

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

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра механіки та інженерії агроєкосистем

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

ВЕРХОВЛЮК РУСЛАН ЮРІЙОВИЧ

УДК 631.53

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Обґрунтування параметрів робочих органів
розсадосадильної машини**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Р.Ю. Верховлюк

Керівник роботи

Забродський П.М..

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Верховлюк Руслан Юрійович. Обґрунтування параметрів робочих органів розсадосадильної машини. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

В магістерській роботі проведений аналіз принципів схем і конструкцій касет для вирощування розсади і розсадосадильних машин, який дозволив встановити, що найбільш перспективним і економічно вигідним є використання спірально-стрічкових касет і машин, що забезпечують механізовану вибірку і посадку розсади.

Встановлено, що запропонована касетна розсадосадильна машина з дводисковим посадковим апаратом може застосовуватися як у відкритому, так і в закритому ґрунті.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що при установці кроку посадки розсади максимальна допустима різниця між окружною швидкістю захоплень посадочних дисків і швидкістю перемотування стрічки касети не повинна перевищувати 2,4 м/с.

Лабораторно-польовими дослідженнями встановлено, що для забезпечення вертикальності посадки розсади в межах агротехнічних вимог, значення кінематичного параметра – відношення окружної швидкості захоплень посадочних дисків до поступальної швидкості машини, повинні знаходитися в межах 1,1...1,7.

Ключові слова: розсадосадильна машина, розсада, овочі, швидкість, якість.

ANNOTATION

Verkhovlyuk Ruslan Yuriyovych. Substantiation of parameters of working bodies of the seedling machine. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. - Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

The master's thesis analyzes the basic schemes and designs of cassettes for growing seedlings and seedling machines, which allowed us to establish that the most promising and cost-effective is the use of spiral tape cassettes and machines that provide mechanized sampling and planting of seedlings.

It is established that the proposed cassette seedling machine with a two-disc planting machine can be used in both open and closed ground.

Experimental studies have shown that when setting the seedling planting step, the maximum allowable difference between the circumferential speed of capture of planting discs and the speed of rewinding the tape of the cassette should not exceed 2.4 m/s.

Laboratory field studies have shown that to ensure the vertical planting of seedlings within the agronomic requirements, the value of the kinematic parameter - the ratio of the circumferential speed of capture of planting discs to the translational speed of the machine, should be in the range of 1,1...1,7.

Key words: seedling machine, seedling, vegetables, speed, quality.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Агротехніка розсадного способу вирощування овочевих культур і перспективи її розвитку.....	8
1.2. Основні напрямки розвитку конструкцій касет для вирощування та посадки розсади.....	10
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБЛАДНАННЯ І ПРИЛАДИ.....	14
2.1. Програма експериментальних досліджень.....	14
2.2. Розробка конструкції експериментального стенду і загальна методика досліджень.....	14
2.3. Методика польових дослідів.....	17
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГРАВІТАЦІЙНОГО СПОСОБУ ПОСАДКИ РОЗСАДИ	19
ВИСНОВКИ.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	31

ВСТУП

Овочівництво в нашій країні – галузь сільського господарства, яка найбільш інтенсивно розвивається.

Витрати праці на вирощування і посадку розсади складають 36% від загальної трудомісткості вирощування і збирання овочевих культур. А до 2017 року вони збільшаться до 50%, внаслідок впровадження у виробництво високопродуктивних комплексів машин для догляду і збирання овочевих культур, що знижують витрати праці на цих операціях на 40%. У зв'язку з цим, проблема комплексної механізації процесів вирощування та посадки розсади набуває актуального значення в сучасному овочівництві. Вирішення цієї проблеми потребує докорінних змін як в організації всього процесу виробництва розсади для відкритого ґрунту, так і в технології її вирощування і посадки [3-7].

Науково обґрунтованою організацією розсадочного господарства є спеціалізований розсадним-овочевий комплекс на базі плівкових теплиць з річним обсягом виробництва розсади 20-40 млн. шт. Такий рівень концентрації виробництва розсади для відкритого ґрунту при середній трудомісткості, рівній 5-6 люд.-год на 1000 шт. [2], практично неможливий через нестачу кваліфікованих робітників в зонах інтенсивного овочівництва. Виробництво розсади в спеціалізованих розсадно-овочевих комплексах можливо лише на промисловій основі за єдиною технологією з високим рівнем механізації.

Розробка і впровадження технічних засобів для комплексної механізації процесів вирощування, вибірки і посадки розсади забезпечить технологічний взаємозв'язок між вирощуванням розсади в плівкових теплицях і її посадкою у відкритий ґрунт, підвищить продуктивність і ефективність праці на цих операціях.

На підставі аналізу вітчизняних і зарубіжних науково-технічних досягнень в овочівництві обраний касетний спосіб виробництва і посадки

розсади, що задовольняє вимогам технологічного взаємозв'язку між процесами вирощування, вибірки і посадки розсади у відкритий ґрунт. Тому дана робота присвячена створенню конструкції і обґрунтування параметрів робочих органів касетної розсадосадильної машини.

Розробка і впровадження комплексу машин для касетного способу виробництва і посадки розсади забезпечать зниження витрат праці в 7-10 разів, підвищення продуктивності розсадосадильних машин в 2-3 рази.

Мета і задачі дослідження. Мета досліджень – створення конструкції і обґрунтування параметрів робочих органів касетної розсадосадильної машини і спіральньо-стрічкової коміркової касети багаторазового використання.

Відповідно до поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- Проаналізувати стан агротехніки розсадного способу вирощування овочевих культур і визначити перспективи її розвитку;
- Визначити основні напрямки розвитку конструкцій касет для вирощування та посадки розсади;
- розробити конструкцію експериментального стенду і загальну методику досліджень та провести польові експериментальні дослідження.

Об'єкт дослідження: механізований процес садіння розсади капусти.

Предмет дослідження: закономірності зміни якості механізованої посадки розсади капусти з урахуванням фізико-механічних властивостей розсади.

Методи дослідження. Дослідження виконано з використанням загальнонаукових методів пізнання, землеробської механіки та прикладної фізики. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Забродський П. М., Верховлюк Р. Ю. *Результати лабораторно-польових досліджень гравітаційного способу посадки розсади*. Збірник тез V-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції

розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 28-29 березня 2019 року м. Житомир. ЖАТК. С. 261-266.

2. Верховлюк Р. Ю. Основні напрямки розвитку конструкцій касет для вирощування та посадки розсади Збірник тез *VI-ї* всеукраїнської науково-практичної конференції «*Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь*» 9-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 167-168

3. Верховлюк Р. Ю. Агротехніка розсадного способу вирощування овочевих культур і перспективи її розвитку IX Міжнародної науково-технічної конференції «*Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві*», 5-24 жовтня 2020 року, смт. Глеваха Київської області, Національний науковий центр «ІМЕСГ» НААН України. м. Київ, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Видавничий центр НУБіП України, 2020.

