери з декількома лініями тяглових ланцюгів, різних конструкцій (втулково-роликові, гачкові, вантажні, спеціальні і ін.) [27].

Основними активними робочими органами є розкидаючі пристрої, у вигляді бітерів, барабанів з лопатями, чи дисків є лопатями. Призначення

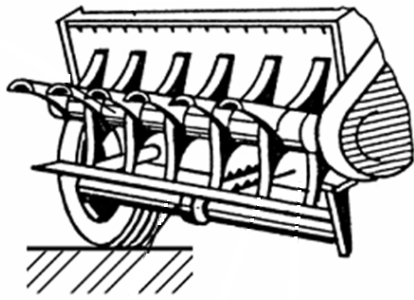
бітерів подрібнювати та рівномірно розподіляти органічні добрива поверхнею поля в передбачених нормах.

Рисунок 1.4 - Класифікація механізмів для транспортування органічних добрив до розкидаючого механізму.

На рисунку 1.5 наведено типи поширених розкидаючих механізмів. При роботі бітерів з зубами або молотками (рисунок 1.5. а і в) якість подрібнення органічної маси залежить від конструктивної форми зубів (молотків), зазору між ними та швидкості обертання ротора барабана.

Для розширення ширини захоплення використовують шнеки ділителі (рисунок 1.5 б, г). Вони мають праву та ліву навивку спіралі шнека розкидання органічних добрив [27].

Всі ці конструктивні групи розкидачів об'єднує одна технологічна: вони призначені для внесення органічних добрив суцільним шаром по площі поля, дана технологія потребує подальшої заробки добрив в ґрунт плугами, культиваторами, дисковими боронами, чи ін. ґрунтообробними механізмами).



а)



б)



в)



г)

Рисунок 1.5 - Схема розкидаючих барабанів: а - бітерний, б - шнековий, в - молотковий, г - пилкоподібний.

Всі причіпні кузовні розкидачі органічних добрив складаються з типових вузлів і механізмів: кузова, транспортера-живильника, дозуючого і розкидаючого пристроїв, механізму приводу, рами, ходової частини, гальмівної системи і електрообладнання.

Технологічна схема роботи даного типу розкидачів ідентична: добрива, подаються транспортером до розкидаючого пристрою. Обертові барабани з закріпленими на них ножами додатково подрібнюють добрива та розсіюють їх по полю. Завдяки тому що робочі органи (лопатки або шнекова стрічка) на барабанах встановлені під кутом, ширина розкидання добрив перевищує ширину кузова та сягає 3,5 ... 4,5 м. Норма внесення добрив регулюється зміною швидкості руху транспортера.

Згадані конструкції розкидачів призначені для внесення органічних добрив суцільним шаром по поверхні полів, проте їх не можна застосовувати для внесення органічних добрив в міжряддях ягідних культур, в зв'язку зі значними габаритами.

На сьогоднішній день відсутні зразки машин для виконання даної технологічної операції в умовах промислових ягідників. Тому актуальним науково технічним завданням є розробка конструкції та обґрунтування параметрів машини для внесення органічних добрив в ряди ягідних культур.

Виходячи з виконаного аналізу даних по технологіям вирощування ягідних культур, основною метою магістерської роботи є розробка раціональної технології механізованого внесення органічних добрив в рядях ягідних культур, обґрунтування конструктивної схеми машини і робочих органів.

Для досягнення поставленої мети нашої роботи вирішувалися наступні завдання:

- підбір та обґрунтування раціональної технології механізованого внесення органічних добрив;
- дослідження фізико-механічних властивостей застосовуваних добрив, як об'єкта механізованого внесення в насадженнях ягідних культур;
- пошук, дослідження і розробка робочих органів машини для внесення органічних добрив з дотриманням агротехнічних вимог;
- дослідження технологічних, кінематичних і конструктивних параметрів робочих органів машини і визначення їх оптимальних значень;

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ В РЯДИ ЯГІДНИХ КУЛЬТУР

2.1 Обґрунтування раціонального мобільного енергозасобу для внесення органічних добрив (торфокомпосту) в рядах ягідних культур

Аналіз технологічних та конструктивних параметрів засобів для внесення сипких органічних добрив показав, що напрям їх розвитку направлений на зростання об'єму бункера, збільшення їх габаритів, складності конструкції, а отже і вартості, зважаючи на те, що основна маса ягідних культур вирощується на невеликих ділянках, фермерськими та присадибними господарствами, існуючі машини не можуть бути застосовані для внесення органічних добрив в повновікових ягідних плантаціях. В середньому в промислових насадженнях ягідних культур таких як малина, смородина чи лохина ширина міжряддя обирається з умови безперешкодного проїзду техніки і становить не менше 2,5 м, частіше 3 м, враховуючи розлогість кущів ширина проїзду зменшується до 2 м. Тому машина для внесення органічних добрив повинна безперешкодно вписуватись в міжряддя, здійснювати рівномірний розподіл добрив і не допускати пошкодження крони кущів і окремих гілок.

Основним показником, що визначає конструктивні особливості майбутньої машини є: габаритні розміри, ціна, маневреність, універсальність.

З урахуванням вищевикладеного, для внесення органічних добрив в ягідних культур нами рекомендується застосування серійного самохідного шасі Т-16М, модернізованого під розкидач органічних добрив.

Тракторне самохідне шасі Т-16 випускалось Харківським заводом тракторних самохідних шасі з 1961 по 1967 рік. За період випуску було виготовлено майже 600000 одиниць машин. І в даний час трактор має

великий попит у сільських жителів як універсальна машина для присадибних і заготівельних робіт.

Самохідне шасі Т-16 мало невеличкий двоциліндровий дизельний двигун потужністю 16 к.с., з незвичайним для тракторів розташуванням ззаду водійського місця, семи ступінчасту коробку передач, і до трьох (залежно від комплектації і року випуску) ВВП (вал відбору потужності — служить для передачі крутного моменту на навісне обладнання).

Т-16 має високу прохідність. Спереду на рамі шасі є місця кріплення для установки різноманітного додаткового обладнання:

- вантажної платформи-самоскида;
- навантажувачів різних типів;
- мотопилки;
- грейдерної лопати і дорожньої щітки, встановлюваних під рамою,
- сінокосарки та іншого.

Вони приводилися в дію валами відбору потужності.

Т-16 (рисунок 2.1) спочатку був призначений для роботи в овочівництві з обприскувачами, просапними культиваторами і збиральними машинами, але отримав набагато більше поширення як невелика розвізна вантажівка підвищеної прохідності.

Особливо зручні Т-16 були для невеликих сільських будівельних бригад, де міг використовуватися для перевезення будматеріалів, а також для приводу будівельних механізмів: лебідок, зварювальних генераторів, циркулярних пилок.

Для Т-16 була розроблена і випускалася велика кількість змінного обладнання: сінокосарка, стогоклад, малогабаритний навантажувач-екскаватор, самонавантажувач (що забезпечує вантаження сипких і штучних матеріалів у свій кузов), обприскувач, компресорна станція та ін. [31].

Як відомо вибір схеми роботи є одним з найбільш відповідальних етапів розробки нової машини. Вчені [28-30] відзначав, що вибір параметрів машинно-тракторних агрегатів необхідно здійснювати з урахуванням цілого

ряду факторів. В першу чергу необхідно враховувати агротехнічні вимоги до якості виконуваного технологічного процесу, а також пред'являються конструктивні, економічні та енергетичні вимоги, які в кінцевому рахунку визначають техніко-економічні показники роботи нової машини і собівартість одиниці виконуваної роботи. В цьому плані Т-16 перемагає у всіх існуючих конкурентів, за рахунок значної кількості випущених машин він і до сьогодні надзвичайно поширений в сільському господарстві.



Рисунок 2.1 – Самохідне шасі Т-16.

Тому нами виконано розробку конструкції машини для внесення органічних добрив на базі Т-16 з навантажувачем фронтального типу. Машина складається з наступних основних вузлів: бункера 1, поперечного транспортера 2, регульовального щита 3, похило встановленого лотка-розподільника 4, ланцюгово-пластинчатого транспортера 5 (рисунок 2.2).

