

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: «Підвищення ефективності МТП при вирощуванні соняшнику
шляхом впровадження систем точного землеробства»

Виконав:

(підпис)

Артур НЕФЕДЬЄВ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Група:

СТЗ 2402-2М

Науковий керівник:

(підпис)

Сергій ХАРЧЕНКО

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Рецензент:

(підпис)

В'ячеслав ТАРЕЛЬНИК

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Суми – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність **208 Агроінженерія**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
агроінжинірингу
Михайло ШУЛЯК
“06” 11 2024 року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу
Артуру НЕФЕДЬЄВУ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Підвищення ефективності МТП при вирощуванні соняшнику шляхом впровадження систем точного землеробства
2. Керівник кваліфікаційної роботи: Сергій ХАРЧЕНКО, д.т.н., доцент
3. Строк подання здобувачем роботи: «30» січня 2026 року.
4. Вихідні дані до роботи: 1. Науково-технічна література. 2. Літературні джерела інформації та Інтернет ресурси. 3. Монографії, тощо за темою наукового дослідження. 4. Методичні рекомендації до виконання проекту (роботи).
5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1 Загальний стан питання. 2. Огляд цифрових платформ для ведення цифрового землеробства 3. Планування та моніторинг виробничих процесів. 4 Охорона праці. 5. Економічне обґрунтування роботи. Загальні висновки. Список літературних джерел.
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Презентація

Керівник роботи:

(підпис)

Сергій ХАРЧЕНКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Артур НЕФЕДЬЄВ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата отримання завдання «06» листопада 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної (магістерської) роботи	Строк виконання етапів дипломної (магістерської) роботи	Погоджено з керівником дипломної (магістерської) роботи
1.	Збір інформації про діяльність господарстві	до 02.08.2025 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 08.09.2025 р.	
3.	Складання плану роботи	до 22.09.2025 р.	
4.	Написання вступу	до 29.09.2025 р.	
5.	Підготовка розділу «Розділ 1 Загальний стан питання»	до 13.10.2025р.	
6.	Підготовка розділу «Розділ 2 Огляд цифрових платформ для ведення цифрового землеробства»	до 03.10.2025 р.	
7.	Підготовка розділу «Розділ 3 Планування та моніторинг виробничих процесів»	до 03.11.2025 р.	
8.	Підготовка розділу «Розділ 4 Охорона праці»	до 24.11.2025 р.	
9.	Підготовка розділу «Розділ 5 Економічне обґрунтування роботи»	до 08.12.2025 р.	
10.	Написання висновків та пропозицій	до 15.12.2025 р.	
11.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 25.01.2026 р.	
12.	Подання роботи на рецензування	до 22.01.2026 р.	
13.	Подання до попереднього захисту	до 29.01.2026 р.	

Керівник роботи:

(підпис)

Сергій ХАРЧЕНКО

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Здобувач

(підпис)

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Артур НЕФЕДЬСВ

АНОТАЦІЯ

Нефедьєв А.С. Підвищення ефективності МТП при вирощуванні соняшнику шляхом впровадження систем точного землеробства. Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра з спеціальності 208 Агроінженерія за освітньою програмою «Системи точного землеробства». – Сумський національний аграрний університет, Суми.- 2026.

У кваліфікаційній роботі представлено комплексне та всебічне дослідження технологічних, організаційних та економічних аспектів впровадження інструментів точного землеробства (ТЗ) у реальних виробничих умовах сільськогосподарських підприємств. Основне увагу приділено аналізу сучасних цифрових рішень, які забезпечують збір, обробку та інтерпретацію просторових та виробничих даних з метою оптимізації агротехнологічних процесів. У межах дослідження здійснено порівняльну оцінку функціональних можливостей низки цифрових платформ, зокрема OneSoil, Agropofile, AFS, AMS, Cropwise та Agro Online, а також проаналізовано потенціал використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для моніторингу стану посівів, виявлення проблемних зон та підвищення загальної ефективності.

За результатами проведених польових експериментів встановлено, що інтеграція елементів систем точного землеробства у виробничий процес дає змогу суттєво підвищити раціональність використання ресурсів. Зокрема, застосування навігаційних та моніторингових систем забезпечило зменшення споживання дизельного палива на 3,05%, скорочення потреби в робочій силі на 1,82% та істотне підвищення врожайності соняшнику — на 57% порівняно з традиційними технологіями обробітку ґрунту та догляду за посівами. Отримані результати свідчать про високу ефективність поєднання цифрових інструментів з елементами су

Окрему увагу в роботі приділено аналізу умов праці та безпеки персоналу. Було виявлено потенційні професійні ризики та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з впровадженням та експлуатацією систем точного землеробства, зокрема під час роботи з електронним обладнанням, програмним

забезпеченням та БПЛА. Запропоновано заходи щодо зниження негативного впливу цих факторів та підвищення рівня охорони праці. Проведений економічний аналіз підтвердив, що додаткові інвестиції у навігаційне обладнання та супутні цифрові технології є економічно доцільними та повністю окупуються вже протягом першого року експлуатації. Це досягається за рахунок зростання продуктивності праці, зниження виробничих витрат, більш раціонального використання ресурсів та забезпечення вищого рівня рентабельності порівняно з традиційними методами ведення сільського господарства.

Ключові слова: технології вирощування соняшнику, системи точного землеробства, навігаційне обладнання, цифрові програми, ефективність впровадження

ABSTRACT

Nefediev A.S. Enhancing the Efficiency of the Machine and Tractor Fleet in Sunflower Production through the Implementation of Precision Agriculture Systems. Master's Thesis for the Degree of Master in Specialty 208 "Agricultural Engineering" under the Educational Program "Precision Agriculture Systems." – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2026.

The qualifying paper presents a comprehensive and versatile study of the technological, organizational, and economic aspects of implementing precision agriculture (PA) tools within the actual production environments of agricultural enterprises. Primary focus is placed on analyzing modern digital solutions that facilitate the collection, processing, and interpretation of spatial and production data to optimize agrotechnological processes. As part of the research, a comparative assessment of the functional capabilities of several digital platforms—including OneSoil, Agropofile, AFS, AMS, Cropwise, and Agro Online—was conducted. Additionally, the potential of using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for crop monitoring, identifying problem areas, and enhancing overall efficiency was analyzed.

Based on the results of field experiments, it was established that integrating precision agriculture system elements into the production process significantly

improves resource management efficiency. Specifically, the application of navigation and monitoring systems resulted in a 3.05% reduction in diesel fuel consumption, a 1.82% decrease in labor requirements, and a substantial 57% increase in sunflower yields compared to traditional tillage and crop care technologies. These findings demonstrate the high effectiveness of combining digital tools with modern farming elements.

Special attention is devoted to the analysis of working conditions and personnel safety. Potential occupational risks and hazardous production factors associated with the implementation and operation of precision agriculture systems—particularly when working with electronic equipment, software, and UAVs—were identified. Measures were proposed to mitigate the negative impact of these factors and improve occupational health and safety standards. The economic analysis confirmed that additional investments in navigation equipment and related digital technologies are economically viable, with a full payback achieved within the first year of operation. This is driven by increased labor productivity, reduced production costs, more rational resource utilization, and a higher level of profitability compared to traditional farming methods.

Keywords: sunflower production technologies, precision agriculture systems, navigation equipment, digital platforms, implementation efficienc

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1 Загальний стан питання	8
1.1. Соняшник як експортна культура: технологічні залежності та способи посіву	8
1.2 Сучасні технології та енергетичні засоби для вирощування соняшника.....	13
1.3 Актуальні проблеми підвищення ефективності вирощування соняшника.....	16
1.4 Обґрунтування вибору теми дипломної роботи.....	19
Розділ 2 Огляд цифрових платформ для ведення цифрового землеробства	21
2.1 Пасивні онлайн-платформи	21
2.2 Інтерактивні цифрові платформи та застосунки	26
2.3 Основні конструкції та властивості безпілотних літальних апаратів	28
Розділ 3 Планування та моніторинг виробничих процесів	34
3.1 Програма експерименту	34
3.2 Розробка технології вирощування соняшника з використанням СТЗ	35
3.3 Особливості роботи збирального агрегату.....	40
Розділ 4 Охорона праці.....	43
4.1 Загальні положення	43
4.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при вирощуванні соняшнику з використанням систем точного землеробства...	43
4.3 Організаційно-технічні заходи безпеки	44
Розділ 5 Економічна обґрунтування роботи	46
5.1 Сутність економічного ефекту.....	46
5.2 Розрахунок економічної ефективності.....	47
Загальні висновки.....	50
Список використаних джерел.....	52
Додатки	

ВСТУП

Сучасний аграрний сектор переживає етап глибокої трансформації, зумовлений глобальними викликами, такими як зростання попиту на продовольство, обмеженість природних ресурсів та зміни клімату. За цих умов ключовим завданням сільськогосподарського виробництва стає підвищення його ефективності за рахунок впровадження інноваційних технологій, здатних забезпечити раціональне використання ресурсів і зменшити негативний вплив на довкілля. Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку є системи точного землеробства (СТЗ), які поєднують цифрові технології, автоматизацію та аналітику даних для оптимізації виробничих процесів.

Вирощування соняшнику займає провідне місце у структурі посівних площ України та є важливим джерелом експортних надходжень. Проте традиційні технології його виробництва часто супроводжуються перевитратою ресурсів, нерівномірністю агротехнічних операцій та недостатнім рівнем економічної ефективності. Це зумовлює потребу у впровадженні інноваційних рішень, здатних забезпечити стабільне зростання продуктивності та рентабельності.

Системи точного землеробства, зокрема навігаційне обладнання, цифрові платформи моніторингу та безпілотні літальні апарати, дозволяють оптимізувати виконання польових робіт, контролювати стан посівів у режимі реального часу, а також оперативно приймати управлінські рішення на основі аналізу просторових і часових даних. Їхнє впровадження в технології вирощування соняшнику відкриває нові можливості для скорочення витрат, підвищення врожайності та покращення якості кінцевої продукції.

Актуальність даного дослідження полягає у необхідності наукового обґрунтування та експериментальної перевірки ефективності впровадження елементів СТЗ у виробничі процеси під час вирощування соняшнику. Це дозволить визначити оптимальні технологічні рішення, виявити можливі ризики та розробити рекомендації щодо їхнього застосування у виробничих умовах.

Мета дослідження - підвищення ефективності роботи машинно-тракторного парку при вирощуванні соняшнику шляхом впровадження систем точного землеробства.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасні технології та програмні засоби, що використовуються у системах точного землеробства.
2. Дослідити вплив впровадження елементів СТЗ на технологічні, організаційні та економічні показники виробництва соняшнику.
3. Провести експериментальну перевірку ефективності використання цифрових платформ, навігаційного обладнання.
4. Визначити потенційні небезпечні та шкідливі фактори при впровадженні СТЗ.
5. Виконати економічне обґрунтування доцільності впровадження систем точного землеробства у виробничих умовах.

Об'єкт дослідження - процес вирощування соняшнику в умовах сільськогосподарського виробництва.

Предмет дослідження - технологічні, організаційні та економічні аспекти використання систем точного землеробства для підвищення ефективності роботи машинно-тракторного парку.

Загальна характеристика змісту роботи: 5 розділів, 4 додатки, 56 сторінок друкованого матеріалу, кількість ілюстрацій 24 шт., таблиць 10 шт., список використаних джерел 37 шт.

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ПИТАННЯ

1.1 Соняшник як експортна культура: технологічні залежності та способи посіву

Соняшник - одна з провідних експортних культур України, що займає значну частку в аграрному експорті. Його висока ринкова привабливість зумовлена зрілою інфраструктурою, сприятливою кліматичною зоною та інтенсивним попитом на олійну продукцію.

Україна входить до числа світових лідерів із виробництва та експорту соняшникової олії. Культивування соняшнику становить ключове джерело прибутку для багатьох сільгоспвиробників і є важливою частиною аграрного сектору. Соняшникова олія утримує провідні позиції серед рослинних олій на міжнародному ринку, а її експорт з України істотно впливає на формування позитивного торговельного балансу держави [1].