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи можуть бути впроваджені в умовах аграрних підприємств України, які займаються вирощуванням овочевих культур.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 32 сторінки комп'ютерного тексту, містить 4 таблиці і 10 рисунків.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Агротехніка розсадного способу вирощування овочевих культур і перспективи її розвитку

У нашій країні розсадним способом вирощують капусту, томати, перець, баклажани і тютюн. За кордоном крім овочевих культур розсадним способом вирощують тютюн, рис і цукровий буряк.

Багатовіковий досвід застосування розсадного способу вирощування різних сільськогосподарських культур дав сучасному овочівництві безліч агротехнічних прийомів вирощування і пересадки розсади. Найбільш широке застосування в нашій країні отримав горшкових і безгоршковий способи вирощування розсади [7].

Безгоршковий спосіб полягає в тому, що готову до пересадки розсаду прибирають з грядки, обтрушуючи при цьому більшу частину землі з коренів, і встановлюють в ящики вертикально коренем вниз, щоб оберезити коріння від швидкого висихання. Потім розсаду транспортують в поле і висаджують з одночасним поливом [8].

Безгоршкова розсада за своїми якостями значно поступається горшковій, так як під час перебирання вона втрачає 93-95% своєї кореневої системи і всі адаптивні кореневі органи. Після пересадки така розсада відновлює свою кореневу систему за 1,5-2 тижні, затримуючись при цьому в рості. За один і той же термін вегетації урожай від безгоршкової розсади на 20-30% нижче врожаю, отриманого від горшкової розсади. Не дивлячись на це, в нашій країні 85-90% посівних площ під розсадними культурами вирощуються безгоршковим способом, так як трудомісткість його більш ніж в 2 рази менше горшкового способу [7-8].

Горшковий спосіб полягає в тому, що з метою поліпшення приживлюваності розсади після пересадки її вирощують в торфо-грунтових кубиках і разом з ними висаджують в поле. При цьому розсада безпроблем приживається і в порівнянні з безгоршковою розсадою дає більш багатий врожай. Крім того, багаті органічними речовинами торфо-грунтові кубики покращують органомінеральний склад відкритих ґрунтів. Разом з посадкою горшкової розсади в ґрунт, безпосередньо в кореневу зону, вноситься близько 6-8 т/га органічних добрив, що еквівалентно 30-40 т/га органічних добрив, що вносяться під основний обробіток [9].

Агротехніка вирощування та пересадки розсади багато в чому залежить від типу застосовуваних культиваційних споруд. Основні агротехнічні прийоми вирощування, вибірки і посадки розсади створювалися на базі парникових культиваційних споруд. В даний час парники замінені просторими теплицями, що дозволяють використовувати засоби механізації на всіх операціях обробітку розсади. Парникова агротехніка вже не відповідає вимогам комплексної механізації, так як більшість трудомістких операцій в них виконуються вручну.

Відмінною особливістю індустріальної технології вирощування і посадки розсади є технологічний взаємозв'язок між операціями всього процесу – від обробітку ґрунту і посіву насіння в теплицях до посадки розсади у відкритий ґрунт.

Технологічний взаємозв'язок між операціями передбачає застосування таких способів і засобів виконання попередньої операції, які забезпечують механізоване виконання всіх наступних [10].

Індустріальна технологія виробництва і посадки горшкової розсади заснована на вирощуванні розсади в спеціальних багатомісних ємкостях – касетах, які забезпечують безпеку розсади при транспортуванні її в поле. Касета служить також функціональним робочим органом в розсадосадильної машини, виконуючи роль дозатора для поштучної подачі розсади в посадковий апарат.

Касетний спосіб вирощування і посадки розсади овочевих культур застосовуються фірмами Фінляндії [1] і Голландії [6] з 1970 року. До теперішнього часу фінська фірма "Lannen Texmaat" виробляє касетним способом близько 100 млн. шт. розсади. Розширює виробництво розсади касетним способом голландська фірма "Visser", американська фірма "Techniculture Automatic Transplanting System", а також ряд японських і англійських фірм. Спочатку касетний спосіб використовувався тільки для механізації вирощування розсади, її вибірки і транспортування. В Останнім часом фірма "Lannen Texmaat" спільно з японськими фірмами співпрацюють в напрямку використання касет для посадки розсади в відкритому ґрунті. Однак у вітчизняних і зарубіжних літературних джерелах відсутні дані щодо обґрунтування параметрів робочих органів касетних розсадосадильних машин для посадки розсади. Відсутні також дані по економічній оцінці касетного способу вирощування і посадки розсади [10].

1.2. Основні напрямки розвитку конструкцій касет для вирощування та посадки розсади

Касета є сполучною ланкою між усіма операціями процесу вирощування та посадки розсади. Багатоцільове призначення касети пред'являє до неї ряд специфічних вимог:

- агротехнічних – забезпечення нормального водно-повітряного, температурного і світлового режимів вирощування розсади;
- експлуатаційних – надійне збереження вирощеної розсади в комірках під час підйому і транспортування з теплиці в поле касети з розсадою, установки її на розсадосадильну машину, мінімально можлива маса касети з розсадою;

- технологічних – зручність заповнення комірок касети субстратом, висіву в них насіння, плавна і дбайлива виїмка розсади з комірок касети при посадці;

- економічних – багаторазове використання, оптова ціна касети не повинна перевищувати 0,01 грн. (на 2020 рік) в розрахунку на одну рослину.

В даний час відомо два типи касет: прямокутні і спіральні-стрічкові (рис. 1.1). Касети поділяються на з комірками та без комірок. Касети з комірками застосовуються для вирощування розсади овочевих культур, салату, селери, цибулі, саджанців лісових дерев, квітів висаджуються по одному в гніздо. Форма комірок в таких касетах може бути циліндричною, конічною, гексагональною, квадратною. Всі комірки наскрізні і допускають виштовхування розсади будь-яким пуансоном з боку кореневої системи [10-14].

Прямокутні пористі касети голландської фірми "JAVO" мають розміри 375×475×90 мм. У кожному блоці може бути 48-96 комірок. Касети виготовляються з полістиролу. Аналогічні касети використовує фірма "Visser" для вирощування розсади овочевих культур [15].

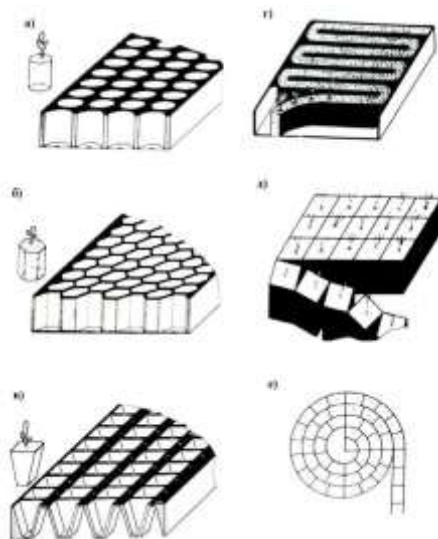


Рис. 1.1. Основні типи касет для вирощування та посадки розсади: а – з циліндричними комірками, б – з шестикутними комірками, в – з чотиригранними комірками, г – блокові з зигзагоподібною стрічкою, д – з прямокутними комірками, з'єднаними в один ланцюг, складену зигзагоподібно в блок; е - спіральні-стрічкові з комірками.