Технологічний процес внесення органічних добрив здійснюється наступним чином. Самохідне шасі під'їжджає до місця накопичення добрив, за допомогою фронтального навантажувача виконує самозавантаження бункера, далі їде до місця внесення добрив, заїхавши в міжряддя оператор відкриває та регулює заслінку бункера, вмикає привід поперечного транспортера та розташованого на дні бункера ланцюгово-пластинчатого транспортера, останній транспортує органічну масу в зону вивантаження, де вона забирається поперечним транспортером та подається в зону внесення під кущ ягідної культури. Завдяки гідравлічному приводу транспортерів

оператор може безконтактно змінити частоту обертання привідних гідромоторів, що дає можливість дистанційно регулювати норму внесення добрив. На кінці поперечного транспортера встановлено лопатку для рівномірного розподілення буртика насипаної органічної маси прикущовій зоні.

1 – бункер; 2 – фронтальний навантажувач; 3 – поперечний стрічковий транспортер; 4 – направляючий лоток; 5 – заслінка бункера; 6 – розподільна лопатка.

Рисунок 2.2 – Машина для внесення органічних добрив на базі шасі Т-16.

2.2 Визначення швидкості ланцюгово-пластинчастого транспортера і ширини стрічкового транспортера машини

Під час руху машини пластини поздовжнього транспортера бункера захоплюють порції добрив і транспортують їх до дозуючої заслінки, звідки добрива випадають на поперечний стрічковий транспортер, звідки безпосередньо потрапляють у прикущову зону, де розгортаються рівномірним шаром лопаткою. Кількість поданих добрив залежить від швидкості транспортера, ширини і висоти випускної щілини.

Подачу добрив поздовжнім транспортером за секунду часу знайдемо за виразом [32]:

$$q_{\text{тр}} = V_{\text{тр}} \cdot b_{\text{отв.}} \cdot H_{\text{отв.}} \cdot \gamma \cdot K_0 \quad (2.1)$$

де $V_{\text{тр}}$ – швидкість переміщення поздовжнього транспортера, м/с;

$b_{\text{отв.}}$ – геометрична ширина випускної щілини, м;

$H_{\text{отв.}}$ – висота щілини дозування, м;

γ – питома вага добрива, кг/м³;

K_0 – коригувальний коефіцієнт ($K_0 = 0,85 \dots 0,95$);

Також подачу транспортера за секунду можливо розрахувати знаючи швидкість руху шасі Т-16, $V_{\text{Т-16}}$, ширину розкидання B і норму внесення Q :

$$q_{\text{тр}} = B \cdot V_{\text{Т-16}} \cdot Q \cdot 10^{-4} \quad (2.2)$$

де Q – норма внесення добрив, т/га;

Прирівнюючи рівняння 2.1 і 2.2, виведемо умову узгодження подачі поздовжнього транспортера та швидкості руху агрегату, для розрахункової дози внесення добрив:

$$V_{\text{тр}} = \frac{B \cdot V_{\text{Т-16}} \cdot Q \cdot 10^{-4}}{b_{\text{отв.}} \cdot H_{\text{отв.}} \cdot \gamma \cdot K_0} \quad (2.3)$$

З виразу 2.3 знайдемо швидкість руху агрегату:

$$V_{\text{Т-16}} = \frac{V_{\text{тр}} \cdot b_{\text{отв.}} \cdot H_{\text{отв.}} \cdot \gamma \cdot K_0}{B \cdot Q \cdot 10^{-4}} \quad (2.4)$$

Поперечний стрічковий транспортер встановимо під дозуючим отвором пластинчастого транспортера (рисунок 2.3).

Коли добрив випадають з бункера з допомогою пластин транспортера, на них діють: сила тяжіння та сила інерції поступального руху. Тому траєкторія руху добрив буде параболою, параметричне рівняння якою набуде вигляду:

$$x = V_{\text{тр}} \cdot t; \quad y = \frac{gy^2}{2} \quad (2.5)$$

де

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}; \quad H = D + h \quad (2.6)$$

де D – діаметр ділильного кола ведучої зірки; h - вертикальна відстань до поперечного транспортера.

Отже для розрахунку вильоту добрива матимемо наступну формулу:

$$l = V_{\text{тр}} \sqrt{\frac{2(D+h)}{g}} \approx 0,45 V_{\text{тр}} \sqrt{D+h} \quad (2.7)$$

Поперечний стрічковий транспортер монтується під поздовжнім ланцюгово-пластинчастим транспортером, на відстані $l + r/2$ де, $r = 0,06$ м, радіус привідного барабану. Робоча ширина стрічки транспортера визначається за виразом:

$$L = \frac{r}{2} + l + l_1 + \Delta l = \frac{r}{2} + l + 10l_1 \quad (2.8)$$

де l_1 – відстань, яку займають частинки добрива на транспортерній стрічці (рисунок 2.3).

$\Delta l = 10l_1$ – залишок ширини полотна стрічкового транспортера.

Рисунок 2.3 - Розрахункова схема установки поперечного стрічкового транспортера.

а)

б)

Рисунок 2.4 - Розрахункова схема руху частинок добрива на стрічковому транспортері.

2.3 Траєкторія руху частинок добрив на стрічковому транспортері

З бункера самохідного шасі добриво пластинчастим транспортером транспортується на поверхню поперечного стрічкового транспортера під

кутом α і початковою швидкістю (Див. Рисунок 2.4), після стоку на стрічку транспортера частинки добрива виконують відносний і абсолютний рух. Для аналізу відносного руху добрива рівняння спроектуємо на дотичну траєкторії руху, запишемо його в наступному вигляді [28]:

$$\frac{dv_2}{dt} = -fg \quad (2.9)$$

де $\vec{v}_2 = \vec{v}_a - \vec{v}_B$ – швидкість руху часток; \vec{v}_a – швидкість руху часток; \vec{v}_B – швидкість стрічкового транспортера.

На рисунку 2.4. побудована розрахункова схема, відносного руху частинок добрива по поверхні стрічкового транспортера.

Після часу t добрива досягнуть точки М. Виконавши інтегрування виразу знайдемо:

$$v_r = v_{r0} - fgt \quad (2.10)$$

де v_{r0} - початкова відносна швидкість руху точки.

З рисунку 2.4 а, спостерігаємо, що швидкість абсолютного руху частинки добрива на стрічці транспортера знайдеться за формулою [28, 32]:

$$\vec{v}_a = \vec{v}_B - \vec{v}_r \quad (2.11)$$

Спроектуємо швидкості абсолютного руху частинок добрива на відповідні осі:

$$\begin{cases} x' = v_B - v_{rx} \\ y' = v_{ry} \end{cases} \quad (2.12)$$

де $v_{rx} > 0$.

Диференційне рівняння абсолютного руху елементарної частинки добрива матиме наступний вигляд:

$$\begin{cases} mx'' = fmg\cos\beta \\ my'' = fmg\sin\beta \end{cases} \quad (2.13)$$

де

$$\begin{cases} \cos\beta = \frac{v_{rx}}{v_r} = \frac{v_B - x'}{v_{r0} - fgt} \\ \sin\beta = \frac{v_{ry}}{v_r} = \frac{y'}{v_{r0} - fgt} \end{cases} \quad (2.14)$$

Рішення диференційних рівнянь (2.14) знайдемо у вигляді поліному:

$$\begin{aligned} x &= A_0 + A_1 t + A_2 t^2 \\ y &= B_0 + B_1 t + B_2 t^2 \end{aligned} \quad (2.15)$$

Після диференціювання (2.15) матимемо.

$$\begin{aligned} v_x &= x' = A_1 + 2A_2 t \\ v_y &= y' = B_1 + 2B_2 t \\ x'' &= 2A_2 \\ y'' &= 2B_2 \end{aligned} \quad (2.16)$$

Підставивши рівняння (2.15) в (2.13), матимемо:

$$\begin{cases} 2A_2 = \frac{v_a - A_1 - 2A_2 t}{\frac{v_{r0} - t}{fg}} \\ 2B_2 = \frac{B_1 - 2B_2 t}{\frac{v_{r0} - t}{fg}} \end{cases} \quad (2.17)$$

З даного рівняння знайдемо:

$$\begin{cases} A_2 = \frac{v_B - A_1}{2v_{r0}} fg \\ B_2 = \frac{B_1}{2v_{r0}} fg \end{cases} \quad (2.18)$$

