

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Михайло ШУЛЯК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження ефективності застосування елементів систем точного землеробства при посіві кукурудзи»

Виконав:

(підпис)

Артем ЯРЕМЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Група:

СТЗ 2402-2м

Науковий керівник:

(підпис)

Анатолій ЛЕБЕДЄВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Михайло ШУЛЯК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:

(підпис)

В'ячеслав ТАРЕЛЬНИК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2025

АНОТАЦІЯ

Яременко Артем Валентинович

Дослідження ефективності застосування елементів систем точного землеробства при посіві кукурудзи.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за освітньою програмою «Системи точного землеробства» зі спеціальності 208 «Агроінженерія». Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Випускна кваліфікаційна робота представлена на 43 сторінках машинописного тексту пояснювальної записки, що містить 14 формул, 3 таблиць, 8 рисунків, додатків 2, 25 літературних джерел.

Об'єктом дослідження є технологічний процес посіву кукурудзи сівалкою точного висіву обладнаною системою Delta Force.

Магістерська робота присвячена дослідженню факторів, що впливають на якісні показники посіву сівалками точного висіву.

Метою роботи є визначення впливу на якісні показники посіву сівалками точного висіву швидкості руху агрегату, а також оцінка впливу на них системи Delta Force.

Виконано експериментальні дослідження, спрямовані на визначення швидкісних режимів руху посівного агрегату, за яких можливо забезпечити дотримання всіх агротехнічних вимог під час виконання операцій сівби кукурудзи, а також отримати максимально якісний результат посіву.

Аналіз експериментальних матеріалів дозволив встановити конкретні оптимальні швидкості руху посівного агрегату, при яких технологічний процес сівби кукурудзи може проводитися ефективно та з дотриманням всіх агротехнічних норм. Було виявлено, що за цих режимів забезпечується досягнення максимально можливих показників якості посіву, що включає

рівномірність висіву насіння, правильне заглиблення та оптимальне розташування рослин на полі.

В результаті досліджень визначено, що найбільш ефективний діапазон швидкостей руху посівного агрегату становить від 6 до 9 км/год. Використання системи автоматичного контролю секцій та регулювання тиску на ґрунт Delta Force дозволяє підвищити рівень якісних показників роботи агрегату, забезпечити більш рівномірний розподіл насіння та покращити загальну ефективність технологічного процесу сівби кукурудзи.

При порівнянні врожайності на різних дослідних ділянках найкращі результати були зафіксовані на полі, де сівба кукурудзи здійснювалася з використанням системи Delta Force. Це підтверджує позитивний вплив даної технології на продуктивність та якість посіву, а також демонструє її практичну значущість для підвищення ефективності агротехнічних заходів на сучасних сільськогосподарських підприємствах.

Ключові слова: посів, якість, посівний агрегат, робоча швидкість, рівномірність висіву.

ABSTRACT

Yaremenko Artem Valentinovich

Study of the effectiveness of the use of elements of precision farming systems in corn sowing.

Qualification work for the master's degree in the educational program "Precision farming systems" in specialty 208 "Agroengineering". Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The graduation qualification work is presented on 43 pages of typewritten text of the explanatory note, containing 14 formulas, 3 tables, 8 figures, 2 appendices, 25 literary sources.

The object of the study is the technological process of sowing corn with a precision seed drill equipped with the Delta Force system.

The master's thesis is devoted to the study of factors that affect the quality indicators of sowing with precision seed drills.

The aim of the work is to determine the influence of the speed of the unit on the quality indicators of sowing by precision seed drills, as well as to assess the influence of the Delta Force system on them.

Experimental studies were carried out to determine the speed regimes of the sowing unit, under which it is possible to ensure compliance with all agrotechnical requirements during the performance of corn sowing operations, as well as to obtain the highest quality sowing result.

Analysis of experimental materials made it possible to establish specific optimal speeds of the sowing unit, at which the technological process of sowing corn can be carried out effectively and in compliance with all agrotechnical standards. It was found that under these regimes, the achievement of the maximum possible indicators of sowing quality is ensured, which includes uniformity of seed sowing, correct deepening and optimal location of plants in the field.

As a result of the studies, it was determined that the most effective range of speeds of the sowing unit is from 6 to 9 km/h. The use of the Delta Force automatic section control and soil pressure adjustment system allows you to increase the level of quality indicators of the unit's operation, ensure more uniform seed distribution and improve the overall efficiency of the corn sowing process.

When comparing yields on different experimental plots, the best results were recorded on the field where corn was sown using the Delta Force system. This confirms the positive impact of this technology on the productivity and quality of sowing, and also demonstrates its practical significance for increasing the efficiency of agrotechnical measures at modern agricultural enterprises.

Keywords: sowing, quality, sowing unit, operating speed, seeding uniformity.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
Розділ 1. Стан питання і задачі досліджень.....	10
1.1 Огляд основних проблем вирощування кукурудзи.....	10
1.2 Агротехнічні вимоги до посіву просапних культур.....	17
1.3 Вплив якісних показників посіву на врожайність культур.....	19
Розділ 2. Аналіз досліджень факторів, що впливають на якісні показники роботи сівалок точного висіву	23
Розділ 3. Експериментальні дослідження факторів, що впливають на якісні показники роботи сівалок точного висіву.....	29
3.1 Будова та особливості застосування системи точного висіву «Precision Planting Delta Force».....	29
3.2 Програма та методика експериментальних досліджень.....	31
3.3 Аналіз відхилень від заданої глибини посіву та дотримання заданого інтервалу між рослинами в рядку	34
3.4 Аналіз урожайності кукурудзи на досліджуваній ділянці.....	36
Висновки.....	39
Список використаних джерел.....	40

ВСТУП

1. Актуальність теми

Посів кукурудзи є однією з найважливіших агротехнічних операцій, від якості виконання якої безпосередньо залежить продуктивність рослин. Використання сівалок точного висіву з елементами автоматичного контролю, зокрема системи Delta Force, дозволяє регулювати тиск на ґрунт та контролювати рівномірність висіву, що сприяє підвищенню агротехнічних та економічних показників посіву.

2. Аналіз стану наукової розробки проблеми

У науковій літературі питання оптимізації роботи сівалок точного висіву досліджувалися багатьма авторами. Відомо, що рівномірність висіву, дотримання глибини загортання насіння та правильне розташування рослин у рядку суттєво впливають на подальший розвиток культури та врожайність. Однак існують суперечності щодо оптимальних швидкостей руху посівного агрегату та впливу систем автоматичного контролю секцій на якість посіву. Незважаючи на наявність численних досліджень, відсутні комплексні експериментальні оцінки ефективності застосування систем Delta Force саме для сівби кукурудзи в українських умовах. Це визначає необхідність проведення подальших наукових досліджень у цьому напрямі.

3. Мета дослідження

Метою роботи є визначення впливу швидкості руху посівного агрегату та застосування системи Delta Force на якісні показники посіву кукурудзи сівалками точного висіву.

4. Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є технологічний процес посіву кукурудзи сівалкою точного висіву, обладнаною системою Delta Force.

5. Предмет дослідження

Предметом дослідження є вплив швидкості руху агрегату та роботи системи автоматичного контролю на якість посіву, що проявляється у

рівномірності висіву, дотриманні глибини загорання насіння та оптимальному розташуванні рослин у рядку.

6. Завдання дослідження

Для досягнення мети дослідження поставлено наступні завдання:

1. Провести огляд наукових джерел щодо якості посіву кукурудзи та впливу параметрів сівалок точного висіву.
2. Визначити агротехнічні вимоги до посіву кукурудзи та критерії оцінки якості посіву.
3. Розробити методику експериментальних досліджень для визначення впливу швидкості руху агрегату на якість посіву.
4. Провести експериментальні дослідження з використанням системи Delta Force та проаналізувати отримані дані.
5. Визначити оптимальні швидкісні режими руху посівного агрегату для забезпечення максимальної якості посіву.

7. Методи дослідження

У роботі застосовувалися аналітичні та експериментальні методи дослідження, включаючи польові експерименти, вимірювання глибини загорання насіння, оцінку рівномірності висіву, статистичний аналіз отриманих даних та порівняння врожайності на різних дослідних ділянках.

8. Структура та обсяг роботи

Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. У першому розділі розглянуті основні проблеми вирощування кукурудзи та агротехнічні вимоги до посіву. У другому – проаналізовані дослідження факторів, що впливають на якість роботи сівалок точного висіву. Третій розділ присвячений експериментальним дослідженням із визначення оптимальних швидкісних режимів та оцінки ефективності системи Delta Force. Робота містить 43 сторінки, 14 формул, 3 таблиці, 8 рисунків, 2 додатки та 25 джерел.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Огляд основних проблем вирощування кукурудзи

Кукурудзяний сектор і надалі залишається одним із найперспективніших напрямів для українських аграріїв. Однак виробники сільськогосподарської продукції при вирощуванні цієї культури зіштовхуються з численними труднощами. Серед них — затяжні періоди посухи, інтенсивне поширення бур'янів, ураження шкідниками, а також різноманітні стихійні явища. Це лише частина тих викликів, із якими постійно доводиться мати справу працівникам аграрного сектору.