Посадку розсади з коміркових касет здійснюють напівавтоматичними машинами типу "Paperpot" (рис. 1.2). Розсада з касети вручну укладається в роторний транспортер. Фірма "Hortech" Італія, широко використовує блокові коміркові касети (рис.1.3) [16-17].



Рис. 1.2. Посадкова секція напівавтоматичної розсадопосадочної машини "Paperpot", (Фінляндія).



Рис. 1.3. Касетна розсадосадильна машина фірми "Hortech" Італія.

Одним з основних напрямків є створення автоматичних розсадосадильних машин (рис. 1.4.)



Рис. 1.4. Автоматична розсадосадильна машина «Fast block».

Висновки по розділу 1

В першому розділі магістерської роботи проаналізовано агротехніку розсадного способу вирощування овочевих культур і перспективи її розвитку. Визначено основні напрямки розвитку конструкцій касет для вирощування та посадки розсади.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБЛАДНАННЯ І ПРИЛАДИ

2.1. Програма експериментальних досліджень

Для вирішення питань, намічених відповідно до завдань досліджень, розроблено програму експериментальних робіт [18]:

- 1) визначити фізико-механічні та технологічні властивості розсади як об'єкта механізації;
- 2) визначити оптимальне поєднання параметрів робочих органів і режимів, що забезпечують гравітаційний спосіб посадки розсади;
- 3) визначити рівномірність посадки розсади в лабораторних і польових умовах;
- 4) провести порівняльні експлуатаційні випробування в польових умовах касетної розсадосадильної машини.

2.2. Розробка конструкції експериментального стенду і загальна методика досліджень

З метою перевірки теоретичних висновків, а також пошуку технологічної схеми касетної розсадосадильної машини, дослідження конструкцій її робочих органів, розроблений і виготовлений експериментальний стенд (рис. 2.1).

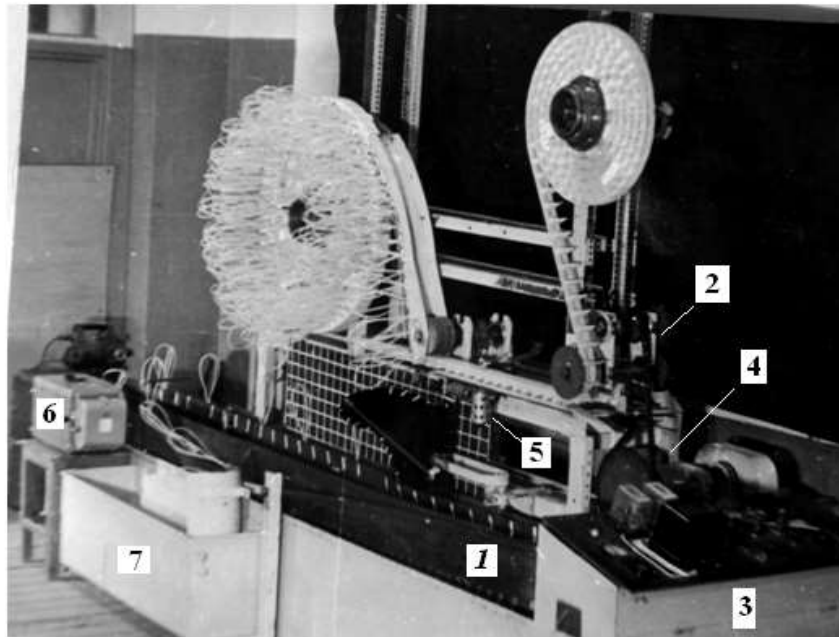


Рис. 2.1 Стенд для дослідження робочих органів автоматичної розсадосадильної машини.

Основними вузлами стану є:

- 1 – транспортер-фіксатор, що імітує ґрунтову борозну;
- 2 – механізм протягування стрічки з відпускною і приймальною котушками і спірально-стрічковою касетою;
- 3 – пульт управління станом;
- 4 – привід;
- 5 – датчики для вимірювання параметрів процесу посадки розсади;
- 6 – апаратура для реєстрації;
- 7 – бункер для збору розсади.

Транспортер-фіксатор являє собою нескінченний прогумований ремінь, до якого прикріплено дві нескінченні стрічки з пористої гуми. Довжина транспортера-фіксатора 6,3 м. Транспортер-фіксатор забезпечений притискними напрямними доріжками для надійної фіксації розсади після висадки її в транспортер, чистиком для знімання розсади з транспортера і подачі її в бункер. Швидкість стрічки транспортера плавно регулюється в межі 0,4 - 2,5 м/с.

Механізм для протяжки стрічки складається з двох котушок: відпускної котушки для касети з розсадою і приймальної котушки для намотування стрічки касети без розсади, стрічкопротяжного ролика і стрічконопрямляча. Всередині приймальної котушки змонтований пружинний диференціал або муфта тертя, які передають котушці крутний момент від 0 до 50 Нм.

Стрічкопротяжний ролик забезпечений 8 зубами, що входять в перфорацію стрічки касети, що забезпечує протяжку стрічки касети без проковзування. З валу стрічкопротяжного ролика обертання передається на вал приймальної котушки з передавальним числом, рівним 1. Обороти стрічкопротяжного ролика синхронізовані з оборотами ведучого валу транспортера-фіксатора. Коробка передач забезпечує установку 72 передавальних відношень від 0,028 до 0,65.

Пульт управління стендом, (рис. 2.2) призначений для виконання наступної програми: 1. Пуск стенду (вручну). 2. Витримка часу для розгону до встановленого режиму (Програмне реле часу). 3. Включення датчиків і записуючого устаткування (автоматично через контактори реле часу і дистанційне керування реєструючими приладами). 4. Запис необхідних параметрів протягом заданого часу (реле часу). 5. Одночасне виключення всіх приводів (автоматично через реле часу).

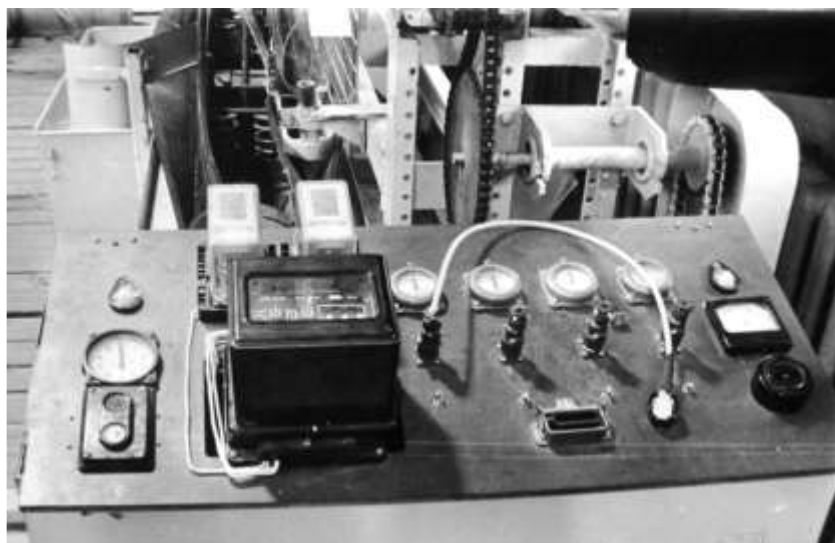


Рис. 2.2. Пульт управління стендом

Всю цю програму виконує програмне реле часу типу ВС-10 з двома проміжними силовими контакторами. На щитку пульта управління встановлені сигнальні лампочки, які сповіщають оператора про нормальний перебігу процесу запису знімаючих параметрів. Є датчик числа обертів двигуна для грубої настройки режимів роботи, чотири імпульсних лічильника для більш точного налаштування режимів роботи.