Використовуючи граничні умови після підстановки значень та перетворень рівнянь, остаточно матимемо:

$$\begin{aligned} A_0 &= 0; \\ A_1 &= v_0 \cos \alpha; \\ A_2 &= \frac{v_B - v_0 \cos \alpha}{2v_{r0}} fg; \\ B_0 &= 0; \\ B_1 &= v_0 \sin \alpha; \\ B_2 &= -\frac{v_0 \sin \alpha}{2v_r} fg; \end{aligned} \quad (2.19)$$

Використовуючи рівняння (2.15) визначимо траєкторію руху частинки добрива на стрічковому транспортері та виразимо в параметричному вигляді:

$$\begin{cases} x = v_0 t \cos \alpha + \frac{v_B - v_0 \cos \alpha}{2v_{r0}} fg t^2 \\ y = v_0 \sin \alpha - \frac{v_0 \sin \alpha}{2v_r} fg t^2 \end{cases} \quad (2.20)$$

$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \alpha + \frac{v_B - v_0 \cos \alpha}{v_{r0}} fg t \\ v_y = v_0 \sin \alpha - \frac{v_0 \sin \alpha}{v_r} fg t \end{cases} \quad (2.21)$$

В даних рівняннях:

$$v_{r0} = \sqrt{v_{rx}^2 + v_{ry}^2} = \sqrt{(v_B - v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha)^2} = \sqrt{v_B^2 - 2v_B v_0 \cos \alpha + v_0^2} \quad (2.22)$$

Очевидно, що абсолютна швидкість руху елементарних частинок має вигляд

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (2.23)$$

Час, падіння добрив з бункера на стрічковий транспортер, визначається за формулою:

$$\tau = \frac{v_{r0}}{fg} \quad (2.24)$$

Шлях який долає частинка добрива:

$$l_1 = v_0 \sin \alpha \frac{v_{r0}}{fg} - \frac{v_0 \sin \alpha}{2v_{r0}} fg \left(\frac{v_{r0}}{fg} \right)^2 = \frac{v_0 \sqrt{v_B^2 - 2v_B v_0 \cos \alpha + v_0^2}}{2fg} \cdot \sin \alpha \quad (2.25)$$

Враховуючи (2.25) визначимо ширину стрічки транспортера.

Вздовж осі OX за час τ частинка пролетить шлях:

$$S = v_0 \frac{v_{r0}}{fg} \cos \alpha + \frac{v_B - v_0 \cos \alpha}{2v_{r0}} fg \left(\frac{v_{r0}}{fg} \right)^2 = \frac{v_{r0}}{2fg} (v_B + v_0 \cos \alpha) \quad (2.26)$$

У таблиці 2.1 наведені результати розрахунку параметрів l_1 , S , τ , а на рисунках 2.1, 2.2 і 2.3 побудовані графіки зміни даних величин в залежності від вологості і коефіцієнта тертя частинок органічного добрива (торфокомпосту).

Тож кінцева формула для розрахунку ширини стрічки набуде вигляду:

$$L = \frac{r}{2} + v_{mp} \sqrt{\frac{2(D+B)}{g}} + 10 \left(\frac{v_0 \sqrt{v_B^2 - 2v_B v_0 \cos \alpha + v_0^2}}{2fg} \sin \alpha \right) \quad (2.27)$$

Рисунок 2.1 - Графік зміни τ в залежності від вологості торфокомпосту.

Рисунок 2.2 - Графік зміни швидкості S руху частки добрива в залежності від вологості торфокомпоста.

Рисунок 2.3 - Графік зміни шляху l_1 частинки добрива в залежності від вологості торфокомпоста.

Таблиця 2.1

Результати розрахунку кінематичних даних параметрів руху органічних добрив на стрічковому транспортері.

v_0 (м/с)	v_B (м/с)	v_{r0} (м/с)	f	S (м)	l_1 (м)	τ (с)
0,14	1,45	1,42	0,78	0,13	0,014	0,19
0,14	1,45	1,42	0,93	0,11	0,012	0,16
0,14	1,45	1,42	1,03	0,09	0,011	0,14
0,14	1,45	1,42	1,4	0,08	0,092	0,1
0,14	1,45	1,42	0,78	0,15	0,018	0,2
0,18	1,5	1,48	0,93	0,12	0,015	0,165
0,18	1,5	1,48	1,03	0,10	0,013	0,145
0,18	1,5	1,48	1,4	0,082	0,095	0,12

2.4 Визначення висоти відкривання заслінки бункера

Висоту відкривання заслінки бункера для внесення органічних добрив (торфокомпосту) в прикореневу зону ягідних культур визначаємо з умови безперервності потоку матеріалу і на основі рівності

$$q_{\text{тр}} = q_{\text{н}} \quad (2.28)$$

де $q_{\text{тр}}$ - подача добрив ланцюгово-планстинчастим транспортером за секунду; $q_{\text{н}}$ - необхідна секундна подача.

Підставивши значення з (2.28), знайдемо формулу для визначення висоти відкривання заслінки бункера:

$$H_0 = \frac{Bv_{\text{агр}}Q10^{-4}}{v_{\text{тр}}B_3\gamma K} \quad (2.29)$$

де B - ширина розкидання добрив, м; $v_{\text{агр}}$ - робоча швидкість агрегату, м/с; Q - норма висіву добрив, т/га; $v_{\text{тр}}$ - швидкість поздовжнього транспортера, м/с; конструктивна ширина щілини, м; γ - об'ємна маса

добрива, т/м³; К - коефіцієнт використання поперечного перерізу транспортера.

У таблиці 2.2 представлені результати розрахунку величини відкривання заслінки бункера агрегату для внесення торфокомпосту, а на рисунку 2.4 - відповідний графік.

Рисунок 2.4 - Графік варіювання висоти відкривання заслінки бункера в залежності від ширини смуги розкидання добрив та робочої швидкості агрегату.

2.5 Аналіз енерговитрат внесення органічних добрив

Енергетичні втрати на операцію внесення органічних добрив в ряди ягідних культур залежать від норми внесення, транспортної здатності агрегату і інших факторів. Опір ґрунту перекочуванню машини в повному спорядженому стані та з максимально завантаженим бункером, визначимо за відомою формулою [33].

$$P = f(G_m + Q_1) + R_{\text{тех}} \quad (2.30)$$

де f - коефіцієнт опору перекочування машини; G_m - маса машини; $R_{\text{тех}}$ - сила опору виконанню технологічної операції; Q_1 - транспортна здатність агрегату (вантажопідйомність).

Під час внесення торфокомпосту навантаження на трансмісію машини в процесі внесення добрив поступово зменшується. Тоді

$$P = f(G_m + Q_1 - lq) + R_{\text{тех}} \quad (2.31)$$

де l - пройдений шлях, м; q – витрата добрив на погонний метр, кг/м;

Таблиця 2.2

Результати розрахунку величини відкривання заслінки бункера агрегату для внесення торфокомпосту.

Ширина смуги розкидання добрив B (м)	Робоча швидкість $v_{\text{агр}}$ м/с	Норма внесення Q (т/га)	Величина відкривання заслінки H_0 (м)
0,5	1,3	20	0,0321
0,45	1,3	20	0,0289
0,4	1,3	20	0,0257
0,5	1	20	0,0247
0,45	1	20	0,0222
0,4	1	20	0,0198
0,5	0,7	20	0,0173
0,45	0,7	20	0,0156
0,4	0,7	20	0,0138

Звідки робота, яка витрачається на рух машини в процесі роботи буде дорівнювати:

$$dA'_1 = Pdl = [f(G_m + Q_1 - lq) + R_{\text{тех}}]dl \quad (2.32)$$

Інтегруючи (2.32), визначимо загальну роботу, на внесення добрив за кожного завантаження бункера:

$$A'_1 = fG_m L' + fQ_1 L' - fq \frac{L'^2}{2} + R_{\text{тех}} L' \quad (2.33)$$

де L - довжина гону до повного спорожнення бункера, м;

Кількість n заправок агрегату і відстань проходів агрегату на га, залежать від норми внесення, вантажопідйомності машини, та ширини міжрядь.

За норми внесення 20 т/га, середня відстань пройдена агрегатом на кожен га буде рівна

$$L = \frac{Q}{q} = \frac{20000}{4} = 5000 \text{ м} \quad (2.34)$$

Припустимо, що довжина гону 250 м, завантаження бункера відбувається на початку і в кінці рядка, тоді кількість завантажень на 1 га:

$$n = \frac{L}{L'} = \frac{5000}{250} = 20 \quad (2.35)$$

Тому завантаження бункера повинно становити: $Q_1 = \frac{Q}{n} = \frac{20000}{20} = 1000$ кг.

