

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
СИЧИКА ОЛЕКСАНДРА ОЛЕКСАНДРОВИЧА

Наказ НУБіП України 1978 «С». 18.09.2025

2025 р.

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

ПОГОДЖЕНО

**Декан агробіологічного
факультету**

доктор с.-г. наук професор

_____ Віталій КОВАЛЕНКО

«_____» _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Агрохімії та якості продукції
рослинництва ім. О.І. Душечкіна

доктор с.-г. наук професор

_____ Дмитро ЛІТВІНОВ

«_____» _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Моніторинг стану рослин кукурудзи на зерно 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 професор

_____ Анатолій БИКІН

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

доктор с.-г. наук, професор

_____ Надія БОРДЮЖА

Виконав

_____ Олександр СИЧИК

КИЇВ – 2025 р.

**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**

Сичику Олександр Олександровичу

(прізвище ініціали студента)

Спеціальність Н1-Агрономія

(код і назва)

Магістерська програма Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві

(назва)

Програма підготовки Освітньо-наукова

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи: Моніторинг стану рослин кукурудзи на зерно
за використання елементів точного землеробства

Затверджена наказом від « ___ » _____ 20__ р. № _____

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи: результати польових досліджень.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Вегетаційний індекс кукурудзи.
2. Агрохімічні показники темно-сірого опідзоленого ґрунту.
3. Агрохімічний наземний моніторинг
4. Біометричні показники.
5. Урожаність та якість зерна кукурудзи.
6. Економічна ефективність вирощування кукурудзи.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів магістерської роботи	Строки виконання етапів магістерської роботи	Примітка
Огляд літератури	Осінній семестр 2024	<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: « ____ » _____ 2024 р.

Керівник магістерської роботи: _____ Надія
БОРДЮЖА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання: _____ Олександр
СИЧИК

(підпис) (прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

на магістерську кваліфікаційну роботу Сичика О.О. на тему «Моніторинг стану рослин кукурудзи на зерно 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 62 сторінках друкованого тексту, включаючи таблиці і рисунки.

В 1 розділі «Огляд літератури» розкривається питання особливості живлення кукурудзи, локальне внесення і засвоєння елементів живлення та агрохімічний наземний моніторинг.

Розділ 2 «Методи досліджень» включає в себе: розташування господарства, характеристику погодно-кліматичних, ґрунтових умов території. Технологію вирощування кукурудзи на зерно в господарстві, методи та умови проведення польових і лабораторних досліджень.

В 3 розділі «Результати досліджень» подано інформацію щодо результату досліджень індексу NDVI на кукурудзі, вологості та визначення кислотності і NPK ґрунту. Подані результати агрохімічної діагностики поля, біометричні показники рослини, структуру та якість отриманого врожаю.

У 4 розділі «Економічна ефективність» проаналізовано економічну ефективність локального підживлення залежно від ступеня розвитку кукурудзи.

Об'єкт дослідження – вплив різних норм і видів добрив за локального внесення на якість і урожайність кукурудзи на зерно, економічна ефективність його застосування.

Предмет дослідження – вологість і температура ґрунту, рН ґрунтового розчину, азот та фосфор в ґрунті, біометричні показники, суха речовина, вміст хлорофілу в рослині, структура врожаю, урожайність, показники якості зерна. економічна ефективність застосування.

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

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КУКУРУДЗА, ТОЧНИЙ ПОСІВ, ІНДЕКС ВЕГЕТАЦІЇ NDVI, ЛОКАЛЬНЕ ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ, АГРОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ГРУНТІВ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. Огляд літератури	10
1.1 Особливості живлення та удобрення кукурудзи на зерно за прецизійного агровиробництва	10
1.2 Ефективність технології стартового внесення добрив	14
1.3 Роль тіосульфату амонію в живленні рослин	19
1.4 Способи внесення мікроелементів у точному землеробстві	22
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1. Характеристика господарства	24
2.2. Ґрунтові умови господарства	26
2.3. Погодно-кліматичні умови господарства.....	28
2.4. Технологія вирощування кукурудзи у господарстві	30
2.5. Аналіз ґрунту	31
2.6. Методика проведення досліджень	33
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	34
3.1. Дані дистанційного моніторингу з використання вегетаційного індексу NDVI на кукурудзі.....	34
3.2 Вологість темно-сірого лісового ґрунту.....	38
3.3 Кислотність та NPK в ґрунті	39
3.4 Визначення вмісту азоту за вмістом хлорофілу у листі кукурудзи на зерно	44
3.5 Біометричні показники кукурудзи	45
3.6 Ефективність локального підживлення кукурудзи на зерно	48
3.7 Показники якості зерна кукурудзи	51
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ НА ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО	53
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	59

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Кукурудза одна з найпродуктивніших зернових культур, яку вирощують для продовольчих, кормових і технічних цілей. Вирощування кукурудзи є важливою складовою сільськогосподарського виробництва в Україні.

