

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

ПОГОДЖЕНО

Декан агробіологічного факультету

д.с.-г.н., професор

_____ Віталій КОВАЛЕНКО_

(підпис)

(ПБ)

«_____» _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Агрохімії та якості продукції

рослинництва ім. О.І. Душечкіна

д.с.-г.н., професор

_____ Дмитро ЛІТВИНОВ

(підпис)

(ПБ)

«_____» _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Продуктивність соняшнику за використання елементів точного
землеробства»**

Спеціальність 201 - Агрономія

Освітня програма Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

доктор с.г. наук проф.

(підпис)

Анатолій БИКІН

(ПБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

кандидат с.г. наук, доцент

(підпис)

Олег ГРИЩЕНКО

(ПБ)

Виконав

(підпис)

Олександр БАСАНКО

(ПБ)

Виконав

(підпис)

Володимир ТКАЧ

(ПБ)

КИЇВ – 2025 р.

РЕФЕРАТ

На комплексну магістерську кваліфікаційну роботу Басанка О.В. та Ткача В.О. на тему «Продуктивність соняшнику за використання елементів точного землеробства»

Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновку, рекомендацій щодо виробництва, а також із списку використаної літератури.

Дипломна робота представлена на 81 сторінках друкованого тексту, включаючи таблиці і рисунки.

В розділі 1 «Огляд літератури» розкривається питання важливості соняшнику для України, його фізіологічних особливостей, значення різних елементів живлення при його росту та розвитку, використання супутників та дронів для збору інформації і її застосування з ціллю підвищення врожайності, диференційне внесення добрив.

Розділ 2 «Методика досліджень» включає в себе: загальну характеристику господарства, ґрунтові умови та рельєф території, кліматичні умови господарства, опис вирощуваного гібриду та технологію його вирощування, а також методику проведення досліджень.

В розділі 3 «Результати досліджень» подано інформацію щодо результату дистанційного моніторингу поля з використанням індексу NDVI, динаміку вмісту наявних ресурсів у ґрунті, біометричні показники соняшнику та структуру його врожайності.

У 4 розділі «Економічна ефективність» був проведений аналіз економічної ефективності використання елементів точного землеробства за використання елементів точного землеробства.

Об'єктом дослідження є використання елементів точного землеробства на продуктивність соняшнику.

Предмет дослідження – дані дистанційного моніторингу із використанням індексу NDVI, рН ґрунтового середовища, вміст доступних в ґрунті сполук фосфору та калію, вміст нітратів у ґрунті, біометричні показники, структура

врожаю та урожайність соняшнику, економічна ефективність застосування елементів точного землеробства.

У магістерській роботі представлені результати впливу технології точного посіву з одночасним локальним внесенням різної кількості елементів живлення в залежності від варіанту дослідження.

Ключові слова: соняшник, зона продуктивності, вегетаційний індекс NDVI, економічна ефективність.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри агрохімії та якості
продукції рослинництва ім. О.І.Душечкіна

_____ Дмитро ЛІТВІНОВ

(підпис)

(ПІБ)

«___»

_____ 2025 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ

_____ Басанку Олександрові Віталійовичу

_____ Ткачу Володимирі Олександровичу

(прізвище ініціали студента)

Спеціальність _____ 201-Агрономія _____
(код і назва)

Спеціалізація _____ Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві _____
(назва)

Магістерська програма _____ Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві _____
(назва)

Програма підготовки _____ Освітньо-наукова _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи: Продуктивність соняшнику за використання елементів точного землеробства затверджена наказом ректора НУБіП України № 1893 С від 06.11.2024

Термін подання завершеної роботи на кафедру

Вихідні дані до магістерської роботи: результати польових досліджень.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Вегетаційний індекс NDVI соняшнику.
2. Агрохімічні показники ґрунту.
3. Агрохімічний наземний моніторинг
4. Біометричні показники.
5. Структура врожаю та урожайність соняшнику.
6. Економічна ефективність вирощування соняшнику.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Назва етапів магістерської роботи | Строки виконання етапів магістерської роботи | Примітка |
|---------------------------------------|--|-----------------|
| Огляд літератури | Осінній семестр 2025 | <i>Виконано</i> |
| Методика виконання роботи | Весняний семестр 2025 | <i>Виконано</i> |
| Аналітично-розрахункова частина | Осінній семестр 2025 | <i>Виконано</i> |
| Економічна оцінка технологій | Осінній семестр 2025 | <i>Виконано</i> |
| Письмове і технічне оформлення роботи | Осінній семестр 2025 | <i>Виконано</i> |

Дата видачі завдання: «_____» _____ 2025 р.

Керівник магістерської роботи: _____
(підпис)

Олег ГРИЩЕНКО
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання: _____

Олександр БАСАНКО

(підпис)

Володимир ТКАЧ
(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ВСТУП | 6 |
| РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ..... | 8 |
| 1.1 Значення соняшнику для України | 8 |
| 1.2 Загальний опис фізіологічних особливостей соняшнику | 9 |
| 1.3 Значення різних елементів живлення для соняшнику..... | 13 |
| 1.4 Використання методів точного землеробства при вирощуванні соняшнику | 16 |
| РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ | 21 |
| 2.1 Загальні відомості про господарство | 22 |
| 2.2 Ґрунтові умови господарства | 26 |
| 2.3 Умови рельєфу | 30 |
| 2.4 Кліматичні умови господарства..... | 32 |
| 2.5 Опис гібриду соняшнику та технологія його вирощування | 36 |
| 2.6 Методика проведення досліджень..... | 42 |
| РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ | 44 |
| 3.1 Дистанційний моніторинг за вирощування соняшнику..... | 44 |
| 3.2 Динаміка вмісту елементів у ґрунті | 52 |
| 3.3 Біометричні показники соняшнику | 61 |
| 3.4 Структура та врожайність соняшнику | 66 |
| РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ | 71 |
| ВИСНОВКИ | 73 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... | 76 |

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Соняшник є однією з провідних олійних культур у світовому та національному сільськогосподарському виробництві і Україна, серед всіх інших країн світу, займає абсолютні лідируючі позиції по експорту соняшнику, а на продуктивність його вирощування напряму впливає експортний потенціал країни, тому можна на сто відсотків стверджувати, що дана культура відіграє велику роль в економіці України. У сучасних умовах зростання цін на добрива, різноманітні препарати, техніку та інші ресурси, те наскільки ми ефективно використовуємо всі доступні аграріям ресурси та можливості має вирішальну роль для прибутковості даної галузі. Саме тому впровадження елементів точного землеробства, які якраз і спрямовані на оптимізацію всіх виробничих процесів у господарстві, є обов'язковою частиною для створення конкурентноспроможного, стабільного та економічно ефективного господарювання.

Елементи точного землеробства допомагають аграріям оптимізувати та автоматизувати багато процесів у господарстві дозволяючи економити не лише на матеріальних та технічних ресурсах, а й на трудових ресурсах.

Мета дослідження: продуктивність соняшнику за використання елементів точного землеробства. Проведення дистанційного та агрохімічного наземного моніторингу посівів соняшнику з подальшим їх аналізом для виявлення ефективності використання різних ділянок поля.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1. Розділення поля на різні зони продуктивності в залежності від розвитку соняшнику на різних ділянках поля.
2. Супутниковий моніторинг за посівами та дослідження агрохімічних показників ґрунтів поля з подальшим аналізом отриманих даних.
3. Визначення біометричних параметрів рослин для кожної зони продуктивності.

4. Визначення елементів структури врожаю соняшнику та підрахунок його кінцевої врожайності.

5. Визначення економічної ефективності соняшнику.

Об'єкт дослідження – використання елементів точного землеробства на продуктивність соняшнику.

Предмет дослідження – дані дистанційного моніторингу із використанням індексу NDVI, рН ґрунтового середовища, вміст доступних в ґрунті сполук фосфору та калію, вміст нітратів у ґрунті, біометричні показники, структура врожаю та урожайність соняшнику, економічна ефективність застосування елементів точного землеробства.

Методи дослідження. Польовий (відбір ґрунтових зразків та моніторинг за динамікою розвитку культури); лабораторний (аналіз основних агрохімічних показників ґрунту); порівняльно-розрахунковий і статистичний (економічна ефективність вирощування соняшнику у різних зонах продуктивності досліджуваного поля; кінцевий аналіз отриманих експериментальних даних).

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Значення соняшнику для України

Так, як Україна це аграрна держава, так близько 10% ВВП України [1] займає сільське господарство, яке за деякими оцінками забезпечує приблизно 40 % експортних надходжень країни. Однією з основних культур є соняшник. Площа посіву якого склала в 2024 році 4,893 млн га [3]. Він є основною олійною культурою в Україні, насіння якого в середньому містить понад 48-50% жиру, білка – 16-19, а вихід олії за промислової переробки становить майже 47-52% [4] і порівняно з іншими культурами цієї групи він забезпечує найбільший вихід олії з одиниці площі [2].

Олія соняшнику належить до групи напіввисихаючих. Йодне число 112-124. Олія соняшнику це товар який досить активно використовується в промисловості харчування. За калорійністю одна вагова одиниця соняшnikової олії відповідає 2-3 одиницям цукру, 4 одиницям хліба і 8 одиницям картоплі. До складу соняшнику входять вітаміни А,Д,К, жирні та органічні кислоти. Нижчі сорти олії використовують у лакофарбній та миловарній промисловості, для виробництва стеарину, лінолеуму, водонепроникних тканин тощо [24].

Більше 5 років Україна займає лідируючі світові позиції по експорту соняшнику та соняшnikової олії. У 2023-2024 роках Україна залишиться лідером з експорту соняшnikової олії на світовому ринку з часткою до 37% (проти 35% в 2022-2023 роках) [6]. Соняшnikова олія входить в топ 3 серед інших олій у світі та широко використовується у процесі виготовлення маргарину, консервів, хлібних і кондитерських виробів, а також у миловарній, лакофарбовій та інших галузях промисловості. Під час переробки цього насіння, крім олії, одержують побічні продукти макуху або шрот, які є цінним кормом у тваринництві [2]. Для більшості фермерів та аграріїв України, соняшник це основне джерело прибутку із-за його ціни. При вирощуванні та переробці з'являються тисячі робочих місць. Соняшник позитивно впливає на кількість робочих місць, в селах та містечках, де аграрна діяльність є основним джерелом доходу [5]. Система живлення елементами у рослин соняшнику має

свої особливості. З однієї сторони вони засвоюють багато поживних речовин, а з другої – не реагують на високі фони удобрення [51].

1.2 Загальний опис фізіологічних особливостей соняшнику

Соняшник – рослина Степової зони. Незважаючи на підвищені вимоги до тепла, насіння його починає проростати при температурі 3-4°C, але сходи з'являються лише на 20-28-й день. Оптимальна температура проростання 20°C. За цієї температури сходи з'являються на 7-8-й день. Насіння соняшнику яке проклонулось в ґрунті задовільно переносить зниження температури до мінус 10°C. Молоді сходи рослин витримують весняні приморозки до 4-6°C. Це дає змогу сіяти соняшник рано навесні. Для швидкорослих сортів та гібридів сума температур вища за 10°C за період їхньої вегетації становить 1850°C, ранньостиглих – 2000°C, середньостиглих – 2150°C [7]. Для росту у першій половині вегетації оптимальна температура складає близько 22°C, а в період цвітіння-достигання – до 24-25°C. Температура вище 30°C негативно позначається на рості і розвитку рослин. Соняшник це посухостійка культура, яка добре реагує на достатнє забезпечення вологою. Транспіраційний коефіцієнт 450-570. При добре розвиненій кореневій системі і високій всмоктувальній силі кореня він використовує вологу з глибини до 3 м, при цьому може майже повністю висушувати 1,5-метровий шар ґрунту. Від початку вегетації до утворення кошиків, соняшник витрачає 20-25% від загальної потреби у воді, засвоюючи її в основному з верхніх шарів ґрунту. Найбільше вологи (60%) він засвоює у період фази зірочки та цвітіння для формування врожаю. При нестачі вологи в критичний період соняшник формує недорозвинуте та щупле насіння. Тому основні заходи при його вирощуванні це забезпечення та збереження вологи в ґрунті.

Соняшник – рослина короткого дня, дуже вимогливий до інтенсивного сонячного освітлення. При зонах низької освітленості соняшник формує малі кошики, витягується стебло та знижується врожайність. У міру просування на північ вегетаційний період подовжується. Тривалість вегетації сортів і гібридів

соняшнику від сівби до досягання насіння в Україні становить від 80 до 130 днів.

| МІЖФАЗНІ ПЕРІОДИ | ОРІЄНТОВНА ТРИВАЛІСТЬ ПЕРІОДУ, ДНІВ |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Сівба — сходи | 7–16 |
| Сходи — початок утворення кошиків | 30–50 |
| Початок утворення кошиків — цвітіння | 20–30 |
| Цвітіння | 12–16 |
| Налив — досягання | 35–50 |

Рис. 1.2.1 Тривалість міжфазних періодів у соняшника [10]

Найкраще росте соняшник на чорноземах і каштанових ґрунтах з нейтральною або слаболужною реакцією ґрунтового розчину. У лісостепових районах розміщують на сірих і темно-сірих ґрунтах. Непридатні для нього важкі, безструктурні ґрунти, а також легкі піщані та дуже кислі ґрунти.

| ФАЗА РОЗВИТКУ СОНЯШНИКУ | ВПЛИВ НА РОСЛИНУ |
|--|---|
| Посів | Температура ґрунту на глибині 5 см повинна становити не менше ніж +8 °С, оптимальна — вище ніж +10 °С |
| Поява сходів | Від 7 до 20 діб (залежно від температури ґрунту) |
| До утворення 4 листків | Соняшник може переносити заморозки до -5 °С |
| Фаза закладання квіток (8–12 листків) | Значні похолодання на стадії 8–12 листків під час закладання квіток здатні серйозно знижувати їх кількість |
| Цвітіння | Температури нижче ніж +10 °С та вище за +35 °С можуть заважати запиленню |
| Фаза активного росту та розвитку, цвітіння, налив | Оптимальна температура для проходження фотосинтезу +27 °С |
| Фаза бутонізації — повне цвітіння (до наливу сім'янок) | Період найбільшої потреби вологи (триває близько 40 днів) |
| Налив сім'янок | Найвищий вміст олії в насінні закладається за сонячної, але не дуже спекотної погоди, з температурою повітря нижче ніж +28 °С |
| Налив сім'янок | При дефіциті вологи під час наливу сім'янок листя швидко старішає, вміст олії у насінні різко знижується |
| Налив сім'янок | За високих температур (понад +30 °С) відмічається тенденція до зниження вмісту олії, а також зміни співвідношення між різними жирними амінокислотами — може підвищуватися вміст олеїнової та знижуватися частка ліноленої кислоти |

Рис. 1.2.2 Вплив абіотичних чинників на ріст, розвиток і продуктивність соняшнику [10]

Роль соняшнику у сівозміні та кращі попередники для нього. Соняшник уражають понад 40 видів збудників хвороб грибного, бактеріального і вірусного походження. Дуже поширені несправжня борошниста роса, біла і сіра гнилі, іржа та інші хвороби. Спори грибних хвороб зберігаються в ґрунті протягом 5-10 років. Тому соняшник рекомендують повертати на поле не раніше ніж через 8-10 років, але на даний момент найдовший період якого дотримуються аграрії становить близько 6 років. При сівбі його через 5-6 років урожайність може знизитися на 3-4 ц/га, а через 3-4 роки – на 5-7 ц/га [12]. Непоганими попередниками для соняшнику можуть стати пшениця, жито які не сильно виснажують ґрунт; ярий ячмінь та овес виснажують ґрунт більше ніж озимі культури, але все ще можуть стати гарним вибором в якості попередника особливо при використанні сидеральних культур перед ярими; картопля також може стати непоганим варіантом, але при умові якщо після неї була збережена гарна структура ґрунту; бобові культури збагачують ґрунт азотом [13].

Коренева система соняшника стрижнева, яка може проникати на глибину 3 м та більше і є значно більшою за його надземну частину (за деякими даними у 3-10 разів). Незважаючи на свої великі розміри, основна маса коренів знаходиться на глибині лише 10-45 см. Рівень розвитку кореневої системи дуже залежить від генетичних особливостей того чи іншого гібриду соняшника та від системи обробітку ґрунту. Коренева система соняшнику дуже швидко розвивається і в стадію 4-5 листків її довжина може доходити до 60-100 см. Вона також не любить ущільнення ґрунту та підґрунтового шару. За рахунок проникнення кореня на велику глибину, соняшник має змогу витримувати посуху і добре засвоювати поживні речовини та ґрунтову вологу, але це при умові, якщо ґрунт не є переущільнений і росту кореня нічого не перешкоджає (наприклад, перешкодою може бути щільна плужна підшва). Так через наявність плужної підшви коренева система формується у поверхневих шарах, що збільшує вразливість соняшнику до сильних вітрів та вилягання. Найбільш інтенсивним етапом розвитку кореневої системи припадає в період росту рослини, а основна маса формується в період від утворення кошика до моменту

настання цвітіння. При достатній вологості, коріння соняшника розвивається ближче до поверхневого шару ґрунту, а в умовах посухи починає проникати глибше в нижні шари. За рахунок потужної кореневої системи соняшник найкраще, в порівнянні з іншими культурами, засвоює ґрунтову вологу з глибоких шарів, що робить соняшник однією з найбільш посухостійких культур. Іншим методом боротьби соняшнику з нестачею води є можливість акумулювати вологу з роси, навіть при дуже сухих умовах [9].