Після підстановки виразу 3.33 матимемо:

$$A'_1 = fG_m \frac{L}{n} + f \frac{QL}{2n^2} + R_{\text{тех}} \frac{L}{n} \quad (2.36)$$

Повна робота:

$$A_1 = A'_1 n = fG_m L + f \frac{QL}{2n^2} + R_{\text{тех}} L \quad (2.37)$$

Крім роботи, витраченої на внесення добрив, присутні витрати на холості переїзди агрегату, робота витрачена на переїзди A_x складається з витраченої на холості переїзди агрегату до місця виконання технологічної операції, переїздів на заправки A_3 та в зворотну сторону на початку гону в завантаженому стані. Загальна затрачена робота за один цикл заправки дорівнюватиме:

$$A_2 = A_x + A_3 = fG_m l_1 + f(G_m) + Q_1) l_1 \quad (2.38)$$

Очевидно, що основна витрачена енергія A_2 витрачається на заправки, кількість заправок на га, рівна:

$$A = f \left(G_m L + \frac{QL}{2n} + 2nG_m l_1 + nQ_1 l_1 \right) + R_{\text{тех}} L \quad (2.39)$$

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика і результати дослідження фізико-механічних властивостей торфокомпосту

Згідно технології вирощування ягідних культур торфокомпост вносять восени або ранньою весною, в останні роки в зв'язку з стрімкими змінами клімату в дані пори року особливо навесні ми можемо спостерігати значні зливи, часто випадають дощі і висока вологість повітря, це негативно впливає на фізико-механічні властивості торфокомпосту та призводить до залипання робочих органів.

Фізико-механічні властивості органічних добрив доволі добре вивчені [34]. Однак, торфокомпост може мати різну технологію виготовлення, у відповідності з ґрунтово-кліматичними умовами, культурою під яку його вносять, тому існує потреба у вивченні фізико-механічних властивостей сумішей торфокомпосту призначених для вирощування ягідних культур, його вплив на робочі органи машин для внесення органічних добрив.

Основним показником, що має найбільший вплив на фізико-механічні властивості добрив є вологість, зміну вологості призводить до зміни сипкості та липкості. В свою чергу вологість суміші добрив залежить від його гігроскопічності.

Для дослідження нами було обрано суміш торфокомпосту для використання в промислових насадженнях лохини, склад торфокомпосту: земля дернова 30%, торф верховий 20%, кора чи опад соснових культур 10%, торф низовий 20%, вермикуліт 2%, пісок 8%, перегній або компост трав'янисто-листовий 10.

Дослідження виконували в умовах кафедри АіТС Вінницького національного аграрного університету.

Першим показником, який ми визначали була гігроскопічність, її знаходили за відомою методикою [33]. Суть методу, для знаходження

гігроскопічності ми взяли 10 кг суміші торфокомпосту, та поклали на зберігання, в піднавіс, перед цим ми знайшли вологість дослідної партії торфокомпосту за загальновідомою методикою, в сушильній шафі, розташованій в аудиторії 2105 вологість розраховували за формулою:

$$W = \frac{G_2 - G_1}{G_2} 100\% \quad (3.1)$$

де G_2 - початкова маса суміші торфокомпосту;

G_1 - маса проби після висушування.

Дослід повторили через 2 дні, і так щодня протягом 10 діб. Результати дослідів відображені на рисунку 3.1. Ріст вологості, має значущий вплив на якісні і кількісні показники роботи машини для внесення органічних добрив.

- зростає об'ємна маса, тому необхідно коригувати норму внесення добрив в залежності від об'ємної маси, такою вона впливає на параметри бункера;

- сипучість;

- липкість, має визначний вплив на рівномірність розподілу добрив і ін.

Рисунок 3.1 - Зміна вологості суміші торфокомпосту за весняного сильнозволоженого повітря 92 ... 95 % вологості.

Об'ємна маса суміші торфокомпосту залежить від співвідношення складових фракцій, їх фізико-механічних властивостей, наявності зазорів і пор між частинками і, вологості та ступеня ущільнення. Даний показник визначають з метою розрахунку норми внесення, та ємності бункер агрегату. Об'ємну масу обраної суміші торфокомпосту визначили за відомою

методикою [33] за різної вологості та ступеня ущільнення. Результати дослідів відображені в графіку (рисунок 3.2.)

Рисунок 3.2 - Графік зміни об'ємної маси суміші торфокомпосту залежно від вологості та методів завантаження: 1 - завантаження з вібраційним ущільненням; 2 - звичайне завантаження.

Також ми знайшли коефіцієнт ущільнення маси торфокомпосту, за співвідношенням:

$$K_y = \frac{Q_y}{Q_0} \quad (3.2)$$

де Q_y - маса торфокомпосту після ущільнення;

Q_0 - маса торфокомпосту до ущільнення.

Результати відображені в графіку рисунок 3.3.

Виконавши аналіз графіку очевидно, що зі зростанням вологості коефіцієнт щільності падає та навпаки. Тому розрахунки норми внесення та, заповненості бункера агрегату, необхідно виконувати враховуючи реальну вологість суміші торфокомпосту за допомогою наведених вище залежностей.

Виділяють 2 види сипкості матеріалів активну і пасивну. За активної сипкості частинки не мають зв'язку одна з одною, а їх утримування відбувається лише за рахунок сил тертя. Такі матеріали, при насипанні на горизонтальну поверхню, формують конус. Пасивними сипкими матеріалами називаються такі в яких елементарні частки утримуються не лише за рахунок сил тертя, але і сил зчеплення. Ці тіла не формують конус при насипанні.

Сипкість торфокомпосту залежить від вологості, розмірів та форми частинок, об'ємної маси, фізико-механічних властивостей компонентів суміші торфокомпосту кута природнього нахилу [34].

Рисунок 3.3 – Зміна коефіцієнта ущільнення від вологості торфокомпосту.

Кут природнього нахилу визначає ступінь рухливості елементарних частин добрива та залежить від сил внутрішнього тертя та сил зчеплення між частинами, розмірів частин, форми та характеру поверхні, об'ємної маси та вологості матеріалу.

Добрива, з меншим кутом природнього нахилу, краще розсіюються. Знаходження кута природнього нахилу виконували за відомою методикою. Прямокутник 300x200x260 мм (рисунок 3.4), у якого одна сторона виконана з прозорого пластику, наповнили торфокомпостом на 1/3 і перевернули на ребро ВС. Добрива при цьому займають положення KK' . Кут, який утворився між гіпотенузою KK' з горизонталлю, і є шуканим природнім кутом нахилу:

$$\varphi_0 = \arctg \frac{h}{l} \quad (3.3)$$

Зміну даного кута в залежності від насичення вологою представлено в таблиці 3,1. З неї очевидно, що зі зростанням вологості сипучість падає, а зі зростанням вище 70% вологості торфокомпост взагалі втрачає сипучість та переходить в тістоподібний стан.

Липкість. Вологий торфокомпост, налипає на робочі органи, порушуючи їх нормальну роботу. Відомий метод визначення липкості органічних добрив (рисунок 3.5) [33].

Рисунок 3.4 – Зміна коефіцієнта ущільнення від вологості торфокомпосту.

Таблиця 3.1

Величина кута природнього нахилу торфокомпосту в залежності від його вологості.

Вологість (%)	Кут природнього нахилу	Примітка
45	45	Сипкий
55	52	Сипкий
65	55	Напівсипкий
75	-	Не сипкий

Липкість знаходили за такою методикою: торфокомпостом наповнювали металеву чашку, потім пуансоном вдавлювали в добриво закріплену в ньому пластину, час створення тиску 3 хвилини з зусиллям 30 кг. Потім всю конструкцію встановлювали на терези і заливали водою ємність, встановлену на іншій стороні терезів до поки пластина не відірветься від добрив. Досліди виконували за різної вологості, з різними пластинами: дерев'яними, гумовими, металевими фарбованих і ні.