Привід стенду здійснюється від ПМУ-8М з електродвигуном потужністю 3,5 кВт, $n = 300...3000$ об. / м (безступінчатий).

Стаціонарна лабораторна установка забезпечена безконтактними датчиками вимірювання параметрів:

- фотоелектричний датчик моментів проходження розсади, висадженої в транспортер-фіксатор;
- магнітний індукційний датчик моментів проходження металевих міток, встановлених на ремені транспортера з кроком 0,05 м;
- фотоелектричний датчик моментів випадання розсади з стрічки касети;
- фотоелектричний датчик проходження отворів перфорації стрічки касети, розташованої з кроком 0,01 м.

2.3. Методика польових дослідів

При проведенні польових дослідів використовувалася методика державних (приймальних) випробувань розсадосадильних машин [60]. Для проведення польових випробувань були виготовлені 30 шт. пластмасових касет і удосконалено автоматичну розсадосадильну машину з двома типами посадочних секцій: один – для посадки розсади з касет гравітаційним способом (вліт), інший – для посадки розсади дводисковим посадковим апаратом.

У пористих спіральні-стрічкових касетах вирощували розсаду капусти білокачанної сорту «Гренадер». Розсаду вирощували в плівкових теплицях.

Якісні показники роботи експериментальної автоматичної розсадосадильної машини порівнювали з агротехнічними вимогами на машину розсадосадильну автоматичну.

Експлуатаційно-технологічну оцінку експериментальної машини вели в порівнянні з універсальною розсадосадильною машиною СКН-6А з пристосуванням для посадки горшкової розсади.

Висновки по розділу 2

В другому розділі магістерської роботи розроблений план проведення досліджень та запропонована методика його проведення.

РОЗДІЛ 3.

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГРАВІТАЦІЙНОГО СПОСОБУ ПОСАДКИ РОЗСАДИ

Гравітаційний спосіб посадки розсади з пористих спіральних-стрічкових касет характерний простотою конструктивного виконання машини для його здійснення. Реалізація такого способу посадки доцільна, перш за все, в умовах захищеного ґрунту для посадки розсади кольорової капусти, салату кочанного, огірка. Рівномірність кроку посадки розсади з касет гравітаційним способом залежить від вихідної рівномірності випадання розсади з комірок касети.

Лабораторні дослідження процесу посадки розсади з касети гравітаційним способом проводилися на стаціонарному стенді (рис. 3.1) із застосуванням на початковому етапі моделей розсади, а потім справжньою розсади кольорової капусти.

Результати дешифрування осцилограм із записом основних показників, що характеризують якість посадки моделей розсади, представлені в таблиці 3.1.

Позначення показників в таблиці:

$l = \frac{V_T}{V_{\text{л}}}$ – відношення швидкості руху транспортера-фіксатора V_T до швидкості перемотування стрічки касети $V_{\text{л}}$;

λ – частота випадання моделей розсади з комірок касети, с^{-1} ;

$\tau_{\text{ср}}, \pm \sigma, \text{ V\%}$ – варіаційні показники рівномірності проміжків часу між послідовними випаданням моделей розсади з комірок касети;

$T_n, \pm \sigma, \text{ V\%}$ – варіаційні показники рівномірності посадки моделей розсади в транспортер-фіксатор.

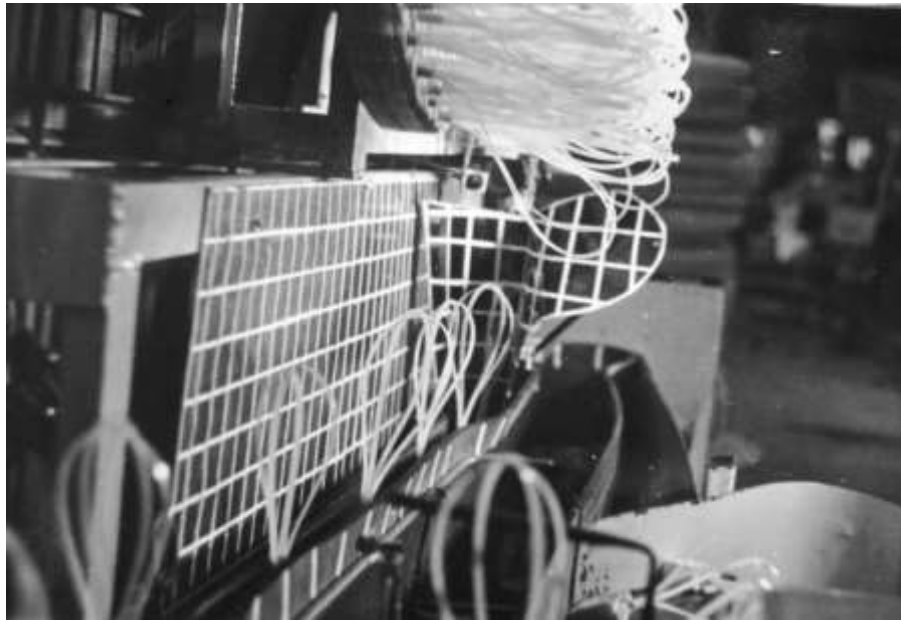


Рис. 3.1. Лабораторний стенд для дослідження процесу посадки моделей розсади гравітаційним способом.

Таблиця 3.1 – Характеристика гравітаційної посадки моделей розсади

$l = \frac{V_T}{V_L}$	V_T	λ	Рівномірність			Рівномірність посадки		
			τ_{cp}, c	$\pm\sigma$	V %	$T_{п}, cm$	$\pm\sigma$	V %
2,0	0,37	3,54	0,283	0,042	14,8	10,40	2,40	23,4
3,7	0,41	2,38	0,42	0,061	14,5	17,24	6,40	37,4
	0,61	3,22	0,31	0,059	19,0	18,8	9,20	48,9
	0,93	4,90	0,204	0,045	22,1	18,9	7,70	41,0
4,6	0,40	1,71	0,586	0,05	8,50	23,3	5,70	24,5
	0,47	2,08	0,48	0,09	18,8	22,4	5,80	26,0
	0,65	2,78	0,36	0,09	20,0	23,3	7,50	32,2
	0,92	4,00	0,25	0,07	27,2	23,0	7,60	33,0
	1,10	4,62	0,217	0,038	17,5	24,0	7,50	31,2
6,8	0,44	1,27	0,79	0,15	19,2	34,3	7,60	22,1
	0,64	1,82	0,55	0,15	27,3	34,0	8,00	23,5
	0,90	2,70	0,37	0,06	16,8	33,2	7,70	23,2
	1,13	3,41	0,29	0,04	13,3	33,2	9,50	28,6
	1,38	3,95	0,25	0,06	24,5	35,0	8,80	25,1
	0,44	1,27	0,79	0,15	19,2	34,3	7,60	22,1