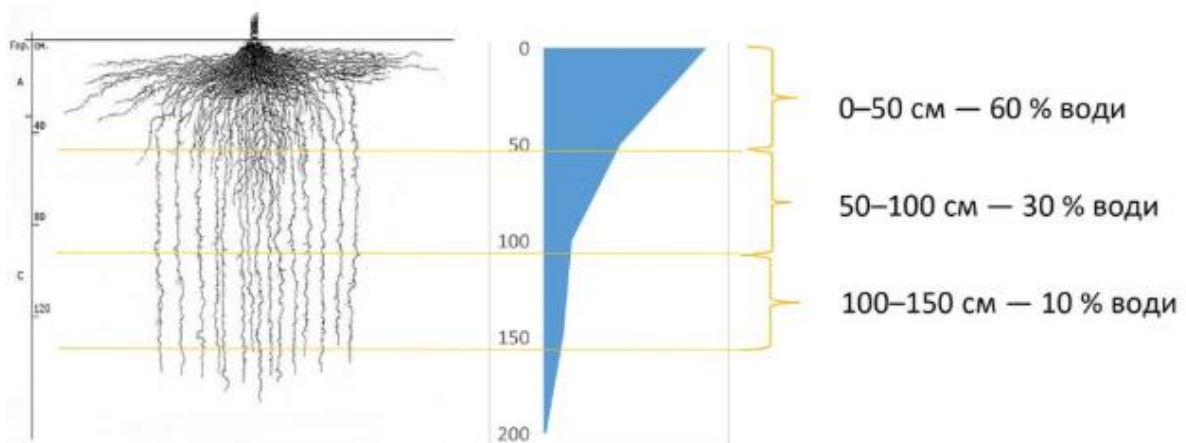


Рис. 1.2.3 Коренева система соняшнику [11]

Листя розвивається парами одне навпроти одного, потім поодинокими черговими листками вздовж стебла, поки не буде досягнуто кінцевої кількості від 20 до 40 листків. Фотосинтез починається від моменту розгортання першого насінневого листу і триває поки є зелені листя. Цукри в рослині перетворюються на вуглеводи та використовуються для подальшого росту та розвитку. Під час вегетативного росту рослини велика кількість продуктів фотосинтезу в першу чергу транспортується до кореневої системи, після чого вони рухаються до верхівки рослини, коли починається закладення квіткових бруньок. Стебло є каркасом рослини, його основним завданням є підтримка листя і транспортуванні поживних елементів та води від кореневої системи і продуктів фотосинтезу в місця де вони необхідні. Стебло соняшнику шорстке та волохате, здатне досягати розмірів від 1 до 3 метрів заввишки. Його діаметр може доходити до 5 см та утримувати квіткові головки вага яких може перевищувати 2 кілограми. Соняшники це дводольна культура, і тому судинні

пучки розміщені у вигляді кільця всередині стебла, вони є частиною транспортної системи та містять ксилему, що відповідає за транспортування води та різних елементів живлення від коренів, і флоему, задача якої полягає у транспортуванні різноманітних продуктів фотосинтезу від листя вниз по рослині. Стебло також має центральну серцевину яка служить для зберігання їжі та води для рослини. Квітка складається з двох квіток, відомих як складна головка, з променястими та дисковими квітками. Квітки-промені розташовані навколо головки та виконують обмежене призначення яке полягає у привабленні бджіл та інших комах для допомоги у процесі запилення. Дискові квітки утворюють центр диска та мають вигляд концентричних кілець, а при їхньому запиленні рослина буде продовжувати давати насіння [8]. Суцвіття представляє собою багатоквітковий кошик, який має обгортку з кількох рядів листочків, а у його основі лежить велике квітколоже. Існує 2 типи квіток кошику соняшнику, а саме: язичкові та трубчасті. Язичкові розміщуються в один або кілька рядів по краю кошика. Їм характерний жовтий колір, великий розмір та безплідність, а основною функцією яку вони виконують це приваблення комах запилювачів в той час як трубчасті квітки є плодоносними та розміщені в основній частині квітколожа. В цілому, діаметр кошика соняшника може коливається у діапазоні від 10 до 25 см для гібридів і до 40 см для сортів [25].

1.3 Значення різних елементів живлення для соняшнику

Розміри і співвідношення статей надходження і витрат елементів живлення у балансі значно змінюються залежно від забезпеченості добривами, врожайності, рівня родючості ґрунту [52].

Вважається, що соняшник не дуже чутливий до рівня рН ґрунту. Рослини можуть формувати нормальний урожай при значеннях рН ґрунту від 5,7 до 8,0. При рівні рН вище ніж 8,0 або нижче 5,0 все ще можливо отримати непоганий врожай, але може очікуватися його зменшення на 10-30%. Найкращі ґрунти це ті, що мають значення рН в районі 6,5–7,5. Ґрунтами які є найбільш підходящими це чорноземи, піщані й суглинкові ґрунти, але вони не мають

були сильно ущільнені та забезпечувати гарну вбирну здатність вологи [20]. У ґрунті є багато різних властивостей, що впливає на оптимальний рівень рН і тому не існує оптимального рівня рН для всіх без винятку ґрунтових умов. Тим не менше, діапазон рН від 6,0 до 7,2 може вважатися найбільш прийнятним для більшості ґрунтів (Рис. 1.3.1) [19].

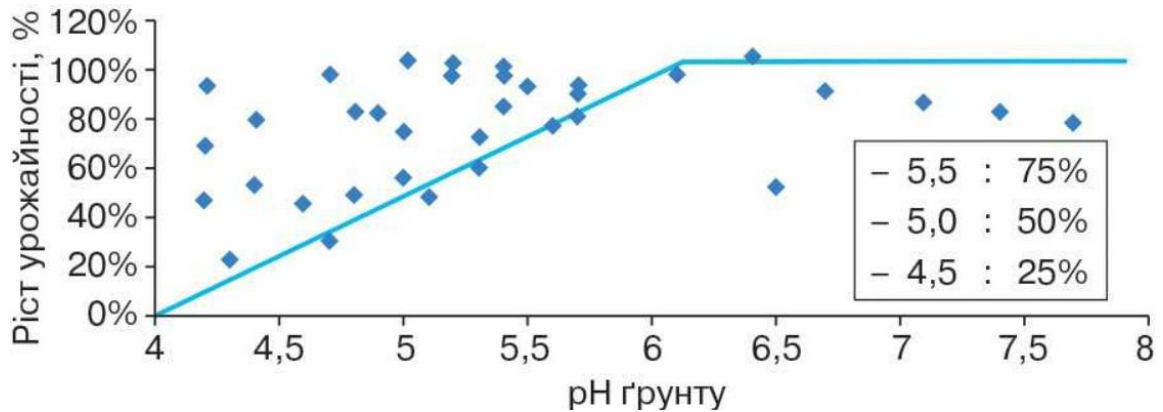


Рис.1.3.1 Вплив рівня кислотності ґрунтів на врожайність соняшнику

На формування 20 ц/га насіння соняшник виносить: азоту – 80-100 кг/га, фосфору – 30-50 кг/га, калію – 150-250 кг/га. Уся побічна продукція, в якій міститься в середньому 50 кг/га азоту, 25 кг/га фосфору, 180-200 кг/га калію, залишається на полі [16].

Азот засвоюється від початку росту й розвитку рослини. До утворення квіток найбільша його частина концентрується в листах та стеблах, а в подальшому він починає зосереджуватися у кошиках. Основне засвоєння даним елементом триває до початку цвітіння, а далі він починає переміщуватися по рослині у формі амінокислот. Достатнє забезпечення азотом сприяє закладанню більшої кількості квіток, а по закінченню стадії цвітіння листя буде повільніше старіти, а насіння соняшнику матиме більший резерв протеїнів. Але існує межа 50-80 кг (інколи 70-100 кг) азоту на гектар після чого він може почати негативно впливати на ріст рослин. Бажано також мінімізувати внесення хлоровмісних добрив, адже вони перешкоджають засвоєнню нітратів [14].

Фосфор виконує функцію пов'язану з акумулюванням енергії в рослині. Порівняно з азотом та калієм соняшник має потребу в фосфорі на середньому

рівні [15]. Рекомендованою нормою внесення фосфору у діючій речовині є значення не менше 50-80 кг/га [22]. Періодами в які соняшник найбільше потребує у фосфорі є проростання насіння до початку цвітіння. Він необхідний рослині для формування потужної кореневої системи та репродуктивних органів із більшою кількістю зародкових квіток у кошику. Якщо ґрунт буде достатньо забезпечений фосфором це матиме позитивний вплив на швидкість розвиток рослин та більш раціональному використанні вологи, що має велике значення в посушливі періоди, але надто велика його концентрація навпаки призведе до погіршення коефіцієнту водоспоживання [15]. Не слід також планувати внесення фосфору під культивуацію у посушливих регіонах, адже фосфор швидко стане малодоступним через пересихання поверхневого шару ґрунту, тому при виникненні такої проблеми рекомендується використання рідких добрив [16].

Калій є важливим елементом при утворенні вуглеводів та їх транспортуванні, що впливає на здоров'я рослини та знижує прояви хвороби та покращує її стан. Калій засвоюється рослинами протягом всього періоду вегетації досить активно під час цвітіння. На формування 1 т насіння соняшник потребує 116 кг калію (K_2O). Соняшник має високу потребу в калії. Він не сильно впливає на врожай, але досить сильно впливає на якість продукції та такі показники, як олійність і кількість жирних кислот [14].

Сірка приймає активну участь в обміні та транспортуванні елементів у рослині, в загальних процесах іонної рівноваги у клітинах рослин, є складником різних білків, які є один з вихідних продуктів для біосинтезу амінокислот [23]. Разом із азотом вони напряду впливають на ріст соняшнику у висоту та розвиток його листкової площі. Подальша кількість квіток, при оптимальному забезпеченні сіркою до початку настання бутонізації визначається подальша кількість насінин. Наслідками дефіциту даного макроелементу у період бутонізації (за 18-20 днів до цвітіння) може призвести до втрати врожайності у розмірі до 30%, що є наслідком зменшення кількості насінин та їх маси через абортацию квіток у кошику. Винос врожаєм досягає значень у 5 кг/га [17].

Особливу роль у вирощуванні соняшнику бору через його активну участь в процесах регулювання вуглеводного обміну, синтезі амінокислот, білків, хлорофілу та забезпеченню стабільному проходженню процесів запилення та запліднення. Окрім цього, бор як і фосфор бере участь у розвитку кореневої системи соняшнику методом поліпшення відтіку вуглеводів до коренів і забезпечує стимуляцією їх подальший ріст. Бор є маломобільним елементом в ґрунті і тому для забезпечення рослин бором необхідно вносити його на регулярній основі протягом усього вегетаційного періоду, особливо перед фазою цвітіння. Нестача даного елемента призводить до сповільнення росту рослин, деформуванню молодих листків та збільшуючи їх ламкість [21], стебло вкривається тріщинами і також стає більш ламким. При значному рівню його нестачі деформуються також і кошики, точки росту можуть почати відмирати, квітки не запилюються, а кількість насіння в них зменшується, розподіл насіння у кошику також стає більш нерівномірним. Разом з цим є можливим формування надмірної кількості бічних пагонів. Кількість бору, що необхідно соняшнику для формування 1 т врожаю складає 65 грамів, більша частина якого поглинається в період від трьох пар листків до настання фази бутонізації [18].

1.4 Використання методів точного землеробства при вирощуванні соняшнику

Точне землеробство – це сучасний підхід у сфері сільського господарства, який використовує системи точного землеробства для оптимізації процесів вирощування посівів. Основні переваги точного землеробства полягають у підвищенні врожайності та якості врожаю, зниженні витрат на обробку ділянок поля та використанні поживних речовин і засобів захисту рослин. Технології точного землеробства включають використання супутникових знімків та даних для точного моніторингу стану ґрунту, родючості та посівів. Це дозволяє фермерам отримувати точні дані про кожен ділянку поля та приймати обґрунтовані рішення щодо обробки ґрунту [40,53].

Точне землеробство та передові технології посіву, включаючи змінні норми висіву, можуть бути використані для оптимізації врожайності

соняшнику, забезпечуючи рівномірний розподіл рослин, ефективно використання ресурсів та адаптацію до мінливості ґрунту. Ці агрономічні та технологічні інновації допомагають пом'якшити вплив неоднорідності поля, покращуючи приживлюваність, ріст та загальну стабільність врожайності соняшнику.

Фахівці Асоціації виробників сільськогосподарської техніки США підрахували, що впровадження систем точного землеробства дозволяє зменшити витрати ресурсів: добрив – приблизно на 7%, пестицидів і гербіцидів – на 9%, а пального – до 6%. Крім того дані технології дають можливість контролювати місцезнаходження кожної одиниці техніки у реальному часі та своєчасно отримувати інформацію про можливі несправності. Уже сьогодні у аграріїв є змога механізувати та автоматизувати від 50% до 80% основних виробничих процесів на господарстві [39].

Використання правильної норми висіву дасть змогу виграти у плані оптимізації врожайності, необхідно знайти баланс між кількістю та якістю продукції щоб досягнути підвищення економічної ефективності виробництва, а також уникнути ускладнень під час збирання врожаю [29,55]. На вибір густоти посіву культури можуть впливати багато різних факторів, таких як: кліматична зона вирощування, типи ґрунтів, забезпечення вологою та технології обробітку ґрунту [30].

Були проведені дослідження на звичайних чорноземах, центральної частини країни, з вивчення можливого впливу густоти стояння гібридів різних морфотипів, посіяних двома методами, на формування врожайності соняшнику і рівень якості насіння. В результаті, було встановлено, що при густоті посіву 41 - 51 тис. рослин на гектарі врожайність склала 2,65 т/га, при густоті 60 тис. рослин/га рівень урожайності склав 2,72-2,99 т/га. На широкорядному посіві 0,70 м. більша врожайність була досягнута у гібридів при густоті 50 тис. рослин/га. Загущення в подальшому, привело до істотного зниження збору насіння з 1 га. на 0,18-0,24 т/га. При цьому показники були трохи нижче, ніж при посіві традиційним рядовим методом на 0,79-0,43 т/га, при густоті 40

тис./га. Наведена вище інформація наочно показують, що при завуженому міжрядному просторі завдяки рівномірному розподілу рослин на ділянці, зниження конкуренції між рослинами і більш повноцінного використання всіх факторів навколишнього середовища, можна густіше сіяти, ніж посіви з міжряддям 70 см і отримати більш високу врожайність. Традиційний рядковий метод не показав особливих переваг перед широкорядним з надання впливу на рівень якості соняшника. При збільшенні густоти соняшнику від 41 до 71 тис. рослин на гектар вміст олії збільшувалася 45,12-49,2% до 46,3-52,5%. Згідно з даними ВДНІ олійних культур ім. В.С. Пустовойтенка по показниках врожайності, олійність насіння та збору олії, оптимальною густотою необхідно вважати: для надранніх сортів - 60-70 тис. рослин/га та для ранніх, середньоранніх сортів - 41-51 тис. рослин/га. Зменшення або збільшення густоти посівів від оптимальних показників, може призвести до значного зниження збору олії [26].

04.08.2021 В. Геніном разом з І. Гуменюком також було опубліковане дослідження про вплив диференційованої сівби на врожайність соняшнику, сам експеримент було проведено на чорноземних ґрунтах в ході якого їм не вдалося виявити зміни врожайності соняшнику при різних нормах висіву [27], але 2022-2023 року схоже дослідження було проведене Шокало Н.С. та Свистун І.П. в умовах ФГ «Вламакс» Кременчуцького району Полтавської області для гібриду соняшника Форвард при нормі висіву 30,40,50,60 тис. шт./га, отримані ними результати показали, що різниця виявилася невеликою та склала лише 2 см для діаметру кошика та 3% для виходу насіння з нього на користь зони з низькою густотою посіву. Натомість маса насіння з одного кошика та маса 1000 насінин показали істотне зменшення в 2 рази між ділянками з нормами висіву 30 та 60 тис. шт./га. Але по кінцевим результатам врожайності зони з нормами висіву 30 та 60 тис. шт./га продемонстрували найгірший результат у 2,36 т/га, а ділянки 40-50 тис. шт./га найвищий – 2,65-2,78 т/га [28].

Використання безпілотних літальних апаратів (дронів) і супутникових зображень є одним із ключових елементів точного землеробства [33]. Чим

більшою кількістю інформації володіє агроном про стан поля тим більше він зможе на них впливати. Дрони є одним із способів для збору необхідних нам даних, що включають в себе дані геоінформаційних систем, дистанційного зондування землі, визначення норм внесення пестицидів, оцінки врожайності та диференційованого внесення різних препаратів чи добрив [32]. Існує багато різних видів дронів призначених для виконання тих чи інших завдань, так певні моделі більше підходять для швидкого розпилення пестицидів на полях, тоді як інші спеціалізуються більше на спостереженні за посівами. Використання дронів в кінцевому результаті спрощує нагляд за територіями, допомагає нам скласти комплекс заходів спрямованих на підвищення їх ефективності, а також мінімізує участь людини [36]. Дрони є одним із найбільш ефективним і мобільним інструментом для збору даних про стан посівів. Іншим перевагою дронів є швидкість їх роботи, так на протязі одного дня дрон може в сумі охопити 2,5 тисячі гектар. Керування можна здійснювати вручну (пультом) або задати йому маршрут по якому він автоматично буде рухатись орієнтуючись за допомогою GPS-даних та датчиків. Один оператор здатний керувати до 5 дронів одночасно. Таким чином, за виліт можна покрити сотні гектарів, що дозволяє в цей же день отримати дані та спланувати свою подальшу діяльність в досить короткі терміни [37,54]. Звісно в кожного методу є свої недоліки і дрони не виключення, одним із найбільш суттєвих недоліків є його вартість. Дрони, оснащені передовими датчиками та можливостями обробки зображень, можуть бути досить дорогими як і їхнє подальше обслуговування, що може стати проблемою для дрібних фермерів або тих, хто працює з обмеженим бюджетом. Серед інших недоліків можна виділити також обмеження часу польоту через не дуже велику ємність акумулятора, що може стати суттєвим мінусом при роботі з великими площами. Хоча дрони і менше залежать від погодних умов ніж ті самі супутники, вони все ще мають на них суттєвий вплив, такі явища як туман, дощ, сильний вітер створюють негативні умови для запуску дронів.

Іншим способом збору інформації є використання супутників. Варто сказати, що коли йдеться мова про процес супутникового моніторингу, це не лише про звичайне оптичне спостереження із космосу за процесом зростання врожаю. Найбільш цінним ресурсом точного землеробства є методологія дистанційного супутникового зондування земної поверхні за допомогою датчиків різного типу [31]. Ця технологія дозволяє отримувати актуальну інформацію про стан посівів та поля, у вигляді різних індексів, які є критично важливими для ефективного управління агробізнесом [34,56]. Найбільш яскравим прикладами є оцінка рельєфу поля та індекс NDVI який є простим кількісним показником кількості фотосинтетичної активної біомаси (вегетаційний індекс) і допомагає відрізнити рослинність та інші типи земних покривів і визначити її загальний стан [41].

Головна перевага супутникового моніторингу – ретроспективність. Більшість провайдерів зберігають всі знімки, зроблені протягом періоду зйомки в своїй базі даних, що дає змогу нам переглянути знімки за попередні роки та порівнювати їх. Це дасть можливість бачити всю загальну картину та проаналізувати зміни у врожайності тієї чи іншої ділянки, ефективність впровадження нового заходу, тощо. Порівняння даних також допомагає виявити допущені помилки і внести зміни в новий робочий план. Недоліками є майже повна залежність від погодних умов (особливо хмарності) і періодичність отримання знімків (в середньому раз в тиждень) [35,].

Диференційований посів це максимально точний облік висіяного насіння, який використовується раціонально. При диференційному посіві економія насіння складає від 4 до 7 відсотків. При диференційному внесенні можна використовувати потенціал всіх площ господарства по максимуму. При диференційному методі посіву можна коригувати норму висіву на всіх зонах неоднорідності поля [42]. При точному висіві соняшнику на різних зонах неоднорідності в діапазоні від 40 до 70 тисяч штук на гектар спостерігалась зменшення схожості насіння з підвищенням норми висіву на 8%. На ділянках з меншою нормою висіву діаметр кошика більший ніж на ділянках з більшою

нормою, як на зонах високої продуктивності так і на зонах низької продуктивності. Ділянки з меншою нормою висіву мали більшу вологість на 0.5-1% ніж ділянки з вищою нормою висіву [43].