Однією з найпоширеніших проблем у технології вирощування кукурудзи залишається її висока залежність від погодних факторів. Якщо зазвичай основною причиною зниження врожайності виступає дефіцит вологи, то у 2020 році ситуація виявилася ще складнішою. У низці регіонів надлишок опадів навесні та восени призвів до затримки як посівних, так і збиральних робіт. Через це багато господарств змушені були проводити посів на два-три тижні пізніше від оптимальних строків, що автоматично посунуло й терміни збирання врожаю. За статистичними даними станом на 9 грудня того року було зібрано лише близько 87% площ, засіяних кукурудзою на зерно.

Удосконаленням технологій і пошуком шляхів адаптації до кліматичних змін займаються не лише науково-дослідні установи, а й провідні компанії, що спеціалізуються на селекції насіння. Одним із найперспективніших напрямів сучасної селекції є створення гібридів кукурудзи з підвищеною ефективністю використання вологи. Такі сорти в оптимальних умовах демонструють властивості інтенсивних гібридів, а за посушливих обставин — ознаки стійких до браку вологи. Це дає можливість отримувати стабільно високі врожаї незалежно від змін клімату чи погодних коливань. Для агровиробника, який обирає подібні інноваційні гібриди, зникає потреба хвилюватися, якою буде погода у конкретному сезоні — він

може планувати посіви впевнено, розраховуючи на передбачуваний результат.

З метою зниження негативного впливу атмосферної та ґрунтової посухи, провідні господарства, що займаються вирощуванням кукурудзи, усе частіше впроваджують застосування фунгіцидів за 10–15 днів до фази викидання волоті. Це дає можливість зменшити стрес рослин у критичний період формування качана, коли нестача вологи може призвести до зниження запліднення та скорочення кількості зерен. Крім того, у посушливі роки часто активізуються листові хвороби — гельмінтоспоріоз північний і південний, які при масовому розвитку здатні зменшити урожайність аж до 70%. Використання комбінованих препаратів із фунгіцидною та фізіологічною дією дозволяє підвищити стійкість рослин до стресу, запобігти передчасному висиханню листової маси, стимулювати накопичення хлорофілу та посилити процеси фотосинтезу. У підсумку це сприяє зростанню врожайності та підвищенню якості зерна.

Ще один важливий аспект — вибір посівного матеріалу. Фахівці радять купувати насіння виключно у сертифікованих дистриб'юторів або в надійних постачальників, які мають офіційне підтвердження походження товару. На жаль, у сучасних ринкових умовах проблема контрафактного насіння набуває дедалі більшого масштабу. Його приваблива ціна часто вводить в оману аграріїв, однак наслідки використання підробок можуть бути вкрай негативними. Зазвичай підробляють саме найпопулярніші гібриди від провідних міжнародних компаній, що спеціалізуються на виробництві якісного насіння кукурудзи. Тому, обираючи насінневий матеріал, аграрії мають діяти максимально обережно, щоб гарантувати стабільність і надійність майбутнього врожаю.

Попри складність питання, великі аграрні компанії мають у своєму розпорядженні досвідчених фахівців і відпрацьовані методики, які дозволяють точно підтвердити автентичність посівного матеріалу. Окрім сучасних систем захисту на мішках, що допомагають перевірити

справжність продукту ще до моменту висіву, існує можливість відправити до спеціалізованої лабораторії зразки кукурудзяної рослини — частину листка, фрагмент стебла або навіть насіння. У лабораторних умовах, за допомогою методів молекулярної діагностики, спеціалісти визначають, до якого саме гібриду належить зразок, що дозволяє уникнути підробок і гарантувати якість посівного матеріалу.

Досвідчені агрономи радять господарствам не обмежуватися одним постачальником, а висівати насіння принаймні двох чи трьох різних компаній. Такий підхід мінімізує ризики і дає змогу ефективніше адаптуватися до змін погодних умов. Крім того, важливо обирати гібриди з різними показниками ФАО — це забезпечує можливість змінювати строки сівби й збирання врожаю, що особливо важливо в умовах нестабільного клімату.

Світова селекція кукурудзи за останнє десятиліття зробила суттєвий крок уперед: з'являються нові гібриди з підвищеним потенціалом урожайності, які до того ж швидше втрачають вологу під час дозрівання. Наприклад, середньоранні гібриди з ФАО 220–250 можуть демонструвати врожайність, співставну з гібридами з ФАО 300, а за здатністю віддавати вологу вони наближаються до ранньостиглих форм із ФАО близько 200. Проте діє незмінне правило: щоб отримати максимальну віддачу від кукурудзи, потрібно добирати гібриди такої групи стиглості, щоб їх потреби у теплі та світлі відповідали природним умовам регіону вирощування.

Слід також пам'ятати, що подовження вегетаційного періоду у гібридів з вищим числом ФАО безпосередньо пов'язане зі збільшенням потенційної урожайності. Однак разом із цим підвищується ризик втрат під час дефіциту вологи або надмірно високих температур у критичні фази розвитку культури. Найважливішими періодами для кукурудзи є десятиденка до появи мітелок, етап викидання, фаза цвітіння та ще десять днів після неї. У південних областях, де часто спостерігається нестача опадів і висока температура повітря, не рекомендується віддавати перевагу

середньопізнім гібридам із великим ФАО, оскільки критичний період їх росту може збігтися зі спекотними днями.

Під час посушливого літа, коли температура перевищує +30 °С, а рослини відчувають нестачу вологи, відбувається порушення процесу запилення, що зрештою спричиняє істотне зниження врожайності.

Щороку українські господарства, що займаються вирощуванням кукурудзи, стикаються з низкою типових проблем. Серед них — сильне засмічення посівів злаковими бур'янами, наявність багаторічних дводольних видів, ушкодження стебел кукурудзяною метеликою та бавовняною совкою, а також поширення таких захворювань, як пухирчаста сажка й кореневі гнилі. Усі ці чинники істотно впливають на кінцевий результат і потребують комплексного підходу до захисту посівів.

Сільськогосподарські підприємства, що застосовують традиційні методи обробітку ґрунту, дотримуються правильного чергування культур у сівозміні та використовують сертифіковані оригінальні засоби захисту для контролю бур'янів у посівах кукурудзи, зазвичай мають значно менше проблем із забур'яненістю. Однак таких заходів недостатньо. Ключовим чинником залишається суворе виконання регламенту застосування пестицидів. Досить часто аграрії свідомо ризикують, використовуючи дешевші генерики, нехтуючи оптимальними строками внесення, температурним режимом та коректним налаштуванням обприскувальної техніки. Сукупність цих факторів зрештою призводить до суттєвих втрат урожайності зерна.

Водночас у багатьох господарствах останнім часом помітно зросла увага до раннього контролю бур'янів у кукурудзяних посівах. Експерти наголошують, що без своєчасного знищення бур'янової рослинності досягти максимальної врожайності практично неможливо. Молоді сходи кукурудзи є надзвичайно чутливими до конкуренції за вологу, світло та поживні речовини, тому чим раніше проводиться знищення небажаної рослинності, тим слабший її негативний вплив на продуктивність культури.

Численні наукові експерименти підтверджують: використання ґрунтових гербіцидів забезпечує збереження врожайного потенціалу кукурудзи ефективніше, ніж навіть своєчасні фоліарні обробки на ранніх стадіях розвитку бур'янів.

Попри високу якість препаратів, спеціалісти наголошують на необхідності безумовного дотримання норм витрати та строків внесення, рекомендованих виробником. Для кукурудзи оптимальним періодом внесення гербіцидів є фаза 3–5 листків, коли рослини найменш вразливі до стресових чинників, спричинених дією хімічних речовин.

Контроль бур'янів має подвійне значення, адже саме на них на початкових етапах розвитку культури з'являються та розмножуються перші шкідники. Серед них особливу загрозу становлять дротяники — личинки жуків-лускунів. Вони пошкоджують насіння одразу після посіву, виїдаючи зародок і ендосперм, а згодом нищать підземні частини стебел та кореневу систему. Це веде до зменшення густоти стояння рослин, що особливо відчутно за високої чисельності шкідників.

Найрезультативнішим способом боротьби з ними вважається протруювання насіння інсектицидними засобами перед висівом. Водночас деякі види шкідників, наприклад кукурудзяна коренева попелиця, швидко набувають стійкості до певних діючих речовин, тому впродовж усього періоду вегетації слід чергувати препарати з різних хімічних груп. Проти таких небезпечних видів, як кукурудзяний метелик чи бавовняна совка, ефективність підвищується при поєднанні хімічного захисту з біологічними методами — використанням трихограми або габробракона.