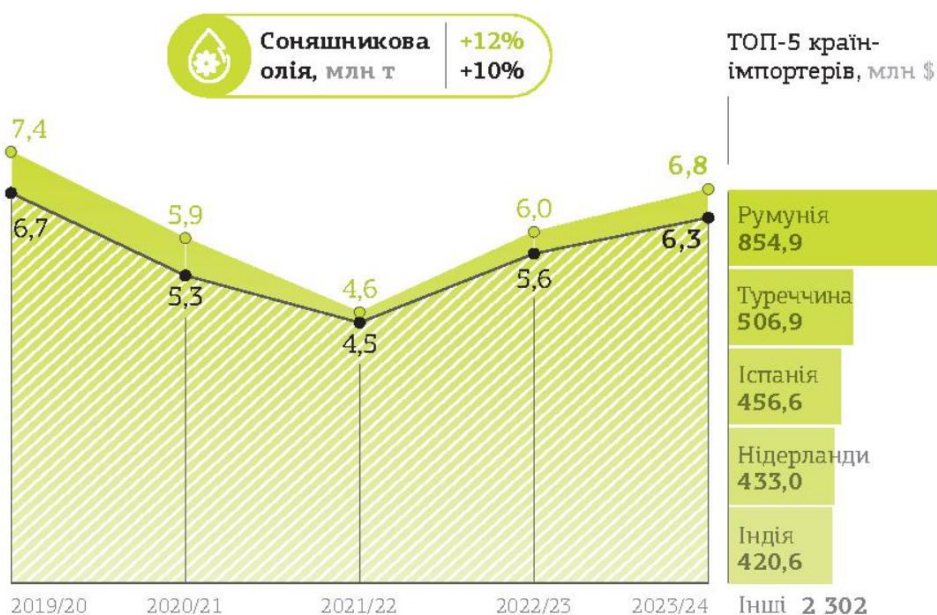


Рисунок 1.1 – Експорт соняшникової олії з України (за даними Асоціація Укроліяпром)

Попит на високоякісну олійну сировину постійно зростає, що стимулює аграріїв до пошуку нових шляхів підвищення ефективності виробництва. Однак,

досягнення високих показників урожайності та якості соняшнику залежить від багатьох факторів, серед яких вирішальним є дотримання оптимальних технологій вирощування. Одним із ключових аспектів є якість посіву, а саме - глибина загортання насіння.

Залежність схожості насіння соняшнику від глибини посіву є критичною: для забезпечення дружніх сходів рекомендована глибина становить 2-3 см у нормально зволоженому ґрунті, або 3-4 (макс. 5) см у сухому [2].

В агрокліматичних умовах України бажано висівати на глибині 2,5-6 см із глибшим посівом у піщаних ґрунтах та більш поверхневим на щільних суглинках [2].

Дослідження показали, що оптимальна глибина посіву для соняшнику становить 4-6 см. Заглиблення насіння призводить до подовження періоду проростання, зниження польової схожості, зменшення стійкості молодих рослин до хвороб та шкідників [4]. Наприклад, при посіві на глибину понад 8 см схожість може знизитися на 15-20% порівняно з оптимальними умовами. Навпаки, надмірно мілкий посів (менше 3 см) робить насіння вразливим до пересихання, птахів та коливань температури, що також негативно позначається на рівномірності та повноті сходів. Загальновизнаними є два основних способи посіву соняшнику: пунктирний (широкорядний) та точний. Сучасне землеробство тяжіє до використання точного посіву з міжряддям 70 см, що дозволяє забезпечити оптимальну площу живлення для кожної рослини, спрощує догляд за посівами та забезпечує високу ефективність механізованих процесів.

Соняшник зазвичай висівають після зернових колосових культур, таких як озима та яра пшениця і ячмінь, а також після технічних культур, зокрема озимого ріпаку та інших. Водночас, сучасні технології вирощування поки що не забезпечують повної реалізації біологічного потенціалу соняшнику, задекларованого селекціонерами та виробниками насіння (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Біологічний потенціал деяких гібридів/сортів
соняшника

Гібрид/Сорт	Заявлений потенціал урожайності, т/га	Середньостатистична урожайність, т/га
Ясон	4,3	2,4
Аркона	6,0	3,4
НС Фалкон	5,0	2,9
Прими	4,5	3,1

Аналіз даних таблиці 1.1 свідчить про те, що врожайний потенціал соняшникових гібридів залишається значною мірою нереалізованим. Однією з ключових причин цього є обмежена кількість опадів у вегетаційний період. Проте значна варіативність урожайності між окремими господарствами дає підстави стверджувати, що чималу роль у формуванні кінцевого результату відіграє технологічний рівень самого підприємства. А технологічний рівень, у свою чергу, визначається як якістю і сучасністю машинно-тракторного парку, так і рівнем впроваджених агротехнологій.

Технологія інтенсивного захисту рослин соняшника зображена на рис.

1.2.

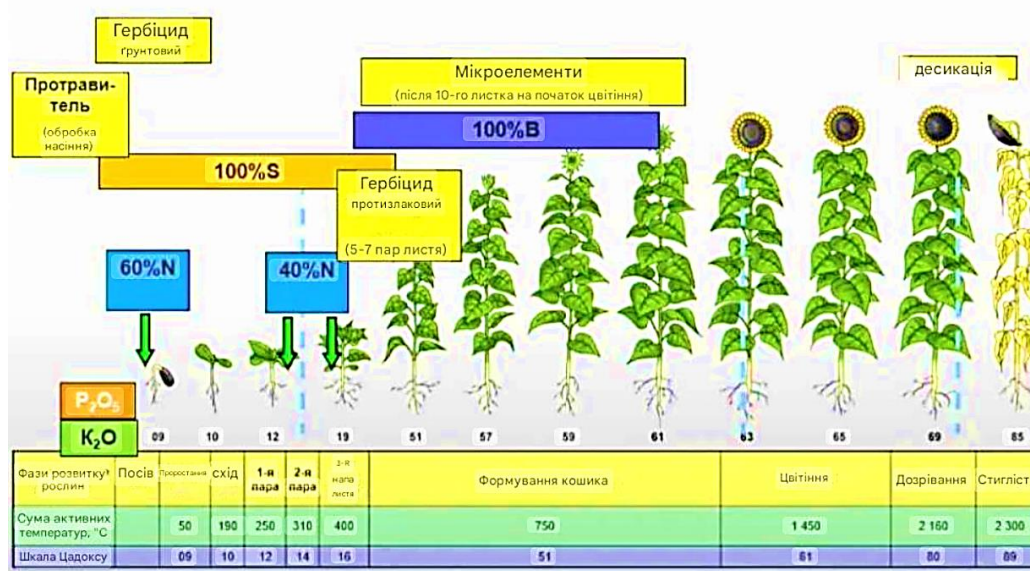


Рисунок 1.2 - Технологія живлення соняшника в залежності від вегетації [5]

Ця технологія, що зображена на рис.1.3., передбачає використання комплексу високотехнологічних машин для реалізації (обприскувачі Hagie STS - 16; сівалка (Агро-Союз) TURBOSEM II 19-60» та ін.)

Для забезпечення стабільної та оптимальної глибини висіву недостатньо лише якісного передпосівного обробітку - необхідне також використання сучасних високотехнологічних сівалок. Надзвичайно важливо розміщувати насіння на однакову і точно витриману глибину, оскільки саме цей показник суттєво впливає на схожість, а отже - і на майбутню врожайність (рис. 1.3). Як видно з діаграми, при типовій для більшості агротехнологій глибині загортання 5-7 см рівень схожості становить лише 80-85 %. Це вимагає завищення норми висіву приблизно на 15-20 % відносно бажаної густоти посіву для компенсації потенційно втрачених рослин. Додатково закладають ще 5-9 % на можливі втрати, спричинені несприятливими погодними умовами, механічними пошкодженнями внаслідок проходження колісної техніки або впливу сільськогосподарських агрегатів.

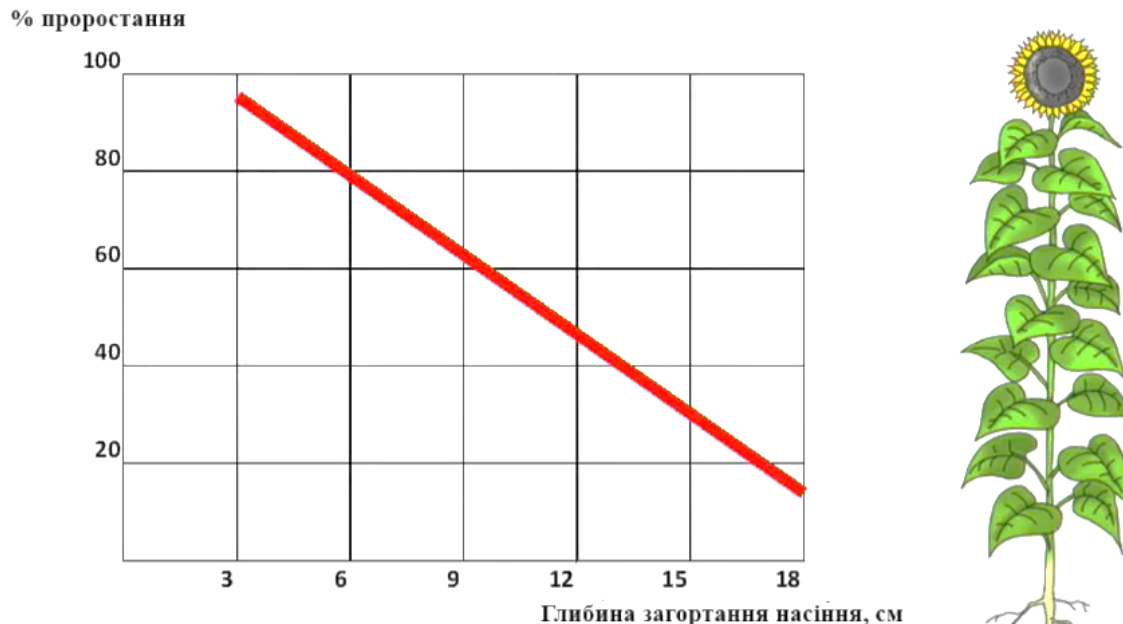


Рисунок 1.3 – Графік залежності схожості соняшника від глибини посіву[5]

Отже, можна зробити висновок, що соняшник є культурою, чутливою до точності загортання насіння на задану глибину. З цієї причини доцільно

застосовувати передпосівні культивацийні агрегати з максимально можливою шириною захвату, такі як КПС-8П (культиватор передпосівний причіпний), та подібні до нього. В умовах мінімального або нульового обробітку ґрунту доцільним є використання сучасних високоточних сівалок преміум-класу, зокрема Horsch Maestro 36.5, John Deere 1890/95, Turbosem II 19-60, тощо. Ці моделі забезпечують високу стабільність загортання насіння на необхідну глибину та сумісні з елементами цифрового землеробства (виняток становить Turbosem II 19-60, який не повністю інтегрований у цифрові системи керування).

Окрім вимог до глибини загортання, соняшник також потребує достатньої площі живлення. Зокрема, у Сумському регіоні оптимальна норма висіву становить 56-60 тисяч насінин на гектар [3]. Застосування технологій диференційованого висіву дозволяє оптимізувати міжряддя. Замість стандартних 70 см, за класичною схемою, ефективним може бути посів із міжряддям 35 см, що дозволяє більш рівномірно розподілити рослини в полі та покращити їхнє живлення (рис. 1.4).

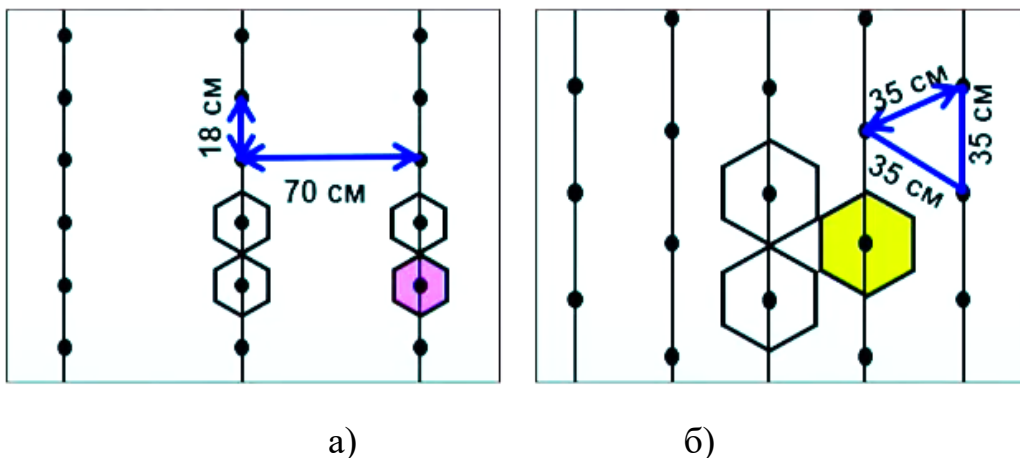


Рисунок 1.4 – Схема розподілу насіння соняшника при рівномірній відстані між рослинами: а)- класичний спосіб посіву, б)- рівномірний (35 см) між рядками і рослинами [5]

При рівномірному розміщенні насіння як у міжряддях, так і всередині рядків, норма висіву залишається такою ж, як і при інших технологіях. Проте завдяки зменшеній відстані між насінням у сусідніх рядках і дещо збільшеній у самих рядках створюється ефект більш суцільного рослинного покритву. Це має

важливе агрономічне значення: у посушливих умовах щільне листкове покриття краще затінює ґрунт, що сприяє зменшенню випаровування вологи. Крім того, під час обприскування засобами захисту рослин втрати робочого розчину зменшуються завдяки більш повному покриттю листової поверхні [5].