Для диференційного висіву соняшника краще використовувати фракцію екстра для рівномірних сходів та зменшення ширини міжряддя. При зменшенні ширини міжряддя з 70 до 40 сантиметрів при пунктирному способі сівби забезпечується краще живлення рослин та пригнічує бур'яни. Ті повільніше розвиваються та дають меншу кількість насіння чим менше засмічують поле. Також на ділянках з таким способом сівби врожайність більша 4-5 центнерів з гектара площі [44]. Щоб засіяти велику площу малою кількістю техніки краще використовувати швидкісні сівалки. Vaderstad Tempo L це сівалка робоча швидкість якої складає 15 кілометрів на годину, що забезпечує швидкий та надійний посів за допомогою карти завдання яку можна завантажити в бортовий комп'ютер. Сівалка оснащена системою гідравлічного тиску на ґрунт, яка регулює глибину, що забезпечує рівномірність сходів [45].

Диференційне внесення добрив – це внесення добрив на окремі ділянки поля з різними дозами добрив на ці ділянки. При традиційному вирощуванні сільськогосподарських культур на окремих ділянках різниця може коливатися від 500 до 600%. Тому для кращих та рівномірних результатів використовують аналізи ґрунту для складання карт завдань для оптимізації та точного внесення добрив [46]. Для внесення добрив на різну глибину застосовують глибокорозпушувач зі встановленим на нього баком на 2000 літрів для внесення рідких комплексних добрив [47]. На сівалки встановлюють системи для внесення рідких комплексних добрив, що дозволяє їх краще використання. Для встановлення її обладнують насосом, баком для РКД та системою регулювання норми виліву добрив [48]. Агродрони застосовують при диференційному захисті рослин. За допомогою карт-завдань дрони регулюють норму витрати робочого розчину на окремі ділянки [49]. Стрічкове внесення добрив при технології strip-till забезпечує оптимізацію процесів живлення рослин та внесення добрив на різну глибину [50].

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Загальні відомості про господарство

Господарство ТОВ «Біотех ЛТД» знаходиться в Київській області Бориспільському районі село Городище. Відстань до Києва 51 км.



Рис. 2.1.1 Розташування бази господарства ТОВ «Біотех ЛТД» на гугл карті

Зараз агрофірма ТОВ «Біотех ЛТД» активно займається розвитком картопляного виробництва, кожен рік пропонуючи фермерам нові сорти та методи агротехніки. Завдячуючи близько 2000 гектарів родючої землі Чернігівщини та Бориспільщини працює структурний підрозділ по вирощуванню елітних сортів насінневої картоплі. Це гарантує отримання здорової культури, що принесе високі врожаї як для продажу, так і для подальшого розмноження.

Сівозміна на господарстві шестипільна з наступним чергуванням культур:
Картопля → Соняшник → Пшениця → Ріпак → Кукурудза → Соя

В цілому така сівозміна є дуже виснажливою для ґрунту через надзвичайно високе навантаження олійними та просапними культурами, що робить сівозміну цілком орієнтованою на експорт. Але в сучасних реаліях дана сівозміна не є найгіршим варіант в порівнянні з іншими господарствами які вирощують по три, а то й по дві культури постійно чергуючи їх, а інколи навіть сіють одну культуру декілька років поспіль на одному й тому самому полі.

Таблиця 2.1.1 Структура посівних площ (станом на 2025 р.)

| Назва сільськогосподарських культур | Площа посіву |
|---|---------------------|
| Культури зернові та зернобобові | 309,30 |
| Пшениця озима | 180,00 |
| Кукурудза | 129,30 |
| Культури технічні | 465,00 |
| Соя | 150,00 |
| Ріпак озимий | 135,00 |
| Соняшник | 180,00 |
| Коренеплоди та бульбоплоди, культури овочеві та баштанні продовольчі | 193,00 |
| Картопля | 193,00 |
| Культури сільськогосподарські | 967,30 |

Сівозміна:

Також включення сої, яка є фіксатором азоту, є позитивною культурою для поліпшення балансу азоту та структури ґрунту. Хоча її ефективність знижується через наявність одразу двох високовиснажливих олійних культур (соняшнику і ріпаку) та двох високоінтенсивних культур (пшениці та кукурудзи), що порушує правильність чергування культур і створюючи фітосанітарні ризики та ризики ґрунтової втоми, а це в довгостроковій перспективі може призвести до зниження врожайності та збільшення потреби у

хімічному захисті й добривах. Також господарство використовує седерати (зазвичай ним виступає редька олійна), які потім навесні заробляють у ґрунт дискатором якщо попередня культура звільняє поле до 15.08.

Тож таке чергування культур має багато недоліків, але вибору в аграріїв не дуже багато тому така сівозміна не зважаючи на всі її недоліки є досить непоганим варіантом та забезпечує господарство прибутком.

Господарство ТОВ «ВП Полісся» відноситься до холдingu «UkrLendFarming» який відноситься до топ 10 світових земельних операторів. Компанія володіє величезним земельним банком в 22 областях України має великі елеваторні комплекси для зберігання зерна та займається дистрибуцією сільськогосподарської техніки, добрив та насіння. Займається вирощуванням зернових культур (всіх крім рису), технічних та олійних (ріпак, соняшник). В господарстві присутнє тваринництво ферма з вирощування великої рогатої худоби яке налічує 600 голів худоби для якої вирощують кукурудзу на силос для годівлі. Господарство має департамент інновацій, який займається впровадженням нових технологій вирощування сільськогосподарських культур та їх гібридів для покращення рентабельності. Господарство має свої ІТ-розробки такі як TETRA- це програмне забезпечення, яке допомагає відслідковувати роботу сільськогосподарської техніки задля кращої організації роботи. Програма оптимізована під операційну систему Android ULF Agro- це програма створення для полегшення роботи в полях, створення звітів стану сільськогосподарських угідь та внесення пестицидів. В даному господарстві є своя лабораторія для визначення аналізів ґрунту та визначення аналізу якості продукції сільськогосподарських культур і продукції тваринництва.

Господарство «ВП Полісся» вже декілька років є основним експортером врожаю сільськогосподарських культур таких, як соняшник і кукурудза в країни Європи та Азії тому дану продукцію вирощують за допомогою новітніх технологій сільського господарства та прецензійного землеробства.

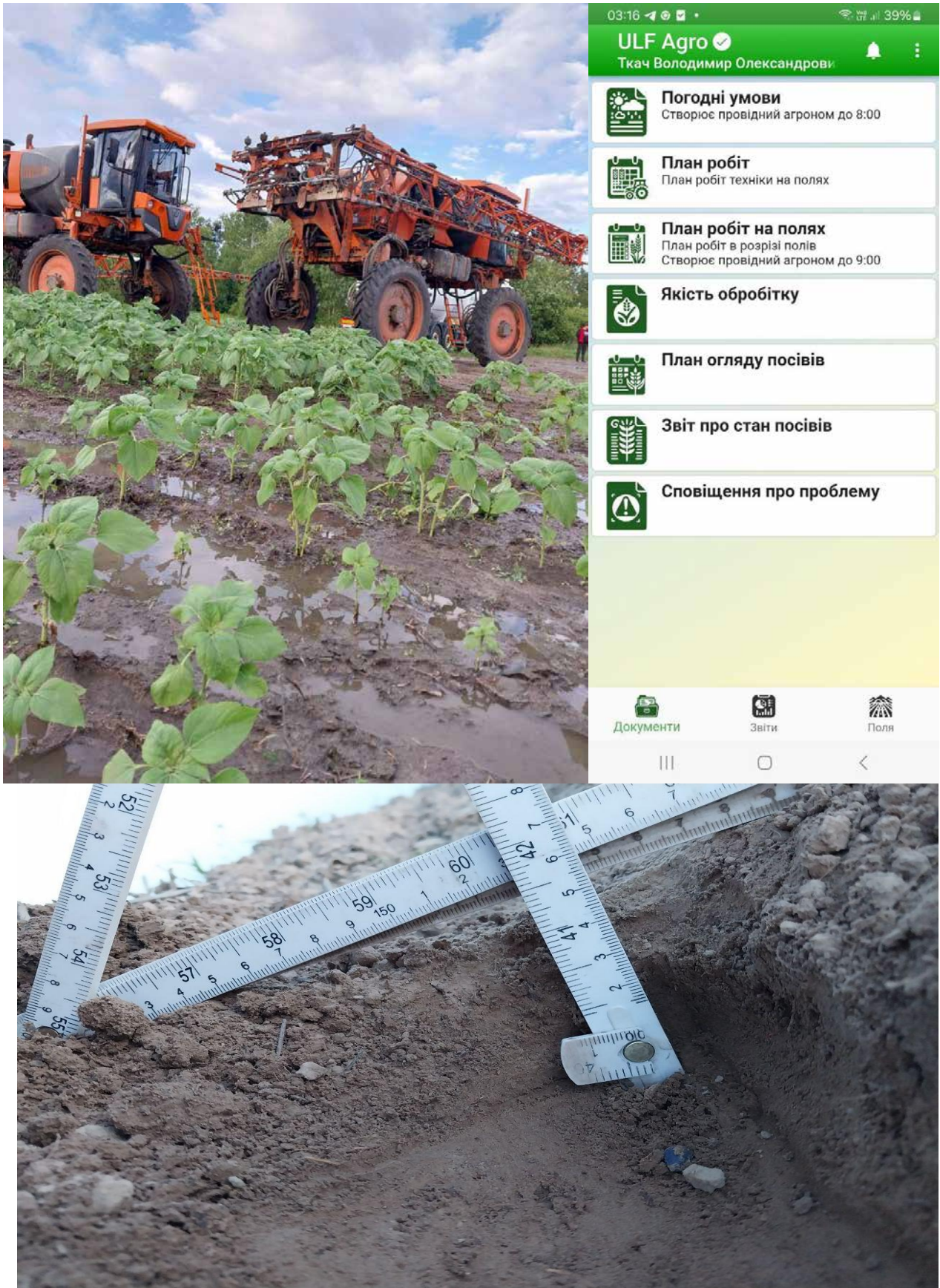


Рис. 2.1.2-2.1.4 Інструменти моніторингу

2.2 Ґрунтові умови господарства

Ґрунти в основному темно-сірі опідзолені чорноземи та чорноземи на середньо-суглинковому лесі й частково супіщані та глейові. Ліси займають понад 15 тис. га. Корисні копалини - цегельно-черепична сировина, піски, торф.

Максимальна глибина промерзання ґрунту до 30см.



- Ясно-сірі опідзолені ґрунти
- Сірі опідзолені ґрунти
- Темно-сірі опідзолені ґрунти
- Чорноземи опідзолені

Рис. 2.2.1 Карта ґрунтів господарства ТОВ «Біотех ЛТД»

Таблиця 2.2.1 Ґрунти господарства ТОВ «Біотех ЛТД»

| № п/п | С/г угіддя | Агро виробничі групи за типами ґрунтів, їх шифр | Основні ґрунтові відміни | | Показник властивостей і їх оцінка | |
|-------|------------|---|--------------------------|-----------|-----------------------------------|------------------------|
| | | | назва ґрунту | площа, га | середній вміст гумусу, % | гранулометричний склад |
| 1 | Рілля | Опідзолені | Чорнозем опідзолений | 220 | 4,7 - | Важкосуглинковий |
| 2 | Рілля | Опідзолені | Сірі опідзоленні ґрунти | 780 | 1,8 – дуже низький | Важкосуглинковий |

Загальний опис розрізу сірих опідзолених ґрунтів:



Н0 0–23 см — гумусовий, сильно елювіюваний, буро-сірий, пилувато-середньосуглинистий, неміцнокомковатий, слабо ущільнений, припудрений присипкою SiO₂; перехід різкий.

П1(н) 24-43 см - ілювіальний, у верхній частині помітно гумусований, сіро-бурий, вологий, важкосуглинистий, комковато-горіхуватий, щільний, дуже переритий черв'яками, багато копролітів; грані структурних окремостей припудрені присипкою SiO₂; перехід поступовий.

І2 44-89 см - ілювіальний, безгумусний, темно-бурий, важкосуглинистий, призматичний, дуже щільний, грані структурних окремостей покриті червоно-бурим колоїдним лакуванням і припудрені SiO₂; перехід поступовий.

І3 90-119 см - ілювіальний, бурий, вологий, важкосуглинистий, комковато-призматичний, щільний, за межами структурних окремостей помітні колоїдні натіки R₂O₃ і SiO₂; перехід поступовий.

Рі 120-140 см - слабооглінований лес, жовтувато-бурий, вологий, важкосуглинистий, крупнокомковатий з рідкісними колоїдними натіками по граням структурних окремостей; перехід різкий.

Рк 141-260 см - буро-палевий, легкосуглинистий, карбонатний лес, видимі карбонати представлені псевдоміцелієм.

В Іванківському відділенні господарства «ВП Полісся» преважають дерново-підзолисті та дерново-підзолисті оглеєні ґрунти, які утворилися завдяки ґрунтовим породам, якими є моренні та алювіальні відклади льодовиків (материнська порода). Такі ґрунти формуються завдяки вологому клімату який характерний для зони Полісся України (клімат). Даний ґрунт сформувався на

помірних рівнинах за рахунок яких ґрунтові води залягали практично на поверхні (рельєф). Іванківське відділення обробляє переважно розлісненні землі, які покривали переважно хвойні ліси відклади органічних решток яких і вплинули на формування дерново-підзолистих ґрунтів (живі організми). Дерново-підзолисті ґрунти формувалися на відкладах льодовиків які наступали на зону полісся України, тобто вони почали формуватися після останнього льодовикового періоду (10-12 тисяч років), тобто ми маємо приблизний вік ґрунту (час).

Можна зробити висновок що дерново-підзолисті ґрунти відносно молоді так як почали формуватися після закінчення льодовикового періоду. Ми отримуємо такий висновок що є ще один фактор формування цього ґрунту це господарська діяльність яку під час радянського союзу досить активно впроваджували дренажні системи для зниження ґрунтових вод що теж вплинуло активно на формування ґрунту за останні 60 років.



Дерново-підзолисті ґрунти

- Дерново-підзолисті ґрунти на давньоалювіальних та воднольодовикових відкладах, морені та лесовидних породах**
 - Дерново-прихованопідзолисті піщані та глинисто-піщані ґрунти (борові піски)
 - Дерново-слабо-і середньопідзолисті піщані та глинисто-піщані ґрунти
 - Дерново-середньо-і слабопідзолисті супіщані і суглинкові ґрунти
- Дерново-підзолисті оглеєні ґрунти на давньоалювіальних та воднольодовикових відкладах, морені та лесовидних породах**
 - Дерново-слабопідзолисті глейові піщані та глинисто-піщані ґрунти
 - Дерново-середньо- і сильнопідзолисті глейові супіщані та суглинкові ґрунти

Рис. 2.2.2 ґрунти господарства «ВП Полісся» (Вишгородський р-н.)

Різниця між цими двома ґрунтами це наявність глейкових горизонтів в профілю ґрунту в дерново-підзолистих оглеєних ґрунтах та можливий поверхневий торфовий шар. Дерново-підзолисті ґрунти не мають оглеєння та поверхневого торфового шару.

Таблиця 2.2.2 Ґрунти господарства «ВП Полісся»

| № п/п | С/г угіддя | Агро виробничі групи за типами ґрунтів, їх шифр | Основні ґрунтові відміни | | Показник властивостей і їх оцінка | | Заходи з підвищення родючості |
|-------|------------|---|------------------------------|-----------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| | | | назва ґрунту | площа, га | середній вміст гумусу, % | гранулометричний склад | |
| 1 | Рілля | Опідзолені | Дерново-опідзолений | 10520 | 1,8 – дуже низький | супіщаний | Внесення органіки |
| 2 | Рілля | Опідзолені | Дерново-опідзолений оглеєний | 980 | 2,1 – низький | супіщаний | Внесення органіки |



Н 0–25 см – гумусовий, сірий із буруватим відтінком, свіжий, слабо та нерівномірно гумусований, зв'язно-піщаний, пухкий, безструктурний, рідкі корені трав'янистої рослинності; перехід різкий.

Ph 26–35 см – перехідний, сірувато-жовтий, свіжий, дуже слабо та нерівномірно гумусований, плямистий, зв'язно-піщаний, пухкий, безструктурний; перехід чіткий.

P 36–116 см – брудно-жовтий тонкошаруватий пісок, дуже пухкий, перехід різкий.

F1 117–166 см – 1-й похований ґрунт: у верхній частині до глибини 128 см слабогумусований, брудно-бурий, дуже плямистий, глинисто-піщаний; глибше світло-жовтий, пухкий, піщаний, перехід різкий.

F2 167–210 см і глибше – 2-й похований ґрунт: сірувато-бурий, супіщаний, збагачений глинистим матеріалом.

2.3 Умови рельєфу

В цілому рельєф Бориспільського району переважно рівнинний, що знаходиться в межах Наддніпрянської низовини. Зустрічаються невеликі підвищення, що чергуються з низинами, які іноді переходять у заболочені ділянки. Рельєф самих полів характерний саме чергуванням низин з підвищеннями, що може створювати проблеми для руху техніки по ним при посіві, обробці ґрунту, внесенню добрив та збиранні врожаю, а також з'являється проблема з розподілом вологи на них. Так у низинах може застоюватися вода, що негативно вплине на кореневу систему рослин, обмежить ґрунт у кисню та при стіканню в низини може змивати верхній шар ґрунту.

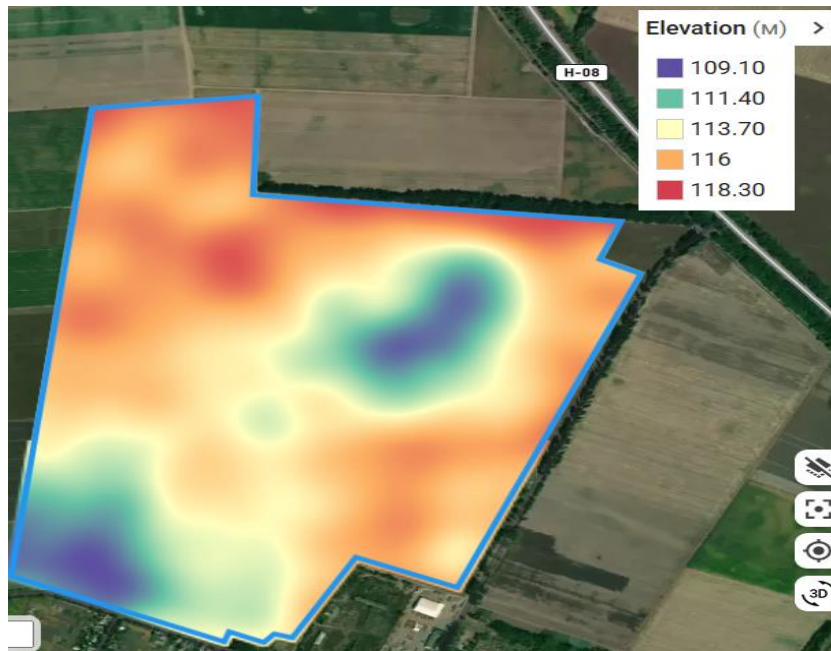


Рис. 2.3.1 Карти рельєфу поля соняшнику гочаодарства ТОВ «Біотех ЛТД»

Рельєф досліджуваного поля є хвилястим і нерівномірним, з перепадами висот до 9 метри, де абсолютна висота найвищої точки над рівнем моря склала 118 м, а найнижчої 109. Значну частину центральної області поля займає западина або низина, яка буде схильна до скупчення води в цій області. Є також не менша низинна у південно-західному куті з аналогічною проблемою. В північно-західному напрямку поле починає переходити у височину, яка частково огинається навколо центральної западини, що створює ще більші схили, які піднімаються вгору від центральної частини. Окрім проблеми із скупчення води в западинах, рельєф даного поля буде створювати проблему при русі техніки по ньому.