Попри відносну простоту технології вирощування кукурудзи, для отримання стабільно високих урожаїв необхідно дотримуватися низки агротехнічних вимог. Однією з ключових є раціональна сівозміна. Нерідко фермери висівають кукурудзу кілька років поспіль на одному полі, що допустимо лише за відмінного фітосанітарного стану ґрунту. Якщо ж попередній урожай мав навіть незначні прояви пухирчастої чи курної сажки,

повторний посів недопустимий, адже у ґрунті залишаються тіліоспори збудників, здатні суттєво збільшити рівень інфекційного навантаження наступного сезону.

Як застерігають фахівці, у результаті ігнорування цих вимог урожай може знизитися на 10–60 %. Оптимальними попередниками для кукурудзи є зернобобові, озимі зернові та ріпак. Натомість розміщення її після цукрових буряків категорично не рекомендується, оскільки ця культура виснажує ґрунт, вилучаючи значні кількості мікроелементів — бору, цинку, кальцію, магнію та марганцю, відновити баланс яких на кукурудзяному полі практично неможливо. До того ж збирання буряку припадає на пізню осінь, що значно ускладнює якісну підготовку поля під майбутні посіви кукурудзи.

Особливого значення під час вирощування кукурудзи набуває правильне визначення густоти сівби. Цей показник формується під впливом низки чинників, серед яких ключову роль відіграють рівень забезпечення вологою у конкретній кліматичній зоні, тривалість вегетаційного періоду гібриду та його стійкість до надмірного загущення. Загальновідоме правило говорить, що при достатній кількості опадів упродовж вегетації оптимальна густина рослин на момент збирання становить близько 80–90 тисяч рослин на гектар. Якщо ж кількість вологи обмежена, показник знижується до 60 тисяч екземплярів на гектар.

Фахівці звертають увагу, що ранньостиглі гібриди доцільно висівати дещо густіше — приблизно на 10–15% більше порівняно із середньостиглими формами. Крім того, кукурудза з еректоїдним типом листової поверхні краще переносить ущільнення посівів, ніж рослини з розлогою листовою масою. Проте збільшення густоти стояння рослин часто супроводжується ризиком інфекційних уражень через погану циркуляцію повітря між рядами. Тому необхідно враховувати як рівень толерантності конкретних гібридів до патогенів, так і загальний фітосанітарний стан регіону.

Надмірна густина стояння також може призводити до вилягання стеблостою, що ускладнює механізоване збирання і стає причиною помітних втрат урожаю. Додатково збільшення кількості рослин на одиниці площі автоматично підвищує норму висіву насіння, а отже, й витрати на посівну кампанію.

Система удобрення кукурудзи, що вирощується на зерно, повинна розроблятися індивідуально для кожної конкретної ділянки. Застосування балансового підходу при розрахунку доз мінеральних добрив сприяє підвищенню економічної ефективності технології вирощування. Найкращий результат забезпечують важкорозчинні фосфорні та калійні сполуки, а також частина азотних добрив, які доцільно вносити восени під оранку, рівномірно розподіляючи їх у межах орного шару. Основну частину азоту та частково фосфорно-калійні добрива часто застосовують навесні під час сівби або під час міжрядних обробітків для підживлення рослин.

У посушливих зонах рекомендується вносити мінеральні добрива під основний обробіток у розрахунку N 60 – 90, P 60, K 60 кг/га. У регіонах з достатнім зволоженням дози збільшують до N 90 – 120, P 60 – 80, K 60 кг/га. Разом із мінеральними сполуками бажано застосовувати органічні добрива — близько 40–60 т/га. Розрахунок норм внесення слід уточнювати, враховуючи попередник, природну родючість ґрунту, біологічні властивості гібрида та запланований рівень урожайності.

Добрива потрібно застосовувати на основі фактичного вмісту поживних елементів у ґрунті, використовуючи результати агрохімічних досліджень кожного конкретного поля. Навіть у межах одного господарства недоцільно встановлювати однакову дозу добрив для всіх площ під кукурудзою, оскільки кожна ділянка має свої особливості. Тому агротехнічні заходи повинні спиратися на дані агрохімічних картограм і індивідуальні властивості ґрунту.

Для кукурудзи, як і для більшості польових культур, найважливішими є азот, фосфор і калій, кількість яких коригується відповідно до бажаного

рівня врожайності. Для утворення однієї тонни зерна рослини споживають у середньому 25–30 кг азоту, 10–15 кг фосфору, 30–40 кг калію, а також 6–10 кг кальцію й магнію.

Щоб покращити азотне живлення, під кукурудзу зазвичай застосовують аміачну селітру, карбамід, КАС або сульфат амонію. Із фосфорних сполук найчастіше використовують суперфосфат, а для компенсації нестачі калію — хлористий калій. Серед комплексних добрив, що містять кілька елементів живлення, ефективними є амофос, нітроамофос, нітроамофоска та азофоска. При цьому фосфорні й калійні препарати доцільно вносити восени, тоді як азотні — навесні перед сівбою та під час вегетації. Це пояснюється тим, що в осінньо-зимовий період азот вимивається у глибші горизонти ґрунту і стає недоступним для рослин у весняний сезон.

1.2 Агротехнічні вимоги до посіву просапних культур

Просапні рослини висівають переважно квадратно-гніздовим або пунктирним методом. Вибір способу сівби визначає особливості дотримання агротехнічних параметрів, що мають важливе значення для забезпечення рівномірних сходів і високої урожайності. Специфічні вимоги до висіву просапних культур передбачають такі положення:

1. Відхилення глибини загортання насіння від заданої величини допускається не більше ніж на $\pm 1,0$ – $1,5$ см.
2. Межі допустимих коливань ширини міжрядь становлять: для основних — не більш як $\pm 1,0$ см, а для стикових — не перевищують $\pm 5,0$ см.
3. Під час застосування квадратно-гніздового методу у кожне гніздо висівають певну кількість насіння: соняшнику — 2–3 шт., баштанних культур — 3–4 шт., бавовнику — 4–5 шт. При цьому довжина гнізда не повинна перевищувати 10 см.

4. Для пунктирного способу кількість насіння, призначеного на 1 га, має бути приблизно на 30 % більшою за розрахункову норму. Відхилення від інтервалу між зернами в рядку допускається не більш як $\pm 30\%$, причому не менше 85 % зерен повинні відповідати цим вимогам.
5. Необхідно забезпечити прямолінійність рядків у поздовжньому напрямку, а для квадратно-гніздового посіву — ще й у поперечному. Зміщення центрів гнізд відносно осі поперечних рядків на довжині трьох суміжних проходів агрегату не повинно перевищувати $\pm 8\%$.
6. Робоча ширина посівного агрегату має бути кратною або рівною ширині агрегату, що використовується для міжрядної обробки посівів.
7. Відхилення від заданої норми висіву становить для кукурудзи $\pm 4\text{--}7\%$, для соняшнику — не більш як $\pm 5\%$. Похибка при одночасному внесенні мінеральних добрив не повинна перевищувати $\pm 10\%$.

Під час першого проходу посівного комплексу перевіряють фактичну глибину загортання насіння, а в ході наступних — дотримання норми висіву насіння, внесення добрив і гербіцидів, рівномірність роботи секцій та правильність положення маркерів. Остаточна оцінка якості функціонування сівалок проводиться після появи сходів. Основними критеріями є точність норми висіву, сталість глибини загортання насіння, прямолінійність рядків і відсутність уступів між суміжними проходами агрегату. Додатково беруть до уваги ширину основних та стикових міжрядь.

Посів просапних культур здійснюють у найбільш сприятливі строки, коли ґрунт достатньо прогрітий і відповідає біологічним вимогам культури. Поле перед сівбою має бути ретельно вирівняне: не допускаються високі звальні гребені понад 5 см та глибокі розвальні борозни більше 10 см [11, 13].

Паралельно з висівом у рядки зазвичай вносять мінеральні добрива. Для отримання рівномірних сходів застосовують каліброване насіння, попередньо оброблене пестицидами. Насіння повинно рівномірно

розміщуватися в ґрунті на задану глибину по всій площі поля та формувати чіткі прямі рядки з однаковими інтервалами між ними.

Контроль якості посіву виконують двічі: під час щозмінного (оперативного) спостереження та при остаточному прийманні робіт. Повсякденний контроль проводять механізатори, сіячі й агроном господарства, звертаючи увагу на такі параметри: точність дотримання норми висіву, глибину загортання насіння, якість роботи висівних апаратів та правильність формування стикових міжрядь.

Глибину посіву визначають за спеціально розкритими борозенками відповідно до затвердженої методики. Вона не повинна відрізнятись від встановленої більш ніж на 1,5–2 см. Ширину стикових міжрядь оцінюють за правилами, прийнятими для визначення якості посівів зернових культур.