Липкість розраховували за формулою [33, 34]:

$$E = \frac{P}{S} \quad (3.4)$$

де P - сила відриву пластини від торфокомпосту, г; S - площа пластини, мм;

Результати розрахунків сформовані в таблицю 3.2, та відображені на рисунку 3.6.

Таблиця 4.2

Величина липкості торфокомпосту.

Тиск, (кг/см ²)	Час, (хв)	Вологість, (%)	Матеріал пластини			
			Фарбована сталь	Не фарбована сталь	Дерево	Гума
30	3	55	10	10	2	4
30	3	65	19	20	22	24
30	3	75	23	24	27	28
30	3	85	1	3	4	4

Рисунок 3.6 - Зміна липкості торфокомпосту в залежно від вологості:

1 - гума; 2 - дерево; 3 – нефарбований сталевий лист, 4 - фарбований сталевий лист.

З графіків на рисунку 3.6 очевидно, що найвища липкість досягається за вологості 65 ... 75% для всіх поверхонь. Найменша липкість у пофарбованого сталевого листа (23 г/см²) та найвища для гумової поверхні (28 г/см²).

При проектуванні і дослідженні роботи машини для внесення органічних добрив необхідно знати величину кута тертя, руху добрив по різних поверхнях (сталь, гума, дерево, пластмаса та ін.).

Кут початку руху добрива досліджували за відомою методикою на стенді [34]. До складу стенду входять такі конструктивні одиниці: 1 – рама на рухомій дошці 2, шкала 3 і стрілка 4. Рухома дошка кріпиться за допомогою шпильки до рами стола. На ній закріплена стрілка, а на основній рамі вимірювальна шкала. Після початку руху торфокомпосту на рухомій дошці, ми змінювали кут нахилу дошки до початку руху добрив, значення отриманих кутів фіксували, та відобразили в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Кута тертя торфокомпосту в залежності від вологості і виду контактних поверхонь.

Вологість (%)	Кут тертя торфокомпосту в градусах				
	Фарбована сталь	Не фарбована сталь	Поліетилен	Гума	Дерево
55	38	39	41	44	43
65	43	45	47	49	51
75	46	50	58	53	56
85	54	56	56	58	65

Сталевий лист володіє найменшим кутом тертя, а деревина найбільшим. Значення кута тертя початку руху торфокомпосту прямо пропорційна величині його вологості за інших рівних умов. Тож нами використовуючи математичні методи виведено формулу даної залежності.:

$$\varphi = a + bP \quad (3.5)$$

де φ - величина кута тертя; P - вологість добрива; a і b - шукані постійні коефіцієнти.

Виходячи з мінімальності помилки при підборі коефіцієнтів a і b , отримаємо систему рівнянь:

$$\frac{\partial \sum \delta_i^2}{\partial a} = 0; \quad \frac{\partial \sum \delta_i^2}{\partial b} = 0; \quad (3.6)$$

Враховуючи (3.5) матимемо:

$$\sum \delta_i^2 = \sum [\varphi_i - (a + bP_i)]^2 \quad (3.7)$$

Виконавши диференціювання (3.7) відповідно (3.6), отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \sum [\varphi_i - (a + bP_i)] = 0 \\ \sum [\varphi_i - (a + bP_i)]P_i = 0 \end{cases} \quad (3.8)$$

Спростивши отримаємо:

$$\begin{cases} na + b \sum P_i - \sum \varphi_i = 0 \\ n \sum P_i + b \sum P_i^2 - \sum \varphi_i P_i = 0 \end{cases} \quad (3.9)$$

де n - кількість проведених дослідів.

Постійні коефіцієнти a і b знайдемо, як корені системи рівнянь (3.9):

$$\begin{cases} a = \frac{\sum \varphi_i \sum P_i^2 - \sum \varphi_i P_i \sum P_i}{n \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2} \\ b = \frac{n \sum \varphi_i P_i - \sum \varphi_i \sum P_i}{n \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2} \end{cases} \quad (3.10)$$

Підставивши числові значення, для прикладу на основі фарбованого сталевого листа, знайдемо $a = 10,3$; $b = 0,5$. Або:

$$\varphi = 10,3 + 0,5P \quad (3.11)$$

де φ - кут тертя, град; P - вологість матеріалу, %;

Знайдені значення добро порівнюються з розрахованими за формулою 3.11 величинами, що підтверджує достовірність отриманих рівнянь.

Для інших матеріалів розрахункові значення записані у вигляді таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Матеріал	Формула
Не фарбований сталевий лист	$\varphi = 8,3 + 0,56P$
Гума	$\varphi = 14 + 0,5P$
Поліетилен	$\varphi = 18,8 + 0,46P$
Дерево	$\varphi = 5 + 0,7P$

3.2 Методика дослідження стрічкового транспортера

З метою визначення оптимальних робочих параметрів стрічкового транспортера були розроблені та виготовлений лабораторний варіант, випробування якого виконували на різній швидкості руху агрегату та вологості торфокомпосту.

Висота відкривання заслінки бункера та норма подачі добрива на різних швидкостях і за різної вологості добрива регулювалась вручну. Теоретичними дослідженнями знайдено номінальні висоти відкривання заслінки за різних робочих швидкостей машини. Під час експериментальних досліджень досліди повторювали до досягнення агротехнічної норми внесення добрив.

3.3 Методика агротехнічної оцінки роботи машини

Під час внесення торфокомпосту в прикореневу зону лохини, нами вивчалися фізико-маханічні властивості компосту, та виконувався попередній вибір режимів роботи агрегату для обґрунтування оптимальних їх значень та режимних параметрів.

Вивчаючи фізико-маханічні характеристики торфокомпосту ми визначали: об'ємну масу суміші добрив, ступінь розкладання, вологість. Такж виконували агротехнічну оцінку дослідної ділянки, де виконували досліди; визначали фізико-механічні властивості ґрунту: тип ґрунту, щільність, рельєф, вологість. Щільність визначали за допомогою твердоміра конструкції ВИСХОМ за відомою методикою [34].

Об'ємну масу ґрунту знаходили за методикою аналогічною для знаходження маси добрив.

Експериментально досліджували рівномірність розподілу по поверхні добрив, за різних швидкостей машини та вологості торфокомпосту, за методикою описаною в [33].

Досліди виконували на швидкостях: 0,52; 0,69 та 1,03 м/с, з триразовою повторністю.

Для виконання енергетичної оцінки на ВОМ самохідного шасі встановили датчик обертів. Тарування датчика виконували за відомою методикою [35]. За результатами досліджень визначили необхідну потужність як всієї машини в цілому при виконанні технологічного процесу і неодружених переїздах, так і на привід її основних елементів: механізму приводу робочих органів, основного і виносного транспортера машини та ін.

Вологість добрив під час експериментальних досліджень становила 60, 70 і 82 %; норма внесення - 20 т/га; крок між пластинами транспортера 0,35; 0,45 і 0,55 м; висота відкривання заслінки бункера 0,025; 0,033; 0,046 і 0,053 м.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Дослідження стрічкового транспортера

Експериментальні дослідження поперечного стрічкового транспортера виконували з метою визначення оптимальних конструктивних параметрів та режимів його роботи в умовах внесення торфокомпосту під багаторічні насадження кущів лохини.

Дослідження транспортера проводилися за двох значень вологості торфокомпосту: 65 % і 80 %, робоча швидкість агрегату самохідного шасі 0,69 м/с. Для захородження нерівномірності внесення добрив встановлювали рамки з сотами 0,5х0,5х0,1 м. Досліди повторювали тричі. Після проходу агрегату об'єм добрива з кожної рамки зважувалися до 10 г. Дані дослідів та необхідних обчислень, представлені в таблиці 4.1.

На рисунку 4.1 показаний спосіб розкидання добрива в прикореневу зону куща лохини експериментальною машиною. З графіків очевидно, що стрічковий транспортер, якісно виконує поставлену задачу за умови встановлення очисника стрічки від налипання вологого добрива.

Таблиця 4.1

Показники нерівномірності внесення добрив стрічковим транспортером.

Швидкість руху агрегату (м/с)	Вологість, %	Норма внесення (т/га)		Нерівномірність розкидання, %		Точність дослідів, %
		20	19,9	13,6	13,6	
0,69	65	20	19,9	13,6	13,6	30,8
0,69	80	20	19,8	15,7	15,7	37,1

Рисунок 4.1 – Рівномірність внесення торфокомпосту, стрічковим транспортером в залежності від вологості.