Продовження таблиці 3.1

10,0	0,70	1,37	0,73	0,09	12,1	51,1	8,80	17,3
	0,97	1,92	0,52	0,075	14,4	50,8	7,70	15,2
	1,16	2,32	0,43	0,03	7,40	50,0	9,00	18,0
	1,56	3,13	0,32	0,06	18,8	50,1	7,10	14,3
	1,64	3,40	0,295	0,04	12,5	48,4	8,70	17,9
	1,93	3,70	0,27	0,04	15,9	52,0	11,5	22,1
15,1	0,95	1,20	0,82	0,08	10,0	77,8	9,20	11,8
	1,15	1,47	0,68	0,08	11,7	77,8	11,1	14,2
	1,50	1,96	0,51	0,086	16,7	76,7	12,5	16,3
	1,70	2,13	0,47	0,087	18,4	79,8	9,00	13,0
17,7	1,10	1,28	0,78	0,22	28,2	86,0	11,9	13,8
	1,44	1,61	0,62	0,14	22,3	89,0	10,9	12,2
	1,70	1,85	0,54	0,13	24,1	89,2	13,4	15,0
	1,80	2,00	0,50	0,12	22,6	90,0	14,3	14,7
22,0	1,15	1,06	0,94	0,25	26,7	108,4	14,3	13,2
	1,40	1,25	0,80	0,20	25,0	112,0	13,2	11,7
	1,60	1,52	0,66	0,13	20,3	107,3	12,9	12,0
	1,84	1,64	0,6	0,10	24,6	112,0	15,1	13,4

Аналіз дослідних даних показує, що середнє значення проміжку часу між послідовним випаданням моделей розсади з комірок касети в залежності від швидкості перемотування стрічки касети змінюється по гіперболічному закону (рис. 3.2) і описується рівнянням:

$$\tau_{\text{cp}} = t_{\text{л}} V_{\text{л}}^{-1}, \text{ с.} \quad (3.1)$$

де $t_{\text{л}}$ – відстань між перегородками вздовж стрічки касети, м.

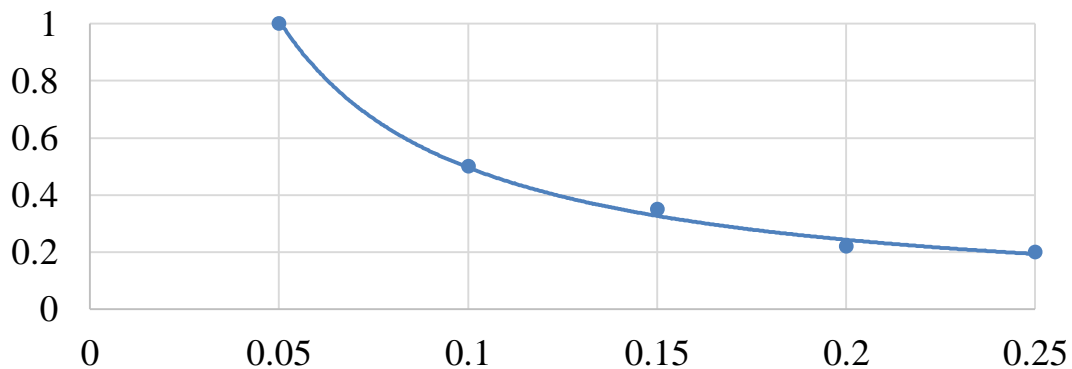


Рис. 3.2 Залежність середнього значення проміжку часу між послідовним випаданням моделей розсади з комірок касети від швидкості перемотування стрічки.

Зі збільшенням швидкості перемотування стрічки касети поліпшується рівномірність випадання розсади τ_{cp} . Починаючи зі швидкості $V_l = 0,13$ м/с, коефіцієнт варіації знаходиться в межі $V = 13...19\%$. Тому при гравітаційному способі посадки розсади з касети мінімальна частота посадки розсади повинна бути не менше $\lambda \geq 3$ с⁻¹. При такій частоті вихідна рівномірність подачі розсади в борозну забезпечує рівномірність посадки моделей розсади в транспортер-фіксатор, що задовольняє агротехнічним вимогам, $V_{ATB} \leq 30\%$.

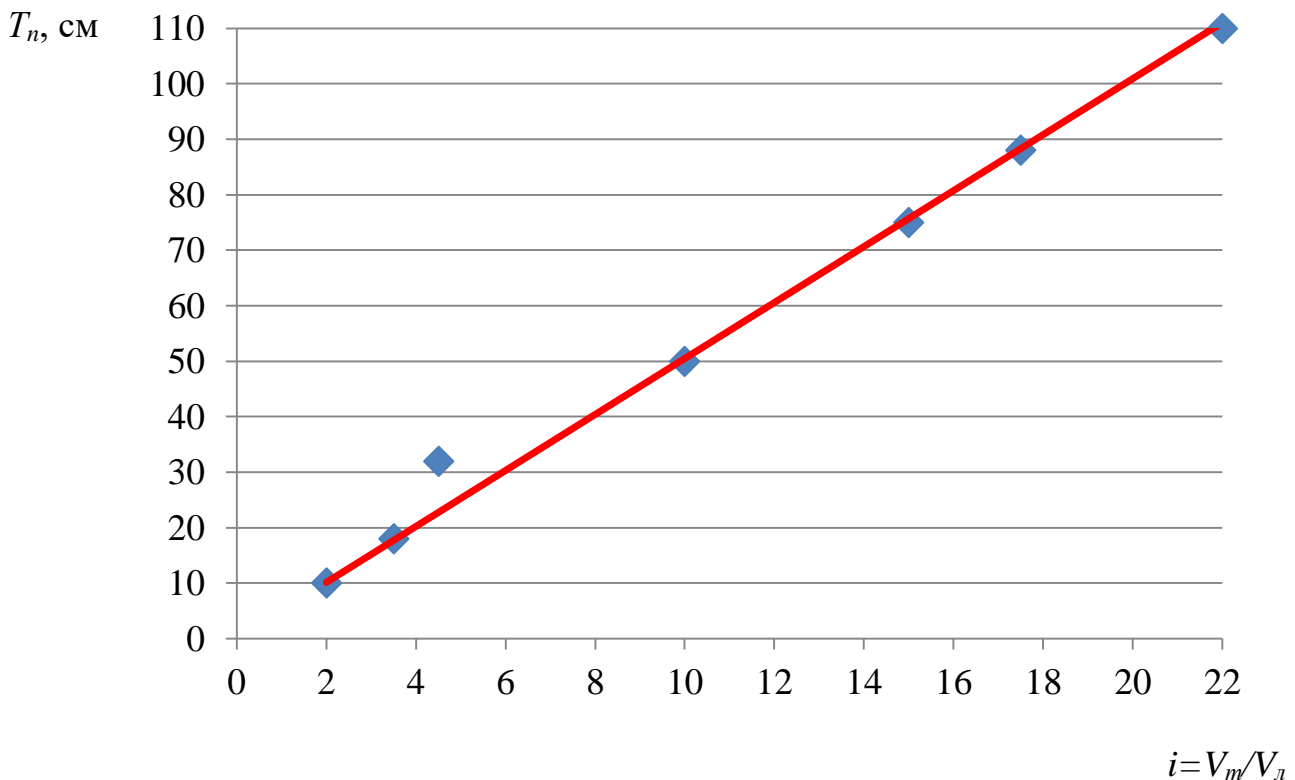


Рис. 3.3. Залежність середнього значення кроку посадки моделей розсади від передавального відношення швидкості транспортера-фіксатора і швидкості перемотування стрічки касети.