Контроль норми висіву можна здійснювати кількома способами, проте найчастіше користуються таким методом: у одному чи кількох проходах агрегату розкривають усі рядки на довжині 1 м і підраховують кількість насіння в борозенці. Середнє значення, помножене на відповідний коефіцієнт переводу, дає фактичну норму висіву. Отриманий результат повинен дорівнювати розрахунковому або бути дещо більшим.

Для визначення густоти стояння рослин доцільно проводити підрахунок не за площею, а за довжиною рядка. При ширині міжрядь 45, 60, 70 та 90 см облік ведуть відповідно на відрізках 22,2; 16,7; 14,3 та 11,1 м рядка, оскільки кількість рослин на зазначених відрізках чисельно відповідає густоті стояння у тисячах штук на гектар.

1.3 Вплив якісних показників посіву на врожайність культур

Ефективне функціонування сучасного аграрного виробництва неможливе без високої продуктивності посівних агрегатів, здатних універсально поєднувати різноманітні робочі органи в єдиній конструкції. Важливою вимогою також є забезпечення швидкого, безпечного й зручного транспортування техніки дорогами загального користування.

У наш час, поряд із традиційними критеріями надійності та ефективності машин, на перший план виходять такі характеристики, як конкурентоспроможність продукції, багатофункціональність, універсальність, здатність працювати в різних природно-виробничих умовах, оптимальне співвідношення вартості й якості, а також належний рівень технічного обслуговування. Виробники сільськогосподарської техніки повинні проявляти гнучкість і швидко реагувати на постійно змінювані вимоги аграріїв.

Подальший розвиток посівних машин відбувається у напрямі покращення рівномірності подачі насіння та мінеральних добрив до сошників, стабільного дотримання заданої глибини висіву, збільшення об'єму бункерів, а також скорочення часу, необхідного для переведення широкозахватних агрегатів із робочого в транспортне положення й навпаки.

Незалежно від конструкційного типу, усі сучасні сівалки удосконалюються з метою покращення якості технологічного процесу на кожній стадії. Досягнення високих показників можливе лише за умови правильного вибору типу, параметрів і конструкції робочих органів відповідно до конкретних ґрунтово-кліматичних особливостей регіону.

Згідно з результатами опитування керівників аграрних підприємств, серед головних критеріїв оцінювання сівалок перше місце займає якість виконання посіву, друге — надійність у роботі, а третє — співвідношення вартості до ефективності.

Основними факторами, які під час сівби визначають майбутню врожайність, вважаються норма висіву, інтервал між рослинами в рядку, частота появи двійників і пропусків, а також дружність проростання насіння. При цьому, як показує практика, саме норма висіву має відносно менший вплив на урожай, тоді як відстань між насінням, тобто точність розкладки, є важливішою. Ще вагомішим чинником виступає сінгуляція — показник кількості двійників і пропусків.

Більшість виробників сівалок акцентують увагу користувачів на технологічних рішеннях, спрямованих на мінімізацію таких відхилень. Проте сам по собі цей аспект не гарантує максимального результату, оскільки забезпечує лише рівномірність розподілу насіння по площі. Насправді ж найбільший вплив на урожай має рівномірність та синхронність проростання культур.

Під поняттям рівномірності сходів мається на увазі не лише відсоток схожості, а й ступінь одночасності появи паростків. Оптимальними вважаються дружні сходи, отримані протягом перших 36–48 годин після висіву. Якщо частина рослин з'являється пізніше, ніж за дві доби, то ті, що проросли раніше, швидко пригнічують запізнілі, що призводить до зниження врожайності.

Причини такої нерівномірності сходів вдалося частково з'ясувати завдяки експериментальним дослідженням і даним, отриманим за допомогою технологій точного землеробства. Зокрема, було встановлено, що навіть на глибині, рекомендованій науковими джерелами як оптимальна для певної культури, вологість ґрунту може змінюватися в межах 20–60%. Для успішного проростання ж необхідно, щоб цей показник на глибині розміщення насіння становив не менше 30%.

У зв'язку з цим проведені експерименти підтвердили суттєвий вплив глибини загортання насіння на процес його проростання. Так, у ході одного з досліджень було встановлено, що кукурудза, висіяна на глибину 7,5 см, де спостерігався найвищий рівень вологості ґрунту, практично вся дала сходи через певний час. У той же період насіння, розміщене на глибині 5 см, лише починало проростати через нестачу води, а зерна, висіяні на 2,5 см, залишалися непророслими, очікуючи опадів. Отже, для агронома постійною задачею є пошук оптимального балансу — так званої «золотої середини». Адже при надмірно глибокому посіві насіння отримує більше вологи, але втрачає частину енергії проростання, тоді як при надто мілкому висіві енергія проростання вища, проте води може бути недостатньо.

Крім того, під час одного з нещодавніх експериментів, проведеного торік в Україні на виробничих полях компанії «Кернел», було доведено, що правильне встановлення навантаження на посівну секцію має значно більший вплив на урожай, ніж мінімальна кількість двійників або пропусків під час висіву. Наприклад, за оптимального притискного зусилля, яке діяло на секцію сівалки, та інших однакових умов урожайність кукурудзи становила 143,5 ц/га. Якщо ж притискне зусилля було максимальним, тобто коли всі пружини були закручені до межі, урожай зменшився до 139,5 ц/га. А при зниженні тиску до 85 кг результат зменшився ще більше — до 130 ц/га. Це свідчить про те, що занадто мале притискне зусилля не здатне запобігти підйому сошника під час роботи. Незважаючи на це, значна частина українських фермерів досі використовує легкі сівалки для посіву просапних культур, у яких притискне зусилля не перевищує 85 кг.

Безперечно, кожен досвідчений агроном добре розуміє важливість коригування глибини висіву та притискного зусилля відповідно до фізичних властивостей ґрунту. Однак у реальних умовах господарювання далеко не всі сільгоспвиробники змінюють налаштування обладнання при переході на поле з іншими характеристиками, оскільки не готові витратити на це по кілька годин із тривалого робочого дня, який у весняний сезон може тривати до 18 годин.

Саме тому в останні роки активний розвиток технологій точного землеробства відкрив можливість дистанційно регулювати притискне зусилля без виходу з кабіни трактора. Причому така зміна здійснюється окремо для кожної секції — аналогічно до того, як раніше впровадження систем точного землеробства дозволило автоматично регулювати норму висіву. Проте застосування подібних інноваційних систем вимагає значних фінансових інвестицій. Наприклад, сучасна імпортна пропашна сівалка, обладнана всіма ключовими елементами технологій точного землеробства, коштує для українських аграріїв від 50 до 80 тисяч доларів США.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СІВАЛОК ТОЧНОГО ВИСІВУ

Під час виконання посівних робіт одним із ключових факторів успішного проведення операцій є точність розміщення посівного матеріалу, що особливо критично для просапних культур, де невеликі відхилення можуть суттєво вплинути на врожайність. Під точністю висіву зазвичай розуміють оптимальне розташування насіння не лише по площі поля, а й по глибині загортання, що забезпечує рівномірне проростання та розвиток рослин.

Рівномірне розміщення насіння в ґрунті забезпечується завдяки роботі сошникових і прикочуючих робочих органів, які формують правильну посадкову глибину та щільність загортання. Однорідність розподілу насіння вздовж рядка досягається за рахунок високоточної роботи висіваючого апарату, насіннепроводів та напрямних сошників, що разом визначають кінцевий результат у вигляді правильного розташування зерен у рядку. Положення насіння є результатом взаємодії усіх зазначених механізмів та їх конструктивних особливостей. Величезний вплив на точність посіву мають закладені у конструкцію машини параметри, зокрема особливості будови висіваючого апарату, довжина та діаметр насіннепроводів, а також форма і розташування напрямних сошників. Для того щоб ефективно проектувати і вдосконалювати ці вузли, необхідно попередньо визначити методику кількісної оцінки точності розподілу насіння в рядку.

У численних наукових дослідженнях точність посіву оцінювали через показник рівномірності розміщення зерен уздовж напрямку руху сівалки. Для цього обрану довжину рядка розбивали на окремі сегменти, у кожному з яких підраховували кількість насіння. Після цього окремо визначали відносну частку зерен по всій площі ділянки. Такий підхід дозволяє

кількісно оцінити ефективність роботи висівних апаратів та порівнювати їх за цим показником. Проте він виявляється достатньо складним для оперативного застосування безпосередньо в польових умовах, коли швидка оцінка якості посіву є пріоритетною.