4.2 Експериментальні дослідження і лабораторно-польові випробування машини для внесення торфокомпосту

Дослідження і обґрунтування оптимальних параметрів робочих органів математичними методами дозволило розробити експериментальну конструкцію запропонованої машини, для внесення органічних добрив в пристовбурну зону ягідних культур, що монтується на самохідне шасі Т-16.

Коротка технічна характеристика Т-16М наведена в таблиці 4.2 [31].

Характеристика умов експериментальних досліджень і випробувань машини, а також вихідного матеріалу для внесення в міжряддя чаю приведена в таблиці 4.3.

Завданнями досліджень: визначення показників якості розподілу добрив по поверхні ґрунту, визначення фактичної норми внесення добрив та висоти відкривання заслінки бункера залежно від робочої швидкості руху агрегату та вологості торфокомпосту.

Характеристика параметрів трактора Т-16М.

Найменування, параметр характеристики	Т-16М
Тип шасі	Самохідні, універсальні
Габаритні розміри, мм довжина	3700
ширина при найменшій колії	1550
ширина при найбільшій колії	2000
висота	2500
Дорожній просвіт, мм	560
Маса шасі з жорстким каркасом (без вантажної платформи) експлуатаційна, кг	1810
Розрахункові швидкості руху, км/год на першій передачі	5,51
Розрахункові тягові зусилля, кН на першій передачі	6,91
Номінальна потужність двигуна Д-21А, кВт	18,4
Питома витрата палива при експлуатаційній потужності, г/кВт·год.	253
Коробка передач	Механічна, 4 ходова з поперечним розміщенням валів, з прямозубими шестернями
Розмір шин коліс, дюйми передніх	6.00-16
задніх	9.50-32
Рульове управління	Механічне
Гідравлічна система насос	НШ-10Е-Л-3
робочий тиск, МПа	10
розподільник	Золотниковий (2 шт.)
силовий циліндр	Двосторонньої дії (2 шт.)
Частота обертання основного ВМО, хв-1	540

Для знаходження необхідної величини відкриття заслінки бункера за різних швидкостей нами проведено досліди, вихідні параметри

торфокомпосту вологість 70%, результати досліджень відображені на графіку (рисунок 4.2.), а вихідні показники наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Характеристика умов експериментальних досліджень.

Назва показника	Значення показника
Вид добрива	Торфокомпост
Об'ємна маса, кг/м ³	436...500
Тип ґрунту	Чорнозем опідзолений
Вологість ґрунту, %	
в шарі 0...5,0 см	19,8
5...10 см	20,8
Твердість ґрунту, кг/см ²	
В шарі 0...5,0 см	23,35
5...10,0 см	35,5
Температура повітря (під сонцем), °С	32

Рисунок 4.2 – рівномірність внесення торфокомпосту залежно від величини відкриття заслінки та вологості 1торфокомпосту 10%, швидкість руху 0,69 м.

Основним показником якості виконання технологічного процесу внесення добрив є рівномірність їх внесення по всій поверхні смуги внесення, з нормою 20 т/га. Дослідження проводили на швидкості робочого руху 0,69 м/с відстань між контрольними рамками з сотами 0,55 м. Величина відкривання заслінки визначена за теоретичними розрахунками. Кожен дослід повторювався 3. З метою отримання довірної точності дослідів, рамки з сотами обирались з досить великою кількістю (34).

Зведені дані дослідів і обчислень, з експериментальних досліджень нерівномірності внесення добрив наведені в таблиці 4.4 – 4.5.

Таблиця 4.4

Зведені показники дослідів по визначенню рівномірності внесення добрив в прикореневу зону кущів лохини, по ходу руху агрегату.

Ширина смуги внесення добрив, м	Швидкість агрегату м/с	Вологість добрив, %	Висота відкривання заслінки, мм	Норма внесення теоретична т/га	Норма внесення фактична т/га
0,3	0,69	60	0,033	20	17,1
0,3	0,69	70	0,033		17,2
0,4	0,69	80	0,033		20,45
0,4	0,69	70	0,036		19,7

Всі дослідів виконували 3. Отримані дані оброблялись методами математичної статистики [36]. Для розрахунку емпіричного розподілу торфокомпосту по поверхні смуги розподілу був застосований спосіб Пірсона середня величина ряду визначалася за формулою:

$$W = W_0 + h \frac{\sum W_n}{\sum m} \quad (4.1)$$

де m - частота випадку; W_0 - найбільш ймовірне значення випадку; h - ширина інтервалу.

де N – кількість спостережень;

Середнє квадратичне відхилення знаходили за формулою [36]:

$$\sigma = h \sqrt{\frac{\sum W^2 m}{\sum m} - \left(\frac{\sum W m}{\sum m}\right)^2} \quad (4.3)$$

де

$$W' = \frac{W - W_0}{h} \quad (4.4)$$

Таблиця 4.5

Зведені показники дослідів по визначенню рівномірності внесення добрив в прикореневу зону кущів лохини, по ширині смуги внесення.

Ширина смуги внесення добрив, м	Швидкість агрегату м/с	Вологість добрив, %	Висота відкриття заслінки, мм	Норма внесення теоретична т/га	Норма внесення фактична т/га
0,4	0,69	70	0,138	20	20,06

Швидкість руху агрегату 0,69 м/с, вологість добрива 80%, максимальна зважувана вага соти $W_{max}=2350$ г, мінімальна $W_{min}=1100$ г. Враховуючи це ми обирали значення $a = 6$ і визначили інтервал:

$$h = \frac{W_{max} - W_{min}}{a} \quad (4.5)$$

Розрахунки емпіричного поділу торфокомпосту у смугі розподілення за швидкості 0,69 м/с показані в таблиці 4.6.

Знайдені числові значення коефіцієнта варіації $v = 0,2$ за межами допустимого [33]. Тому закон розподілу добрив для показників W - частоти знайдемо за формулою:

$$\varphi(W) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{W - \bar{W}}{2\sigma^2}} \quad (4.6)$$

Розрахунки теоретичної частоти $F(W)^2$ критерії узгодження Пірсона χ^2 показано таблиці. Сумуючи дані останнього ряду таблиці 4.7, знайдемо χ^2 , а саме суму квадратів різниці між емпіричними і теоретичними частотами розподілу і теоретичним розподілом: $\chi^2 = 15$.

Таблиця 4.6

Значення емпіричного поділу добрив в смузі внесення за швидкості агрегату 0,69 м/с і вологості добрива 80%.

$h = \frac{W_{max} - W_{min}}{1 + 3,22 \lg N} = \frac{2350 - 1100}{6} = \frac{1250}{6} = 208$						Розрахунок інтервалу ряду
Інтервал, г $W_1 - W_2$	m	W $= \frac{W_1 - W_2}{2}$	W' $= \frac{W_1 - W_0}{h}$	$W'm$	$(W')^2$	$(W')^2 m$
1100-1308	11	1204	-4	-44	16	176
1308-1516	6	1412	-3	-18	9	54
1516-1724	8	1620	-2	16	4	32
1724-1932	7	1828	-1	-7	1	7
1932-2140	19	2036	0	0	0	0
2140-2348	12	2245	1	12	1	12

$$\bar{W} = 1797 \quad \sigma = 368 \quad \nu = 0,2$$

Аналіз показника x при великому значенні ступенів вільності K знайдемо використовуючи формулу [33];

$$\tau = \sqrt{2x^2} - \sqrt{2K - 1} = 3,24 \quad (4.7)$$

$$\text{де } K = a - 3 = 6 - 3 = 3$$

Якщо $K = 3$ показник z відповідно: 3,18; 5,84; 12,94.

Отже з аналізу значення параметрів узгодження випливає, що τ менше двох z і > 1 , це вказує на погане узгодження дослідної та теоретичної кривої розподілу добрив, тому ми повторили досліди при швидкості агрегату 1,03 м/с.

Вологість торфокомпосту 70%, максимальна зважувана вага соти $W_{max}=3200$ г, мінімальна $W_{min}=1100$ г.

Розрахунок характеристик емпіричного розподілу добрив в міжряддях чаю наведено в таблиці 4.7.

Аналіз значення даних таблиці 4.7 вказує на хороше узгодження дослідної та теоретичної кривої розподілу добрив.