Повністю узгоджуються з теоретичним висновком досвідчені дані зміни середнього значення кроку посадки в залежності від передаточного відношення між швидкістю транспортера-фіксатора і швидкістю перемотування стрічки касети.

Зі збільшенням кроку посадки спостерігається незначне зростання середньоквадратичного відхилення, проте коефіцієнт варіації середнього

значення кроку посадки зменшується з 30% при кроці посадки 20 см до 12,7% при кроці посадки 110 см.

Одним з важливих агротехнічних показників, що характеризують якість роботи розсадосадильних машини, є стійкість норми посадки в межах всього спектра робочих швидкостей машини. Стійкість норм посадки оцінюється стабільністю заданого кроку посадки при роботі на різних швидкостях. Дослідження гравітаційного способу посадки моделей розсади в лабораторних умовах показали, що висока стабільність кроку посадки досягається в межах змін швидкості транспортера-фіксатора від 0,1 до 2,0 м/с. Однак, частота посадки (табл. 3.2), не може бути більше 4 рослин в секунду через порушення процесу примусової орієнтації моделей розсади.

Експериментально підтвердилася гіпотеза про те, що в процесі примусової орієнтації розсади поворот її здійснюється щодо центра ваги кореневої частини розсади, при цьому, його траєкторія падіння знаходиться у вертикальній площині симетрії сошника.

За допомогою кінозйомки процесу посадки моделей розсади з касети гравітаційним способом на тлі масштабної сітки була підтверджена теоретична залежність, що визначала мінімальну висоту розташування стрічки касети над сошником.

На підставі результатів лабораторних досліджень процесу посадки моделей розсади гравітаційним способом, була розроблена і виготовлена однорядна польова установка (рис. 3.4) і 10 експериментальних зразків касет для вирощування розсади.

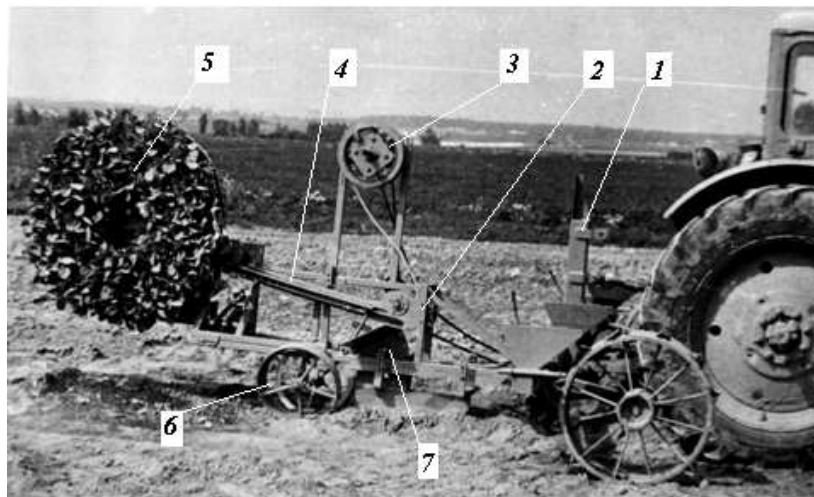


Рис. 3.4. Загальний вигляд польової установки для дослідження процесу посадки розсади з касет гравітаційним способом: 1 – рама навісна з опорно-приводними колесами; 2 – стрічкопротяжний ролик і його привід; 3 – прийомна котушка з пружним диференціалом; 4 – стрічконапрямляч; 5 – спірально-стрічкова коміркова касета з вирощеною в ній розсадою капусти (50 шт. розсади); 6 – прикатуючий ролик; 7 – сошник з орієнтованою поверхнею.

Конструкція польової установки складається з: 1 – навісної рами з опорно-приводними колесами; 2 – стрічкопротяжного ролика з приводом; 3 – приймальної котушки з пружинним диференціалом; 4 – стрічконапрямляча; 5 – спірально-стрічкової коміркової касети з вирощеною в ній розсадою капусти (500 шт. розсади); 6 – прикочуючого катка; 7 – сошника з орієнтованою поверхнею. Рама з опорно-приводними колесами, рама посадкової секції з прикочуючими катками і сошник запозичено у виробничої розсадопосадкової машини СКН-6А з тим, щоб виключити вплив на процес посадки нових, які не пройшли широку господарську перевірку, вузлів. На рамі посадкової секції встановлений стрічкопротяжний ролик, стрічконапрямляч і дві котушки: одна – для касети з розсадою, інша – для прийому порожньої стрічки касети і згортання її в спіраль. На правій боковині сошника закріплена пластина для орієнтації і механізм регулювання її кутів нахилу щодо горизонтальної і вертикальної площини. Установка заданого кроку посадки розсади забезпечувалася набором змінних зірочок в ланцюзі приводу

стрічкопротяжного ролика від опорно-приводного колеса польової установки. Агрегатувалася польова установка з трактором ЮМЗ-6АЛ.

Аналіз результатів польових дослідів показує, що заданий крок посадки на всіх швидкісних режимах витримується, проте коефіцієнт варіації середнього значення кроку посадки розсади зростає зі зменшенням частоти подачі розсади в борозну. Це пояснюється, як показали лабораторні досліді, зростанням дисперсії проміжку часу між послідовними випаданням розсади з стрічки касети.

Задана глибина посадки розсади на всіх швидкісних режимах роботи задовольняє агротехнічним вимогам. Коефіцієнт варіації середнього значення глибини посадки не перевищує 16%.

Вертикальність посадки розсади знаходиться в межах агровимог. Відхилення стебла від вертикалі знаходиться в межах ($-16^{\circ}...+5^{\circ}$).

Однак слід зазначити, що ці показники були отримані в безвітряну погоду. При наявності вітру, швидкість якого перевищує 1,0 м/с, порушується процес стабільної орієнтації розсади і відбувається скидування розсади в сошнику. Цей факт дозволяє рекомендувати застосування вітрозахисних пристроїв в зоні примусової орієнтації розсади в машині з гравітаційним способом посадки, а також рекомендувати застосування такого способу посадки в умовах захищеного ґрунту.

Результати польових дослідів дозволили уточнити визначену в лабораторних умовах висоту розташування стрічки касети над сошником.