Подібну методику визначення точності застосовували під час дослідів на початку 1980-х років, при цьому автори робіт підкреслювали певні обмеження підходу, зокрема відсутність чітких граничних значень параметрів. Було відзначено, що в польових умовах доцільніше проводити кількісну оцінку точності посіву безпосередньо за сходами, з подальшою статистичною обробкою отриманих результатів. Такий метод був підтриманий і економістами як більш практичний та адаптований до реальних виробничих умов. Для досягнення ще більш об'єктивної оцінки рівномірності розподілу насіння по полю було запропоновано використовувати двомірний закон, який враховує відхилення як вздовж напрямку руху сівалки, так і в поперечному напрямку. Безумовно, застосування двомірного підходу дозволяє отримати більш повну картину розподілу насіння на всій площі поля, проте його введення доцільне насамперед для оцінки кінцевого результату посіву, а не для аналізу роботи окремо взятого висівного апарату. У виробничих умовах така методика поки що не набула широкого застосування, оскільки її реалізація потребує додаткових ресурсів та часу [11].

У працях дослідників-аграріїв справедливо зазначалося, що процес висіву насіння за своєю суттю є випадковим явищем, на яке впливає цілий комплекс чинників — як внутрішніх параметрів конструкції та роботи висівного механізму, так і зовнішніх умов експлуатації сівалки точного висіву [12]. Загалом відстані між окремими зернами в ряду мають випадковий характер, їх можна описати на основі статистичних закономірностей розподілу цих величин. Для кількісної характеристики точності висіву застосовуються показники математичного очікування та дисперсії, враховуючи швидкість руху сівалки, часові інтервали між

викидами насіння дозуючим апаратом, а також відхилення зерен від проєктованих точок висіву. Такий підхід дозволяє комплексно оцінювати точність розподілу насіння.

Водночас встановлені функціональні зв'язки між параметрами внутрішньої структури висівної системи та результативними характеристиками її роботи надають можливість порівнювати різні дозуючі механізми, які відокремлюють окремі насіння від загальної маси. Поняття кількісної оцінки точності висіву було запропоноване на початку 1990-х років. Під «точністю» розуміють такий спосіб висіву, при якому інтервали між зернами розподіляються відповідно до нормального закону з параметрами μ та $2b$, причому середнє значення інтервалу повинно задовольняти умові $x \geq 6b$. У такому випадку коефіцієнт варіації не перевищує 16,8%.

Для оцінки роботи висівних апаратів використовують поняття ймовірності точності посіву, що визначається ймовірністю виконання таких умов:

- отвори для насіння заповнюються повністю;
- у кожному отворі розміщується лише одне насіння;
- відхилення насіння від запланованої точки висіву не перевищує довжину інтервалу між насінням.

У деяких дослідженнях основний акцент при вивченні точності посіву роблять на фактичному розташуванні зерен у борозні як остаточному результаті. Момент скидання насіння дозуючим елементом розглядається як випадковий процес, і, виходячи з цього, траєкторію руху зерен до поверхні ґрунту також варто розглядати як випадковий, що призводить до відхилень у положенні насіння вздовж ряду. У таких випадках, як і в багатьох інших дослідженнях, оцінка точності висіву базується на числових статистичних характеристиках інтервального розподілу зерен. Визначаються середні значення інтервалів та їх дисперсія.

Рівномірність формування потоку насіння залежить від низки факторів впливу. Передусім необхідно виділити такі ключові складові, як початкова швидкість викиду зерен та момент їх відділення від присмоктувальних осередків. Ці характеристики визначаються як геометричними параметрами, так і формою висіваючого матеріалу. Таким чином, початкові умови формування зернового потоку носять випадковий характер, відповідно розподіляються за статистичними законами та мають кількісні характеристики.

Особливе значення для точності посіву мають кінематичні режими дозуючих елементів. Дослідження показали, що окрім основних факторів, на точність розподілу насіння впливає й процес розкочування зерен по дну борозни. Саме це пояснює, чому сівалки точного висіву не завжди досягають нормативних показників точності: наприклад, для насіння кукурудзи виконання 90% норми фактично складає лише третину від встановлених стандартів [8].

Точність розміщення насіння вздовж посівного ряду значною мірою визначається швидкістю руху агрегату для посіву. Коли швидкість перевищує 0,28 м/с, існуючі механізми дозування насіння значно втрачають точність і потребують технічного вдосконалення, спрямованого на зменшення частоти пропусків та утворення двійників.

Дослідники підкреслюють, що неправильний режим роботи висівного апарату пов'язаний із варіаціями норм висіву та швидкістю руху сівалки точного висіву. Було встановлено, що при посіві цукрових буряків кількість насінин у ряду коливається від 8 до 25 шт./м і вище, залежно від якості та схожості насіння, фізико-технологічних характеристик ґрунту та інших умов. Автори відзначають, що швидкість руху сівалки при цьому може змінюватися в діапазоні 4,5–9 км/год, а диски висівного механізму коливаються в межах 0,188–0,751 м/с, що прямо впливає на якість посіву.

У численних джерелах наголошується, що оптимальними значеннями швидкості для нормального функціонування апаратів є 0,24–0,36 м/с для

диска. Для забезпечення таких режимів роботи була розроблена спеціальна номограма, яка дозволяє швидко підібрати відповідні диски та швидкість сівалки відповідно до заданої норми висіву Q , шт./м. Використання цієї номограми дало можливість визначити раціональні швидкості агрегату у межах 3–9 км/год залежно від обраного диска і норми висіву. Впровадження таких рекомендацій підвищило допустиму агротехнічну швидкість роботи сівалки, збільшило продуктивність та забезпечило точність розміщення насіння.

Розподіл рослин уздовж ряду визначається багатьма чинниками, його рекомендують оцінювати за допомогою коефіцієнта варіації. Цей безрозмірний показник, що враховує середнє значення та середнє відхилення, дає найбільш об'єктивну оцінку точності процесу та дозволяє порівнювати ефективність різних апаратів. Водночас доведено, що значення коефіцієнта варіації залежить від довжини дослідного поля, що створює додаткові умови під час експериментів і знижує універсальність цього параметра для оцінки якості посіву. Альтернативно, точність можна визначати за відхиленням фактичного розташування насіння від теоретично розрахованого, виражаючи результат у відсотках та порівнюючи його з допустимими нормами для конкретної культури.

Вплив точності висіву на урожайність наочно демонструють на прикладі цукрових буряків. Згідно з даними численних досліджень, шестикратне збільшення коефіцієнта варіації (з 0,2 до 1,2) призводить до зниження врожайності на 150 ц/га. Основною причиною недостатньої точності є робота висівного апарату, який під час формування потоку насіння створює пропуски та двійники. Тому підвищення точності посіву насамперед пов'язане з модернізацією апарату як дозувальної системи, що забезпечує відокремлення насіння від загальної маси та формування стабільного безперервного потоку.

Вітчизняні та зарубіжні дослідження підтвердили, що швидкість руху сівалки істотно впливає на точність висіву. Було встановлено, що при

перевищенні 2 м/с точність розміщення насіння різко знижується. Усунути цю закономірність можливо шляхом удосконалення системи дозування апарату, що особливо актуально в сучасних умовах землеробства, коли спостерігається загальна тенденція до підвищення продуктивності робіт та скорочення часу їх виконання.

Для покращення точності дозування пропонується вводити додаткову операцію попередньої орієнтації насіння перед захопленням осередком апарату. Ефективність оцінюють за середньоарифметичним інтервалом між насінинами, середньоквадратичним відхиленням від середнього та коефіцієнтом варіації. Такий підхід є найбільш придатним для об'єктивної оцінки точності роботи висівного механізму.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СІВАЛОК ТОЧНОГО ВИСІВУ

3.1 Будова та особливості застосування системи точного висіву «Precision Planting Delta Force»

Проведений аналіз ринку сільськогосподарської техніки дозволяє зробити висновок, що система Delta Force Precision Planting належить до найсучасніших рішень для регулювання притискного зусилля сошника. Вона монтується на кожну окрему секцію та кожен рядок сівалки, контролюючи вагу секції та її контакт із ґрунтом. Завдяки цьому система забезпечує швидке і автоматичне підтримання обраного оператором режиму тиску, який встановлюється через монітор, що є важливою умовою для підвищення продуктивності посівів [6].

Технологія Delta Force сумісна з більшістю сучасних сівалок від відомих виробників, таких як John Deere, Case IH та Kinze. Вона працює у взаємодії з дисплеєм 20/20 Seed Sense, замінюючи традиційні пружини чи повітряні подушки. Система оснащена тензометричними датчиками (рис. 3.1), які фіксують прикладене до секції зусилля і передають інформацію на Seed Sense, а також гідравлічними циліндрами (рис. 3.2), що регулюють необхідний тиск.