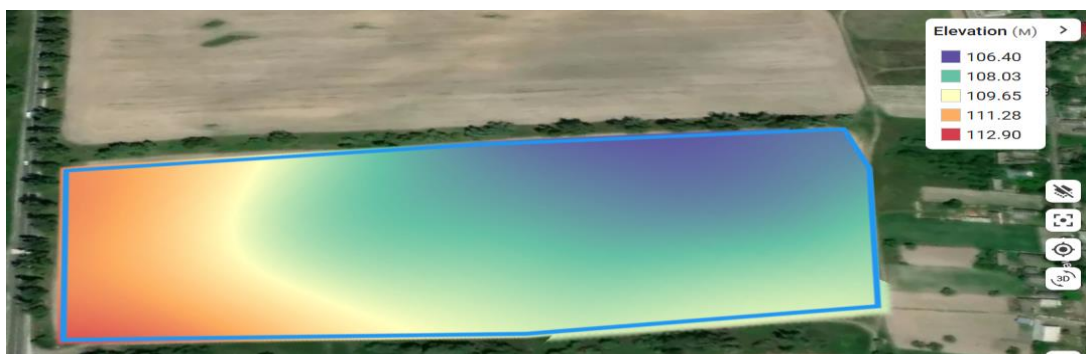


Рис. 2.3.2 Карти рельєфу поля соняшнику господарства «ВП Полісся»

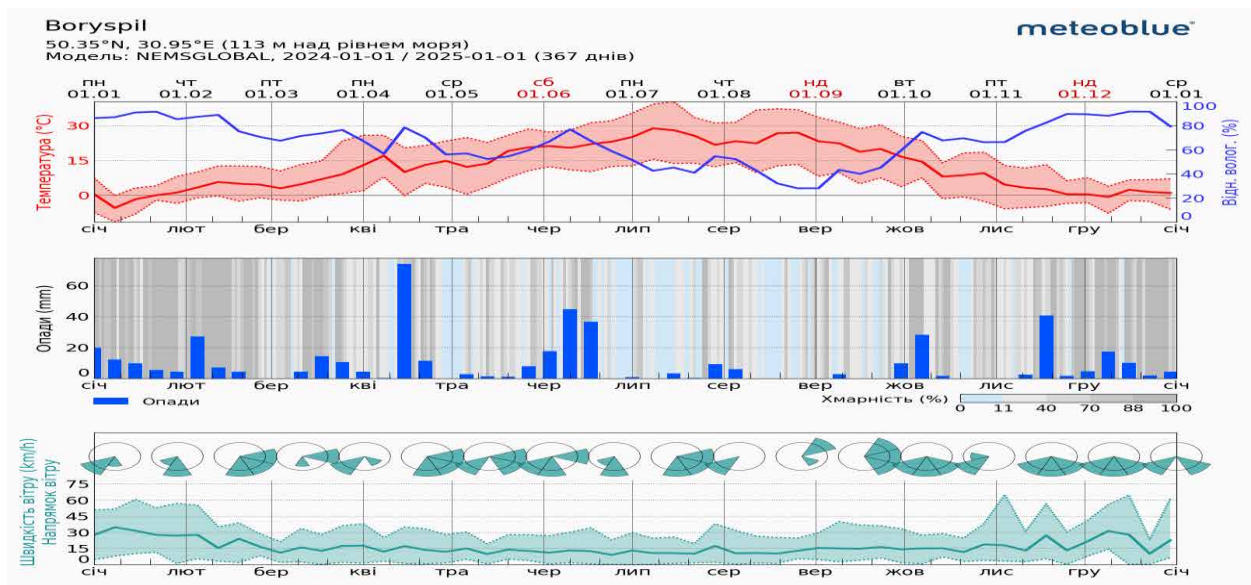
Дослідна ділянка має не рівномірний рельєф. Присутній невеликий схил який практично не впливає на роботу сільськогосподарської техніки, але на

дану ділянку може мати вплив незначна водна ерозія. Перепад висот на даному полі складає 6 м. максимальне значення 112 м. над рівнем моря. Мінімальне значення 106 м. над рівнем моря.

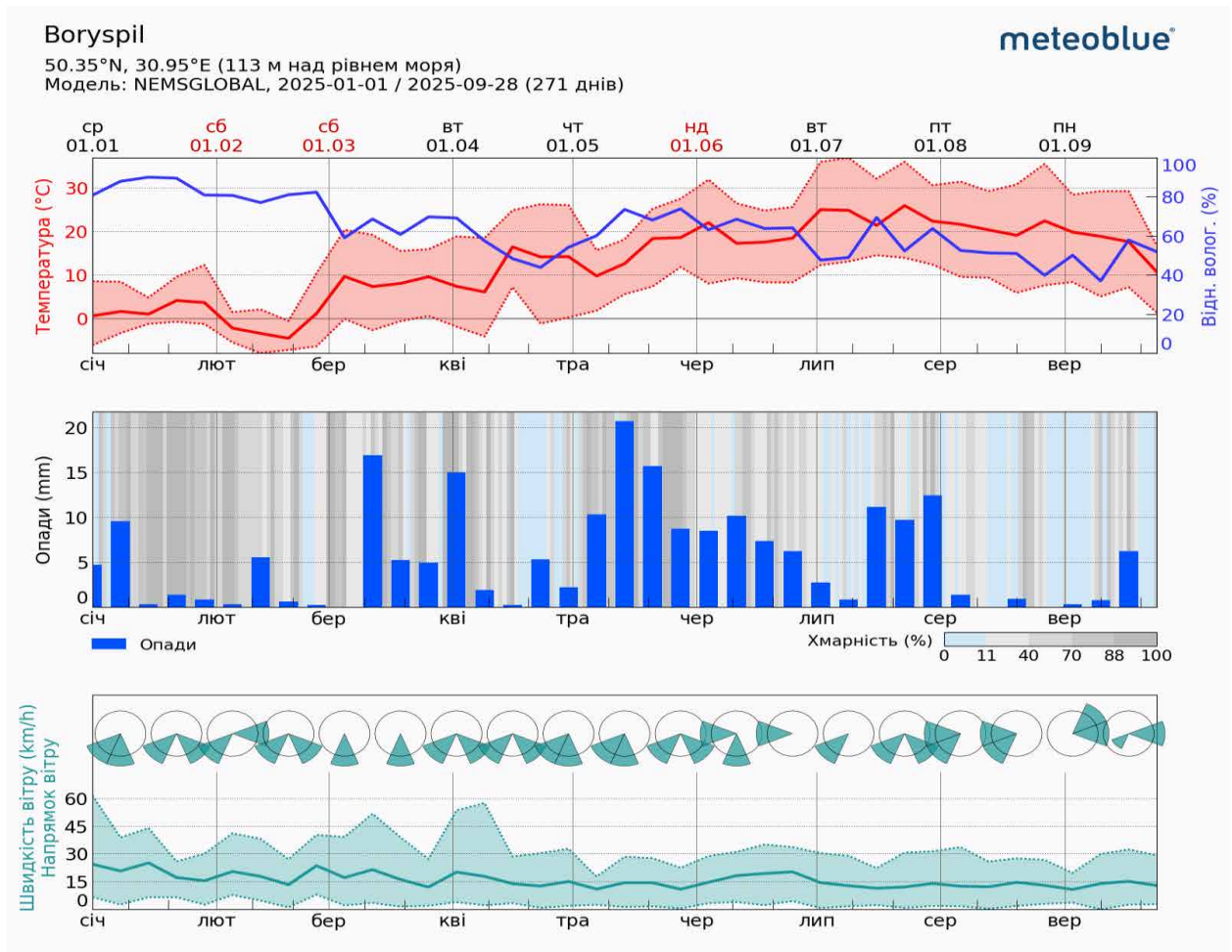
2.4 Кліматичні умови господарства

Клімат Київщини – помірно-континентальний, м'який, з достатнім зволоженням. Середня річна температура, за даними багаторічних спостережень, становить $+7,2^{\circ}$. Пересічна температура найтеплішого місяця (липня) $+19,5^{\circ}$, а найхолоднішого (січня) -6° . Опадів випадає в середньому 500-600 мм за рік; найбільша їх кількість припадає на червень-липень. Осінь часто буває тепла й суха. Для літа характерна велика кількість сонячних днів і тривалий вегетаційний період. У цілому кліматичні умови сприятливі для вирощування сільськогосподарських культур помірної зони, розвитку садівництва, городництва й виноградарства. Тривалість вегетаційного періоду - близько 198-204 днів, а сума активних температур збільшується з півночі на південь області, коливаючись від 2500 до 2700 $^{\circ}\text{C}$.

Кліматичні графіки Київської області за станом 2024-2025 років



Мал 2.4.1 Графіки кліматичних умов Бориспільської області станом на 2024 рік



Мал 2.4.2 Графіки кліматичних умов Бориспільської області станом на 2025 рік

Температура:

Температурний режим 2025 року демонструє типову сезонну динаміку, проте як можна побачити за даними графіками він був холоднішим навесні та влітку порівняно з 2024 роком. Березні 2025 року характеризується помірно нижчою температура, що свідчить про більш прохолодний початок весни та пізніший старт активного потепління. Літні температури в липні 2025 року також не досягли тих високих пікових значень (понад 30°C), які були зафіксовані у 2024 році. Також можна побачити, що 2025 рік на відміну від 2024 р. відрізняється більшою кількістю різких перепадів температури, особливо у весняний період.

Опади:

Розподіл опадів у 2025 році є значно рівномірними та помірнішими порівняно з 2024 роком, в якому домінували різкі піки. У 2025 році опади були

вищими в січні (близько 10 мм) і мали помірні, але послідовні піки у березні (близько 15 мм), травні (понад 20 мм) та липні (10-15 мм). Найсуттєвіша відмінність — це значно менша кількість опадів у квітні 2025 року (5-10 мм) проти екстремальних показників 2024 року та помітно менша вологість у червні. У другій половині літа та на початку осені серпень і вересень 2025 року мали незначні, але вищі показники опадів (близько 5 мм). Також більша рівномірність опадів у літній період 2025 року є значним плюсом через періодів гострої посухи порівняно із 2024 роком.

Швидкість вітру:

Швидкість вітру у 2025 році була загалом нижчою і менш динамічною порівняно з 2024 роком. Вона була дещо нижчою в січні та значно нижчою в лютому та квітні, коли у 2024 році фіксувалися високі швидкості. Можна сказати, що 2025 рік був більш спокійним з погляду атмосферної активності в холодний та весняний періоди.

Клімат Вишгородського району притаманний для півночі Київської області тобто це помірно континентальний клімат, а для нього характерні помірно холодні зими з опадами та помірно спекотне літо. Цей вид клімату притаманний поліській агрокліматичній зоні в якій і знаходиться дане господарство. Зумовлений цей клімат в основі південно-західми вітрами які несуть опади з атлантичного океану та західно-північної частини Євразії (Прибалтики).

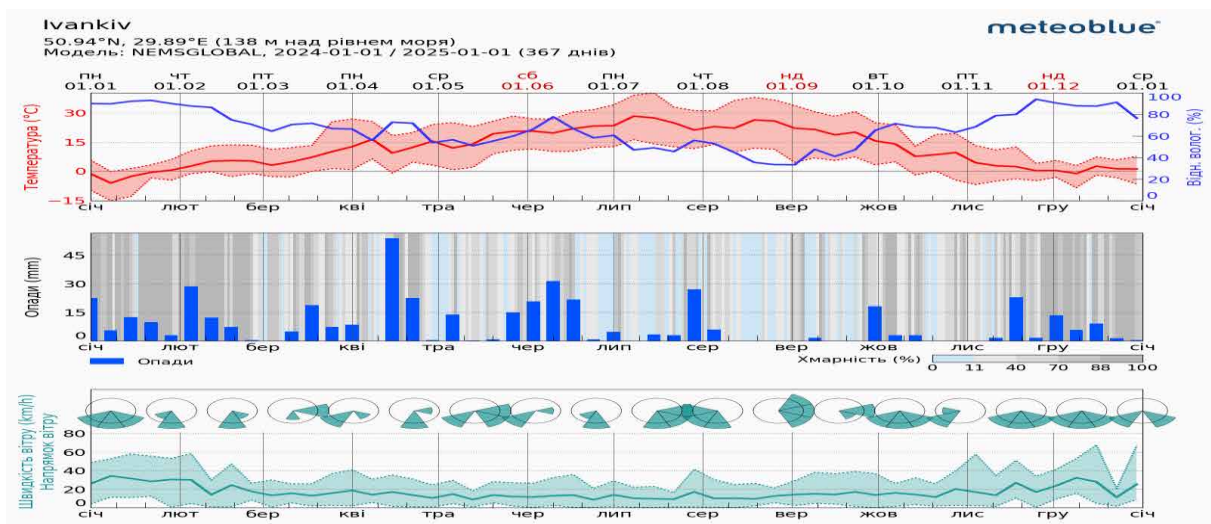


Рис. 2.4.3 показники клімату Іванківського регіону за 2024 р.

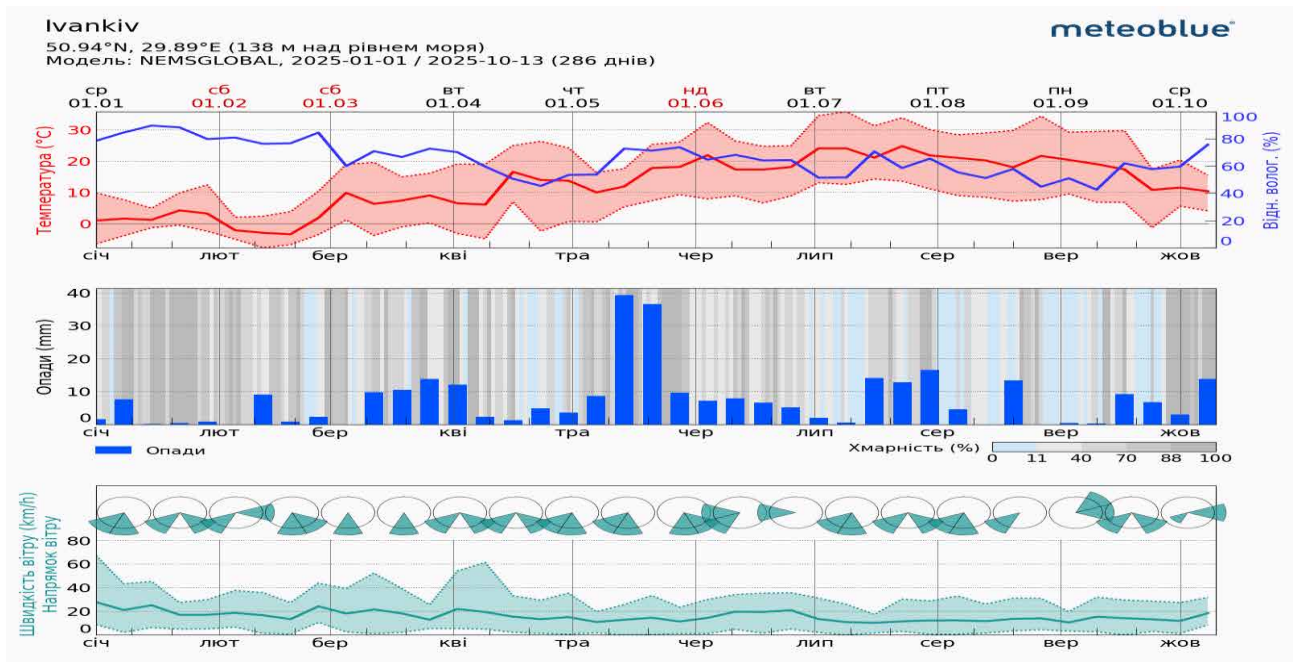


Рис. 2.4.4 показники клімату Іванківського регіону за 2025 р.

За нашими даними кліматичних умов бачимо що початок вегетаційного періоду в даному регіоні припадають на останню декаду березня. Температура повітря за 2024 рік на початку року була менша ніж у 2025 році. Середньорічна температура за два роки не змінилась вона складає 15-20 градусів за цельсієм. Мінімальне значення температури за 2 роки складає -15 градусів за цельсієм. Максимальна температура зафіксована за 2 роки зафіксована 12 липня 2024 року 36 градусів за цельсієм. Динаміка температур притаманна для даного регіону в обох прикладах. Різде потепління вкінці березня на початку квітня. Вологість повітря у випадку 2024 року не така рівномірна протягом року як у 2025 році, але мінімальне та максимальне значення більше. Максимальне значення 90 % середина січня у 2024 році. Мінімальне значення 30% за 25 серпня 2024 рік пов'язане з аномальною спекою того року. В 2025 році значення вологості повітря не опускалось нижче відмітки в 40%.

Основна кількість опадів у 2024 році припадає на квітень місяць. За 2024 рік випало 510 мм. опадів, що на даний момент є річною нормою для останніх років. На даний момент за даними метеостанції у 2025 році випало 451 мм. опадів, що не вистачає до мінімальної норми 40мм. опадів. У 2025 році більш рівномірний графік опадів ніж у 2024 році. У 2024 році випало найбільше

значення в другій декаді квітня 48мм. опадів. В 2025 році найбільше опадів випало в другій декаді травня 38 мм.

В даному регіоні переважають південно-західні вітри які характеризуються невеликою швидкістю протягом року. Протягом року швидкість вітру складає 20 кілометрів на годину, але взимку ці значення можуть сягати 30-40 кілометрів на годину, а влітку ці значення найменші всього 10-20 кілометрів на годину.

Підсумовуючи, середня температура складає всього 15-20 градусів на рік. Вегетаційний період починається вкінці березня на початку квітня і закінчується в першу декаду листопада та приблизно складає приблизно 230 днів. Даний регіон має велику кількість опадів та велику вологість повітря що спричинено південно-західними вітрами які приносять опади з атлантичного океанна та Європи. Швидкість вітрів взимку вища ніж влітку.

Клімат Вишгородського району притаманний для півночі Київської області тобто це помірно континентальний клімат, а для нього характерні помірно холодні зими з опадами та помірно спекотне літо. Цей вид клімату притаманний поліській агрокліматичній зоні в якій і знаходиться дане господарство. Зумовлений цей клімат в основі південно-західми вітрами які несуть опади з атлантичного океану та західно-північної частини Євразії (Прибалтики).

2.5 Опис гібриду соняшнику та технологія його вирощування

Сорт: Дієго

Група стиглості: середньостиглий

Використання: високоолеїновий

Тип адаптивності: помірно-інтенсивний

Олеїнова кислота: до 88%

Вміст олії: 50–52%

Маса 1000 насінин: 72 г

Стійкість до вовчка: А–G

Висота рослин: середня/висока*

Толерантність до хвороб: фомопсис, фомоз, біла гниль (кошикова й стеблова форми)

Міжряддя: 70 см

Норма висіву: 65 000 н.