1.2 Сучасні технології та енергетичні засоби для вирощування соняшника

Сучасні підходи до вирощування соняшника базуються на досягненні максимальної продуктивності культур за умов раціонального використання ресурсів та дотримання принципів сталого розвитку. Основна мета сучасних агротехнологій - створити найсприятливіші умови для розвитку рослин, забезпечивши високу врожайність за мінімальних витрат, при цьому підтримуючи або покращуючи стан ґрунтових ресурсів. Водночас відбувається активне впровадження точного землеробства, яке дозволяє адаптувати технології під конкретні умови поля.

Розглянемо основні технологічні підходи у вирощуванні соняшнику.

Інтенсивні технології, які були домінуючими впродовж ХХ століття, ґрунтувалися на активному механічному обробітку ґрунту, широкому використанні добрив і засобів захисту рослин. Вони забезпечували високі врожаї, однак водночас призводили до деградації ґрунту, зниження рівня гумусу та ущільнення орного шару. Серед основних енергетичних засобів, що використовуються в таких системах, - трактори великої потужності (типу John Deere 8335R, ХТЗ-17202) з широким набором причіпного та навісного обладнання: плуги (ПЛН-3-35), культиватори (КПС-8 «Восход»), сівалки (УПС-8, Gaspardo SP Sprint-8) та обприскувачі (JD 732).

Мінімальні технології, навпаки, передбачають обмеження кількості та глибини обробітку ґрунту (зазвичай до 4-5 см), що досягається за рахунок використання комбінованих ґрунтообробних агрегатів. Вони сприяють зменшенню енерговитрат, зупиняють деградаційні процеси та частково

зберігають родючість. Такі технології широко впроваджуються в зонах ризикованого землеробства, де інтенсивне втручання в ґрунтовий покрив призводить до незворотних змін. Водночас можливе деяке зниження врожайності, особливо в перші роки впровадження.

Нульова технологія (No-till) повністю виключає механічний обробіток ґрунту. Посів здійснюється безпосередньо у необроблений шар, що зберігає природну структуру ґрунту, підвищує його вологозбереження та біологічну активність. Впровадження цієї технології потребує високотехнологічної техніки - сівалок типу John Deere 1895, Horsch Maestro, Case IH 340, а також потужних гусеничних тракторів (напр., Case IH 600 Quadtrack, див. рис.1.5), які створюють мінімальний тиск на ґрунт (0,4–0,6 кг/см²). Важливою умовою ефективного функціонування є заборона руху автомобілів по полю: вивантаження зерна здійснюється за допомогою бункерів-перевантажувачів (наприклад, Kinze-1500).



Рисунок 1.5 - Трактор Case IH 600 Quadtrack з бункером-перевантажувачем

Енергозберігаючі технології, серед яких *смугова (Strip-till)* та *вертикальна (Drill-Till)*, є проміжною ланкою між мінімальними та нульовими. Вони поєднують переваги обох систем, зменшуючи кількість проходів техніки, обсяг витрат пального та механічного впливу на ґрунт. Технічне забезпечення таких технологій включає агрегати типу Challenger 95E + ATD-18.35, Case STX 535 з розрихлювачем Ecolo-Tiger-730 (див. рис.1.6), які дозволяють глибоко рихлити

грунт, перемішувати рослинні рештки та вирівнювати поверхню без обороту пласта.



Рисунок 1.6 – Енергозберігаючі технології : ґрунтообробний агрегат Case STX 535 з Ecolo-Tiger-730

Важливою складовою сучасного виробництва є збирання врожаю. Комбайни з широкозахватними жатками (Lexion 770, John Deere S550, Fendt Ideal, Case IH 8120) зменшують кількість проходів, що своєю чергою знижує ризик ущільнення ґрунту. Під час роботи віддається перевага варіанту розвантаження на краю поля або в бункери-перевантажувачі (див. рис.1.7).



Рисунок 1.7 – Комбайни Lexion 770 з розвантаженням на краю поля

Тенденції розвитку агровиробництва, особливо в контексті кліматичних змін та зростання вартості ресурсів, вимагають впровадження адаптивних

технологій, орієнтованих на збереження природної родючості ґрунтів. Використання високотехнологічної техніки, цифрових систем моніторингу та диференційованого підходу до обробітку дозволяє значно підвищити ефективність аграрного виробництва та знизити його негативний вплив на довкілля.

Таким чином, вибір технології вирощування соняшника має базуватись на поєднанні економічної доцільності, технічної можливості господарства та збереженні природних ресурсів, зокрема родючості ґрунту.

1.3 Актуальні проблеми підвищення ефективності вирощування соняшника

Соняшник традиційно вважається однією з найрентабельніших культур в агровиробництві, а в умовах сучасної економіки його привабливість лише зростає. Однак, разом із підвищенням рентабельності спостерігається і зростання втрат, зумовлених недоотриманням врожаю, збільшенням кількості операцій хімічного захисту та експлуатаційними витратами на техніку.

Сьогодні між потенційною (біологічною) і фактичною врожайністю все ще зберігається значний розрив, що прямо свідчить про наявність внутрішніх резервів для оптимізації технологічного процесу. Якщо насіннєвими компаніями декларується врожайність гібридів на рівні 4-5 т/га, то в реальних умовах господарювання більшість підприємств отримують 2,5-3 т/га. Отже, ефективно наближення до біологічного максимуму має базуватися на науково обґрунтованих рішеннях, сучасних технологіях і адаптивному підході до ведення виробництва.

Основними напрямками підвищення ефективності є:

- впровадження високопродуктивних гібридів, адаптованих до регіональних умов;
- удосконалення системи хімічного захисту з урахуванням фаз розвитку шкідливих об'єктів;
- зниження технологічної строкатості за допомогою точного землеробства;

- управління ресурсами на рівні окремих ділянок всередині поля (within-field management).

Одним із критичних факторів, що негативно впливає на результативність вирощування соняшника, є неоднорідність агрофізичних характеристик у межах одного поля. Таке явище, відоме як агрономічна строкатість, є причиною диференційованої врожайності.

На прикладі господарства «МХП-Урожайна країна» встановлено, що за допомогою сучасних комбайнів із системами моніторингу урожайності (Case IH 9240 із програмним забезпеченням AFS та обробкою даних у платформі Cropwise), зафіксовано врожайність у межах одного поля (61,21 га) від 1,17 до 1,66 т/га (див.рис.1.8) Візуалізація просторових даних виявила «проблемні зони», в яких урожайність була істотно нижчою. Потенційна втрата валового збору через строкатість у межах поля склала понад 20 тон, що еквівалентно близько 560 тис грн за нинішніми ринковими цінами. Якщо екстраполювати ці показники на більші площі, втрати можуть сягати мільйонів гривень.

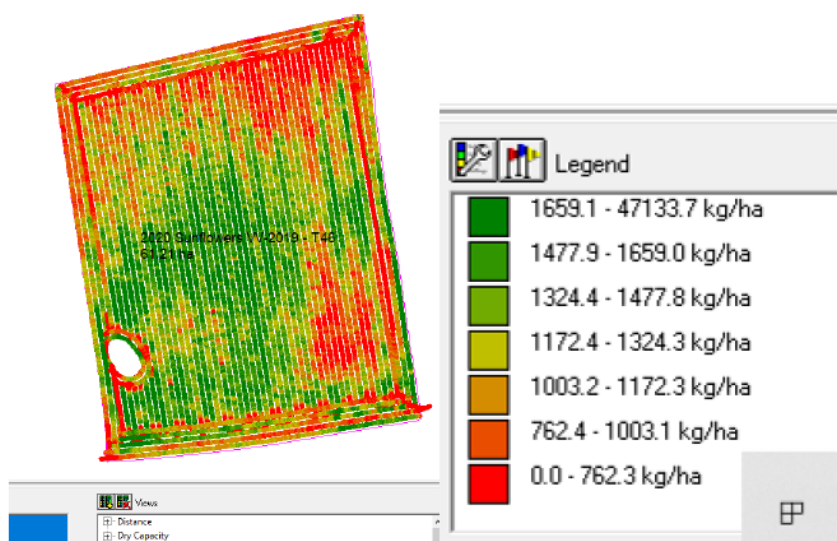


Рисунок 1.8 - Строкатість урожаю соняшника в межах одного поля*

*Дані отримано за допомогою обладнання встановленого на комбайні Case IH 9240 з програмним забезпеченням AFS Software та оброблено в цифровій платформі Cropwise

Навіть в межах одного поля врожайність сільськогосподарських культур рідко буває однорідною. Це явище, відоме як строкатість фактичної врожайності,

є характерним для всіх культур і пояснюється низкою факторів. Крім природної різниці в родючості ґрунтів, на врожайність також впливають особливості рельєфу (наприклад, зміна вологозабезпечення), а також точність і своєчасність виконання технологічних операцій.

Для ілюстрації цієї закономірності були проаналізовані дані з поля, представленого на рис. 1.9. Як показує вибірка результатів, наведена у табл. 1.2, врожайність значно варіюється залежно від конкретної ділянки поля.

Таблиця 1.2 – Величина строкатості в урожайності

Фактична урожайність, т/га	Площа ділянки, га	Валовий збір, т	Теоретичний вал (за макс. урожай.)	Різниця між найбільшою урожайністю	Теоретичний недобір, т
1,17	5,94	6,95	9,8604	2,91	20,06
1,32	26,88	35,48	44,6208	9,14	
1,17	16,34	19,12	27,1244	8,01	
1,66	12,05	20,00	20,003	0	

Як показують дані, наведені у табл.і 1.2, строкатість врожайності на полі площею 61,21 га призводить до значних втрат. Теоретичний недобір валового збору становить 20,06 т, що спричиняє збитки в розмірі близько 560 тис. грн. Очевидно, що для підприємств, які обробляють великі площі соняшнику, такі втрати можуть сягати мільйонів гривень, що підкреслює критичну важливість вирішення цієї проблеми.

Причини такої строкатості можуть бути наступні:

- порушення або відхилення від регламентованої технології (неоднакові глибини обробітку, сівба з різною нормою, некоректна робота обприскувачів тощо);
- природна нерівномірність родючості ґрунтів;
- рельєфні особливості, які впливають на мікроклімат і водний режим;
- зношеність або невідповідність технічного парку вимогам точного землеробства.

Отже, на сьогодні актуальними проблемами у підвищенні ефективності вирощування соняшника є:

- використання морально застарілої техніки, яка не підтримує системи точного землеробства;
- порушення послідовності та строків технологічних операцій через людський фактор;
- відсутність систем моніторингу для своєчасного виявлення критичних змін у стані посівів;
- недостатня інтеграція цифрових платформ і картограм у систему прийняття рішень.

Потенціал підвищення врожайності криється у впровадженні прецизійного землеробства, зокрема - застосуванні аерофотозйомки з БПЛА, NDVI-індексів, геоаналітики та системи диференційованого внесення ресурсів.

1.4 Обґрунтування вибору теми дипломної роботи

Проведений аналіз сучасного стану вирощування соняшника засвідчує, що класичні методи інтенсифікації - використання лише нових гібридів або збільшення обсягів хімічного захисту - більше не дають очікуваного ефекту. Щоб наблизити врожайність до задекларованого біологічного потенціалу, необхідно застосовувати інноваційні, цифрово керовані технології, орієнтовані на підвищену точність, своєчасність і адаптивність до змін у агросистемі.

Одним із найефективніших рішень у рамках точного землеробства є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для оперативного моніторингу посівів. У порівнянні з супутниковими платформами, дрони забезпечують вищу просторову та часову роздільну здатність, дозволяючи отримувати дані навіть за хмарної погоди, щодня та у заданих координатах.

Використовуючи БПЛА, можливо:

- виявити зони ураження хворобами на ранніх етапах;
- оперативно оцінити щільність посіву та вегетаційний індекс NDVI;
- скласти диференційовані карти внесення добрив, ЗЗР та насіння;

- контролювати дотримання агротехнологій у реальному часі.

Таким чином, тема дипломної роботи є актуальною, науково обґрунтованою і відповідає потребам сучасного агробізнесу.

Мета дослідження - підвищення врожайності та рентабельності вирощування соняшника за рахунок впровадження аеророзвідки (якщо це буде можливо в сучасних умовах) та цифрових платформ у технологічний процес.

Основні завдання дослідження:

1. Провести аналіз сучасних цифрових платформ, що використовуються в агровиробництві.
2. Дослідити типи, технічні характеристики та можливості БПЛА для аграрного сектору.
3. Розробити технологічну карту вирощування соняшника з урахуванням аерознімання та цифрової аналітики.
4. Розробити заходи з охорони праці при роботі із застосуванням цифрових платформ.
5. Обґрунтувати економічну ефективність запропонованої технології.

Об'єкт дослідження - процеси автоматизованого моніторингу і управління технологіями в умовах цифрового землеробства.

Предмет дослідження - алгоритми оптимізації використання техніки та ресурсів під час вирощування соняшника із застосуванням цифрових платформ.

РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ВЕДЕННЯ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

2.1 Пасивні онлайн-платформи

Сучасне оперативне управління машинно-тракторним парком (МТП) є фундаментальним для ефективного ведення агробізнесу: від раціонального агрегування техніки до контролю поливів, обліку паливно-мастильних матеріалів та планування ЗЗР і добрив. Основні аспекти планування та моніторингу польових робіт включають:

- кількісно-марочний склад техніки на оброблюваній площі;
- необхідну кількість машин та агрегатів згідно з агротехнологічними вимогами;
- витрати добрив, насіння, ЗЗР;
- наскрізний графік виконання операцій для уникнення конфліктів техніки;
- планово-профілактичне обслуговування техніки;
- облік витрат ПММ на окремі операції та весь цикл робіт.

Платформи, що не дозволяють моніторити техніку в реальному часі, належать до категорії пасивних, але вони є цінним інструментом на старті цифровізації агро.

Серед таких сервісів, доступних в Україні - OneSoil і Агропрофіль.

OneSoil - це агротехнічна платформа із мобільними та веб-додатками, що використовує алгоритми машинного навчання та аналіз супутникових знімків Sentinel-1 і Sentinel-2 [13]. На рис.2.1 зображена платформа (мобільний додаток OneSoil Scouting та веб-додаток).

Основні функції включають:

- автоматичне визначення межі полів (через кадастрові дані);
- моніторинг стану рослин за індексом NDVI з оновленням кожні ~3–5 днів [14],
- планування польових робіт (сівозміна, внесення добрив тощо) [14];
- польовий скаутинг через мобільний додаток OneSoil Scouting[13];

- у PRO-версії - формування зон продуктивності (VRA), створення карт диференційованого внесення, аналіз врожайності, робота з точковими даними

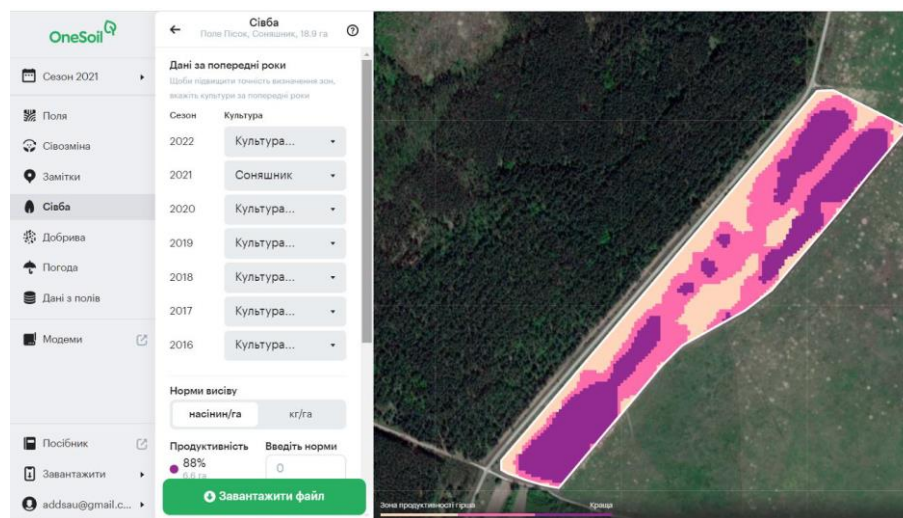


Рисунок 2.1- Інтерфейс веб-додатку OneSoil має набір функцій для ведення точного землеробства на початковому етапі впровадження

Переваги OneSoil [13,14]:

- значна економія ресурсів (насіння, добрива) при підвищенні врожайності;
- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс без реклами;
- можливість використовувати базовий функціонал безкоштовно, PRO-версія — за підпискою

Обмеження [13,14]:

- не розпізнає автоматично культури проти бур'янів за знімками;
- немає інтеграції для моніторингу техніки в реальному часі (лише подальша інтеграція з датчиками чи моніторами).



Рисунок 2.2 - Фотоскрін з поля, засіяного соняшником і його стану за NDVI (дата фото 10 липня 2025 р.).

Таким чином, OneSoil доцільно використовувати на етапі збору вихідних даних і попереднього планування, а для розширення функціоналу - інтегрувати з додатковим обладнанням (датчики, метеостанції, монітори).

Агропрофіль - український безкоштовний онлайн-інструмент, що працює із картою Google. Користувач сам задає межі полів (через редактор або GPS-монітор) та вводить культуру вручну [14,15].

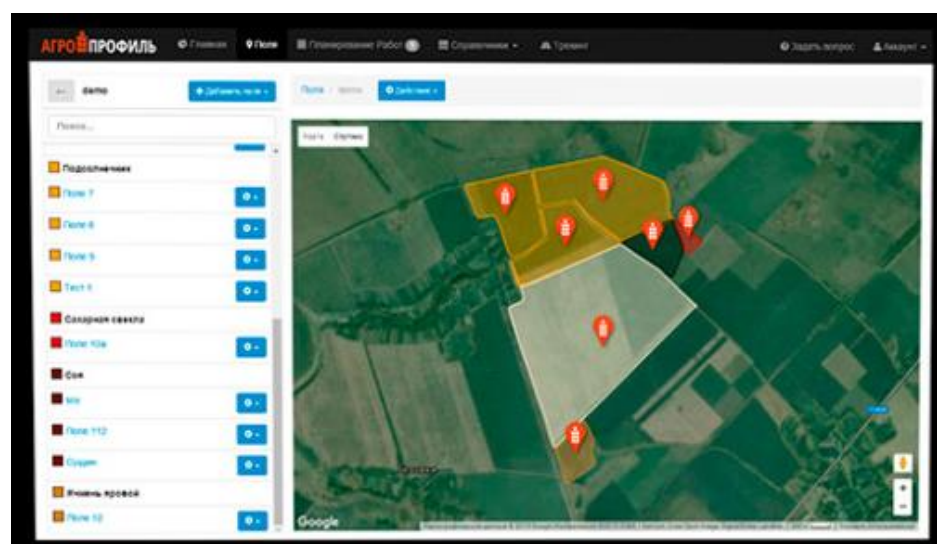


Рисунок 2.3 - Загальний вигляд інтерфейсу онлайн програми «Агропрофіль» [15]

Функціонал включає:

- облік техніки (марка, норми, теххарактеристики), див. рис. 2.4;

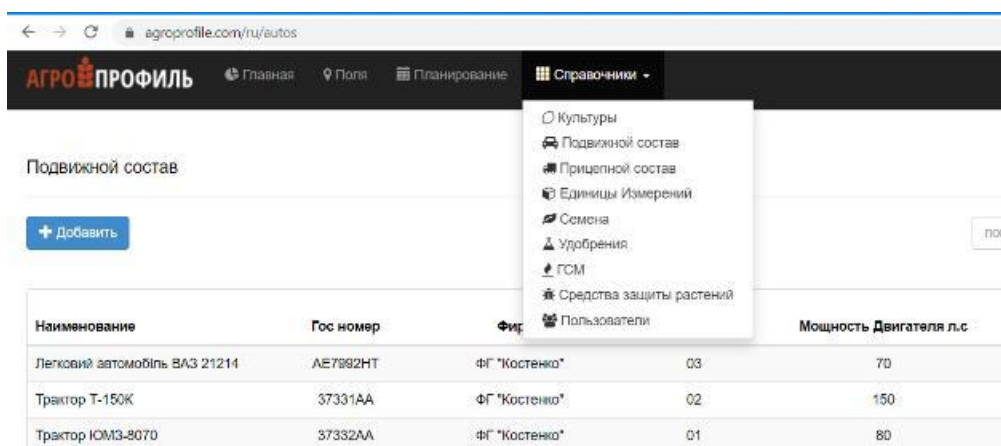


Рисунок 2.4 - Интерфейс програми «Агропрофіль»: внесена основна техніка одного з фермерських господарств [15]

- планування насіння, добрив, ЗЗР, технологічних карт;
- фіксація виконання робіт з ручним підтвердженням у системі, див.рис.2.5.

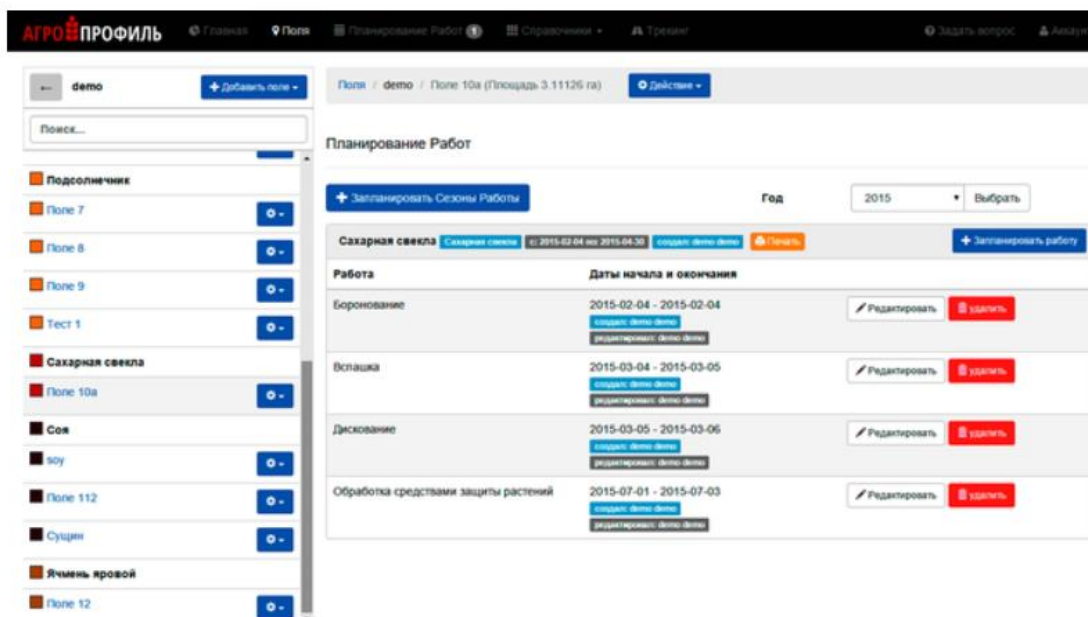


Рисунок 2.5 – Интерфейс відображає: повна історія посівних площ, історія обробки полів, технологія обробки [15]

Переваги:

- зручний облік ресурсів, робіт та технологічних карт навіть на середніх господарствах;
- не потребує складної інтеграції або обладнання.

Недоліки:

- відсутність супутникового моніторингу та NDVI показників;
- неможливість відстеження техніки й витрат у реальному часі;
- ручне підтвердження виконання задач - менш автоматизовано.

Отже, занесемо дані по двох платформах для порівняння в табл. 2.1

Таблиця 2.1 - Порівняльна таблиця пасивних платформ [12-15]

Платформа	Супутниковий моніторинг (NDVI)	Автоматичне визначення полів	План-графіки та облік	Моніторинг техніки
OneSoil	☑ здебільшого оновлення кожні 3–5 днів)	☑ автоматично за кадастром	☑ базове + PRO-функції	☒ відсутній
Агропрофіль	☒ не надає NDVI	☒ користувач створює межі самостійно	☑ ручне підтвердження робіт	☒ відсутній

Таким чином, аналіз он-лайн платформ показав, що:

1. Для початкового запуску цифрового землеробства, збору агроданих і попереднього планування - OneSoil чудово підходить, особливо у базовій безкоштовній версії.

2. Якщо потрібно вести детальний облік техніки та ресурсів, створювати технологічні карти та фіксувати виконання робіт на рівні підприємства — Агропрофіль є більш структурованим інструментом.

3. Для ефективного використання цифрових даних з OneSoil доцільно інвестувати у додаткове обладнання: датчики, монітори, метеостанції, які дозволять перейти до інтерактивного рівня управління.

2.2 Інтерактивні цифрові платформи та застосунки

Сучасне агровиробництво характеризується високим рівнем технологізації, де ключову роль у забезпеченні ефективного управління виробничими процесами відіграють інтерактивні цифрові платформи (ІЦП). На відміну від базових інформаційних систем, ІЦП виконують не лише функції збору та збереження даних, але й забезпечують комплексну інтеграцію з технічними засобами господарства. Це дає змогу отримувати та обробляти інформацію про реальний обсяг виконаних робіт, геолокацію техніки, рівень витрат пального, стан робочих органів та інші параметри в режимі реального часу. Важливою складовою більшості таких платформ є особистий кабінет користувача з платною сервісною підтримкою, що підвищує рівень оперативності та персоналізації обслуговування.