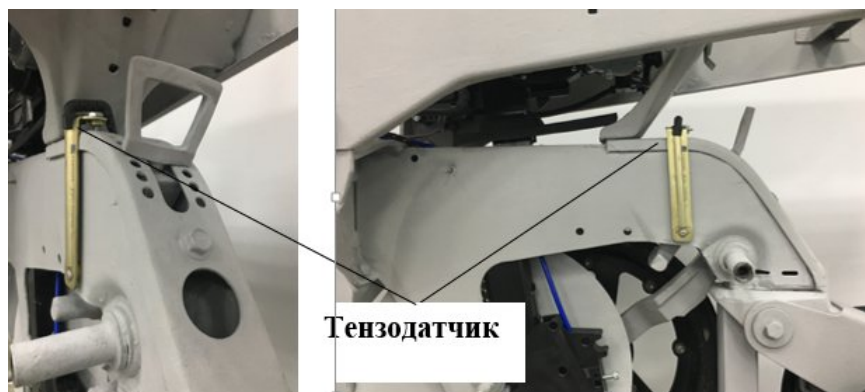


Рис. 3.1 - Тензодатчик системи контролю рівномірності ходу сошника
Контроль функціонування Delta Force здійснюється через монітор
20/20, на якому можна переглядати карти посіву з відображенням

притискної сили в реальному часі, використовуючи iPad. Такий підхід дозволяє точно оцінювати роботу системи та своєчасно коригувати параметри для оптимального контакту сошника з ґрунтом.



Рис. 3.2 - Гідроциліндр системи забезпечення рівномірності ходу сошника Delta Force

Карта Field View демонструє загальну ситуацію на полі під час посіву. Недостатній контакт секцій із ґрунтом призводить до того, що насіння висівається неглибоко. Надмірний тиск, навпаки, може спричинити ущільнення кореневої системи культур. Навіть невеликі зміни притискного зусилля для окремого ряду здатні створити значні коливання загального тиску сівалки, що необхідно для підтримки точної глибини закладання насіння. Колеса трактора, старі сліди техніки, ділянки із суглинками, необроблені частини поля та інші мікро-різниці середовища потребують постійного коригування притискної сили для кожної секції. Delta Force забезпечує автоматичне регулювання цього параметра, дозволяючи миттєво адаптуватися до змін мікро-середовища окремо для кожного ряду, що в результаті приносить значні переваги для врожайності.

На лівій частині карти "суміщеного виду" Field View демонструється, як Delta Force керує притискним зусиллям, прикладеним до кожного ряду, щоб зменшити навантаження на секцію та забезпечити стабільну глибину висіву. Видно, що від ряду до ряду та між проходами трапляються суттєві зміни у доданому тиску. Права сторона карти показує практично відсутність синіх зон (де контакт із ґрунтом втрачено) або червоних (де тиск надмірний). Все це досягається завдяки застосуванню Delta Force, що створює оптимальні умови для висіву насіння та сприяє максимально точному посіву.

3.2 Програма та методика експериментальних досліджень

Місце та умови проведення посіву наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Місце та умови проведення посіву соняшнику

№ з/п	
Місце проведення	Сумська обл., сумський район.
Дати посіву	12.04.23 - 15.04.23
Сорт кукурудзи	Бриз ФАО 290
Густота посіву	72000 шт/га
Сівалка	John Deere 24 Row Planter

Під час випробувань посівних агрегатів ми оцінювали такі параметри: рівномірність заглиблення насіння в ґрунт та відстань між окремими зернами при трьох різних швидкостях руху агрегату, як з використанням системи регулювання тиску на секцію, так і без її застосування [13]. Для проведення сівби застосовували сівалку точного висіву John Deere 24 Row Planter. Цей агрегат призначений для висіву соняшника, кукурудзи та сої різного калібру за технологіями мінімальної та нульової обробки ґрунту.

Посівна машина John Deere 24 Row Planter (Рис. 3.3) обладнана системою дозування насіння Vacu Meter. Завдяки її простій та надійній конструкції забезпечується рівномірне розташування насіння по всій довжині рядка.



Рис. 3.3 - Сівалка John Deere 24 Row Planter.

Технічні характеристики John Deere 24 Row Planter:

Система висіву / тип – вакуумна / причіпна

Кількість рядів, шт. – 24

Ширина міжрядь, см – 70

Робоча ширина, м – 16,8

Транспортна ширина, м – 3,7

Обсяг насіннєвого бака, л – 109

Обсяг бака для хв. добрив, л – 1968

Вид рами – складна

Маса, кг – 23 722

Необхідна потужність трактора, к.с. – 220

Для кожної досліджуваної культури визначення показників якості здійснювалися при різних робочих швидкостях агрегату: 6, 9 та 12 км/год. Норма висіву кукурудзи була встановлена на рівні 72 тис. рослин на гектар, що відповідає середній відстані між окремими рослинами 20,06 см.

У ході проведення експериментальних досліджень для вимірювання цих показників застосовувалися лінійка та рулетка. Відомості про показники та методи їх визначення представлені в таблиці 3.2, а також проілюстровані на рисунках 3.4 та 3.5.

Таблиця 3.2 - Контрольовані показники на посіві зернових культур

Показник	Кількість замірів	Прилад або пристосування	Спосіб заміру
Глибина посіву насіння, мм	Не менше 5	Лінійка	Розкопували рядки по ширині захвату та приставляючи лінійку визначали
Відстань між насінинами в рядку, мм	Не менше 5	Рулетка	Розкопували рядки по ширині захвату та клали рулетку вздовж рядка



Рис. 3.4 - Визначення відстані між насінинами в рядку



Рис. 3.5 - Визначення глибини посіву

3.3 Аналіз відхилень від заданих показників якості виконання посіву

Для аналізу зібраної інформації та створення наочних діаграм застосовували програмне забезпечення Microsoft Office Excel.

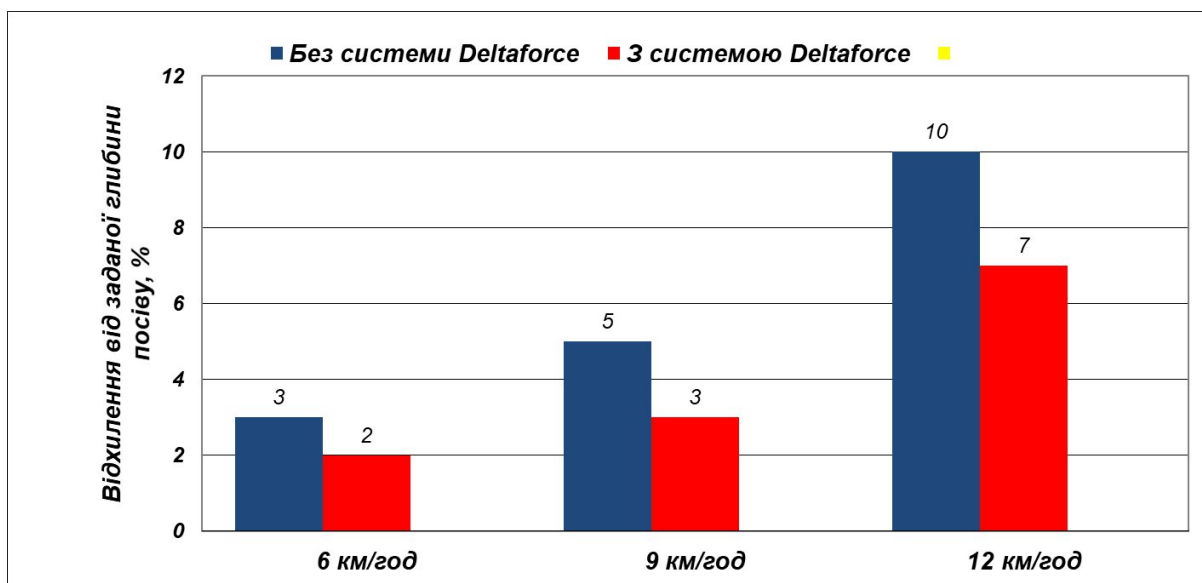


Рис. 3.6 - Залежність відхилення заданої глибини посіву кукурудзи від робочої швидкості агрегату.

Рисунок 3.6 ілюструє зміну величини відхилень від заданої нами глибини висіву кукурудзи залежно від швидкості руху сівалки. Аналіз діаграми показує, що значення відхилень збільшувалися із підвищенням швидкості агрегату, як при використанні системи Delta Force, так і без неї. Для обох методів посіву найбільші відхилення (10 % та 7 %) спостерігалися при швидкості 12 км/год, тоді як найменші показники (3 % та 2 %) були зафіксовані при швидкості 6 км/год. На всіх режимах руху більш точне дотримання встановленої глибини висіву спостерігалось за рахунок застосування системи Delta Force.

На рисунку 3.7 відображено залежність відхилень фактичної норми висіву кукурудзи від зміни швидкості агрегату. Для обох варіантів посіву найгірші результати точності (5,2 % та 3,2 %) були отримані при швидкості 12 км/год, а найкращі (0,8 % та 0,7 %) зафіксовані при швидкості 6 км/год.

На всіх швидкостях найвища точність дотримання інтервалу між насінням досягалася при використанні системи Delta Force.