Попередник: картопля

В основному обробітку: дисколапа на 28 см (горштайгер).

На весні закриття вологи (штригельм (пружинною бороною)).

Таблиця 2.5.1 Технологічна карта вирощування соняшника ТОВ «Біотех ЛТД»

| Строк | Машина | Знаряддя | Препарат |
|-----------------|--------------------------------|---------------------|--|
| Посів | | | |
| 25.04 | John Deere 8300 | Challenger 9100 | РКД |
| Післяпосівний | | | |
| 26.04 | TECNOMA LESER 4240 HLE NOVATOR | | Тайгедр + Про Стар + Роубек + Раундап Макс |
| 01.06 | TECNOMA LESER 4240 HLE NOVATOR | | Челендж + Олемікс |
| 04.06 | John Deere 8300 | Культиватор Elvorti | |
| 09.06 | TECNOMA LESER 4240 HLE NOVATOR | | Аміана силітра |
| 11.06 | TECNOMA LESER 4240 HLE NOVATOR | | Біосон 15 |
| 18.06 | TECNOMA LESER 4240 HLE NOVATOR | | Біосон 30 |
| 09.07 | TECNOMA LESER 4240 HLE NOVATOR | | Пріоксор |
| Збирання врожаю | | | |
| 18.09 | John Deere S760 | | |

Посів соняшнику почався 25.04 та здійснювався 8 рядною пневматичною сівалкою Challenger 9100. Разом із посівом зерна було внесено РКД 96,5 т/га.



Рис.2.5.1 Сівалка Challenger 9100 на господарстві

Також починаючи з 26.04 відбулося внесення ЗЗР (26.04 було внесено лише на 1 га, продовжилося 30.04) з баковою сумішшю яка включає в себе: Тайгедр 2 л/га (діюча речовина пропізохлор проти однорічних злакових та деяких дводольних бур'янів); Про Стар 2,2 л/га (прометрин для бородьби з однорічними дводольними та злаковими бур'янами); Роубек 0,3 л/га (діюча речовина комбінація парафінових вуглеводнів, неіонних сурфактантів, спеціальних олій та полімерних прилипачів для покращеної дії гербіцидів); Раундап Макс 1,5 л/га (діюча речовина гліфосат, знищення однорічних та багаторічних бур'янів).

З 01.06 було внесено на 12,2 га поля препарати: Гербіцид системної дії Челендж 1,5 л/га (аклоніфен); Олемікс 0,5 л/га для покращення дії пестицидів.

04.06 з ціллю покращити аерацію ґрунту та підрізати бур'яни яких не знищили препарати було проведено міжрядну культивацію культиватором компанії Elvorti. Після закінчення процесу більшість бур'янів залишилися на полі, що не є гарним результатом навіть якщо була досягнута ціль з підвищення аерації ґрунту. На культиваторі також забрали захисні диски та зменшили

кількість лап з 5 до 3 але з повним покриттям міжрядь (зроблено це було через надмірне забиття агрегату бур'янами).

09.06 в якості підживлення було внесено розчин аміаної силітри з нормою 125 л/га, що в переводі на чистий азот 43 кг/га для стимуляції росту його вегетативної маси.

11.06 внесення власного препарату господарства Біосон 15.

18.06 внесли ще 1 комплексний препарат власного виробництва Біосон 30 2 л/га.

09.07 внесено фунгіцид Пріоксор 0,3 л/га (діюча речовина ксеміум (флуксапіроксад) та піраклостробін) проти таких хвороб як іржа, піренофороз.

Оприскування були здійснені за допомогою самохідного оприскувача TECNOMA LESER 4240 HLE NOVATOR.



Рис. 2.5.2-2.5.3 Оприскувач TECNOMA LESER 4240 HLE NOVATOR

На протязі процесу вирощування соняшнику було декілька проблем, а також зауважень.

Перша проблема це дуже нестабільна температура цього року, що могло впливати в дуже неприємну ситуацію наслідком якої було б дуже значні втрати врожаю, через те що наш соняшник був високоолеїновий, а такі гібриди дуже погано переносять як різкі перепади температури так і заморозки.

Недоліки пов'язані з міжрядною культивацією були описані вище.

Також оприскування пестицидом модна було провести трішки раніше, адже частина рослин уже встигла вразити хвороба септоріоз та склеротиніоз стебла.

Соняшник

Гібрид: P63LE166

Густота: 42 тис.

Попередник: кукурудза

Таблиця 2.5.1 Технологічна карта вирощування соняшника Іванківського відділення

| основний | | | | |
|-----------------|--------------|---------------------------|--|---|
| строк | Захід, см | Машина | знаряддя | Препарат |
| 10,11 | 8 | John Deere 8310 | Дискова Борона Horsch Joker RT8 | |
| 12,11 | | John Deere 8310 | МВУ-8 | Діамонійфосфат |
| 12,11 | 20 | John Deere 8310 | Плуг Lemken Vari Diamant 10X | |
| Передпосівний | | | | |
| 28,04 | | John Deere 8310 | МВУ-8 | Карбомід |
| 30,04 | 7 | John Deere 8310 | Культиватор CASE IH Tiger Mate II | |
| Посів | | | | |
| 11,05 | 6 | John Deere 8310 | Сівалка пневматична Great Plains NTA 3510 | |
| Післяпосівний | | | | |
| 13,06 | | UNIPOINT 3030 JACTO | | Містард |
| 17,06 | | UNIPOINT 3030 JACTO | | Кайман |
| 27,06 | | UNIPOINT 3030 JACTO | | Монокалій фосфат+ Біо бор+ гумат+ Нокаут екстра+ Фенікс дуо |
| Збирання врожаю | | | | |
| 15,09 | | John Deere 9770 STS | | |

1. Основний обробіток ґрунту та внесення добрив:

28.04: Проведено внесення Карбаміду в нормі 80 кг/га за допомогою машини John Deere 8310 з агрегатом MBY-8. Карбамід є високоефективним азотним добривом, критично важливим для забезпечення стартового росту та розвитку вегетативної маси соняшнику на початкових етапах.

30.04: Здійснено якісний обробіток ґрунту культиватором CASE IH Tiger Mate II, агрегатованим з John Deere 8310. Ширина захвату культиватора становить 12 метрів, що забезпечує високу продуктивність та ефективну підготовку посівного ложа, розпушування ґрунту та боротьбу з бур'янами.

2. Посів культури:

11.05: Виконано посів соняшнику за допомогою сучасної пневматичної сівалки Great Plains NTA 3510, що працювала в парі з трактором John Deere 8310. Норма висіву складала 45 тисяч насінин на гектар для покращення живлення рослин. Глибина загортання насіння становила 6 см, що є оптимальним для соняшнику, забезпечуючи належний контакт насіння з ґрунтом та сприятливі умови для дружних сходів.

3. Післяпосівний догляд та захист рослин:

Післяпосівні операції були проведені з використанням обприскувача UNIPORT 3030 JACTO, що свідчить про використання високоточної техніки для внесення препаратів.

13.06: Застосовано препарат "Містард" у нормі 50 г/га. "Містард", як правило, є гербіцидом, що ефективно контролює небажану бур'янову рослинність (часто широколистих бур'янів) на посівах соняшнику, або фунгіцидом для профілактики хвороб, забезпечуючи оптимальні умови для росту культури без конкуренції.

17.06: Проведено обробку гербіцидом "Кайман" у нормі 1 л/га. Цей препарат спеціально призначений для ефективної боротьби зі злаковими бур'янами, що є дуже важливим для чистоти посівів соняшнику та запобігання конкуренції за вологу та поживні речовини.

27.06: Здійснено комплексне позакореневе підживлення та захист соняшнику за допомогою багатокomпонентного розчину:

Монокалійфосфат: в нормі 2 кг/га. Забезпечує рослини фосфором і калієм, що є ключовими для формування кошика, цвітіння та наливу насіння.

Біо бор+: в нормі 1 л/га. Бор є життєво важливим мікроелементом для соняшнику, оскільки він необхідний для цвітіння, запилення та формування якісного насіння.

Гумат+: (норма внесення не зазначена в таблиці) – як правило, це біологічний стимулятор росту, що покращує поглинання поживних речовин та підвищує стресостійкість рослин.

Нокаут екстра+: в нормі 70 г/га. Це інсектицид, який забезпечує ефективний захист соняшнику від шкідників, запобігаючи пошкодженню листя, стебел та кошиків.

Фенікс дуо: в нормі 700 г/га. Це фунгіцид, що застосовується для профілактики та лікування грибкових захворювань соняшнику, забезпечуючи здоровий розвиток рослин та захист урожаю.

15.09: Проведено збирання врожаю за допомогою комбайна John Deere 9770 STS. Це високопродуктивний зернозбиральний комбайн, який забезпечує ефективне та швидке збирання соняшнику, мінімізуючи втрати.

2.6 Методика проведення досліджень

Дослідження проводилося на полі №2 господарства ТОВ «Біотех ЛТД».

Загальна площа досліджуваної ділянки становила 150 га.

Проведення дослідів проводилось в господарстві ТОВ «ВП Полісся» на полі №545-12595

Загальна площа ділянки 40 га

Суть дослідів полягала у дослідженні різних зон продуктивності досліджуваного поля з подальшим аналізом отриманих даних.

Відповідно схеми дослідів дослідницька ділянка була розбита на 3 зони продуктивності (зона високої, середньої та низької продуктивності) з

подальшим відбором та аналізом проб ґрунту з кожної з них, а також замірами біометричних показників рослин та показників кінцевої врожайності.

Розділ поля на зони здійснювався за ступенем розвитку та біометричними показниками соняшника в різних частинах поля. За основу були взяті карти NDVI та карти зон з площадки GeoPard з подальшим візуальним оглядом кожної ділянки.

В кожній зоні було здійснено відбір проб щонайменше в 10 різних точках з прив'язкою координат до кожної з них. Глибина відбору зразків ґрунту становила 0-25 см. В подальшому для кожної зони створювалася середня проба з якої і був проведений аналіз ґрунту.

Аналізи проводилися за відповідними методиками: рН ґрунту соляної витяжки; вміст нітратів за допомогою іонселективних електродів; вміст рухомих сполук фосфору та калію за методом Кірсанова.

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Дистанційний моніторинг за вирощування соняшнику

Індекс NDVI (Normalised Difference Vegetation Index, нормалізований диференційний вегетаційний індекс) – це показник, який оцінює кількість та стан рослинності, вимірюючи її фотосинтетичну активність на основі відбиття світла в червоному та ближньому інфрачервоному діапазонах. Здорова рослинність активно поглинає червоне світло і відбиває ближнє інфрачервоне випромінювання, що й відображається в індексі, який варіюється від -1 до 1.

Принципом роботи показнику NDVI лежить на основі супутникових знімків, аналізуючи, як зелена маса взаємодіє зі світлом у різних спектральних діапазонах. Здорова рослинність із високою фотосинтетичною активністю максимально поглинає сонячну радіацію завдяки хлорофілу у видимій червоній зоні спектра (0,62-0,75 мкм). Водночас, вона максимально відбиває енергію у ближній інфрачервоній зоні (0,75-1,3 мкм) завдяки клітинній структурі листя. Таким чином, висока активність рослин призводить до низького відбиття в червоному діапазоні та високого – в інфрачервоному. Співвідношення цих двох показників дозволяє чітко відокремити рослинність від ґрунту та інших об'єктів.

Отриманий спектральний аналіз дає можливість виявити конкретні ділянки поля, які потребують внесення добрив або засобів захисту рослин (ЗЗР). Хоча індекс загалом надійний, він лише помірно чутливий до впливу ґрунтового та атмосферного фону, за винятком випадків, коли рослинність бідна або рідка. Крім того, при дуже густому покритті (коли індекс листової поверхні, LAI, високий), NDVI може "перенасичуватися", втрачаючи свою чутливість до подальшого збільшення біомаси.

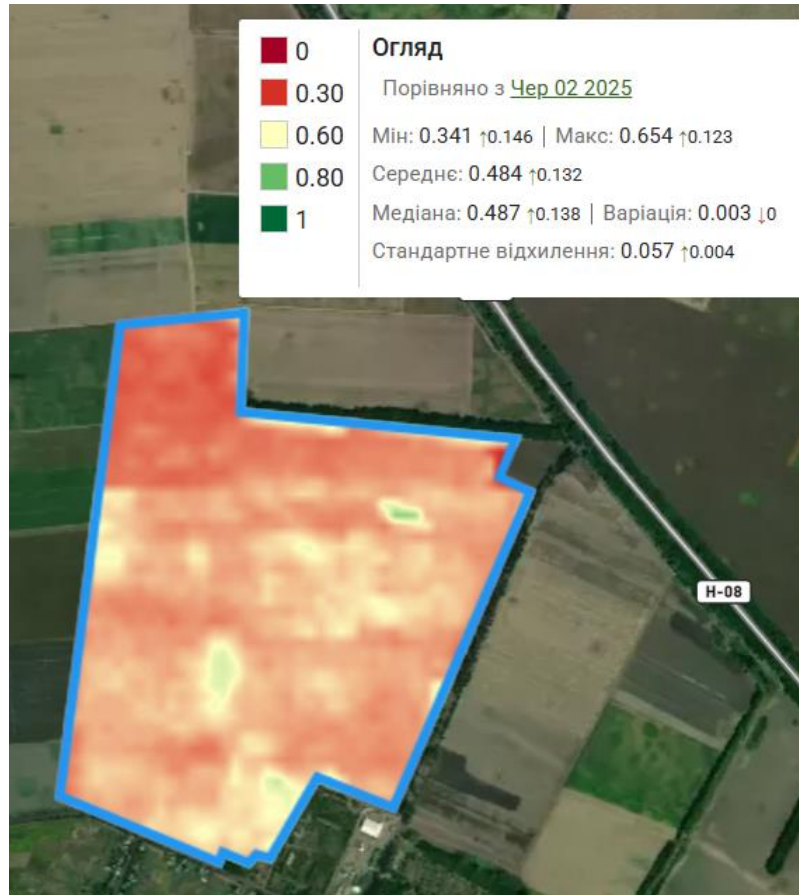


Рис. 3.1.1 Показник NDVI за супутниковим знімком поля соняшнику ТОВ «Біотех ЛТД» станом на 4 червня

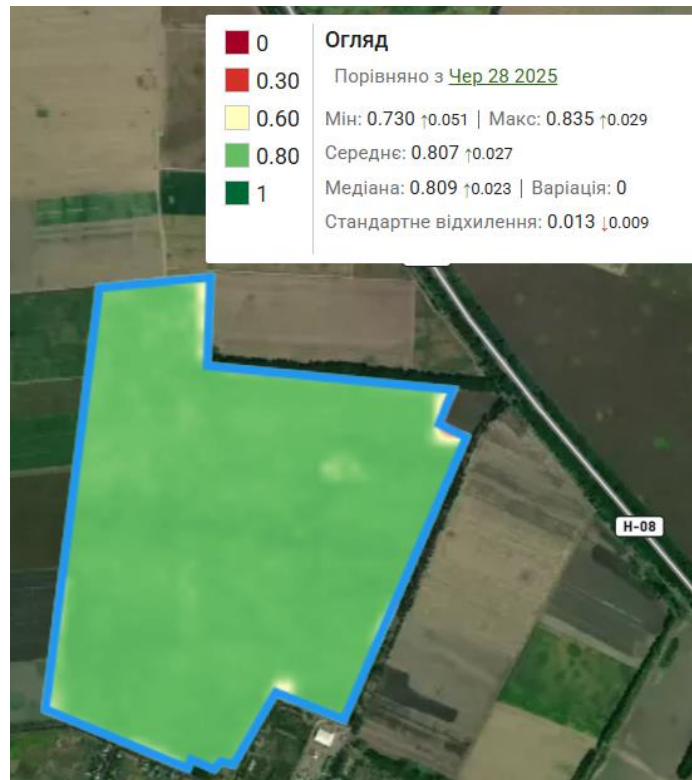


Рис. 3.1.2 Показник NDVI за супутниковим знімком поля соняшнику ТОВ «Біотех ЛТД» станом на 29 червня



Рис. 3.1.3 Показник NDVI за супутниковим знімком поля соняшнику ТОВ «Біотех ЛТД» станом на 23 липня

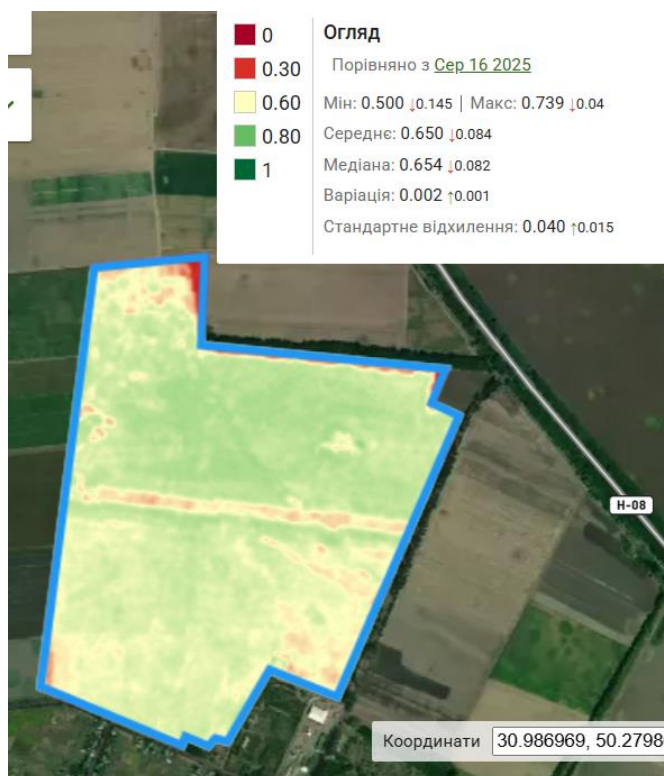


Рис. 3.1.4 Показник NDVI за супутниковим знімком поля соняшнику господарства ТОВ Біотех ЛТД» станом на 21 серпня

Супутникові знімки на Рис. 3.1.1-3.1.4 були зроблені на протязі у різні стадії розвитку соняшнику при відсутності хмарності (0%). Рис. 3.1.1

демонструє розвиток культури у фазу початку її активної вегетації, в даному випадку фазу 6 справжніх листків, найбільше виділяється саме північна частина поля зоні якої показник NDVI показав найменші значення, що стало першою підставою виділення даної ділянки поля в якості зони низької продуктивності. Іншою ділянкою на яку слід звернути увагу є центральна частина поля, незважаючи на непоганий показник NDVI дана область не є одноманітною і можна помітити сильні перепади в значеннях показнику, візуальний огляд в подальшому також підтвердив дану теорію. Тож зважаючи на гарні показники NDVI та наявний мінус у вигляді не рівномірного розвитку культури, дана зона розглядалась як можлива зона середньої продуктивності. Останньою розглянутою ділянкою стала південна частина поля, вона виявилась найбільш одноманітною серед інших частин поля, що підтвердив візуальний огляд, та мала високі значення по показнику NDVI. Єдиною проблемою в даній зоні став невеликий участок у її центрі, але при візуальному огляді не було помічено в даній області проблем з розвитком культури. Тож маючи гарні показники по розвитку культури та стабільності, дану зону було виділено як зону високої продуктивності.