Таблиця 4.7

Значення емпіричного поділу добрив в смузі внесення за швидкості агрегату 1,03 м/с і вологості добрива 70%.

$h = \frac{W_{max} - W_{min}}{1 + 3,22 \lg N} = \frac{3200 - 1100}{6} = 367$						Розрахунок інтервалу ряду
Інтервал, г $W_1 - W_2$	m	W $= \frac{W_1 - W_2}{2}$	W' $= \frac{W_1 - W_0}{h}$	$W'm$	$(W')^2$	$(W')^2 m$
1000-1367	6	1183,5	-2	-12	4	24
1367-1734	14	1550,5	-1	-14	1	14
1734-2101	18	1917,5	0	0	0	0
2101-2464	11	2284,5	1	11	1	11
2468-2835	8	2651,5	2	16	4	32
2835-3202	6	3017,5	2,9	18	9	54

$$\bar{W} = 2027,5 \quad \sigma = 506 \quad \nu = 0,25$$

Рисунок 4.3 - Криві емпіричного та теоретичного розподілу добрив в прикущовій зоні, за швидкості 1,03 м/с та вологості торфокомпосту 70%.

Для визначення впливу факторів на показники якості роботи агрегату для внесення добрив в прикущову зону ягідних культур нами були виконані додаткові дослідження нерівномірності їх внесення на швидкості руху агрегату 1,03 м/с, за різної вологості матеріалу, норми внесення. За

результатами експериментальних досліджень побудовані графіки (рисунок 4.4-4.5).

Виконавши обробку даних дослідження можна зробити висновок, що на одній і тій же швидкості руху агрегату зі збільшенням вологості торфокомпосту незначно збільшується нерівномірність розподілу добрив по довжині ходу агрегату.

Рисунок 4.4 - Розподіл добрив в прикущовій зоні ягідних культур за ходом агрегату та швидкості агрегату 1,03 м/с, значення вологості торфокомпосту 60, 70, 80%.

Рисунок 4.5 - Розподіл добрив в прикущовій зоні ягідних культур за ходом агрегату та швидкості агрегату 1,03 м/с, і різних нормах внесення: -3,0 кг/пог.м; 3,5 кг/пог.м; 4,0 кг/пог.м.

З побудованих графіків (рисунок 4.4 – 4.5) зробимо висновок, що зі зростанням норми внесення добрив якість розподілу покращується.

Необхідно відзначити, що зі збільшенням швидкості пересування агрегату кілька погіршується рівномірність розподілу добрив і по ширині, але не так інтенсивно, як по ходу агрегату.

Певний інтерес представляє встановлення максимальної оптимальної швидкості руху агрегату, при якій рівномірність висіву добрив знаходиться в Агротехнічні допустимих межах.

Зі збільшенням вологості нерівномірність розподілу добрив частково погіршується та коливається в рамках 9,7...11%, що можна вважати постійним значенням.

Збільшення норми внесених добрив на 1 га порівняно мало погіршується нерівномірність внесення ня добрив.

Виконавши аналіз отриманих показників експериментальних дослідних показників якості роботи агрегату для внесення торфокомпосту запропонованим агрегатом встановлені оптимальні величини основних параметрів, які наведені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8

Оптимальні параметри машини для внесення торфокомпосту прикущові зони ягідних культур.

Ширина смуги внесення, м	Норма внесення, т	Швидкість агрегату, м/с	Висота відкривання заслінки за вологості:	
0,4	20	0,69	0,036	0,033
0,4		1,03	0,052	0,05
0,5		0,69	0,039	0,036
0,5		1,03	0,056	0,052

4.3 Результати енергетичних досліджень

На весні 2021 року нами були проведені випробування дослідного агрегату для внесення органічних добрив в прикущову зону лохини на площі 0,4 га. Енергетична оцінка виконана методом вимірювання робочих параметрів агрегату за таких умов роботи: вологість торфокомпосту 60%, норма внесення 20 т/га, робоча швидкість агрегату 1,03 м/с, швидкість ланцюгово-пластинчастого транспортера - 0,14 м/с.

При визначенні експериментів визначали:

- потрібну потужність на привід робочих органів машини від ВВП самохідного шасі;

- вологість торфокомпосту;

Потужність ВВП Т-16М визначали методом реєстрації його обертів. Число обертів реєструвалось за допомогою безконтактного VENETECH GM8905.

Потужність, на привід ВВП визначалася за формулою:

$$N = \frac{Mn}{716,5} \quad (4.8)$$

де M – крутний момент, Н/м; n – частота обертання ВВП.

Коефіцієнт завантаження визначається за формулою:

$$K = \frac{N}{N_e} 100 \quad (4.9)$$

N_e – номінальна потужність двигуна за паспортними даними.

При проведенні енергетичної оцінки витрати потужності на привід робочих органів вимірювання проводили на холостому та робочому режимах. Визначали потужність всього механізму, та окремих робочих органів - ланцюгово-пластинчастого транспортера.

В результаті розрахунків нами отримано наступні дані: при холостому ході, витрачається на весь агрегат 0,82 кВт: 0,5 кВт на ланцюгово-пластинчастий транспортер; 0,31 кВт на поперечний стрічковий транспортер.

Дані вимірювань зведені в таблицю 4.9. За даними досліджень побудовані (рисунок 4.6). З графіків видно, що з зменшенням висоти відкривання заслінки бункера зростає витрата потужності з 2 до 5,4 кВт.

Коефіцієнт завантаження двигуна від витрати потужності через ВВП, 14 ... 28 %.

Таблиця 4.9

Показники енергетичної оцінки роботи машини для внесення торфокомпосту.

Вологість добрива, %	Крок, між пластинами поздовжнього транспортера, м	Висота відкривання заслінки, м	Оберти ВВП, об/хв.	Потужність на ВВП, кВт
60	0,350	0,056	485	3,31
		0,038	505	3,38
		0,028	509	4,12
60	450	0,056	480	1,98
		0,038	490	3,5
		0,028	522	4,8

Рисунок 4.6 - Зміна споживання потужності для приводу агрегату залежно від висоти відкривання заслінки бункера та відстані між пластинами транспортера $t = 0,350$ м, та вологості компосту: 60%;

Висновки

В результаті написання магістерської роботи нам вдалося розробити раціональну конструктивну схему машини для внесення органічних добрив для технології промислового вирощування ягідних культур таких як смородина, лохина, малина.

Нами визначено, що в умовах ранньовесняного чи пізно осіннього внесення органічні добрива та торфокомпосту, останні характеризуються високою вологістю до 80%, це негативно впливає на технологічний процес внесення добрив та ускладнює роботу механізмів агрегату. Також враховуючи специфіку вирощування ягідних кущових культур є неможливим використання серійних машин для внесення органічних добрив, використання шпалерних форма вирощування (малини), наявність вузького міжряддя, велика висота кущів і ін., створюють складні умови для виконання даної технологічної операції, це обумовлює необхідність розробки спеціалізованої машини і її робочих органів для внесення органічних добрив в прикущову зону ягідних культур.

Експериментально доведено, що висока вологість в період внесення органічних добрив, та висока норма їх внесення, потребують обґрунтування параметрів механізмів для якісного виконання технологічного процесу, з метою зменшення буксування і поліпшення прохідності агрегату, органічні добрива доцільніше вносити збоку. Це дасть можливість ефективно використовувати серійний агрегат тягового класу 0,6, а саме самохідне шасі Т-16М з фронтальним навантажувачем.

Розроблена раціональна технологічна схеми роботи машини для внесення торфокомпосту в прикущову зону лохини. Експериментально доведені переваги машини з поздовжнім і поперечним виносом матеріалу, що значно покращує оглядовість, рівномірність внесення добрив, та виключає пошкодження кущів ягідних культур.

Виконання теоретичного аналізу та розрахунків, з підтвердженням результатів цих розрахунків за допомогою експериментальних досліджень дозволило встановити оптимальні параметри вузлів агрегату для внесення органічних добрив та торфокомпосту в прикущову зону ягідних культур.

Такими параметрами є:

- ширина стрічки та швидкість поперечного транспортера, відповідно рівна 0,3 м і 1,45 м/с;

- висота відкривання заслінки бункера в залежності від швидкості руху машини агрегату в діапазоні 0,02 - 0,05 м для робочих швидкостей відповідно 0,52-1,03 м/с;

- ширина смуги внесення добрив 0,3 - 0,5 м.