На ринку представлено низку комплексних рішень у сфері точного землеробства, серед яких найбільш поширеними є:

- *Advanced Farming Systems (AFS)* - система точного землеробства компанії *Case IH*, що відзначається високою сумісністю з сучасною технікою та широким спектром функцій для моніторингу і управління процесами [16];
- *Agricultural Machinery Systems (AMS)* - аналогічна за призначенням система від компанії *John Deere*, яка має розвинену інфраструктуру підтримки та інтеграцію з великою лінійкою фірмового обладнання [17];
- *Cropwise* - платформа та обладнання від компанії *New Science Technologies*, побудовані на основі супутникових даних дистанційного зондування Землі, що забезпечує детальний аналіз стану полів [18];
- *АгроОнлайн* - вітчизняна багатофункціональна система з функціоналом, близьким до *Cropwise*, але адаптована до особливостей українського аграрного ринку та специфіки національного законодавства [19].

Крім цих провідних рішень, використовуються менш масштабні, але спеціалізовані платформи, зокрема *Soft.Farm* [20], *PLM* [21], *SMS* та інші, які

забезпечують виконання окремих завдань агровиробництва й орієнтовані на невеликі або середні господарства.

Проаналізовані дані занесемо до табл.2.2

Таблиця 2.2 - Порівняльна характеристика провідних інтерактивних цифрових платформ (ІЦП) [17-21]

Платформа / Система	Розробник	Джерела даних	Основні функції	Переваги	Обмеження
AFS	Case IH	Датчики ISOBUS, GPS, польові комп'ютери	Моніторинг техніки, контроль витрат пального, планування робіт, адаптація до погодних умов	Повний набір функцій для точного землеробства; сумісність з сучасною технікою	Потребує техніки підтримкою ISOBUS
AMS	John Deere	Датчики машин, GPS, внутрішні системи JD	Планування та контроль робіт, автоматизоване керування технікою	Оптимальна інтеграція з технікою JD; розвинена сервісна підтримка	Найефективніше працює технікою власного бренду
Cropwise	New Science Technologies	Супутникові знімки, датчики, метеодані	Аналіз стану посівів, рекомендації щодо обробки полів, моніторинг техніки	Використання супутникового моніторингу; висока точність агроаналізу	Залежність від якості супутникових даних
АгроОнлайн	Українські розробники	Супутникові знімки, локальні датчики	Моніторинг посівів, контроль техніки, планування робіт	Адаптація до українських умов; локалізований інтерфейс	Менший обсяг міжнародної технічної підтримки
Платформа / Система	Розробник	Джерела даних	Основні функції	Переваги	Обмеження

Порівняльний аналіз функціоналу свідчить, що *AFS* вирізняється найповнішим набором інструментів для планування, моніторингу та оперативного коригування процесів у рослинництві, особливо у поєднанні з технікою, що підтримує стандарт *ISOBUS*. *AMS* демонструє високу ефективність в умовах комплексного використання техніки *John Deere*, завдяки чому

користувачі отримують оптимізовану взаємодію «програмне забезпечення – обладнання». *Cropwise* та *АгроОнлайн* мають перевагу в аналізі аграрних даних завдяки використанню супутникових знімків, проте *АгроОнлайн* виграє за рахунок локалізованого інтерфейсу та адаптації до українських виробничих умов.

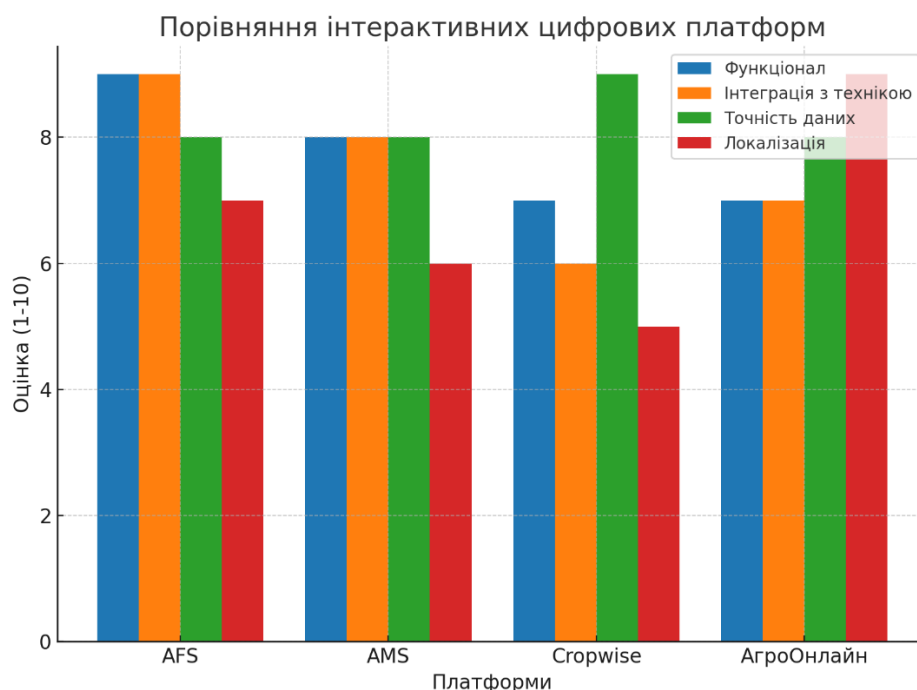


Рисунок 2.6 – Діаграма порівняння ЦЦП

Отже, вибір інтерактивної цифрової платформи залежить від розміру господарства, наявного технічного парку, потреб у масштабі збору та обробки даних, а також від вимог до швидкості й точності управлінських рішень. Інтеграція таких систем у виробничі процеси є ключовим чинником підвищення ефективності сучасного сільського господарства.

2.3 Основні конструкції та властивості безпілотних літальних апаратів

У сучасному аграрному виробництві безпілотні літальні апарати (БПЛА) стали одним із ключових інструментів цифрового землеробства, забезпечуючи оперативну візуалізацію технологічних процесів, моніторинг стану посівів і виконання детальних спектральних досліджень. Використання БПЛА дозволяє

виявляти проблемні ділянки на полі, оптимізувати агротехнічні операції та приймати управлінські рішення на основі точної та своєчасної інформації [22].

Залежно від основного призначення, БПЛА аграрного спрямування можна поділити на дві категорії [23]:

1. Для виконання технологічних операцій - обприскування посівів, внесення біологічних агентів (наприклад, трихограми), локальне внесення добрив тощо.

2. Для збору та аналізу інформації - моніторинг стану полів, NDVI-знімання, створення карт ґрунтів та карт-завдань для точного землеробства, контроль логістики польових робіт.

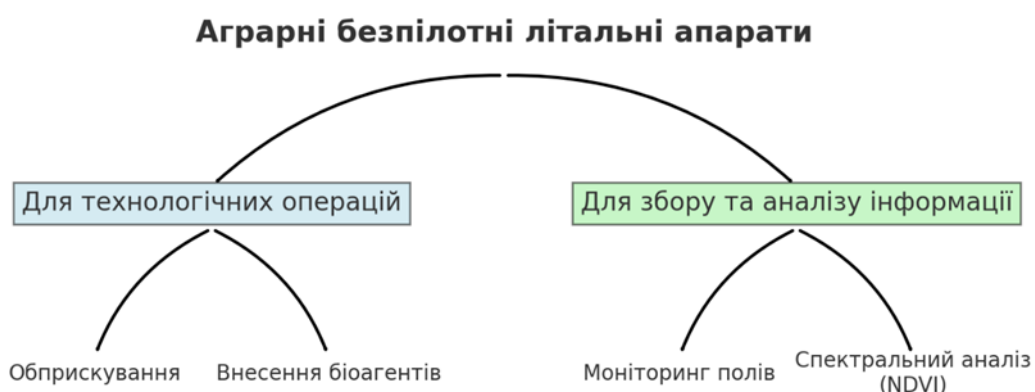


Рисунок 2.7 – Схема основного призначення БПЛА аграрного спрямування

У практиці сільського господарства найбільш поширені два конструктивні типи БПЛА:

1) літакового типу з горизонтальним злетом (наприклад, *SenseFly*), які забезпечують більший радіус і тривалість польоту (рис. 2.8, а).;

2) вертольотного типу з вертикальним злетом (наприклад, *DJI Mavic Air*, *Phantom*), які відзначаються маневреністю, можливістю зависання на місці та зручністю роботи на обмежених ділянках (рис. 2.8, б).



Рисунок 2.8 - Основні конструкції аграрних БПЛА: а) літакового типу з горизонтальним злетом SenseFly SQ ; б) вертольотного типу з вертикальним злетом DJI Mavic Air 2

Особливості використання БПЛА у вирощуванні соняшника

У технологіях цифрового землеробства, зокрема при вирощуванні соняшника, БПЛА дозволяють отримати:

- дані про вегетаційний стан рослин, густоту та рівномірність сходів, характер і масштаб ураження хворобами чи шкідниками;
- контроль якості виконання технологічних операцій;
- оцінку готовності поля до виконання наступних етапів робіт і планування логістики;
- додаткову інформацію залежно від потреб фермера, зокрема дані для корекції агротехнічних карт-завдань.

Розглянемо порівняння моделей SenseFly SQ та DJI Mavic Air 2 (рис.2.8, табл.2.3)

SenseFly SQ (літакового типу) був представлений на українському ринку у 2019 році [24] і відзначається широким функціоналом:

- інтеграція з провідними платформами AFS та AMS;
- оснащення п'ятиспектральною RGB-камерою, що дозволяє виконувати знімання в інфрачервоному та NDVI-спектрах;
- сумісність із системами RTK, що забезпечує точність позиціонування до 3 см на піксель;

- можливість створення високодеталізованих ортофотопланів, 3D-моделей і карт полів;
- висока площа охоплення за один політ (сотні гектарів);
- стійкість до пошкоджень у разі падіння.

До обмежень належать висока вартість, потреба у підготовці оператора та відсутність можливостей вертикального злету і зависання.

DJI Mavic Air 2 (вертольотного типу) призначений переважно для моніторингу та оперативної візуалізації виробничих процесів [25]:

- дальність польоту - до 7 км, тривалість - до 30 хв на одному заряді;
- швидкість - до 40–45 км/год;
- можливість зависання на місці, що полегшує зйомку дрібних ділянок та об'єктів;
- сумісність із додатковими спектральними камерами.

Всі БПЛА комплектуються змінними батареями (зазвичай 3 одиниці) та підлягають обмеженню максимальної висоти польоту до 500 м відповідно до чинного законодавства [22].

Практичне значення БПЛА у виявленні та усуненні агротехнічних проблем

БПЛА дають змогу з високою точністю ідентифікувати проблемні ділянки. Наприклад, у випадку дефіциту азоту камера з підвищеною контрастністю виділяє зони живлення з точністю до 2,5 см (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 - Різниця стану посівів в залежності від системи живлення: спектральний аналіз показав азотне голодування правої частини поля

Також можливе виявлення зон водної деградації (рис. 2.10), спричиненої плужною підшвою, що блокує інфільтрацію води. Отримані координати можуть бути внесені у програму AFS для створення карт-завдань або планування локального глибокого обробітку.



Рисунок 2.10 - Зони водної деградації, зафіксовані дроном DJI Mavic 2

У період вегетації БПЛА допомагають виявляти просіви та неоднорідності (рис. 2.10), які часто пов'язані з помилками у роботі сівалок чи ущільненням ґрунту на поворотних смугах.

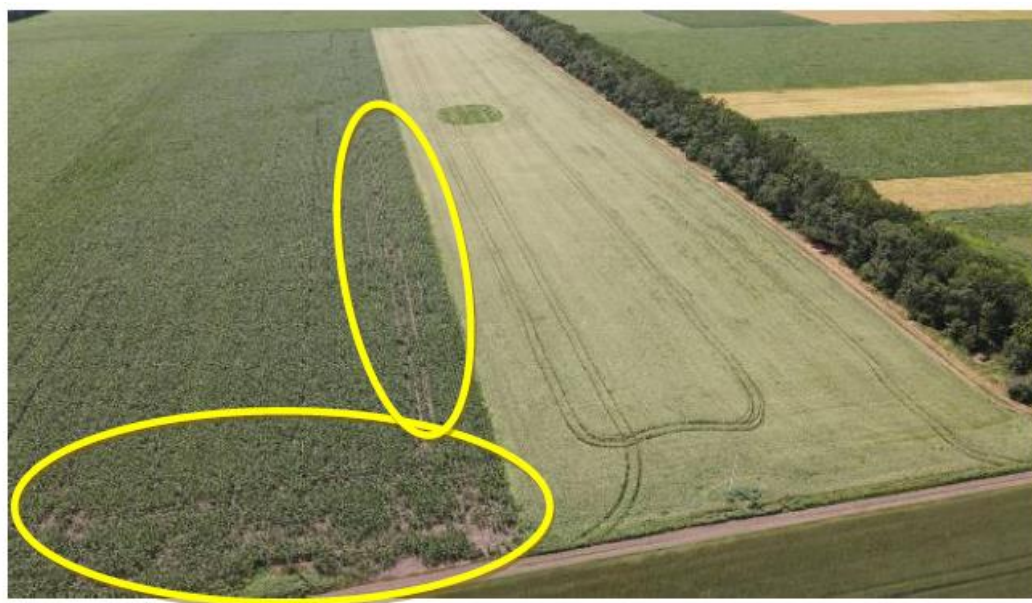


Рисунок 2.11 - Зафіксовані просіви соняшника

Аналіз представлений в табл. 2.3

Таблиця 2.3 - Порівняльна характеристика двох БПЛА

Характеристика	SenseFly SQ (літакового типу)	DJI Mavic Air 2 (вертольотного типу)
Тип зльоту	Горизонтальний	Вертикальний
Тривалість польоту	До 55 хв	До 30 хв
Дальність польоту	12–15 км	До 7 км
Площа охоплення за один політ	До 500 га	50–70 га
Камери	5-спектральна RGB + NDVI	RGB (можливе додаткове оснащення)
Точність з RTK	До 3 см/піксель	До 2,5 см/піксель
Можливості зависання	Ні	Так
Сумісність агроплатформами ^{із}	AFS, AMS	Можлива інтеграція
Основні переваги	Велика площа охоплення, спектральний аналіз, стійкість до пошкоджень	Маневреність, зручність роботи на малих ділянках
Основні обмеження	Висока вартість, відсутність вертикального злету	Менший радіус і час польоту

Таким чином, застосування БПЛА у технологіях вирощування соняшника дозволяє:

- оптимізувати використання ресурсів (паливо, насіння, добрива);
- скоротити непродуктивні переїзди техніки;
- підвищити якість агротехнічних операцій;
- забезпечити прийняття рішень на основі точних і своєчасних даних.