Рис. 3.15 Карта зон поля соняшнику господарства ТОВ «Біотех ТЛД» за 2023-2024 р.

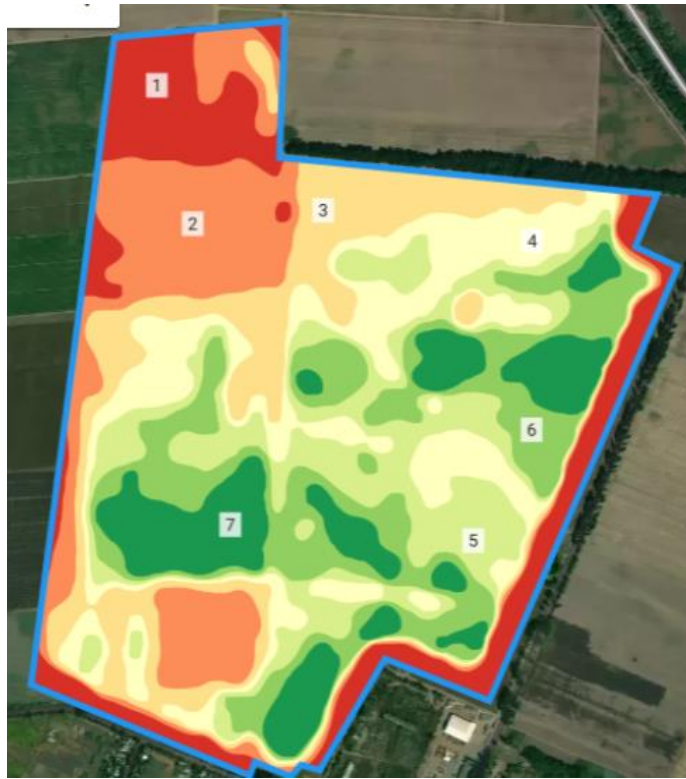


Рис. 3.1.6 Карта зон поля соняшнику господарства ТОВ «Біотех ЛТД» за 1992-2025 р.

На Рис. 3.1.5-3.1.6 зображена динаміка розвитку культур на полі №2 за попередні роки сформована площадкою GeoPard. Можна побачити чітку закономірність між показниками NDVI цього року з попередніми, що свідчить про однакові проблеми на даному полі в продовж великого періоду. Дані карти разом із показниками NDVI допомогли сформувати першочергові уявлення про поділ поля на різні зони продуктивності, далі був проведений повних обхід поля з спостереженням за розвитком соняшнику в кожній виділеній зоні для формування цілої картини та остаточного поділу поля зони низької, середньої та високої продуктивності.

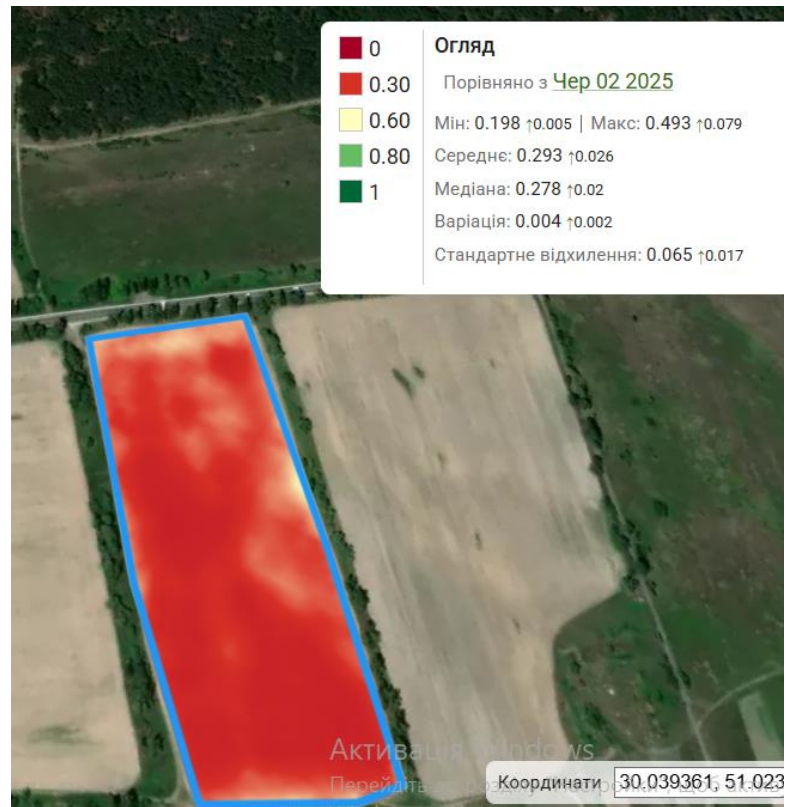


Рис. 3.1.7 Показник NDVI за супутниковим знімком поля соняшнику господарства «ВП Полісся» станом на 5 червня

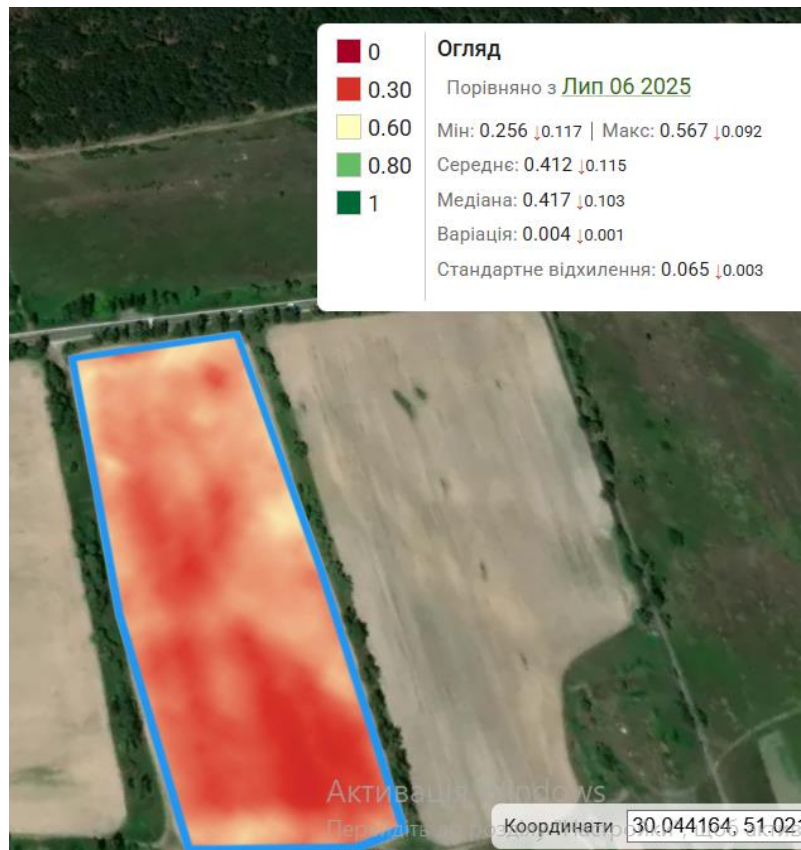


Рис. 3.1.8 Показник NDVI за супутниковим знімком поля соняшнику господарства «ВП Полісся» станом на 5 липня

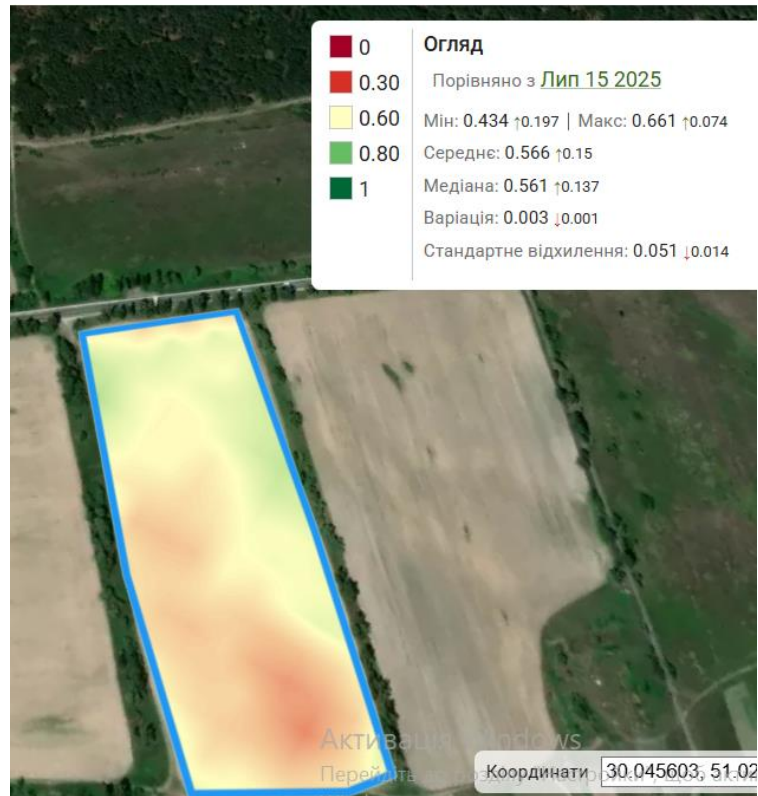


Рис. 3.1.9 Показник NDVI за супутниковим знімком поля соняшнику господарства «ВП Полісся» станом на 23 липня



Рис. 3.1.10 Показник NDVI за супутниковим знімком поля соняшнику господарства «ВП Полісся» станом на 21 серпня

На малюнку 3.1.7 зазначено початок вегетації соняшнику так, як там слабо виражений індекс NDVI за даними якого неможливо розпізнати зони неоднорідності так, як вона є досить однорідною. Малюнок 3.1.8 це зображення супутникового знімку індексу NDVI у фазу розтягнення першого міжвузля. На ньому можна приблизно розпізнати високу зону продуктивності із-за її нерівномірного контура та підвищенням рівню хлорофілу в рослинах. На малюнку 3.1.9 досить виражено показані зони продуктивності із-за чітких контурів які показані на даному зображенні. Супутниковий знімок зроблений під час фази зірочки. На малюнку 3.1.10 показано вже активну фазу цвітіння соняшнику що супроводжується пониженням рівня хлорофілу в рослині.



Рис. 3.1.11 Карта зон поля соняшнику господарства «ВП Полісся» за 2023 р.

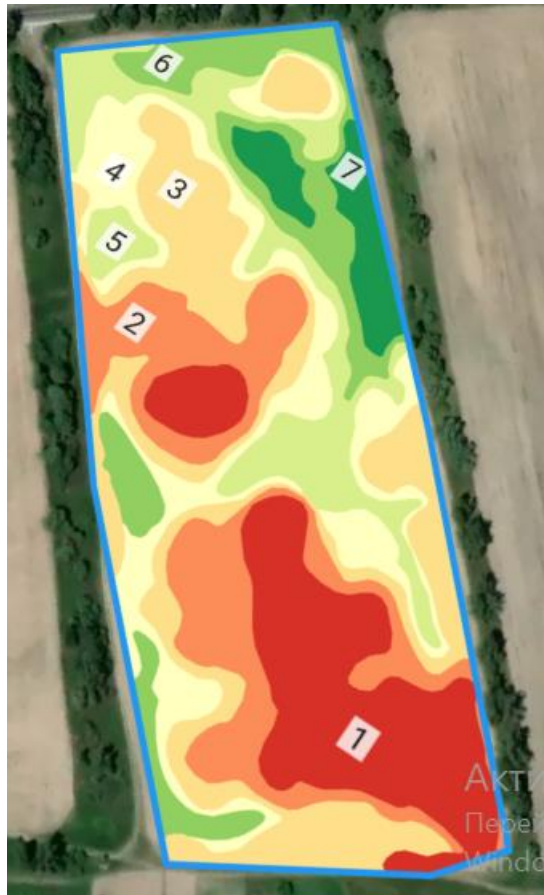


Рис. 3.1.12 Карта зон поля соняшнику господарства «ВП Полісся» за 2022 р.

Порівнюючи малюнок 3.1.11 та 3.1.12 можна виявити чіткість зон продуктивності за індексом NDVI. На малюнку чітко зображені зон продуктивності за допомогою яких ми маємо змогу побудувати маршрут та відібрати зразки для аналізу ґрунту. За допомогою отриманих даних з застосунку GeoPard також можна цілком точно визначити біометричні дані кожної зони продуктивності на ділянці.

3.2 Динаміка вмісту елементів у ґрунті

Таблиця 3.2.1 Результати аналізу рНс ґрунту за вирощування соняшника, 2025 р.

| Зона продуктивності | 1 розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | Початок цвітіння (ВВСН 63) | Збирання (ВВСН 99) |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------|
| Висока | 4,75 | 4,77 | 4,73 |
| Середня | 4,49 | 4,67 | 4,71 |
| Низька | 5,56 | 5,31 | 5,30 |

Результати аналізу ґрунту поля соняшника на рівень його рН показали, що ґрунти є кислими. Ділянки високої та середньої продуктивності не сильно відрізняються один від одної із середнім показником який коливається в межах 4,6-4,7, в той час це значення різко зросло до середнього в 5,3-5,4 при переході на ділянку низької продуктивності. В якості візуальних індикаторів на полі у видовому складі бур'янів був присутній Хвоц польовий (*Equisétum arvéense*), який є прямою ознакою на його підвищену кислотність, хоча цікавим спостереженням було те, що на ділянці високої продуктивності, яка характерна найнижчим рівнем рН серед всіх трьох зон, він був повністю відсутній.

Показник рН сірих опідзолених ґрунтів знаходиться у діапазоні 5,6-6,5, а пониження цього рівня до 4,6-4,7, характерного зонам середньої та високої продуктивності, можна пояснити їхнім рельєфом, який представляє собою велику кількість низин для зони середньої продуктивності та одну суцільну низину для зони високої продуктивності, а це в свою чергу сприяло процесу стоку води в дані западини і подальшого накопичення органічних кислот та анаеробіозу в цих ділянках, що і призвело до більш кислої реакції ґрунтового середовища. Для порівняння рельєф зони низької продуктивності був навпаки представлений височинами без стрімких перепадів і рівень рН більш наближений до характерного його рівня для даних ґрунтів з мінімальним відхиленням.

Наслідком низького рН можуть стати зниження його врожайності (до 10-30%) та пониження засвоєння соняшником елементів живлення з ґрунту шляхом їх зв'язування в недоступні або отруйні для рослин форми, але на прикладі зони високої продуктивності можна сказати, що незважаючи на зниження засвоєння елементів живлення даний негативний фактор можна подолати збільшивши кількість цих самих елементів в ґрунті.

Таблиця 3.2.2 Результати аналізу ґрунту на вміст рухомих сполук фосфору за вирощування соняшнику, 2025 р., мг/кг

| Зона продуктивності | 1 розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | Початок цвітіння (ВВСН 63) | Збирання (ВВСН 99) |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------|
| Висока | 165,7 | 211,4 | 179,1 |
| Середня | 204,0 | 187,8 | 189,2 |
| Низька | 232,7 | 259,4 | 237,5 |

Таблиця. 3.2.3 Результати аналізу ґрунту на вміст рухомих сполук калію за вирощування соняшнику, 2025 р., мг/кг

| Зона продуктивності | 1 розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | Початок цвітіння (ВВСН 63) | Збирання (ВВСН 99) |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------|
| Висока | 220,9 | 219,2 | 215,4 |
| Середня | 180,5 | 231,3 | 218,8 |
| Низька | 269,2 | 221,5 | 284,2 |

Середній показник вмісту доступного рослинам фосфору в ґрунті для зон високої та середньої продуктивності мав значення в діапазоні 100-200 мг/кг, що свідчить про його низьку забезпеченість даним елементом для технічних культур в той час як зона низької продуктивності показала кращий результат та трималася на рівні середньої забезпеченості елементом (за методом Кірсанова). З калієм ситуація трохи інакша, всі три зони тримаються на приблизно однаковому рівні, але зона низької продуктивності все ще має найбільшу забезпеченість. Для рослини низький вміст фосфору міг призвести до поганого розвитку кореневої системи та проблемами формування насіння. Калій мав значення вище середнього, що є важливим для соняшнику, адже він є калієфільною культурою та засвоює його на протязі всієї вегетації, особливо до

цвітіння для формування вегетаційної маси та утворенні та транспортуванні вуглеводів.

Порівнюючи зони за вмістом фосфору в ґрунті можна побачити, що зона високої забезпеченості має найменше значення вмісту фосфору в той час як зона низької продуктивності найбільше, зона середньої продуктивності знаходиться посередині та більш наближена до зони високої продуктивності. Для калію ситуація є майже ідентичною з різницею лише в тому, що зона високої продуктивності займає друге місце по забезпеченості, а зона середньої продуктивності третє.

Зважаючи на те, що на даному полі і по всій його площі вносилися однакові дози добрив такої великої розбіжності (близько 53 мг/кг для фосфору та 69 мг/кг для калію) між значеннями по зонам не мало бути. Поясненням такої розбіжності може бути понижене засвоєння елемента з ґрунту рослинами через низьке вологозабезпечення, ознаки якого були помічені на рослинах при розгляді їх біометричних показників, та пониженим рівнем рН характерних зоні низької продуктивності. Зони високої та середньої продуктивності також мали низький рівень рН (навіть нижчий за зону низької продуктивності), але вони мали більше вологозабезпечення, що могло зіграти не останню роль.

Кліматичні умови відобразили, що кількість опадів, в період активного росту соняшнику (з появи першого справжнього листка до збирання) була достатньою і проблем із вологозабезпеченням не мало бути, але тут слід звернути увагу на карту зон поля в розділі 3.1 яка свідчить на про постійні проблеми на протязі багатьох років в зоні низької продуктивності і якщо проблем із вмістом поживних елементів в ґрунті не було виявлено, проблема скоріш за все полягає у фізико-механічних властивостях ґрунту даної зони, які і створюють цю проблему із нестачею вологості (Рис.3.3.1). Господарство також використовує переважно технологію Mini-till або No-till, тобто виконують мінімальний або нульовий обробіток ґрунту, що може пояснити чому дана проблема актуальна на протязі такого довгого періоду часу.

Були також помічені ситуації коли рівень забезпечення фосфором та калієм на початкових етапах розвитку культури були нижчими ніж показники під час закінчення його вегетації. Така ситуація могла виникнути через активізацію процесів в ґрунті через розвиток соняшнику які сприяли перетворенню певних недоступних форм фосфору та калію в ґрунті на більш доступні, також це може бути результатом елементарної похипки при аналізі.

Таблиця 3.2.4 Результати аналізу ґрунту на вміст нітратів за вирощування соняшнику, 2025 р., мг/кг

| Зона продуктивності | 1 розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | Початок цвітіння (ВВСН 63) | Збирання (ВВСН 99) |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------|
| Висока | 5,7 | 10,2 | 11,4 |
| Середня | 7,9 | 14,5 | 13,7 |
| Низька | 10,5 | 19,1 | 18,2 |

Як і в ситуації з фосфором та калієм спостерігається підвищення рівню нітратів у ґрунті по мірі розвитку культури, причиною також є активізація процесів у ґрунті через активний процес розвитку соняшнику. Також тут можна побачити ту саму картина як і з іншими показниками коли забезпеченість елементом живлення росте у сторону зон низької продуктивності і скоріш за все причини є аналогічними та описані вище.