У зв'язку з тим, що крона розсади обвисає, цю висоту необхідно брати рівною не менше висоти стебла розсади, тобто 20...25 см для розсади капусти.

Польові досліді також підтвердили теоретичні висновки про те, що максимально допустима частота посадки розсади гравітаційним способом не перевищує 4 шт./с. Наприклад якість посадки розсади капусти з кроком 25 см, на III передачі трактора ЮМЗ-6АЛ, що відповідає робочій швидкості 2,9 км/год, задовольняє агротехнічним вимогам. Підвищення робочої швидкості до

4,9 км/год, при такому ж кроці посадки, призводить до порушення процесу посадки розсади через забивання сошника розсадою.

Таблиця 3.2 – Показники якості розсади з касети гравітаційним способом в польових умовах

Шаг посадки, см.		25			35				50					70					
Робоча швидкість, км /год		1,9	2,3	2,9	1,9	2,3	2,0	4,9	1,9	2,3	2,9	4,9	6,3	1,9	2,3	2,0	4,9	6,3	7,2
Варіаційні показники рівномірності шагу посадки	T_{cp} , см	24,8	25,5	24,7	34,8	35,2	34,9	35,1	49,5	49,8	50,5	50,0	50,2	69,	70,	69,	70,	69,	71,0
	$\pm\sigma_T$, см	8,7	7,6	6,1	12,5	10,9	9,1	7,7	16,8	14,4	12,1	11,5	9,0	22,	19,	16,	15,	11,	10,0
	$\pm V_T$, %	35	30	25	36	31	26	22	34	29	24	23	18	33	28	24	22	17	14
	S_T , %	5,0	4,3	3,5	5,1	4,4	3,7	3,1	4,8	4,1	3,4	3,3	2,6	4,7	4,0	3,5	3,1	2,4	2,0
Варіаційні показники рівномірності глибини посадки	h_{cp} , см	9,1	9,8	9,4	9,1	9,0	9,6	9,5	9,3	9,9	9,6	9,8	9,7	9,1	9,9	9,8	9,5	9,4	9,6
	$\pm\sigma_h$, см	1,5	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2	1,3	1,5	1,4	1,3	1,5	1,3	1,4
	$\pm V_h$, %	16,4	16,3	14,9	14,3	14,4	12,5	14,7	16,1	14,1	13,5	12,2	13,4	16,	14,	13,	15,	13,	14,6
	S_h , %	2,4	2,3	2,1	2,0	2,1	1,8	2,1	2,3	2,0	1,9	1,7	1,9	2,4	2,0	1,9	2,2	2,0	2,1
Варіаційні показники вертикальності посадки	γ_{cp} , град.	- 15	- 13	- 9	-	-	-8,7	- 4	-17	-	-8,5	-5	4	-16	-15	-9	-3	3	5
	$\pm\sigma_\gamma$, град.	5	4,2	2,9	5,5	4,5	3,0	1,2	5,1	4,5	2,0	2,1	1,5	5,2	5,0	3,0	1,2	1,1	2,0
	$\pm V_\gamma$, %	33	32,3	32,2	33,4	31,5	34,5	30,0	30	29	23,5	42	37,5	32,	33,	33,	40	36,	40
	S_γ , %	4,8	4,6	4,6	4,8	4,5	4,9	4,3	4,3	4,1	3,4	6	5,4	4,6	4,8	4,7	5,7	5,2	5,7

S_T , S_h , S_γ – відносні помилки середнього значення або точність досліду (по Б.А. Доспехову).

Отримані дані в теоретичному розділі перевірили в польових умовах на посадці розсади капусти білокачанної пізньої на полі СТОВ «Прометей» (табл. 4.4.). Досліди проводили при швидкості посадки: 1,67 2,85; 3,2; 5,5 км/год і встановленому кроці посадки 18, 30 і 60 см.

Показники якості посадки розсади капусти лабораторно-польовою установкою з дводисковим посадковим апаратом представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 3.3 – Розсада, вирощена в пористих спіральні-стрічкових касетах, мала наступну характеристику:

Середня висота стебла розсади	см	23,86
Середній діаметр стебла в зоні штамба	см	0,42
Кількість листків в кроні	шт.	4-6
Середня маса розсади	грам	65
Середня маса кореневої частини розсади	грам	45,5
Середнє зусилля розриву стебла в зоні штамба	Н	12,5
Кількість комірок в касеті	шт.	533
Маса касети з розсадою	кг	38,65
Маса касети без розсади	кг	4,0

Таблиця 3.4 – Показники якості посадки розсади капусти лабораторно-польовою установкою з дводисковим посадковим апаратом

Швидкість посадки,	1,67			2,85			3,2			5,5		
Частота посадки, шт./с	2,5	1,5	0,8	4,5	2,5	1,4	5,1	2,8	1,6	8,7	4,8	2,7
Середній шаг посадки												
T_n , см	20,3	37,1	61,4	19,9	36,1	61,9	18,8	30,7	60,6	18,55	35,3	60,2
$\pm\sigma$, см	4,7	7,6	7,6	4,7	8,7	7,4	4,6	8,6	8,4	4,5	8,7	7,2
$\pm V$, %	23,2	20,4	12,4	23,6	24,0	11,9	24,0	28,0	13,8	24,2	24,0	12,0
НСР ₀₅ , см	0,47	0,76	0,77	0,47	0,87	0,74	0,77	1,27	1,68	0,71	1,42	1,44
P, %	2,3	2,0	1,2	2,3	2,4	1,2	4,1	4,1	2,7	3,8	4,0	2,4
Середня глибина												
H_n , см	8,7	7,0	7,4	7,5	8,2	7,0	7,1	9,7	7,1	7,8	8,5	8,0
$\pm\sigma$, см	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3
$\pm V$, %	5,7	6,2	6,8	6,5	4,9	5,0	6,7	6,2	7,0	4,0	6,0	3,8
НСР ₀₅ , см	1,5	1,2	1,5	1,5	1,2	1,2	1,5	1,8	1,5	1,2	1,5	0,9
P, %	3,5	3,7	3,6	4,0	3,9	3,4	3,5	3,3	3,4	3,5	3,2	3,5
Вертикальність посадки, град.	18,5	19,8	16,8	17,0	18,8	17,0	16,5	16,7	17,2	17,5	16,9	18,0

НСР₀₅ – найменша істотна різниця, що визначає граничні відхилення (допуск) середнього значення при рівні ймовірності 0,95 (за Б.А. Доспеховим).

Аналіз дослідних даних показує, що гранична частота посадки розсади капусти не перевищує значень, визначених отриманої залежністю при кінематичному параметрі $k = 1,5$. Візуальний огляд висадженої розсади не виявив істотних пошкоджень розсади; мали випадки поломки черешків окремих листів, що не робить впливу на приживлюваність розсади

З проведених дослідів можна зробити висновок, що значення частоти посадки розсади капусти, при швидкості руху 5,5 км/год, знаходяться поблизу верхньої межі допустимої частоти посадки розсади.