РОЗДІЛ 3 ПЛАНУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

3.1 Програма експерименту

Для реалізації поставлених у роботі завдань була розроблена комплексна програма польового експерименту, спрямована на порівняльний аналіз ефективності вирощування соняшника із застосуванням технологій дистанційного моніторингу (БПЛА) та без них.

Експериментальна база. Дослідження проводилися на полі, призначеному під посів соняшника, із виокремленням двох типів ділянок:

- Експериментальна - з використанням БПЛА для моніторингу та оперативного корегування технологічних операцій.
- Контрольна - без застосування БПЛА, із виконанням традиційних технологічних прийомів.

Протягом вегетаційного періоду проводився моніторинг стану посівів за допомогою супутникових знімків та наземних вимірювань (NDVI-аналіз, вологість ґрунту, густина стояння рослин), якщо було дозволено, використовували БПЛА. Результати моніторингу використовувалися для оперативного внесення змін у технологічні карти (наприклад, диференційоване внесення добрив або засобів захисту рослин).

Після завершення вегетації було проведено збір урожаю з обох ділянок, із подальшою оцінкою врожайності та витрат. Це дозволило виконати порівняльний аналіз ефективності технологій. Усі операції виконували з фіксацією експлуатаційних витрат. На дослідній ділянці виявлені проблемні зони оперативно обробляли, на контрольній – втручання не проводили. Після збирання врожаю виконували аналіз урожайності та затрат за обома варіантами.

У дослідженнях використовувалася така техніка: енергетичні засоби ЮМЗ-8070 та ЮМЗ-6АКЛ; борони (зубові) БЗСС-1,0; навісний (3-х рядний) культиватор КН-3,8; сівалка (пневматична) СУПН-8 А; культиватор (просапний) КРН-5,6; комбайн (зернозбиральний) Case IH 9240. Навігаційні системи -

Hammer (Геометр Україна), платформа моніторингу OneSoil. БПЛА DJI Mavic Air 2 (при наявності дозволу на використання).

3.2 Розробка технології вирощування соняшника з використанням СТЗ

Для проведення експерименту було обрано поле площею 18,9 га, яке попередньо оцифровано та внесено в цифрову агроплатформу OneSoil (рис. 3.1). На кінець травня 2025 року індекс вегетації культури знаходився на середньому рівні, що пояснюється ранньою фазою проростання бур'янів після весняних ґрунтообробних робіт та затримкою з виконанням наступних операцій через перезволоження ґрунту, тобто з початком проростання бур'янів після боронування у середині квітня та першої суцільної культивуації у середині травня. Через значні опади і високу вологість ґрунту між цими операціями виконати додатковий обробіток було неможливо.

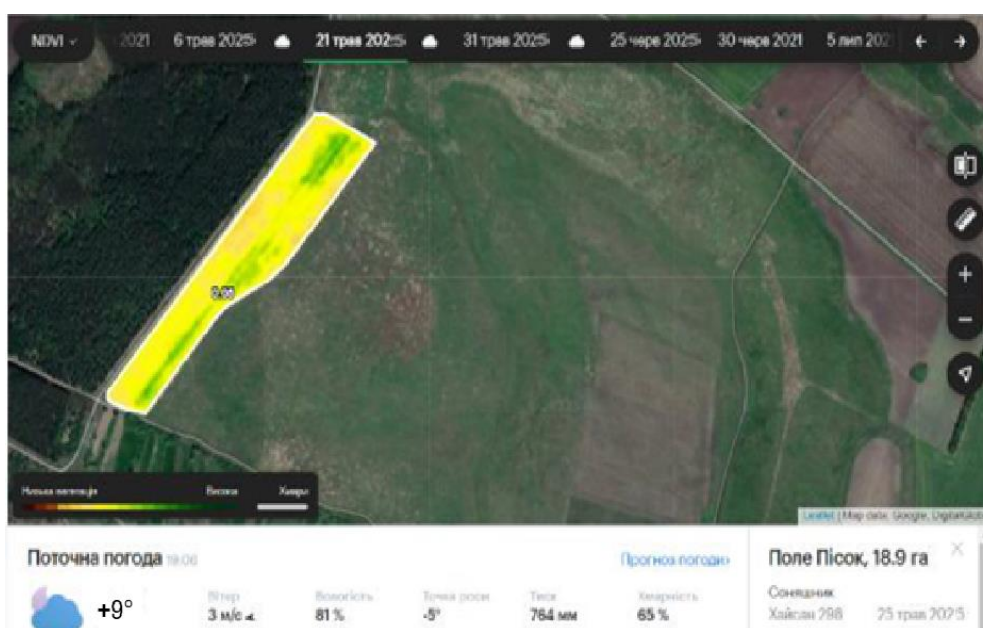


Рисунок 3.1- Створене експериментальне поле в цифровій платформі OneSoil.

Виконані технологічні операції: боронування трактором ЮМЗ-8070 із зубовою бороною 8БЗСС-1; перша культивуація (суцільна) трактором ЮМЗ-8070 з навісним 3-х рядним культиватором КН-3,8; передпосівна культивуація проводилась трактором ЮМЗ-8070 та культиватор КН-3,8.

Сівбу (24–25 травня) проводили агрегатом ЮМЗ-6АКЛ + СУПН-8А під кутом 45°. Контроль виконання робіт здійснювався за допомогою навігаційних систем, що забезпечували рівномірний розподіл насіння та мінімальні перекриття. Поле було поділено на дві частини: на одній застосовували СТЗ, на іншій працювали за традиційною схемою..

На агрегатах дослідної ділянки встановлювали навігатори Hammer [26], що дозволило зменшити перекриття суміжних проходів (з 0,7 м до 0,2 м на боронуванні та з 0,5 м до 0,2 м на культивуванні) та підвищити фактичну продуктивність.

Отже, нами було отримано результати за такими технологічними операціями: боронування, суцільна культивування і передпосівна культивування, дані занесені до табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Фрагмент технологічної карти експериментальної ділянки

Операції	Склад агрегату		Виробіток			Витрати палива	
	трактор	С.-г. м	За год.	За зміну	За добу	За нормою	На весь обсяг
Дискування стерні попередника	ЮМЗ-8070	СТЕП-2,4	2,34	16,40	23,43	2,7	27
Оранка	ХТЗ-150К-09	ПЛН-3-3,5	1,0	6,8	13,6	19,1	191
Боронування	ЮМЗ-8070	БЗСС-1,0	3,3	22,8	45,6	2,2	22
Культивування суцільна	ЮМЗ-8070	КН-3,8	2,7	18,6	26,6	3,8	38
Культивування передпосівна	ЮМЗ-8070	КН-3,8	2,7	18,6	26,6	3,8	38
Сівба	ЮМЗ-6АКЛ	СУПН-8А	3,84	26,88	46,08	4,2	42

Норма висіву становила 79 тис./га, внесення комплексного добрива – 96 кг/га, затрати праці – 1,16 люд.-год/га. Оптимізація руху агрегатів за допомогою курсовказівників зменшила кількість холостих переїздів і підвищила рівномірність посіву.



Рисунок 3.2- Посів соняшника на експериментальному полі агрегатом ЮМЗ-6АКЛ + СУПН-8А

Впровадження навігаційних систем суттєво підвищило продуктивність роботи. Завдяки курсовказівнику в кабіні, механізатор не відволікався на слід маркера, що зменшило його навантаження під час посіву. Це також дозволило організувати рух агрегату паралельно краю поля з мінімальною кількістю холостих переїздів.

При проведенні технологічних операцій боронуванні і культивуванні, за рахунок зменшення перекриття суміжних проходів, отримали зростання продуктивності: при боронуванні з 0,7 м до 0,2 м, а при культивуванні з 0,5 м до 0,2 м. Частина поля (та, що залишилась) площею 9,8 га оброблялася без застосування навігаційних засобів.

Решта площі поля - 9,8 га, оброблялася з вимкнутими засобами навігації та паралельного водіння (рис.3.3).



Рисунок 3.3 - Вид з протилежного боку: агрегат ЮМЗ-6АКЛ+СУПН-8А здійснює посів на контрольній ділянці поля

Після проведення технологічної операції посів на контрольній ділянці, отримали технологічні результати, див.табл. 3.2.

Таблиця 3.2. – Фрагмент технологічної карти контрольної ділянки

Операції	Склад агрегату		Виробіток			Витрати палива	
	трактор	С.-г. м	За год.	За зміну	За добу	За нормою	На весь обсяг
Дискування стерні попередника	ЮМЗ-8070	СТЕП-2,4	2,26	15,80	22,57	2,9	29
Оранка	ХТЗ-150К-09	ПЛН-3-3,5	1,0	6,8	13,6	19,1	191
Боронування	ЮМЗ-8070	БЗСС-1,0	3,2	22,1	44,2	2,4	24
Культивация суцільна	ЮМЗ-8070	КН-3,8	2,5	17,8	25,4	4	40
Культивация передпосівна	ЮМЗ-8070	КН-3,8	2,5	17,8	25,4	4	40
Сівба	ЮМЗ-6АКЛ	СУПН-8А	3,84	24,9	46,08	4,9	49

Моніторинг посівів протягом вегетації здійснювали через супутникову платформу, визначаючи проблемні зони (низька вегетація, забур'яненість, нестача вологи). За картами-завданнями на дослідній ділянці проводили локальне внесення гербіцидів: у зонах з низьким рівнем бур'янів - страхова доза, у зонах підвищеної забур'яненості - підвищена.

Станом на 10 липня 2025 року NDVI-аналіз показав, що інтенсивність вегетації на дослідній ділянці була вищою, ніж на контрольній (див. рис.3.4). Причинами меншого індексу на контрольній могли бути: відмінності у строках посіву, неоднорідність родючості ґрунту, різниця у вологозабезпеченні та якість виконання технологічних операцій, це видно на рис.3.6 .



Рисунок 3.4 - Явна різниця у вегетації посівів

Збір урожаю проводили на початку жовтня комбайном Case IH 9240 з жаткою Mas Don FD-75 (13,7 м), підключеним до платформ AFS/Cropwise. Урожайність на ділянках коливалася від 1,12 до 2,72 т/га, див. рис. 3.5

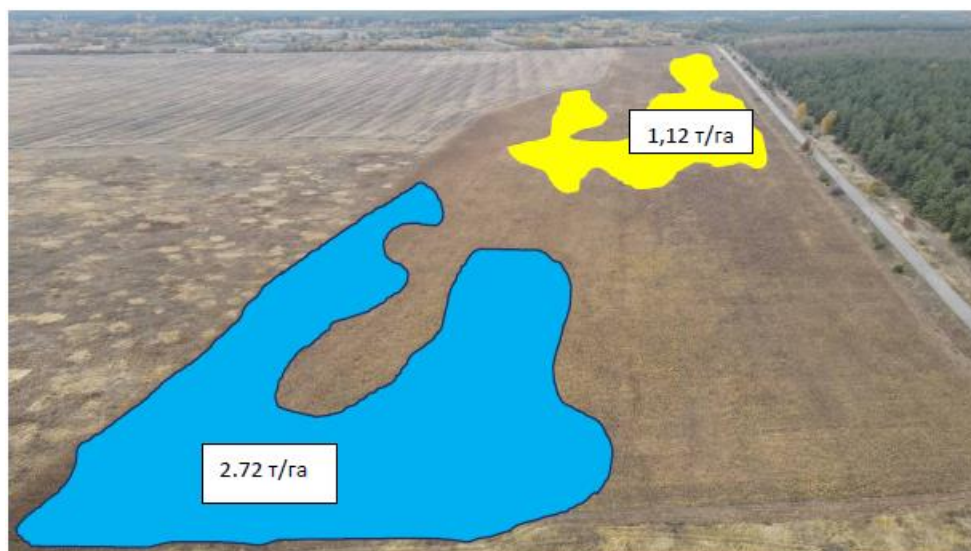


Рисунок 3.5 - Зони максимальної та мінімальної урожайності

Було зафіксовано урожайність, валовий збір, вагу насіння бункеру комбайна (зважували на вагах господарства). Остаточний результат усереднений (після приведення до вологості 8%).