Таблиця 3.2.5 Результати аналізу ґрунту на рівень рН за вирощування соняшника, 2025 р.

| Зона продуктивності | 1 розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | Початок цвітіння (ВВСН 63) | Збирання (ВВСН 99) |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------|
| Висока | 5,83 | 5,79 | 5,97 |
| Середня | 5,44 | 5,36 | 5,47 |
| Низька | 6,01 | 6,09 | 6,18 |

Найбільш висока продуктивність (висока зона продуктивності) асоціюється з помірно кислим у діапазоні що є оптимальним для засвоєння більшості основних елементів живлення. Парадоксально, але найбільша кислотність зафіксована в зоні середньої продуктивності 5.36. Хоча така сильна кислотність може обмежувати засвоєння фосфору та деяких катіонів, вона все ж забезпечує кращий результат, ніж найменш кислий ґрунт у зоні низької продуктивності. Це підтверджує, що низька врожайність у цій зоні, ймовірно, спричинена не а іншими, більш критичними, факторами, такими як дефіцит вологи, низький вміст органіки чи нестача мікроелементів, які можуть бути менш доступними.

У динаміці за фазами розвитку спостерігається чітка відмінність між продуктивними та непродуктивними зонами: у зонах Високої та Середньої продуктивності рН стає більш кислою у фазі початку цвітіння як наслідок інтенсивного кореневого поглинання поживних речовин. Натомість, у низькій зоні поступово стає більш нейтральною протягом вегетації, що може бути непрямою ознакою слабкої біологічної активності кореневої системи та загального стресу рослин за рахунок малої вологості ґрунту . Таким чином, аналіз підтверджує, що для досягнення максимальної продуктивності важливе не лише абсолютне значення , але й його динаміка, відображаючи здоров'я та інтенсивність росту культури.

Таблиця 3.2.6 Результати аналізу ґрунту на вміст рухомих сполук фосфору за вирощування соняшника, 2025 р., мг/кг

| Зона продуктивності | 1 розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | Початок цвітіння (ВВСН 63) | Збирання (ВВСН 99) |
|----------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------|
| Висока | 157,3 | 188,7 | 164,6 |
| Середня | 184,8 | 186,2 | 178,9 |
| Низька | 239,3 | 269,4 | 247,7 |

На основі даних таблиці вміст рухомих сполук фосфору за методом Кірсанова, робимо висновок, що продуктивність агросистеми обмежується не дефіцитом Фосфору, а іншими критичними факторами такими як рельєф який за допомогою дуже слабкої водної ерозії направляє вологу вниз до схилу та забезпечує більш сприятливі умови для поглинання фосфору .

Такий надлишок фосфору в низькій зоні, імовірно, створює дисбаланс живлення, блокуючи поглинання рослинами критично важливих мікроелементів, таких як цинк або залізо, що і призводить до зниження врожайності. Крім того, на цих піщаних ґрунтах з низькою природною родючістю, згаданих у ґрунтовому описі, низька продуктивність може бути також обумовлена недостатньою вологістю ґрунту в даний період в даній зоні.

Динаміка також свідчить про інтенсивні процеси: у продуктивних зонах вміст фосфору досягає піку на фазі цвітіння, що вказує на ефективне використання фосфору або активну мінералізацію. Навпаки, стабільно високі значення у Низькій зоні вказують на неефективне поглинання цього елемента рослиною, яка страждає від дефіциту води та не ефективно поглинає фосфор. Таким чином, для підвищення продуктивності в Низькій зоні необхідна корекція живлення та покращення водного режиму спрямована на усунення дефіциту мікроелементів та покращення водного режиму, а не лише на внесення Фосфору.

Таблиця 3.2.7 Результати аналізу ґрунту на вміст рухомих сполук калію за вирощування соняшника, 2025 р., мг/кг

| Зона продуктивності | 1 розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | Початок цвітіння (ВВСН 63) | Збирання (ВВСН 99) |
|----------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------|
| Висока | 237,5 | 258,7 | 240,6 |
| Середня | 196,7 | 237,4 | 209,7 |
| Низька | 259,4 | 234,5 | 248,1 |

Продуктивність в даній агросистемі лімітується не дефіцитом калію, а іншими факторами, незважаючи на загальноновизнану бідність піщаних ґрунтів регіону. Вміст калію в усіх зонах знаходиться в діапазоні 196–259 мг/кг, що відповідає дуже високому класу забезпеченості, що зумовлено внесенням калійних добрив у 2023 та 2024 році. Проте, найвища врожайність (Висока зона) досягається лише за умови максимальної доступності калію (258,7 мг/кг) у критичну фазу цвітіння. Це вказує на те, що навіть у стані надлишку, калій залишається основним елементом для формування зерна та його якості, оскільки він необхідний для водного балансу та стійкості до стресу на цих водопроникних ґрунтах. Низька продуктивність, своєю чергою, корелює з найменшим вмістом калію серед усіх зон, а також із неефективним поглинанням елемента (про що свідчить відсутність піка вмісту на фазі цвітіння). Таким чином, фактична лімітація врожайності є комплексною: надлишок фосфору (з попереднього аналізу) створює дисбаланс, а дефіцит вологи та низький вміст органічної речовини на піщаних ґрунтах заважають рослині ефективно поглинати та використовувати наявний надлишок особливо в найбільш врожайних зонах.

Таблиця 3.2.8 Результати аналізу ґрунту на вміст нітратів за вирощування соняшнику, 2025 р., мг/кг

| Зона продуктивності | 1 розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | Початок цвітіння (ВВСН 63) | Збирання (ВВСН 99) |
|----------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------|
| Висока | 6,7 | 7,0 | 7,7 |
| Середня | 7,1 | 8,3 | 8,9 |
| Низька | 9,3 | 10,2 | 11,4 |

Аналіз демонструє сильну обернену залежність між продуктивністю ґрунтових зон та вмістом у них нітратів: низька продуктивність корелює зі значним надлишком нітратів (9,3–11,4 мг/кг), тоді як висока продуктивність асоціюється з найнижчими концентраціями (6,7–7,7 мг/кг). Це чітко вказує на те, що нітратне забруднення та його непрямі наслідки є головною причиною низької врожайності в непродуктивних зонах. Надлишок нітратів, окрім ризику вимивання в ґрунтові води (що особливо актуально для легких піщаних ґрунтів ВП полісся), викликає осмотичний стрес та дисбаланс живлення, порушуючи засвоєння інших, вже дефіцитних, елементів.

У низькій зоні концентрація нітратів постійно зростає протягом вегетації, досягаючи піку 11,4 мг/кг на фазі збирання. Це свідчить про неефективне використання внесеного азоту рослиною, яка через супутні стреси (несприятливий рН, надлишок фосфору) не може засвоїти доступний азот, що призводить до його критичного накопичення. Натомість, у високій зоні вміст нітратів є стабільно низьким (6,7–7,7), що говорить про оптимальне та ефективне поглинання азоту рослинами, які швидко використовують його для формування врожаю.

Таким чином, для усунення лімітуючого фактору в Низькій зоні необхідна негайна оптимізація азотного живлення, що включає значне зниження норм внесення азотних добрив та використання форм із повільнішим

вивільненням, а також усунення інших дисбалансів (наприклад, надлишку калію), які перешкоджають здоровому поглинанню нітратів.

3.3 Біометричні показники соняшнику

Таблиця 3.3.1 Висота рослин соняшнику в різні стадії його розвитку (ВВСН), 2025р., см

| Зона продуктивності | 6 справжній листок (ВВСН 16) | 1-ше розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | (ВВСН 63) |
|----------------------------|-------------------------------------|--|------------------|
| Висока | 35 | 48 | 210 |
| Середня | 32 | 44 | 192 |
| Низька | 30 | 44 | 170 |

Таблиця 3.3.2 Діаметр стебла соняшнику в різні стадії його розвитку (ВВСН), 2025, см

| Зона продуктивності | 6 справжній листок (ВВСН 16) | 1-ше розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | (ВВСН 63) |
|----------------------------|-------------------------------------|--|------------------|
| Висока | 0,5 | 1 | 2,5 |
| Середня | 0,4 | 1 | 2 |
| Низька | 0,4 | 0,8 | 1,5 |

Поділ поля на окремі зони продуктивності здійснювався за візуальним аналізом розвитку соняшника в кожній його частині, була помічена чітка тенденція зменшення активності його розвитку в напрямку із південної частини поля (зона високої продуктивності) до північної (зона низької продуктивності).

Таблиця 3.3.3 Площа листків соняшнику в різні стадії його розвитку (ВВСН),
2025р. см²

| Зона продуктивності | 6 справжній листок (ВВСН 16) | 1-ше розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | (ВВСН 63) |
|----------------------------|-------------------------------------|--|------------------|
| Висока | 25,2 | 89 | 407 |
| Середня | 24,6 | 84 | 355,5 |
| Низька | 20,5 | 77 | 161 |

Найбільш помітним біометричним показником, який вказував на перехід від однієї зони в іншу була саме висота. На початкових етапах розвитку висота мала мінімальну різницю (до 5 см), але при подальшому розвитку соняшнику дана різниця ставала все більш помітною і середньому досягала 40 см. Також в той час соняшник в зонах низької та високої продуктивності мав мінімальні коливання даного показнику то в зоні середньої продуктивності побули помічені значні коливання висоти у рослин, так ділянка із середньою висотою 180-190 см могла межувати із ділянкою із висотою 200-210 см і такі переходи були не плавними, а навпаки дуже різкими, що створюватиме значні проблеми при його збиранні в даній зоні. Дана проблема може бути наслідком нерівномірного рельєфу даної зони, що сприяло нерівномірному внесенні добрив оприскувачем та стоком води в ділянки низини.

Наступним показними є площа листків. Тут зона високої та середньої продуктивності показали майже однаковий результат на протязі всього розвитку культури, різких коливань в значенні даного показнику для рослин в одній зоні, як це було з висотою для зони середньої продуктивності, були мінімальними та дуже рідко зустрічалися. Зона низької продуктивності показала найменше значення, але після переходу соняшнику в стадію цвітіння дана різниця стала дуже значною досягаючи середній значень майже в 2,5 рази менших в порівнянні з двома іншими зонами. Також, окрім великої різниці в

площі листків, вони демонстрували явні ознаки нестачі вологи які проявлялися у втраті тургору в листках (Рис. 3.3.1). Хоча, слід зауважити, що навколо рідких для даної зони низинах, проблеми нестачі вологи та низького значення площі листків були відсутніми, поясненням чого може бути накопичення води в цих низинах та забезпечення нею найближчих рослин. Тож, проблема нестачі вологи могла бути спричинена рельєфом даної зони який майже повністю є височиною з якої вода просто стікала до ділянок меншої висоти (здебільшого в сторону зони середньої продуктивності), а проблема низького розвитку лисків могла просто стати похідною даної нестачі вологи. Низький вміст вологи також зменшує рухливість певних елементів ґрунті та робить їх менш доступними для рослин, а це ще одна можлива причина зменшення значення площі листків.

Про діаметр стебла можна мало чого сказати окрім очевидного факту зменшення даного показнику при переході із більш високої зони продуктивності в більш низьку. Призвести до цього могли ті самі проблеми з рельєфом, вологістю та доступністю елементів, що були описані раніше при описі інших показників. Самою значною в даному показнику є значно вища ламкість стебла в зоні низької продуктивності, якої не було помічено в двох інших зонах, що також є наслідком проблеми низької забезпеченості вологою в даній зоні.



Рис. 3.3.1 Ознаки втрати тургору через нестачу вологи в зоні низької продуктивності

Таблиця 3.3.4 висота соняшнику в різні стадії його розвитку (ВВСН), 2025 р., см

| Зона продуктивності | 6 справжній листок (ВВСН 16) | 1-ше розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | (ВВСН 63) |
|----------------------------|-------------------------------------|--|------------------|
| Висока | 30 | 45 | 160 |
| Середня | 25 | 40 | 145 |
| Низька | 20 | 35 | 130 |

Таблиця 3.3.5 Діаметр стебла соняшнику в різні стадії його розвитку (ВВСН), 2025, см

| Зона продуктивності | 6 справжній листок (ВВСН 16) | 1-ше розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | (ВВСН 63) |
|---------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| Висока | 0,5 | 1,2 | 2,5 |
| Середня | 0,4 | 1 | 2 |
| Низька | 0,4 | 0,8 | 1,5 |

Таблиця 3.3.6 Площа листків соняшнику в різні стадії його розвитку (ВВСН), 2025, см²

| Зона продуктивності | 6 справжній листок (ВВСН 16) | 1-ше розтягнення міжвузля (ВВСН 31) | (ВВСН 63) |
|---------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| Висока | 24 | 79 | 386,4 |
| Середня | 23,4 | 75,7 | 368,7 |
| Низька | 19,4 | 68,3 | 158,9 |

Висока зона продуктивності демонструє висоту соняшника 160 см. під час стадії цвітіння що перевищує показник низької зони на 30 см. це пов'язано з високим вмістом нітратів в ній (ниській зоні), який має високий вміст нітратів (9,3–11,4 мг/кг). Висока зона продуктивності при цьому має низький вміст нітратів (6,7–7,7 мг/кг), що забезпечує добрий баланс живлення що забезпечує відмінний ріст та розвиток соняшнику.

Динаміка росту на початку вегетації відрізняється на 10 см. між зонами неоднорідності (6 справжніх листків), але у фазу цвітіння дана різниця становить 30 см., що досить гарно показує вплив лімітуючих факторів (вміст

нітратів в ґрунті та вміст рухомих сполук фосфору). Можна побачити спішне управління цими факторами у високій зоні дозволяє рослинам зберегти високу швидкість росту навіть у пізніші, більш стресові періоди. Таким чином, висота соняшника підтверджує, що основний потенціал врожайності формується на ранніх фазах і залежить від ефективного уникнення дисбалансу живлення.

Моніторинг товщини стебла соняшника підтверджує, що цей фізичний показник є надійним індикатором рівня продуктивності, оскільки найбільша товщина (2,5 см) фіксується у високій зоні, а найменша (1,5 см) – у низькій. Ця різниця, що зростає в міру розвитку рослини, є прямим результатом кумулятивного стресу, спричиненого критичним дисбалансом живлення. У низькій зоні надмірне накопичення нітратів та Фосфору призводить до осмотичного стресу та дефіциту мікроелементів, що гальмує формування міцних механічних структур стебла, залишаючи його тонким і менш стійким. Навпаки, висока зона, завдяки оптимальному засвоєнню елементів (контрольовані нітрати), забезпечує повноцінний розвиток стебла. Таким чином, товщина стебла, поряд із висотою та діаметром кошика, є кінцевим фізичним доказом того, що ключовим обмежувачем врожаю є не природна бідність ґрунту, а неефективне управління азотним та фосфорним живленням.

3.4 Структура та врожайність соняшнику

Таблиця 3.4.1 Структура врожайності соняшнику у господарстві ТОВ «Біотех ЛТД» 2025 р.

| Зона продуктивності | Діаметр кошика, см | Кількість насінин в кошику | Маса 1000 насінин, г | Розрахована врожайність, т | Врожайність, т |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Висока | 14,5 | 1 578 | 64,0 | 6,50 | 5,16 |
| Середня | 16,6 | 1527 | 61,9 | 6,07 | 4,84 |
| Низька | 14,6 | 1192 | 57,45 | 4,40 | 3,23 |

Площа листової поверхні є найбільш критичним і найбільш чутливим індикатором негативного впливу агрохімічного дисбалансу на продуктивність.

Встановлено катастрофічну диспропорцію між зонами: висока зона має площу листової поверхні $386,4 \text{ см.}^2$ у фазі цвітіння, що в 2,4 рази більше, ніж у Низькій зоні ($158,9 \text{ см.}^2$). Це підтверджує, що низька врожайність є прямим наслідком руйнування фотосинтетичного апарату соняшника.



Рис. 3.4.1 Середньостатистичний кошик соняшнику зони високої продуктивності



Рис. 3.4.2 Середньостатистичний кошик соняшнику зони середньої продуктивності



Рис. 3.4.3 Середньостатистичний кошик соняшнику зони низької продуктивності

Як можна побачити за даними табл. 3.4.1 діаметр кошика соняшнику в зонах низької та високої продуктивності майже не відрізняється і має значення 14,5-14,6 см, що не є ідеальним, адже зазвичай в середньому діаметр кошика знаходиться у діапазоні від 15,4 до 24 см. Такий невеликий діаметр може бути пояснений формою самого кошику яка більше не плоска, а скоріше випукла, що трохи змінює сприйняття його реального розміру. Кошики соняшнику у зоні середньої продуктивності виявилися трішки менш випуклими та досягли діаметру 16,6 см, але це все ще не зовсім точно передає їх справжній розмір.

Кількість насінин дає нам змогу більш доцільно оцінити нашу можливу врожайність ніж діаметр і тут зони низької та високої продуктивності, як і у випадку з діаметром кошику, показали майже ідентичний результат в 1525-1575 насінин в одному кошику. В середньому даний показник варіюється у межах 800-2000 насінин, що ставить нашій показник вище середнього та можна очікувати гарного врожаю. Зона низької продуктивності показала себе значно слабше – 1192 насінини в кошику, що майже на 24% менше ніж в зоні середньої продуктивності. До такого результату могло призвести більш низький рівень

забезпечення ґрунту фосфором ніж в інших зонах, адже він бере активну участь при формуванні насіння соняшнику, низький рівень рН також міг знизити даний показник на 10-30%, як це вказано в інтернет джерелах. Врожайність інших двох зон також могла постраждати від низького рН, але вона все ще тримається на гарному рівні. За масою 1000 н зони середньої та високої продуктивності знову мають результат вище низької, який становить 62-64 г, що на 9% більше ніж результат зони середньої і високої продуктивності із значенням 57,45 г. Наслідками цього скоріш за все ідентичні ситуації з кількістю насінин, де нижчий рівень фосфору в ґрунті та низький рН могли призвести до даної втрати ваги.

Кінцевим результатом наша середня врожайність з поля склала 4,4 т/га, що є дуже гарним показником зважаючи на наявні проблеми з погодними та ґрунтовими умовами. Найкраще себе показали зони високої та середньої продуктивності із середньою врожайністю 4,8-5,2 т/га. Незважаючи на всі проблеми в зоні низької продуктивності це була зона з найбільш наближеним до нейтрального рівнем рН та найбільш забезпеченою всіма основними елементами живлення ніж інші дві зони, що скоріш за все і зіграло свою роль. Зона низької продуктивності показала найнижчий результат 3,23 т/га, що в 1,5 рази менше ніж показники інших зон і на даний результат скоріш за все виникла через проблему високої неоднорідності ґрунтових умов притаманну даній зоні.

Як можна побачити за фактичними даними, діаметр кошика соняшнику в зонах продуктивності чітко корелює з врожайністю. Висока зона показала найбільший діаметр 13,5 см, тоді як Низька зона мала найменший 10,5 см, що є різницею у 22%. Цей невеликий діаметр може бути пояснений гальмуванням розвитку на фазі цвітіння через критичний дисбаланс живлення, а не формою кошика.