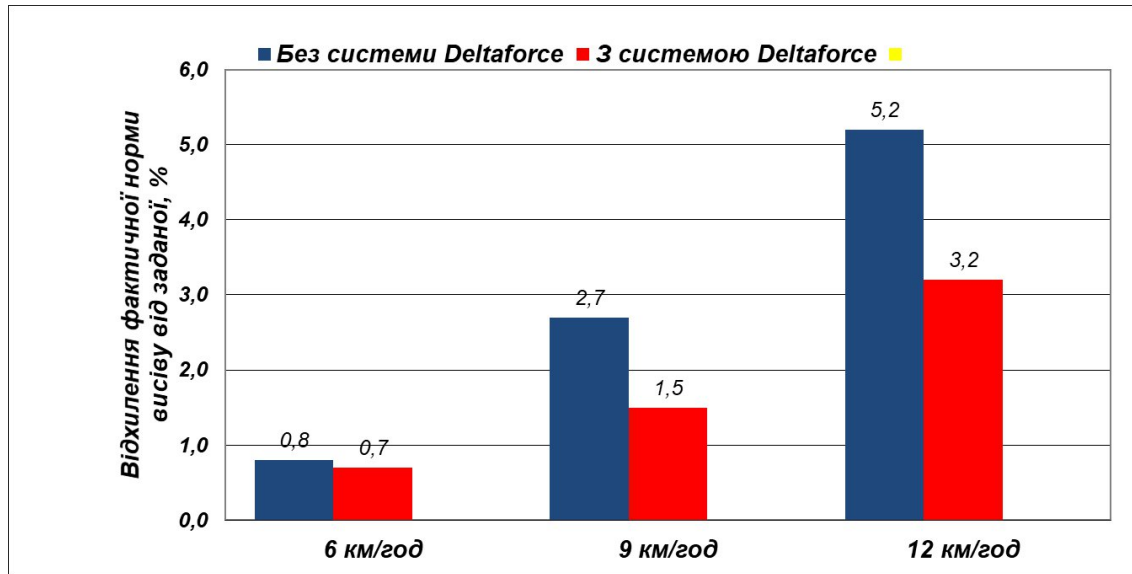


Рис. 3.7 - Залежність відхилення фактичної норми висіву від робочої швидкості агрегату.

На рисунку 3.8 представлено зміну відсотка правильного інтервалу між насіннями в ряду залежно від швидкості пересування агрегату. З графіка видно, що показник забезпечення умовно задовільної дистанції між насіннями знижувався при збільшенні швидкості агрегату як при використанні системи Delta Force, так і без її застосування.

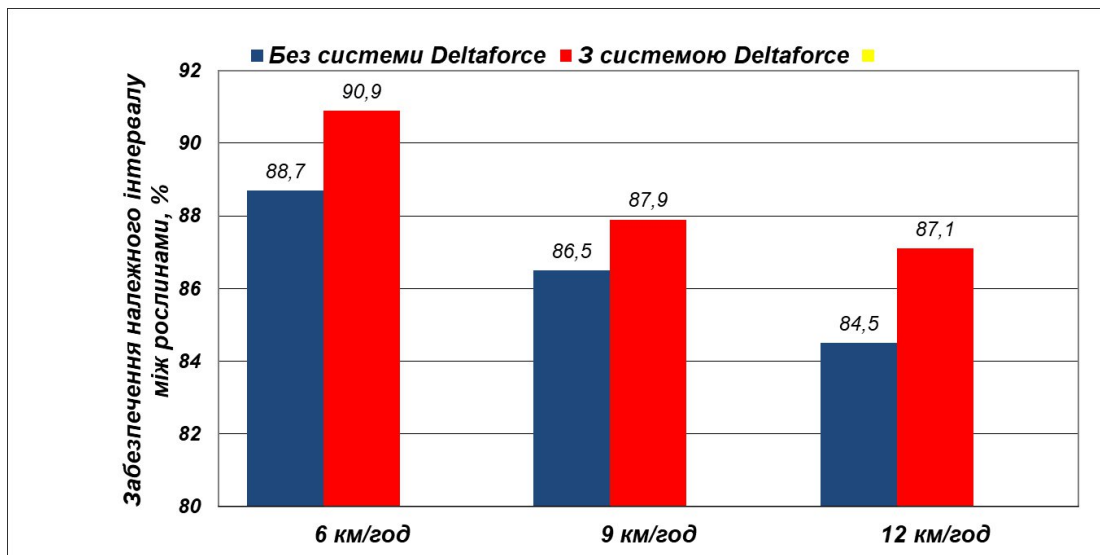


Рис. 3.8 - Відсоток забезпечення належного інтервалу між рослинами при посіві кукурудзи.

Для обох варіантів дослідного посіву найнижчий показник точності (84,5% та 87,1%) спостерігався при русі агрегату зі швидкістю 12 км/год. Натомість при швидкості 6 км/год найвищий відсоток точності був зафіксований під час роботи з системою Delta Force і становив 90,9%. Незалежно від обраної швидкості, найкраще дотримання заданого інтервалу посіву забезпечувала саме система Delta Force.

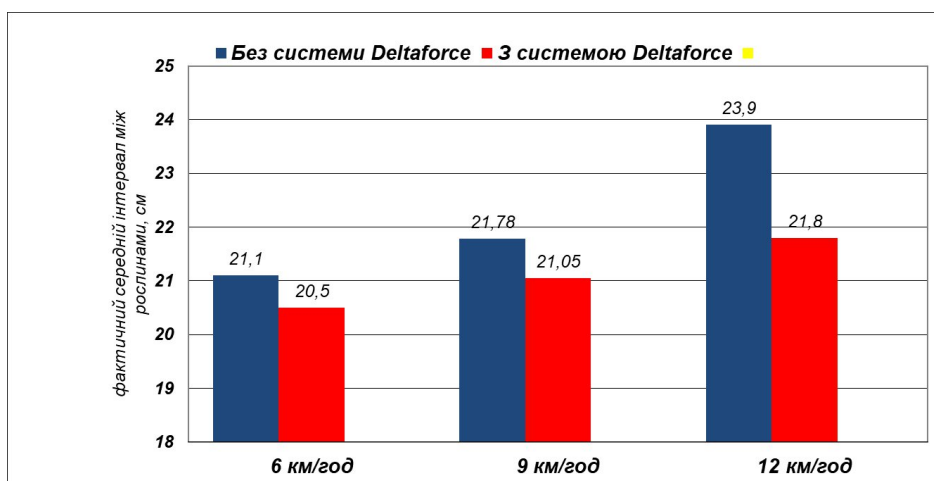


Рис. 3.9 - Зміна середнього інтервалу між рослинами при посіві кукурудзи.

На рисунку 3.9 продемонстровано зміну середнього інтервалу між насінинами в одному рядку залежно від швидкості руху посівної машини. З графіка можна побачити, що середнє значення проміжку між насінинами зростало разом із збільшенням швидкості, як при використанні системи Delta Force, так і без неї. Для обох методів посіву максимальні показники середнього інтервалу (23,9 см та 21,8 см) спостерігалися при швидкості 12 км/год, тоді як при 6 км/год вони були мінімальними (21,1 см та 20,5 см). На всіх досліджених швидкостях точність витримання інтервалу між насінинами була вищою за умови застосування системи Delta Force.

3.4 Аналіз урожайності на досліджуваній ділянці

Застосування під час збору врожаю системи моніторингу продуктивності поля дало можливість скласти карту врожайності досліджуваних зон полів (рис. 3.9).

Як показує уривок карти, на тій ділянці, де при посіві використовувалася система Delta Force, переважає рожевий відтінок, що відповідає рівню врожайності 6,9–7,3 т/га. Натомість на сусідній ділянці, де дана система не застосовувалась, домінує червоний колір, що відповідає меншій врожайності 6,4–6,9 т/га.

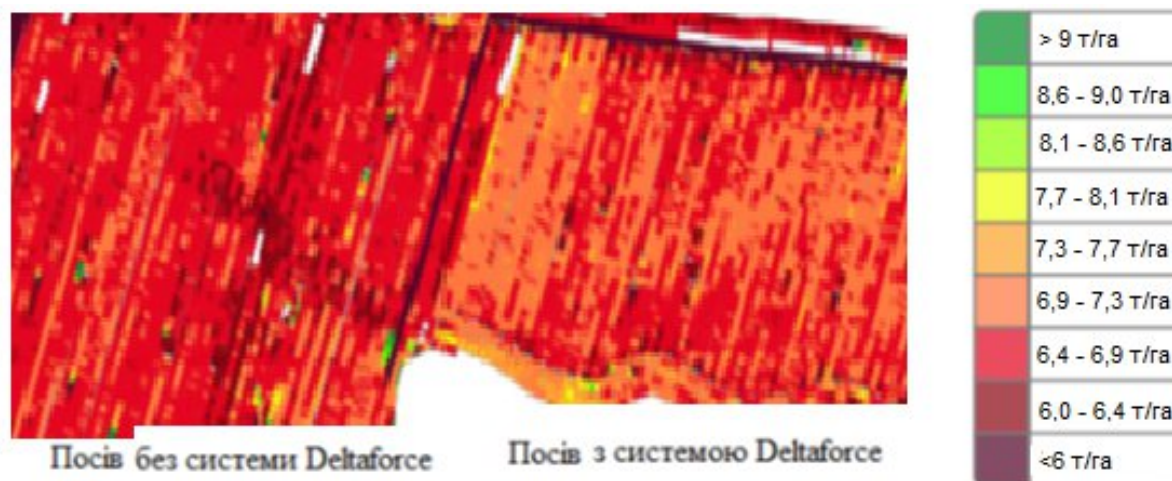


Рис. 3.9 - Карта врожайності кукурудзи на досліджуваних ділянках поля.