На основі фактично виконаних робіт агрегатами та відповідними затратами, склали технологічні карти (Додаток А і Б), згідно загальноприйнятій методиці [27].

3.3 Особливості роботи збирального агрегату

Збирання здійснювалося на дослідному полі комбайном Case IH 9240 агрегатованим жаткою Mas Don FD 75 (ширина захвату 13,7 м, потужність 466 кВт). за умов вологості зерна не вище 9,8% та ухилу поля до 1,0%. Для поля з розмірами 280×357,4 м було обрано напрямок руху вздовж довшої сторони. Для оптимізації маршруту застосовували дані СТЗ з платформи AFS. Напрямок руху агрегату обирали по довшому боці поля, що забезпечувало зменшення часу на розворот та підвищення коефіцієнта робочих ходів.

Проведемо розрахунок коефіцієнту робочого ходу за формулою [28]:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (3.1)$$

де L_p - довжина (робоча) загінки, м, приймемо 357 метрів; L_x - довжина (середня) холостого ходу, м.

Знайдемо робочу довжину гону L_p , якщо комбайн рухається (з чергуванням загінок):

$$L_p = L - 2E, \quad (3.2)$$

де E - ширина (мінімальна) поворотної смуги, м, $E = 2R + e$,

з радіусом повороту ($R = 16$ м, для Case IH 9240), довжиною виїзду агрегата (e), кінематична довжина агрегату: $L_m = 4,3$ м.

$$E = 2 \times 16 + (-4,3) = 27,70 \text{ м}$$

Ширина поворотної смуги зазвичай приймається кратно ширині захвату жатки: $E = 13,70$ м чи $27,40$ м, приймемо $27,40$ м.

Знаходимо робочу довжину поля:

$$L_p = 357 - 2 \cdot 27,4 = 302,2\text{м.}$$

Середня довжина холостого ходу розраховується так:

$$L_x = 6R + 2e = 6 \cdot 16 + 2 \cdot (-4,3) = 87,4\text{м.} \quad (3.3)$$

Тоді знаходимо коефіцієнт робочого ходу

$$\varphi = 302,2 / (302,2 + 87,4) = 0,77$$

Розрахунки показали коефіцієнт робочих ходів $\varphi = 0,77$, що є нижчим за оптимальний діапазон (0,80–0,95), через невелику площу ділянки та значну робочу ширину жатки.

Дані моніторингу траєкторії руху агрегату у системі AFS дозволили визначити резерви для оптимізації процесу збирання.

Висновки до розділу

Застосування систем точного землеробства (СТЗ) на дослідній ділянці забезпечило значне зростання врожайності. У порівнянні з контрольною ділянкою, де врожайність склала 1,35 т/га, на дослідній ділянці цей показник досяг 2,12 т/га. Це підвищення на 57% (або 0,77 т/га), що є ключовим показником ефективності.

Це зростання врожайності безпосередньо вплинуло на валовий збір. На дослідній ділянці він становив 21,2 т, тоді як на контрольній - лише 13,23 т. Різниця в 7,97 т підтверджує, що інвестиції в точне землеробство швидко окупаються за рахунок збільшення обсягу продукції.

Крім підвищення врожайності, СТЗ дозволили оптимізувати використання ресурсів. Незважаючи на значно вищий врожай, витрати пального на дослідній ділянці були меншими (603 кг) порівняно з контрольною (618 кг). Це свідчить про ефективнішу роботу техніки, що, ймовірно, досягається завдяки зменшенню перекриттів під час обробки поля.

Також відзначається незначна, але помітна економія трудових ресурсів: 63,81 люд.-год на дослідній ділянці проти 64,87 люд.-год на контрольній. Це є

результатом точнішого планування маршрутів техніки та зменшення часу на виконання операцій.

Таким чином, результати дослідження наочно демонструють, що впровадження систем точного землеробства є виправданим і економічно доцільним. Вони не лише дозволяють суттєво підвищити врожайність та валовий збір, а й забезпечують раціональне використання паливно-мастильних матеріалів і робочого часу, що робить аграрне виробництво більш ефективним та прибутковим.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні положення

Охорона праці у сільськогосподарському виробництві є системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності. Правове регулювання здійснюється відповідно до Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, а також галузевих нормативно-правових актів з безпеки праці у сільському господарстві.

У сучасних умовах, коли у виробництві активно застосовуються системи точного землеробства (СТЗ) - GPS-навігація, автоматичне керування машинами, дистанційний моніторинг стану рослин, диференційоване внесення добрив, — виникають нові вимоги до безпеки праці. На відміну від традиційних технологій, робота з СТЗ передбачає експлуатацію складного електронного, комп'ютерного та механічного обладнання, що потребує додаткових знань і суворого дотримання інструкцій з охорони праці.

4.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при вирощуванні соняшнику з використанням систем точного землеробства

Виконання технологічних операцій з вирощування соняшнику, включаючи підготовку ґрунту, посів, внесення добрив, обробку рослин та збирання врожаю, супроводжується впливом на працівників ряду небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Впровадження систем точного землеробства (СТЗ) змінює деякі з цих факторів, а також створює нові.

Виробничий процес із використанням СТЗ супроводжується впливом низки небезпечних і шкідливих факторів (табл. 4.1).

Таблиця 4.1- Небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час роботи із

СТЗ

Група факторів	Приклади впливу	Можливі наслідки	Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)
Механічні	Рухомі частини агрегатів, зчіпні механізми	Травми кінцівок, забої, порізи	Спецодяг, захисні рукавиці
Електричні	Пошкодження кабелів, коротке замикання	Опіки, ураження струмом	Діелектричні рукавички, взуття
Хімічні	Пестициди, гербіциди, добрива	Отруєння, алергічні реакції	Респіратор, захисні окуляри, костюм
Фізичні	Підвищений шум (>80 дБ), вібрація	Погіршення слуху, втома	Протिशумні навушники
Метеорологічні	Висока температура, опади, вологість	Перегрів, переохолодження	Одяг за сезоном, головний убір

4.3 Організаційно-технічні заходи безпеки

Для запобігання нещасним випадкам застосовуються організаційно-технічні заходи: проведення вступного, первинного та повторного інструктажів; перевірка технічного стану обладнання перед початком роботи; недопущення до керування технікою осіб без відповідної кваліфікації; дотримання безпечної відстані між агрегатами під час роботи; використання ЗІЗ залежно від характеру виконуваних операцій.

Особливу увагу необхідно приділяти пожежній безпеці. При роботі з електронними компонентами та високоточними системами можливе виникнення пожеж через коротке замикання або перегрів обладнання. Кожна машина, обладнана СТЗ, повинна мати вогнегасник (ВП-5 або аналог) у справному стані.

Ефективність охорони праці значною мірою залежить від готовності працівників діяти в надзвичайних ситуаціях. Усі працівники повинні вміти надавати першу допомогу при травмах, опіках, теплових ударах та отруєннях.

Виробнича аптечка має містити перев'язувальні матеріали, антисептики, жарознижувальні та знеболювальні засоби, а також інструкцію з надання першої допомоги.

Комплексне дотримання вимог охорони праці при використанні систем точного землеробства не лише забезпечує безпеку персоналу, але й підвищує ефективність роботи, запобігає простою техніки та зменшує фінансові втрати від аварій чи поломок.

Впровадження систем точного землеробства сприяє підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва, однак вимагає особливої уваги до питань охорони праці. Комплексний підхід до аналізу ризиків та вжиття відповідних заходів безпеки є запорукою не лише високої продуктивності, а й збереження здоров'я та життя працівників.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

5.1 Сутність економічного ефекту

Економічний ефект від впровадження технологій цифрового землеробства (ЦЗ) був оцінений шляхом порівняння результатів на двох ділянках: експериментальній (10 га), де застосовувалися методи ЦЗ, та контрольній (9,8 га), обробленій за класичною технологією. Основою економічного ефекту стала підвищена рентабельність завдяки зростанню ефективності використання сільськогосподарської техніки та оптимізації технологічних процесів.

Ефективність техніки підвищилася завдяки таким факторам:

1) Оптимізація роботи агрегатів. Використання навігаційних систем із підкермовуванням забезпечило точніше ведення агрегатів, що дозволило підвищити коефіцієнт використання ширини захвату та зменшити перекриття.

2) Зростання темпів робіт. Автоматичне керування по лініях паралельного водіння прискорило виконання операцій.

3) Диференційований обробіток. Застосування картографування полів дозволило ідентифікувати проблемні зони та створювати карти-завдання для точкового внесення добрив і засобів захисту.

4) Покращений контроль якості. Цифрове землеробство забезпечило кращий контроль за технологічними процесами та їх результатами (наприклад, виявлення просівів).

Використовуючи фактичні показники продуктивності техніки, витрат пального та інших ресурсів, було визначено як ефективність використання техніки, так і рентабельність технологій загалом. Через обмежені площі експерименту абсолютні значення рентабельності були екстрапольовані на більші виробничі масиви.

5.2. Розрахунок економічної ефективності

Для розрахунків використано технологічні карти (Додатки А і Б), які відображають обсяг використаних ресурсів: пального, матеріалів, витрат праці та експлуатаційних затрат.

Витрати на пальне обчислювались за формулою:

$$Z_{пал} = Ц_{пал} \cdot Q_{пал}, \quad (5.1)$$

де: $Q_{пал}$ - витрати пального (з Додатках А.Б), кг; $Ц_{пал}$ — ціна 1 кг дизпалива. За ринковими даними, 1 л пального (0,83 кг) коштував 51,5 грн, що відповідає 57,8 грн/кг.

Використовуючи формулу, отримаємо вартість палива за технологіями

Технологія	Витрати палива ($Q_{пал}$), кг	Вартість, грн
Цифрове землеробство	603	34853,4
Класична	622	35951,6

Вартість посівного матеріалу (гібрид соняшника Haisan 298, Alta Seeds) становила 6000 грн/п.о. (посівна одиниця), норма висіву - 4 п.о. на 10 га, отже:

$$V_{нас} = 4 \cdot 6000 = 24000 \text{ грн}$$

Витрати на посівний матеріал були однаковими для обох ділянок.

Витрати на оплату праці розраховувались виходячи з тарифної ставки механізатора 5 розряду (450 грн/зміну, 7 год/зміну → 64,28 грн/год), з урахуванням 20% надбавки та 23% соціальних відрахувань (ЄСВ, ПФ, ВЗ):

$$Z_{пл} = Ц_{пл} \cdot Q_{пл}, \quad (5.2)$$

де $Ц_{пл}$ – оплата праці 1 люд-год; $Q_{пл}$ – заг. кількість затрати праці з .додатку), $Q_{пл}$ - за технологією СТЗ - 63,81 люд.-год.; за класичною будувь 64,99 люд.-год.

Отже, затрати праці за технологіями

- ЦЗ
- $Z_{пл}^{ЦЗ} = (64,28 \times 1,2) + (77,14 \times 0,23) \times 63,81 = 6054,18 \text{ грн}$
- Класична

$$- Z_{пл}^{КЛАС} = (64,28 \times 1,2) + (77,14 \times 0,23) \times 64,99 = 6166,13 \text{ грн}$$

На експериментальній ділянці до загальних витрат було додано вартість придбання обладнання для точного землеробства (монітор, антена, датчики, інше) на суму 55 000 грн та податок на землю в Сумській територіальній громаді (15134).

Тоді, знайдемо загальні експл. витрати за формулою та внесемо розрахунки до табл.5.1:

$$Z = Z_{нал} + Z_{нас} + Z_{пл} + Z_{орен.} + Z_{подат} \quad (5.3)$$

Таблиця 5.1 - Загальні експлуатаційні витрати за технологіями

Показник	Технологія цифрового землеробства	Класична технологія
Паливо	34853,4	35951,6
Насіння	24 000,0	24 000,0
Оплата праці	6054,18	6166,13
Податок на землю	15134	15134
Додаткове обладнання	55 000,0	—
Разом	135041,58	81521,73

Розрахуємо собівартість 1 т соняшнику за формулою:

$$C = Z / U, \quad (5.4)$$

Де U - валовий збір соняшнику (насіння), беремо із технологічної карти. Для технології ЦЗ -21,2 т з 10 гектарів площі.