Також нами виконано дослідження рівномірності розподілу добрив по довжині смуги внесення, та по її ширині, встановлено, що робоча швидкість руху агрегату практично не впливає на рівномірність розподілу добрив по поверхні ґрунту, а показники виконання технологічного процесу машини відповідають затвердженим агротехнічним вимогам. Також зі збільшенням норми внесення добрив зростає нерівномірність внесення добрив. Також на рівномірність внесення добрив впливає вологість добрива, з її зростанням незначно збільшується нерівномірність розподілу добрив в межах 9,7-11%.

Доведено, що оптимальна робоча швидкість агрегату відповідає У1 передачі самохідного шасі (1,03 м/с). Також визначено, що енергетичні витрати агрегату при внесенні добрив варіюються в межах 3,5 - 4,4 кВт;

Список використаних джерел

1. Серeda Л.П., Зінев М.В. Агротехнічні напрями інвестицій в садівництво направлені на отримання екологічно чистої продукції. Матеріали Кримського ПУЛу Міжнародної науково-практичної конференції. «Розвиток трудового потенціалу в умовах інноваційної економіки». Східноукраїнський НУ ім. В. Даля. Луганськ-Євпаторія, 2013 С. 220-221.
2. Статистичний бюлетень «Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах» / Сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Матвійчук, Н.П. Аналіз ринку плодово-ягідної продукції України / Н.П. Матвійчук // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. – 2017. - №12 частина 2. – С. 18-23.
4. За п'ять років Україна разом з Боснією та Герцеговиною збільшили експорт малини у 8 разів / Електронний журнал ГЛАКОМ // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://glavcom.ua/economics/finances/rist-eksportu-malini-z-ukrajini-viklikav-protesti-v-polshchi-ta-serbiji-505821.html>:
5. Зінев М.В., Механізована обрізка крон дерев в садах ущільненого типу // Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва. Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції (17-18 травня 2018 р., м. Умань). Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2018. 212 с. С34-36.
6. Серeda Л.П., Зінев М.В., Субота Д.С. Перспективи розвитку технічних засобів малої механізації для підрізки крон дерев в фермерських господарствах // Матеріали VIII щорічної науково-технічної студентської конференції факультету механізації сільського господарства. «Сучасні проблеми виробництва, переробки сільськогосподарської продукції,

машинобудування та енергетичних систем АПК» 28-30 Листопада 2017 р. м. Вінниця.

7. Ульянченко, О.В. Ефективність використання ресурсного потенціалу садівництва та перспективи розвитку галузі / О.В. Ульянченко // Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Серія «Економічні науки» – 2014. - №4. – С. 12-20.
8. Інтернет ресурс: Рекламна інформація // Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/11409-perspektyvu-promyslovoho-vyroshchuvannia-malynu.html>
9. Новий сезон на ринку фруктів та ягід: тенденції та перспективи. Агробізнес сьогодні. 2020. №11. С.54 – 57.
10. Прохорчук І. Світовий ринок ягід 2019: чи може бути «вижити» без трендів? URL: <https://www.growhow.in.ua/cvitovyyu-rynok-iahid-2019-chy-mozhna-bude-vyzhyty-bez-trendiv/>
11. Ринок ягідних культур в Україні та світі. URL: <http://ukrsadprom.org/blog/rynok-yagidnyh-kultur-vukrayini-ta-sviti/>
12. Коротич Ю. Ринок ягід у контексті пандемії. Плантатор. 2020. №6. С.8 – 13.
13. Поперечна О. Лохина – ягода №1 в Україні за площею комерційних насаджень. Ягідник. 2020. №1. С.19 - 21.
14. “Frozen berries market”, Plantator, vol. 1, 2020, pp.10 – 13.
15. Melnyk, S. (2019), “Development of the domestic berry market: state aid and new opportunities for processing”, Yahidnyk, vol. 1, pp.4 - 7.
16. Karasova, N.A. (2016), “Infrastructural support of export activity in the agricultural sector”, Biznesinform, vol. 8, pp.98 -103.
17. “Ukrainian companies are actively certified according to the Global G.A.P.”, Yahidnyk, vol. 4, 2020, p.9.
18. Малина технологія вирощування в зоні лісостепу / Електронний журнал Agroua // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-45/c-49/info/cag-250/>

19. Довідник з механізації садівництва / Бабенко А.С., Бабій В.П., М.О. Демидко та ін. / За ред. М.О. Демидка. - Вид. 2-е, перероб. і доп. - К.: Урожай, 1992.-264 с.
20. Fernandez G.E., Pritts M.P., Carbon supply reduction has a minimal influence on current year's red raspberry (*Rubus idaeus* L.) fruit production. *J.Am.Soc.Hortic.Sc.* - 2016. -Vol.121. - № 3. -P.473-477.
21. Що потрібно знати про особливості вирощування смородини / Головне управління держспожив служби в Черкаській області // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cherk-consumer.gov.ua/novyny/2543-shcho-potribno-znaty-pro-osoblyvosti-vyroshchuvannia-smorodyny>
22. Нюанси вирощування лохини – ягоди здоров'я / Головне управління держспожив служби в Житомирській області // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://zt-dpss.gov.ua/без-без-рубрики/ Нюанси вирощування лохини – ягоди здоров'я/](https://zt-dpss.gov.ua/без-без-рубрики/Нюанси-вирощування-лохини-ягоди-здоров'я/)
23. Перспективи і напрямки розвитку сучасного механізованого сільськогосподарського виробництва (Частина I «Сучасні напрямки розвитку технологій в рослинництві»): Методичні вказівки по вивченню дисципліни та виконанню практичних робіт / Середя Л.П.,– Вінниця РВВ ВНАУ, 2020. – 143 с.
24. Географія торф'яних покладів / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/ Географія торф'яних покладів](https://uk.wikipedia.org/wiki/Географія_торф'яних_покладів)
25. Торф як добриво для саду і городу / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rivne1.tv/news/49897>
26. Мульчування / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Мульчування>
27. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков. – К.: Вища освіта, 2005. – С. 95-107.
28. Василенко П.М. Методика построения расчетных моделей функционирования механических систем (машин и машинных агрегатов) / П.М. Василенко. – К.: УСХА, 1980. – 137 с.

29. Теоретична механіка.[Текст] : навч. посіб. / В. М. Булгаков, Г. М. Калетнік, І. Є. Кравченко [та ін.] ; за ред. В. М. Булгакова, С. І. Кучеренка. - К. : Хай-ТекПрес, 2011. - 608 с.
30. Теоретична механіка.[Текст] : навч. посіб. / В. М. Булгаков, Г. М. Калетнік, І. Є. Кравченко [та ін.]; за ред. В. М. Булгакова, С. І. Кучеренка. - К.: Хай-ТекПрес, 2011. – 340 с.
31. Т-16 / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/T-16>
32. Любін М.В., Токарчук О.А., Єленіч М.П. Розрахунки підймальних механізмів та машин. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНАУ, 2013. - 208 с.
33. Цкітішвілі Н.І. Розробка і дослідження технології та технічних засобів для глибокого розпушування ґрунту в плодкових садах з одночасним внесенням мінеральних і органі-мінеральних добрив. Дис. на здобуття вченого. ступ. к.т.н.- Тбілісі: 1977, с.13 ... 54.
34. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності спеціальності 208 – агроінженерія та напряму підготовки: 6.050503 - машинобудування. / Укладачі Д.Г. Кондратюк, І.Г. Липовий. – Вінниця: ВНАУ, 2018 – 50 с.
35. Паладійчук Ю.Б. Перспективи використання відкритого програмного комплексу arduino для вивчення технічних дисциплін / Ю.Б. Паладійчук, В.С. Руткевич, М.В. Зінев, І.О. Лісовий // Збірник наукових праць кіровоградського національного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, машинобудування автоматизація». 2018 вип 31, с 158-164.
36. Луценко, Ю.Л. Прикладна математика. Курс лекцій: навч. посіб. для студ. агр. вузів / Ю.Л. Луценко, В.М. Чубатюк. - Вінниця: ВДАУ, 2001. - 264 с.
37. Методичні рекомендації написання та оформлення дипломних робіт для студентів денної та заочної форм навчання факультету механізації

сільського господарства освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» / [Середа
Л.П, Швець Л.В