Середня продуктивність на ділянці, де використовувалася система Delta Force, досягла 6,976 т/га, тоді як на території, де посів проводився без застосування цієї системи, вона склала 6,487 т/га. Різниця між результатами становила 0,489 т/га або 7,54%.

Беручи до уваги те, що кліматичні умови, забезпечення вологою та поживними речовинами на обох полях були ідентичними, можна стверджувати, що саме більш високоякісний посів кукурудзи з використанням Delta Force став ключовим фактором підвищення врожайності.

Детальний аналіз експериментальних даних дозволив визначити оптимальні параметри швидкості руху посівного агрегату, при яких технологічний процес сівби кукурудзи може виконуватися з досягненням максимальних значень якісних характеристик.

Було встановлено, що найбільш прийнятним діапазоном швидкостей є 6–9 км/год. Використання системи Delta Force дозволяє забезпечити підвищення показників якості роботи агрегату.

Порівнюючи врожайність на досліджуваних ділянках, найкращі результати спостерігалися на полі, де посів здійснювався з застосуванням Delta Force. Середня продуктивність кукурудзи на цій ділянці досягла 6,976 т/га, у той час як на полі без системи – 6,487 т/га, що дає різницю 0,489 т/га або 7,54%.

ВИСНОВКИ

Під час вибору типу посівних машин та визначення їхніх робочих параметрів необхідно брати до уваги широкий спектр факторів. Серед них варто виділити глибину загортання насіння, характеристики ґрунту, рівень вологості, наявність рослинних залишків, особливості конкретного сорту культури, а також неоднорідність умов ґрунту в межах однієї ділянки.

Дослідження експериментальних матеріалів дозволило встановити оптимальні швидкості руху посівного агрегату, при яких можна здійснювати процес сівби кукурудзи з досягненням максимально можливих якісних показників.

Було визначено, що найбільш ефективний діапазон швидкостей становить від 6 до 9 км/год. Використання системи Delta Force дає змогу підвищити рівень якісних показників роботи агрегату та поліпшити загальну ефективність технологічного процесу.

При зіставленні врожайності на різних дослідних ділянках найкращі результати спостерігались на полі, де сівбу кукурудзи проводили з застосуванням системи Delta Force, що підтверджує її позитивний вплив на продуктивність та якість посіву.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Схожість насіння як один із важливих показників [Електронний ресурс] // syngenta.ua. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.syngenta.ua/news/novini-kompaniyi/shozhist-nasinnya-yak-odin-iz-vazhlivih-pokaznikiv>.
2. Чому необхідно перевіряти схожість насіння перед посівом [Електронний ресурс] // Головне управління Держпродспоживслужби в Черкаській області. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.cherk-consumer.gov.ua/hromadianam/upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/novyny-upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/1965-chomu-neobkhidno-pereviryaty-skhozhist-nasinnia-pered-posivom>.
3. Алієв Е. Б. Чисельне моделювання сповільнювача насіння пневматичної сівалки точного висіву / Ельчин Бахтияр огли Алієв, Петро Євгенійович Безверхній // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник / Кіровоградський національний технічний університет. - 2022. - Вип. 52. - С. 86 - 98.
4. Y. Ding, L. Yang, X. He, T. Cui, B. Qi, W. Zhang, Ch. Xie, Zh. Du, Y. Li, D. Zhang, Development and performance evaluation of an automatic section control system for corn precision planters, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 206, 2023, 107670, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107670>.
5. W. Wang, W. Shi, C. Liu, Y. Wang, L. Liu, L. Chen. Development of automatic wheat seeding quantity control system based on Doppler radar speed measurement, Artificial Intelligence in Agriculture, Vol. 15, Issue 1, 2025, pp 12-25, <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2024.12.001>.
6. Полторецький С. П. Оцінка залежності врожайності і показників якості насіння проса залежно від строку та способу сівби / С. П.

Полторецький, Н. М. Полторецька. // ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії. – 2019. – №4. – С. 29–31.

7. Радіонов Д. Якість висіву соняшнику 94%, або Tempo F — сівалка, яку потрібно розуміти [Електронний ресурс] / Д. Радіонов // Агробізнес сьогодні. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/11904-yakist-vysivu-soniashnyku-94protsent-abo-tempo-f-sivalka-iaku-potribno-rozumity.html>.

8. Котигора О. Вплив строків та норм висіву на урожайність соняшника [Електронний ресурс] / О. Котигора // СуперАгроном. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://superagronom.com/articles/484-oleksandr-kotigora-vpliv-strokiv-ta-norm-visivu-na-urojaynist-sonyashnika>.

9. Сіяти соняшник зі змінною нормою чи ні? Результати досліджу на 50 полях [Електронний ресурс] // Агроном. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.agronom.com.ua/siyaty-sonyashnyk-zi-zminnoyu-normoyu-chy-ni-rezultaty-doslidu-na-50-polyah/>.

10. Посів соняшнику на міжряддя 12,5 см [Електронний ресурс] // Агробізнес сьогодні. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2355-posiv-soniashnyku-na-mizhriaddia-12-5-sm.html>.

11. Фактори, які впливають на прибуткове вирощування гібридів кукурудзи [Електронний ресурс] // Seed Ukraine. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://seed-ua.com/ua/factory-yaki-vplyvayut-na-prybutkove-vyroshhuvannya-gibrydiv-kukurudzy/>.

12. Amankulova K., Farmonov N., Mucsi L. Time-series analysis of Sentinel-2 satellite images for sunflower yield estimation, Smart Agricultural Technology, Vol. 3, 2023 DOI:10.1016/j.atech.2022.100098.

13. Налаштування сівалок при проблемах з посівом і глибиною заробки насіння [Електронний ресурс] // Поради від команди DEKALB. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.dekalb.ua/agronomichna-biblioteka/porady-vid-monsanto/nalashtuvannja-sivalok>.

14. Легкодух І. Автоматизовані системи контролю якості сівби для просапних сівалок [Електронний ресурс] / І. Легкодух, Н. Легкодух // Агросеа. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://agrosea.com.ua/UKRNIPVT_POGORILOGO/.
15. Процеси, машини та обладнання АПВ [Текст] : навч. посіб. / М. О. Свірень, В. П. Смірнов, І. М. Осипов та ін. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2018. - 296 с.
16. Як оцінити якість посіву? Plant Counting: Pogostick та дрони [Електронний ресурс] // aggeek. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://aggeek.net/ru-blog/yak-otsiniti-yakist-posivu-plant-counting-pogostick-ta-droni>.
17. Правильний посів: основні фактори, що впливають на врожайність під час сівби польових культур. [Електронний ресурс] // AgroDay. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agroday.com.ua/2019/05/14/pravylnyj-posiv-osnovni-factory-shho-vplyvayut-na-vrozhajnist-pid-chas-sivby-polovyh-kultur/>.
18. Морозов І. Фактори ефективності сівалок [Електронний ресурс] / І. Морозов, М. Макаренко // Агробізнес Сьогодні. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1138-factory-efektyvnosti-sivalok.html>.
19. Васильченко В. Фактори, які визначають якість сівби [Електронний ресурс] / В. Васильченко, В. Опалко // Агроном. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.agronom.com.ua/factory-yaki-vyznachayut-yakist-sivby/>.
20. Спосіб оцінки точності висіву [Електронний ресурс] / О.Банний, А. Новицький, С. Карабиньош, Ю. Новицький // Пропозиція, № 5. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/sposib-ocinky-tochnosti-vysivu>.
21. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.

22. Jupp L. (2018). Precision Farming From Above. Writing Matters Publishing, 113 p.
23. Zubko V., Sirenko V., Kuzina T., Onychko V., Sokolik S., Roubik H., Koszelg M., Shchurh T. (2022) Modelling wheat grain flow during sowing based on the model of grain with shifted center of gravity. Agricultural Engineering, Vol. 26 , No 1 , pp. 25-37 DOI: 10.2478/agriceng-2022-0003.
24. Delta Force [Електронний ресурс] // Precision Planting. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.precisionplanting.com/products/product/deltaforce>.
25. Збірник методик з використання машин в землеробстві /За ред. Мельника В. І. – Харків: “Промпроект” – 2020, 257 с

Додатки