Вартість н соняшника на ринку, згідно даних [37], середина 2025 року складала (середня) $C_{сон}=24850 \text{ грн. / т.}$

Формула вартості вирощеного соняшника

$$B_{пр} = C_{сон} \times U \quad (5.5)$$

Прибуток (від реалізації) знаходимо за формулою:

$$П = B_{пр} - Z \quad (5.5)$$

При розрахунку прибутку врахуємо суму для наступного врожаю, тобто

135041,58 -55000=80041,58 грн, прийємо 81000 грн, а для класичної * за мінусом заг.витрат (тобто 81521,73, приймаємо 81000 грн)

Рентабельність розрахуємо за формулою

$$P = \frac{\Pi}{З} \times 100 \quad (5.6)$$

Розрахуємо показники та зведемо у табл.5.2

Таблиця 5.2 – Техніко-економічні показники

Показник	Одинці виміру	Технологія цифрового землеробства	Класична технологія
Валовий збір	т	21,2	13,5
Собівартість	грн/т	6164,04	6038,65
Ринкова ціна,	грн/т	24850	24850
Виручка від реалізації	грн	526820	335475
Прибуток, грн	грн	391778,72	253953,27
Чистий прибуток	грн	310778,72	172953,27
Рентабельність	%	20	-

Висновки до розділу

Порівняльний аналіз свідчить, що впровадження технологій цифрового землеробства при вирощуванні соняшника забезпечує:

- підвищення врожайності на 7,7 т/10 га;
- збільшення чистого прибутку на 69 888,35 грн;
- зростання рентабельності на 20%.

Це підтверджує економічну доцільність використання ТЦЗ навіть з урахуванням початкових інвестицій у навігаційне та діагностичне обладнання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання магістерської роботи на тему *«Підвищення ефективності машинно-тракторного парку при вирощуванні соняшнику шляхом впровадження систем точного землеробства»* було виконано:

1. Проведено комплексне дослідження технологічних, організаційних та економічних аспектів використання інструментів точного землеробства (СТЗ) у виробничих умовах. Проведений аналіз стану питання показав, що традиційні методи і засоби підвищення ефективності вирощування соняшника на сьогодні себе вичерпали.

2. Проаналізовані цифрові програми (софти), які можна розділити на пасивні (зі спрощеним функціоналом) та інтерактивні (з інтеграцією техніки в програми). До пасивних віднесли такі: OneSoil, Агропрофіль. До інтерактивних: AFS, AMS, Cropwise, Agro Online.

3. Наведено приклади підвищення ефективності землеробства при використанні дронів, які для аграрного виробництва є такі: для виконання технологічних операцій та для збирання і обробки інформації (DJI Mavic, Phantom, SenseFly).

4. Аналіз літературних джерел і сучасних практик показав, що впровадження СТЗ забезпечує підвищення ефективності використання МТП за рахунок:

- оптимізації маршрутів руху техніки та зменшення перекриттів під час обробітку поля;
- підвищення коефіцієнта використання ширини захвату агрегатів;
- скорочення часу виконання операцій та зниження навантаження на персонал;
- зменшення витрат палива та матеріалів завдяки картографуванню і диференційованому внесенню.

5. Експериментальні дослідження на виробничих ділянках показали, що застосування елементів СТЗ дозволило:

- знизити витрати дизельного палива на 3,05 %;
- скоротити трудовитрати на 1,82 %;
- забезпечити приріст урожайності соняшнику на 57 % у порівнянні з традиційною технологією;
- підвищити загальний рівень рентабельності виробництва на 20 %.

6. Наведений аналіз можливих шкідливих факторів при впровадженні та експлуатації систем точного землеробства

7. Економічні розрахунки довели, що додаткові витрати на придбання та впровадження навігаційного обладнання повністю компенсуються вже в перший рік експлуатації завдяки зростанню продуктивності та зменшенню собівартості продукції.

Таким чином, впровадження систем точного землеробства у виробництво соняшнику:

- Підвищує ефективність використання машинно-тракторного парку.
- Дозволяє оптимізувати використання ресурсів та зменшити виробничі витрати.
- Сприяє підвищенню врожайності та прибутковості господарства.
- Є економічно доцільним та технологічно обґрунтованим напрямом розвитку сучасного аграрного виробництва.

Отримані результати підтверджують, що інтеграція технологій точного землеробства в аграрне виробництво є ефективним інструментом модернізації та підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Валерія Квіткова. Економічне значення соняшнику для України [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://nakypilo.ua/promo/ekonomichne-znachennya-sonyashniku-dlya-ukrayini/>

2. О. О. Калинов, А. О. Рожков ПОЛЬОВА СХОЖІСТЬ НАСІННЯ І ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ РОСЛИН СОНЯШНИКУ ЗА ВПЛИВУ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ І ЛИСТОВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН, 2024, № 36:80-92. DOI: 10.36710/ІОС-2024-36-07

3. Технологія вирощування соняшнику: етапи, нюанси від сівби до збирання. 2024. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://superagronom.com/articles/720-tehnologiya-viroschuvannya-sonyashniku-etapi-nyuansi-vid-sivbi-do-zbirannya>

4. Artur Rozhkov, Oleksandr Kalinov. THE YIELD AND QUALITY OF SUNFLOWER SEEDS DEPEND ON THE PRE-SOWING TREATMENT OF THE SEEDS AND EXTRA-ROOT NUTRIENTS. Scientific and Technical Bulletin of Livestock farming institute of NAAS, 2024, Is. 131. DOI 10.32900/2312-8402-2024-131-187-201

5. Є. Романьков. Соняшник в No-Till, Доповідь на форумі «Олійні культури 2021: технології, логістика, переробка», Дніпро. <https://www.youtube.com/watch?v=zsRCTCKCQz8>.

6. О. О. Калинов, А. О. Рожков ПОЛЬОВА СХОЖІСТЬ НАСІННЯ І ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ РОСЛИН СОНЯШНИКУ ЗА ВПЛИВУ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ І ЛИСТОВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН, 2024, № 36:80-92. DOI: 10.36710/ІОС-2024-36-07

7. Hrynevych, O.; Blanco Canto, M.; Jiménez García, M. Tendencies of Precision Agriculture in Ukraine: Disruptive Smart Farming Tools as Cooperation Drivers. Agriculture 2022, 12, 698; <https://doi.org/10.3390/agriculture12050698>

8. Чехов С. А., Чехова І. В. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКУ В УКРАЇНІ. Економічний простір.- №136, 2018. DOI 10.30838/P.ES.2224.290818.127.215

9. Кудріна В. С.Формування продуктивності соняшнику залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата с.-г. наук за спеціальністю 06.01.09 – рослинництво. – Миколаївський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Миколаїв, 2021

10. Петрович Б., Кононець Так, Чамбалік Л. Впровадження технологій дронів, сенсорних пристроїв та робототехніки в системах органічного землеробства країн Вишеградської групи. Геліон. 2025. Том 11, Випуск 1, е41408. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41408>

11. Механізовані технології в системах точного землеробства. Журнал Агроном. 2025. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://www.agronom.com.ua/mehanizovani-tehnologiyi-v-systemah-tochnogo-zemlerobstva/>

12. Aditya Chaturvedi. OneSoil Interactive Map to boost precision agriculture. OneSoil Interactive Map to boost precision agriculture . https://geospatialworld.net/blogs/onesoil-interactive-map-to-boost-precision-agriculture/?utm_source=chatgpt.com

13. What is OneSoil? [Електронне джерело]. Режим доступу: https://help.onesoil.ai/en/articles/5237693-what-is-onesoil?utm_source=chatgpt.com

14. Підвищуйте продуктивність полів за допомогою цифрового землеробства. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://onesoil.ai/ua>

15. Агропрофіль – зручна система обліку і контролю сільськогосподарських робіт. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://shop.gpsgeometer.com/ua/blog/agroprofil--zruchna-sistema-obliku-i-kontrolyu-silskogospodarskih-robit>

16. СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА. ADVANCED FARMING SYSTEMS від Case IH. AFS Brochure_.indd. Електронне джерело]. Режим доступу:

https://assets.cnhindustrial.com/caseih/emea/EMEAASSETS/Products/AFS%C2%AE-Advanced-Farming-Systems/Brochures/final_2021_AFS%20Brochure_UKR.pdf

17. СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА (AMS) від John Deere. Електронне джерело]. Режим доступу: <https://agrotek.ua/upload/catalog/items/0/06bfa4e171ad9d46e8c11e3b0e3f.pdf>

18. Система управління агропідприємством. Cropwise Operations. Електронне джерело]. Режим доступу:

https://sasagro.com/cropwise/?gad_source=1&gad_campaignid=22579439987&gbraid=0AAAAADHO8JafQOP7V_btjLgW17IVXBHdF&gclid=CjwKCAjwwNbEBhBpEiwAFYltGCaksCSWovOfa7vnyuUUIJZp0J25vIiXy_hw-W0ZJPnsDFK0JJkgyhoCTIAQAvD_BwE

19. АгроOnline. Електронне джерело]. Режим доступу: <https://latifundist.com/kompanii/1267-agroonline>

20. Комплексне IT-рішення для агровиробників. Електронне джерело]. Режим доступу: <https://www.soft.farm/uk>

21. Product Lifecycle Management, PLM. Електронне джерело]. Режим доступу: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/product-lifecycle-management-plm>

22. Безпілотники витісняють традиційну техніку: рентабельність та ефективність дронів. Журнал Техніка. Електронне джерело]. Режим доступу: <https://superagronom.com/news/13777-bezpilotniki-vitisnyayut-traditsiynu-tehniku-rentabelnist-ta-efektivnist-droniv>

23. Головня О.М., Чемерис Ю.С., Сучасні тренди інноваційності ринку сільськогосподарської техніки в умовах глобального середовища. Економіка та суспільство. Випуск № 66 / 2024. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-18>

24. Безпілотник для картографування полів senseFly eBee Ag. Електронне джерело]. Режим доступу:
<https://traktorist.ua/technologies/bezpilotnik-dlya-kartografuvannya-poliv-sensefly-ebee-ag>
25. Квадрокоптер DJI Mavic Air 2. Електронне джерело]. Режим доступу:
https://flytechnology.ua/kvadrokopter-dji-mavic-air-2?srsId=AfmBOoqYmhgFL0VH3WfF0SXFoePQwfbWIqiiF_Z4Kr8dM_Mq3PFc2t1p
26. Геометр Україна. Навігаційне обладнання для сільськогосподарської техніки. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. Режим доступу:
<https://shop.gpsgeometer.com/ua>
27. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія /Л.М. Тіщенко, С.І. Корнієнко, В.А. Дубровін та ін.: за ред. Л.М. Тіщенка /Харк. нац. техн. ун-т с.-г. ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – 273 с
28. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні / А.С. Кобець, О.Д. Деркач, М.І. Ролдугін, В.М. Яцук, П.М. Кухаренко, А.М. Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
29. Drobitko, A., Panfilova, A., Markova, N., Horbunov, M., & Roubík, H. (2024). Formation of sunflower hybrid productivity by resource saving cultivation technologies in southern Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 28(3), 9-18. doi: 10.56407/bs.agrarian/3.2024.09
30. Oksana Hrynevych, Miguel Blanco Canto, Mercedes Jiménez García
Tendencies of Precision Agriculture in Ukraine: Disruptive Smart Farming Tools as
Cooperation Drivers. *Agriculture* 2022, 12(5), 698; <https://doi.org/10.3390/agriculture12050698>

31. Fatima Zahra Bassine, Terence Epule Epule, Ayoub Kechchour, Abdelghani Chehbouni. Recent applications of machine learning, remote sensing, and iot approaches in yield prediction: a critical review. arXiv:2306.04566v1 [cs.LG] 7 Jun 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.04566>
32. Aksana Yarashynskaya, Piotr Prus Precision Agriculture Implementation Factors and Adoption Potential: The Case Study of Polish Agriculture. *Agronomy* 2022, 12(9), 2226; <https://doi.org/10.3390/agronomy12092226>
33. Isabel Cisternas, Ignacio Velásquez, Angélica Caro, Alfonso Rodríguez. Systematic literature review of implementations of precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* Volume 176, September 2020, 105626. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105626>
34. Olabimpe Banke Akintuyi .Adaptive AI in precision agriculture: A review: Investigating the use of self-learning algorithms in optimizing farm operations based on real-time data. *Open Access Research Journal of Multidisciplinary Studies*, 2024, 07(02), 016–030. <https://doi.org/10.53022/oarjms.2024.7.2.0023>
35. Павлюк І. Вимоги охорони праці при проведенні посівних робіт [Електронний ресурс] / І. Павлюк // Охорона праці і пожежна безпека. – 57 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://oppb.com.ua/content/vymogyohorony-praci-pry-provedenni-posivnyh-robit/>
36. Петрига О. М., Яворська Т. І., Прус Ю. О. Економіка аграрного підприємства: навч. посібник / за ред. О. М. Петриги, Т. І. Яворської. – Херсон: ХДАУ, 2020. – 352 с
37. Аналіз цін на соняшник [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://tripoli.land/ua/analytics/podsolnechnik>

ДОДАТКИ