Таблиця 3.4.2 Структура врожайності соняшнику господарства «ВП Полісся», 2025 р.

| Зона продуктивності | Діаметр кошика, см | Кількість насінин в кошику | Маса 1000 насінин, г | Розрахована врожайність, т | Врожайність, т |
|---------------------|--------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------|
| Висока | 13,5 | 1 468 | 51 | 3,14 | 2,76 |
| Середня | 12 | 1386 | 48 | 2,79 | 2,47 |
| Низька | 10,5 | 1148 | 47 | 2,26 | 2,12 |

Кількість насінин дає змогу більш доцільно оцінити можливу врожайність. Висока зона продемонструвала найкращий результат 1468 насінин в одному кошику, а Низька зона найгірший результат 1148 насінин, що на 21,8% менше. До такого низького результату в Низькій зоні призвело надмірне накопичення нітратів (9,3–11,4 мг/кг) та надлишок фосфору (239–269 мг/кг), що викликало осмотичний стрес і блокування засвоєння мікроелементів. Врожайність Середньої зони була проміжною. За масою 1000 насінин знову лідирує висока зона, значення якої становить 51 г. тоді як низька зона має найменший показник 47 г. , що вказує на низьку якість наливу зерна як наслідок дисбалансу живлення та дефіциту вологи.

Кінцевим результатом середня врожайність з поля склала 2,45 т/га, що є помірним показником зважаючи на проблеми піщаних ґрунтів. Найкраще себе показала висока зона із середньою врожайністю 2,76 т/га.. низька зона, всупереч наведеному твердженню, показала найгірший результат 2,12 т/га, що є на 23% менше, ніж у Високій зоні. Цей низький результат виник саме через критичний надлишок нітратів і фосфору у ґрунті, хоча у цій зоні рівень кислотності був найбільш наближеним до нейтрального 6,01–6,18, що підтверджує, що лімітуючим фактором є дисбаланс, а не рН. Зона Середньої продуктивності показала проміжний результат 2,47 т/га.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Як і для інших галузей промисловості, основною задачею сільського господарства є отримання максимального прибутку з виготовлюваної продукції при мінімальних затратах ресурсів на формування одиниці даної продукції. Іншими словами, для досягнення цієї мети нам, за допомогою різноманітних технологій, необхідно забезпечити максимально можливий рівень отриманого врожаю з кожного гектару посівних площ при мінімізуванні технічних та ресурсних витрат. Такий підхід є ключовим принципом раціонального ведення сільського господарства, який визначає успішність агрогосподарства.

Економічна ефективність сільського господарства є основним критерієм оцінки даної діяльності. Вона не просто фокусується на обсягах виробництва, а й виражається у співвідношенні понесених витрат праці, ресурсів та коштів витрачених у процесі виробництва до отриманих кінцевих результатів. Іншими словами, це показник того, наскільки доцільно та вигідно були використанні всі вкладені нами ресурси для отримання кінцевого врожаю чи продукції. Високий показник економічної ефективності досягається тоді, коли кількість отриманих коштів з одиниці продукції сильно переважає над витратами для її отримання. Високе значення даного показнику свідчить про високу стабільність, конкурентоспроможність та прибутковість господарства.

Рівень рентабельності соняшнику вираховувався від середнього значення (контролю) на полі, що становив 4,4 т/га, в перерахунку на гривні це 114,4 тис. грн/га.

Таблиця 4.1.1 Економічна ефективність вирощування соняшнику в різних зонах продуктивності господарства ТОВ «Біотех ЛТД», 2025 р.

| № | Зона продуктивності | Площа ділянки, га | Урожайність, т/га | Вартість 1 т соняшнику, грн | Вартість насіння соняшнику з 1 га, тис. грн/га | Дохід, тис. грн | Рентабельність, % |
|---|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--|-----------------|-------------------|
| 1 | Висока | 38,3 | 5,16 | 26 000 | 134,3 | 5138,3 | 117,4 |
| 2 | Середня | 77,2 | 4,84 | | 125,8 | 2831,4 | 110,0 |
| 3 | Низька | 25,5 | 3,23 | | 84,0 | 6483,3 | 73,4 |

На основі даних із табл. 4.1 можна зробити висновок, що найбільш рентабельними зонами є зони високої та низької продуктивності, в той час як середня значно відстає. Дана ситуація не є дуже позитивною, адже найменш продуктивна зона на нашому полі займає найбільшу площу, для нас це означає втрату значної частини врожаю, а отже і прибутку. Дану ситуацію ігнорувати не можна і необхідно якнайшвидше вирішити проблеми в даній області, які заважають формування гарного врожаю.

Таблиця 4.1.2 Економічна ефективність вирощування соняшнику в різних зонах продуктивності поля господарства «ВП Полісся», 2025 р.

| № | Зона продуктивності | Площа ділянки, га | Урожайність, т/га | Вартість 1 т соняшнику, грн | Вартість насіння соняшнику з 1 га, тис. грн/га | Дохід, тис. грн | Рентабельність, % |
|---|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--|-----------------|-------------------|
| 1 | Висока | 11,9 | 2,76 | 26 000 | 71,8 | 853,9 | 113 |
| 2 | Середня | 11,8 | 2,47 | | 64,2 | 757,8 | 101 |
| 3 | Низька | 16,3 | 2,12 | | 55,1 | 898,5 | 87 |

Як ми можемо побачити за даними таблиці 4.2 очікувано кращу рентабельність має висока зона продуктивності (113%) за рахунок вищої врожайності. Низька зона (87%) немає високої рентабельності за рахунок малої врожайності що робить її малорентабельною порівняно з іншими. Середня зона має продуктивність 101% більше на 1 % від контроль. Висока зона продуктивності більша на 26 % за низьку зону що показує її перевагу.

ВИСНОВКИ

Сільське господарство з кожним днем все більше розвивається і агровиробники мають розвиватися разом з ним щоб мати можливість утримувати конкурентоспроможність. В сучасних реаліях впровадження точного землеробства уже не є просто модною забаганкою, а обов'язковим етапом при побудові стабільного та прибуткового господарства.

На основі отриманих даних в ході дослідження можна прийти до наступних висновків:

1. Вчасне отримання критично важливої інформації є надзвичайно важливим і для цієї задачі дуже добре підходять дрони та супутниковий моніторинг. Використовуючи дані супутникового моніторингу разом із індексом NDVI та іншими індексами є змога визначити зони з різними етапами розвитку рослин в межах одного поля.

2. Вміст основних елементів у ґрунті не є основним показником врожайності культури, адже на неї впливає ще безліч взаємопов'язаних між собою факторів та які вносять свої корективи, за всіма ними потрібно спостерігати, досліджувати та враховувати для отримання бажаного нами рівня врожаю.

3. Результати дослідження показали найвищий результат по врожайності у високій зоні продуктивності і досяг 5,16 т/га. Зважаючи, що зона середньої продуктивності приносить нам основну кількість прибутку серед всіх трьох зон, ми маємо прикласти максимум зусиль для забезпечення її всім необхідним.

1. За допомогою технологій точного землеробства, а саме інструментів моніторингу за агрофітоценозами я отримав потрібну інформацію для визначення зон неоднорідності за допомогою супутникового моніторингу програми GeoPard. Дана програма дозволила мені визначити та порівняти карти зон продуктивності та індексу NDVI. Тільки в даній технології визначення я знайшов один недолік, якщо поле має досить високу вегетативну масу за рахунок бур'янів. На ґрунтах з нейтральним рН застосовують гербіциди для

боротьби з ними (бурянами), а на кислих ґрунтах кожен рік росте хвощ польовий з яким боротись потрібно тільки за допомогою вапнування, яке в Україні мало хто проводить із-за чого на деяких полях буде неможливо точно визначити зону продуктивності за допомогою супутникового моніторингу.

2. Під час дослідження у мене була гіпотеза що низька зона продуктивності сформувалася із-за нерівномірного рельєфа поля що призвело до нерівномірного розподілу опадів яке було спричинене схилами, але як виявилось не це також вплинув вміст нітратів в ґрунті та висока забезпеченість фосфору, що призвело до погіршення поглинання макро та мікроелементів, що призвело до зниження врожайності в цій зоні (низька зона).

3. За графіком опадів за 2025 рік ми бачимо дефіцит вологи саме у фазу цвітіння, що і призвело до погіршення поглинання калію для формування врожаю соняшнику, маси тисячі насінин та натурі. Саме за таких показників врожайність знизилась приблизно на 15-20 %.

4. Для підвищення продуктивності поглинання мікро, макро елементів та покращення ґрунтового балансу поживних речовин потрібно вносити органічні добрива для покращення структури ґрунту, вносити вапно для нейтралізації кислотності у високій та середній зоні продуктивності та обов'язково вносити мікроелементи особливо цинк для того щоб покращити поглинання фосфору для покращення розвитку і росту рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Валовий внутрішній продукт України.
URL:https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D1%96%D1%88%D0%BD%D1%96%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8
2. Маслак О., Ільченко О. Економіка соняшнику в Україні. Пропозиція Сумський національний аграрний університет. 2015. 26С.
3. «Агро Перспектива» (м. Київ 2024)
URL:<https://www.agroperspectiva.com/ru/news/193029>
4. Особливості технології вирощування соняшнику. 2021.
URL:<https://www.lnz.com.ua/news/osoblivosti-tehnologii-virosuvanna-sonasniku>
5. Квіткова В. Економічне значення соняшнику для України. 2025. 23С.
6. У наступному сезоні Україна залишиться світовою лідеркою з експорту соняшникової олії. 2023.
URL:<https://business.rayon.in.ua/news/602908-u-nastupnomu-sezoni-ukraina-zalishitsya-svitovoyu-liderkoyu-z-eksportu-sonyashnikovoi-olii>
7. Біологічні особливості соняшнику
URL:<https://agrosience.com.ua/plant/biologichni-osoblyvosti-sonyashnyku>
8. Biology Of Sunflowers Uncovered. Nufarm. 2022.
URL:<https://nuseed.com/eu/biology-of-sunflowers-uncovered/>
9. Соняшник біологічні та фізіологічні особливості
URL:<https://uapg.ua/blog/sonyashnik-biologichni-ta-fiziologichni-osoblivosti/>
10. Біологічні та фізіологічні особливості розвитку соняшнику і технологічні аспекти його вирощування. 2023.
URL:<https://www.syngenta.ua/sites/g/files/kgtney1466/files/media/document/2023/11/08/%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D>

[1%87%D0%BD%D1%96%20%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%20%D1%81%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%88%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D1%83_.pdf](#)

11. Соняшник біологічні особливості та технологічні аспекти вирощування

URL:<https://www.growhow.in.ua/soniashnyk-biologichni-osoblyvosti-ta-tekhnologichni-aspekty-vyroshchuvannia/>

12. URL:<https://buklib.net/books/34362/>

13. Найкращі попередники для соняшнику: детальний огляд і рекомендації. 2024.

URL:<https://urozhay-agro.com/naikrashchi-poperednyky-dlia-soniashnyka-detalnyi-ohliad-i-rekomendatsii/>

14. Роль елементів живлення при вирощуванні соняшнику

URL:<https://www.yara.ua/crop-nutrition/sunflower/role-of-nutrients-sunflower/>

15. Особливості живлення соняшнику для високої врожайності. Агроном. 2020.

URL:<https://www.agronom.com.ua/osoblyvosti-zhyvlennya-sonyashnyku-dlya-vysokoyi-vrozhajnosti/>

16. Мінеральне живлення соняшнику. 2019.

URL <https://ecoorganic.ua/blog/post/mineralne-zhyvlennya-sonyashniku>

17. Фосфор, цинк, бор, калій для соняшника: секрети підвищення врожайності. 2023.

URL:<https://superagronom.com/blog/965-fosfor-tsink-bor-kaliy-dlya-sonyashnika-sekreti-pidvischennya-vrojajnosti>

18. Мікроелементи для соняшника: ознаки дефіциту та ефективне підживлення

19. Чернобай Я. Соняшник: що буде з ціною, технологія та умови вирощування. 2025. 75С.

20. Добриво Бор для соняшника: для чого, коли, в якій кількості вносити бор на соняшник в 2025?. Boron Nutrition of Sunflower," Journal of Plant Nutrition,"Effect of Boron on Yield and Quality of Sunflower," Agronomy Journal,"Boron in Soils and Plants," Plant and Soil?. 2024. 87С.

21. Добриво Бор для соняшника: для чого, коли, в якій кількості вносити бор на соняшник в 2025?. Boron Nutrition of Sunflower," Journal of Plant Nutrition,"Effect of Boron on Yield and Quality of Sunflower," Agronomy Journal,"Boron in Soils and Plants," Plant and Soil?. 2024.

URL:<https://agroexp.com.ua/uk/udobrenie-bor-dlya-podsolnechnika-zachem-kogda-v-kakom-kolichestve-vnosit-bor-na-podsolnechnik-v>

22. Система живлення соняшника для врожайності більше 5 т/га. 2024.

URL:<https://agroexp.com.ua/uk/sistema-pitaniya-podsolnechnika-dlya-urozhaynosti-bolee-5-tga>

23. Мінеральне живлення соняшника. Мезоелементи. 2020.

URL:<https://vnis.com.ua/article/mineralne-zhivlennya-sonyashnika-mezelementi?srsid=AfmBOoq9WQ-MVGmPvxgX08uXSA0hKiaxTmdA9JhSdGUIiVFjYxzTIkf2>

24. Народногосподарське значення соняшнику. 2021. С. 4-5.

URL:<http://www.tsatu.edu.ua/rosl/wp-content/uploads/sites/20/lekcija-23.olijni-kultury.-sonjashnyk.pdf>

25. Ботанічна характеристика соняшнику

URL:<https://agrosience.com.ua/plant/botanichna-kharakterystyka-sonyashnyku>

26. Оптимальні норми висіву соняшнику для отримання хорошого врожаю в 2025. 2025.

URL:<https://agroexp.com.ua/uk/optimalnye-normy-vyseva-podsolnuha-dlya-polucheniya-horoshego-urozhaya>

27. Норми та інтервали висіву насіння соняшнику. Чи можна отримати більше, змінивши специфікації?. Агроном. 2022 45-49с.

28. Норма висіву соняшнику та актуальні ціни у 2025 році: свіжі новини та факти. 2025. 23-24с.
29. Займов М.І. Як супутники допомагають фермерам у роботі. 2023. 75 С.
30. Займов М.І. Як супутники допомагають фермерам у роботі. 2023.
URL:<https://expedicia.org/yak-suputniki-dopomagayut-fermeram-u-r/>
31. Технології точного землеробства: майбутнє аграрної галузі. 2024.
URL:<https://aoplatforma.com/blog/tehnologiyi-tocnogo-zemlerobstva-maibutnje-agrarnoyigaluzi?srsId=AfmBOoq1NjfOEI9glxfr4ShzXqk6NHYMqty4Ws9TYqQ1cSEn-NbjUH8Y>
32. Супутниковий моніторинг та аналітика полів: Інновації точного землеробства для підвищення врожайності. 2021.
URL:<https://farmonaut.com/precision-farming/%D1%81%D1%83%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9-%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3-%D1%82%D0%B0-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BA>
33. Моніторинг полів в сільському господарстві: як застосовувати отримані дані. 2023.
URL:<https://blog.agrokebety.com/monitorynh-poliv-v-silskomu-hospodarstvi>
34. Круглик Б. Дрони для сільського господарства: для чого вони і як обрати. 2024.
URL:<https://weagro.ua/blog/drony-dlya-silskogo-gospodarstva-dlya-chogo-vony-i-yak-obraty/>
35. Дядюра. А. Дрони у сільському господарстві, або Як починалося точне землеробство. 2021. 75С.
36. Недоліки використання дронів у сільському господарстві. 2025.

URL:<https://ua.agr-drone.com/info/the-disadvantages-of-using-drones-in-agricultu-17192257243685888.html>

37. Круглик Б. Точне землеробство в Україні: визначення та перспективи. 2024.

URL:<https://weagro.ua/blog/tochne-zemlerobstvo-v-ukrayini-vyznachennya-ta-perspektyvy/>

38. Павлюк І. Диференційований висів насінн. 2021. 34-36с.

39. Всеволод Г. Сіяти соняшник зі змінною нормою чи ні? Результати дослідів на 50 полях. Агроном. 2021. 89-90с.

40. Фадаєєв Л. Точний висів — частина точного землеробства. 2014. 35с.

41. Tempo L 8-24

URL:<https://www.vaderstad.com/ua/sivalky-tochnogo-vusivu/sivalky-tempo/tempo-l>

42. Сальник В. Локально-стрічкове диференційоване внесення добрив. 2016.

URL:<https://superagronom.com/articles/27-lokalno-strichkove-diferentsiyovane-vnesennya-dobriv>

43. Локально-стрічкове диференційоване внесення добрив. Агроном. 2020.

URL:<https://www.agronom.com.ua/vnesennya-dobryv-na-zadanu-glybynu>

44. Обладнання для внесення рідких мінеральних добрив сівалками

URL:<https://sprayforce.com.ua/blog/agrotekhnologii/oborudovanie-dlya-vneseniya-zhidkikh-mineralnykh-udobreniy-seyalkami/?srs>

45. Диференційне внесення. 2022.

URL:<https://spray-craft.com.ua/rare-fertilizers.html>

46. Павлюк І. Внесення мінеральних добрив за смуговою технологією обробітку ґрунту. 2018. 24-34с.

47. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підруч. Львів: НВФ «Українські технології». 2020. 806 с.
48. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві. Монографія. – Рівне: Волинські обереги, 2007. – 320 с.
49. Sudduth K. A., Drummond S. T., Kitchen N. R. Accuracy of discrete soil sample data for delineating soil property management zones // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2003. – Vol. 40, No. 1–3. – P. 199–217.
50. Adamchuk V. I., Hummel J. W., Morgan M. T., Upadhyaya S. K. On-the-go soil sensors for precision agriculture // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2004. – Vol. 44, No. 1. – P. 71–91.
51. Godwin R. J., Miller P. C. H. A review of the technologies for mapping within field variability // *Biosystems Engineering*. – 2003. – Vol. 84, No. 4. – P. 393–407.
52. Данкевич В. Є., Данкевич Є. М. Моніторинг сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування земель // *Економіка АПК*. – 2019. – № 8. – С. 27.
53. Копійка О. В. Геоінформатика в системах підтримки прийняття рішень // *Наукові записки Малої академії наук України*. – 2024. – № 2 (30). – С. 37
54. Матейчук Ю. В. Шляхи підвищення економічної ефективності вирощування соняшнику // *International Scientific Journal*. – 2015. – № 9. – С. 133–136.
55. Зацерковний, В., and В. Ворох. "Оцінка перспектив застосування БПЛА для внесення засобів захисту рослин в задачах прецизійного землеробства." *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва* 1 (2025): 130-145.
56. Аксьонов І.В. Агробіологічні та агротехнічні особливості оптимізації прийомів вирощування соняшнику, ріцини, сафлору в умовах

південної підзони Степу України. – дис... д-ра с.-г. наук: 06.01.09
«Рослинництво» / І.В. Аксьонов. – Дніпропетровськ, 2008. – 24 с.