Показники якості посадки розсади капусти з касет лабораторно-польовою установкою з дводисковим посадковим апаратом задовольняють агротехнічним вимогам по рівномірності кроку посадки $V = 12-28\% < [30\%]$, по рівномірності

глибини посадки $V = 3,8-6,8\% < [10\%]$, по вертикальності посадки $\gamma = 16-200 < [300]$.

Слід зазначити, що в межах робочих швидкостей 1,67 ... 5,5 км/год не виявляється вплив швидкості руху на якісні показники роботи лабораторно-польової установки. Тому, при експлуатаційно-технологічній оцінці дослідного зразка касетної машини можна встановлювати робочу швидкість руху 5,5 км/год і шаг посадки 10...60см.

Лабораторно-польовими дослідженнями процесу посадки розсади з комірково спірально-стрічкової касети дводисковим посадковим апаратом також встановлено, що:

- конструкція касети надійно утримує розсаду в комірках в процесі перемотування стрічки касети зі швидкістю до 0,5 м/с;
- відділення стрічки з розсадою від касети на всіх швидкісних режимах перемотування відбувається плавно, без пошкодження стебел і листя розсади;
- гвинтовий напрямляч стрічок надійно розгортає розсаду з горизонтального її положення в касеті в вертикальне, стеблом вниз, становище в стрічці при вході в розтин між посадочними дисками, однак, при вітряній погоді необхідно встановлювати вітрозахисні щитки в зоні входу стебел розсади в розтин посадочних дисків;
- в процесі перехоплення розсади з стрічки касети посадочними дисками відбувається незначне осипання субстрату з кореневої частини розсади, основна ж частина субстрату утримується кореневою системою розсади;
- конструкції сошника, прикочуючих котків і параметри їх взаємного розташування, запозичені від виробничої розсадопосадкової машини СКН-6А, в поєднанні з новим дводисковим посадковим апаратом забезпечують якісну посадку розсади на задану глибину;
- касета після висадки з неї розсади і знята з приймальні котушки касетної машини придатна для повторного її використання.

Висновки по розділу 3

Касетна розсадосадильна машина з дводисковим посадковим апаратом може застосовуватися як у відкритому, так і в закритому ґрунті.

Експериментально встановлено, що при установці кроку посадки розсади максимальна допустима різниця між окружною швидкістю захоплення посадочних дисків і швидкістю перемотування стрічки касети не повинна перевищувати 2,4 м/с.

Лабораторно-польовими дослідженнями встановлено, що для забезпечення вертикальності посадки розсади в межах агротехнічних вимог, значення кінематичного параметра – відношення окружної швидкості захоплення посадочних дисків до поступальної швидкості машини, повинні знаходитися в межі 1,1...1,7.

Максимальний крутний момент на валу приводу робочих органів посадкової секції з дводисковим посадковим апаратом дорівнює 36,6 Нм.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз принципів схем і конструкцій касет для вирощування розсади і розсадосадильних машин дозволив встановити, що найбільш перспективним і економічно вигідним є використання спіральних стрічкових касет і машин, що забезпечують механізовану вибірку і посадку розсади.

Для забезпечення якісної посадки розсади з касет в умовах відкритого ґрунту рекомендується використовувати розсадосадильну машину з дводисковим посадковим апаратом, армованими по периферії дисків пористою гумою, жорсткістю не більше 2000 Н/м і перерізом 2х2 см. Діаметр посадочних дисків повинен бути не менше 700 мм, а для запобігання корони листя розсади від пошкодження внутрішній зазор між дисками – не менше 40 мм, кут сходу дисків в зоні захоплення розсади і в зоні її посадки - не більше 25°, діаметр ролика, який розкриває комірки касети, повинен дорівнювати 3,6 висоти перегородки стрічки касети і дорівнює 115 мм.

Знайдена закономірність захоплення розсади з стрічки касети дводисковим посадковим апаратом, на підставі якої визначено і експериментально підтверджена максимально допустима різниця між окружною швидкістю дисків і швидкістю стрічки касети, яка рівна 2,4 м/с і обмежуюча верхня межа частоти посадки розсади, що дорівнює 5 с⁻¹ при кроці посадки понад 35 см, і дорівнює 10 с⁻¹ при посадці з кроком менше 20 см, при цих умовах виключається пошкоджуваність стебла розсади.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дибова Д. В. Інноваційний розвиток овочівницької галузі в умовах інтенсифікації виробництва. Економічний аналіз. 2014. Т. 18 (2). С. 142–145.
2. Мазнев Г. Є. Зрошуване овочівництва: прогресивні технології та нормативи витрат. Навчальний посібник. Харків : Майдан, 2009. 318 с.
3. Автоматизация процесса посадки растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: file:///D:/Users/Admin/Desktop/avtomatizatsiya-protssessa-posadki-rastenyi.pdf.
4. Караев О. Г. Якість продукції розсадництва плодкових культур монографія. Мелітополь: ТДАТУ, 2014. 150 с.
5. Микаелян Г. А. Промышленная технология производства рассады овощных культур. Москва : Колос, 1984. 141 с.
6. Рассадопосадочные машины [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agrolib.ru/rastenievodstvo/item/f00/e0001733/index.shtml>.
7. Ковтунюк З. І. Вплив окремих технологічних заходів на врожайність капусти кольрабі. Вісник ХНАУ. 2011. № 10. С. 208–214.
8. Барабаш О. Ю. Розсада овочевих культур для відкритого і закритого ґрунту. Київ : Вища школа, 2002. 55 с.
9. Овочівництво: практикум / За ред. В. І. Лихацького. Вінниця, 2012. 461 с.
10. Индустриальная технология выращивания рассады / под. ред. В. Каназирская. Киев : Урожай, 1990. 190 с.
11. Лунев Д. В. Управляемый полив кассетной рассады основное звено повышения фожайности капусты. Актуальные проблемы и пути их решения в современном плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве. *Материалы Международной научно-производственной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения первого заведующего кафедрой плодовоовощеводства и виноградарства Дон ГАУ С.Н. Митченко-Персиановский*, 2004, С. 113-116.

12. Хомич С. М., Цизь І. Є. Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин. Методичні вказівки. Луцьк : Луцький НТУ, 2015. – 90 с.
13. Кобець А. С., Кобець О. М., Пугач А. М. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин Практикум. Дніпропетровськ: Дніпровський державний аграрно-економічний університет. 2011. 164 с.
14. Егорова Н. Н. Технология и механизация орошения выращиваемой кассетным способом в защищенном грунте рассады овощных культур: Автореф. дисс. канд. технических наук. Рязань, 2003. 17 с.
15. Кассетная технология выращивания овощей. *Материалы фирмы АО-ОТ «Ляннен-Техтаат». Выращивание рассады капусты в кассетах // Картофель и овощи 1998. № 1. С. 27.*
16. Гіль Л. С. Сучасні технології овочівництва закритого та відкритого ґрунту : навчальний посібник. Вінниця: Нова книга, 2008. 364 с.
17. Гіль Л. С. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч. 2. Відкритий ґрунт : Навчальний посібник.. Вінниця : Нова Книга, 2008. 312 с.
18. ISO 4254-1:2012 Сільськогосподарські машини. Вимоги щодо безпеки. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 28 с.