Цей продукт є важливою складовою економічного стану тваринницького сектору та зернової галузі в цілому. У виробництві кукурудзи зацікавлені харчова, переробна, медична та паливно-енергетична галузі, оскільки це зерно є високоенергетичною сировиною для промислового виробництва біоетанолу та іншої паливної сировини.

За умов посухи та дефіциту вологи, на піщаних ґрунтах системи удобрення відіграють важливу роль для формування врожаю.

Зміна клімату разом зі споживанням азоту кукурудзою є новим аргументом на користь початкового внесення азоту. Внесення рідких добрив в рядки оптимізує живлення кукурудзи, адже рідкі добрива – доступніша для рослин форма. Внесення їх в рядки дозволяє нам формувати потужну кореневу систему, яка в подальшому буде впливати на засвоєння елементів живлення, що, в свою чергу, позначається на формуванні врожаю.

Локальне внесення фосфорних і калійних добрив дає змогу збільшити концентрацію добрива, що підвищує його доступність упродовж вегетації культури.

Мета дослідження: встановити ефективність використання рідких добрив кукурудзою на зерно, при локальному внесенні одночасно із посівом. Провести агрохімічний наземний моніторинг для відслідкування ефективності використання елементів із добрив, в залежності від варіанту дослідження.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1. Проведення агрохімічного наземного моніторингу відповідно до варіанту дослідження.
2. Дослідження агрохімічних показників темно-сірого лісового ґрунту.
3. Визначення біометричних параметрів рослин в залежності від варіанту досліду.
4. Визначення урожайності та якісних показників зерна кукурудзи.
5. Розрахунок економічної ефективності вирощування насінневої кукурудзи.

Об'єкт дослідження – дослідження впливу локального внесення добрив на якість та врожайність зерна кукурудзи з використанням агрохімічного наземного моніторингу.

Предмет дослідження: вологість і температура ґрунту, рН ґрунтового розчину, азот, фосфор та калій в ґрунті, біометричні показники, суха речовина, вміст хлорофілу в рослині, використання вегетаційних індексів, структура врожаю, урожайність, показники якості зерна, економічна ефективність застосування.

Методи дослідження. Польовий (відбір ґрунтових зразків); лабораторний (визначення основних агроекологічних показників ґрунту та динаміки росту і розвитку рослин) вимірювально-ваговий (продуктивність кукурудзи); порівняльно-розрахунковий і статистичний (економічна ефективність застосування добрив; обробка експериментальних даних).

РОЗДІЛ 1. Огляд літератури

1.1. Особливості живлення та удобрення кукурудзи на зерно за прецизійного агровиробництва

Кукурудза належить до культур із високим потенціалом урожайності та значним споживанням елементів живлення. Для формування 1 т зерна та відповідної кількості побічної продукції культура споживає в середньому 25–30 кг N, 10–12 кг P₂O₅, 25–30 кг K₂O та близько 3–5 кг S [1].

За традиційних технологій коефіцієнт використання азоту (NUE) становить лише 30–50 %, через що значна частина N втрачається шляхом денітрифікації, випаровування NH₃ чи вимивання. Прецизійне землеробство дає змогу підвищити NUE до 70–80 % завдяки точнішому дозуванню й синхронізації підживлень із фазами росту [2] [3].

Прецизійне (точне) живлення кукурудзи спирається на геопросторові дані (карти агрохімії, врожайності, NDVI), зонування поля й диференційовані норми внесення (VRA). Мета - синхронізувати потребу рослин у N-P-K-S і мікроелементах із критичними фазами росту, мінімізуючи перевитрати та ризики дефіцитів. [1], [2], [3].

Для кукурудзи характерні хвилі засвоєння елементів живлення: ранній попит на фосфор (укорінення, V2–V6), далі стрімке зростання потреби в азоті й калії (V8–VT), а також стабільна потреба в сірці як ко-факторі білкового синтезу (V6–R2). Правильно побудовані криві споживання дають змогу планувати дробні внесення азоту (pre-plant + V6–V8) і підбір стартових P- і Zn-джерел у прохолодний ґрунт [4], [5].

Диференційовані норми (VRA). На практиці VRA-карти формують на основі щільної сітки відбору зразків і/або індексів NDVI; у кожній зоні поля норма N-P-K і вапна відрізняється. Це дозволяє перерозподілити 10–30%

добрив із зон достатнього забезпечення у зони дефіциту без втрати врожайності, інколи з її зростанням та економією витрат [1], [6].

Холодний ґрунт (нижче 12 °С) пригнічує мобілізацію фосфору, тому локальне стартове внесення (in-furrow або 2×2) водорозчинних Р-форм і Zn покращує ранній розвиток кореневої системи та синхронізує подальшу віддачу азоту у фазах V6–V8 (рис. 1.1.) [7], [8].

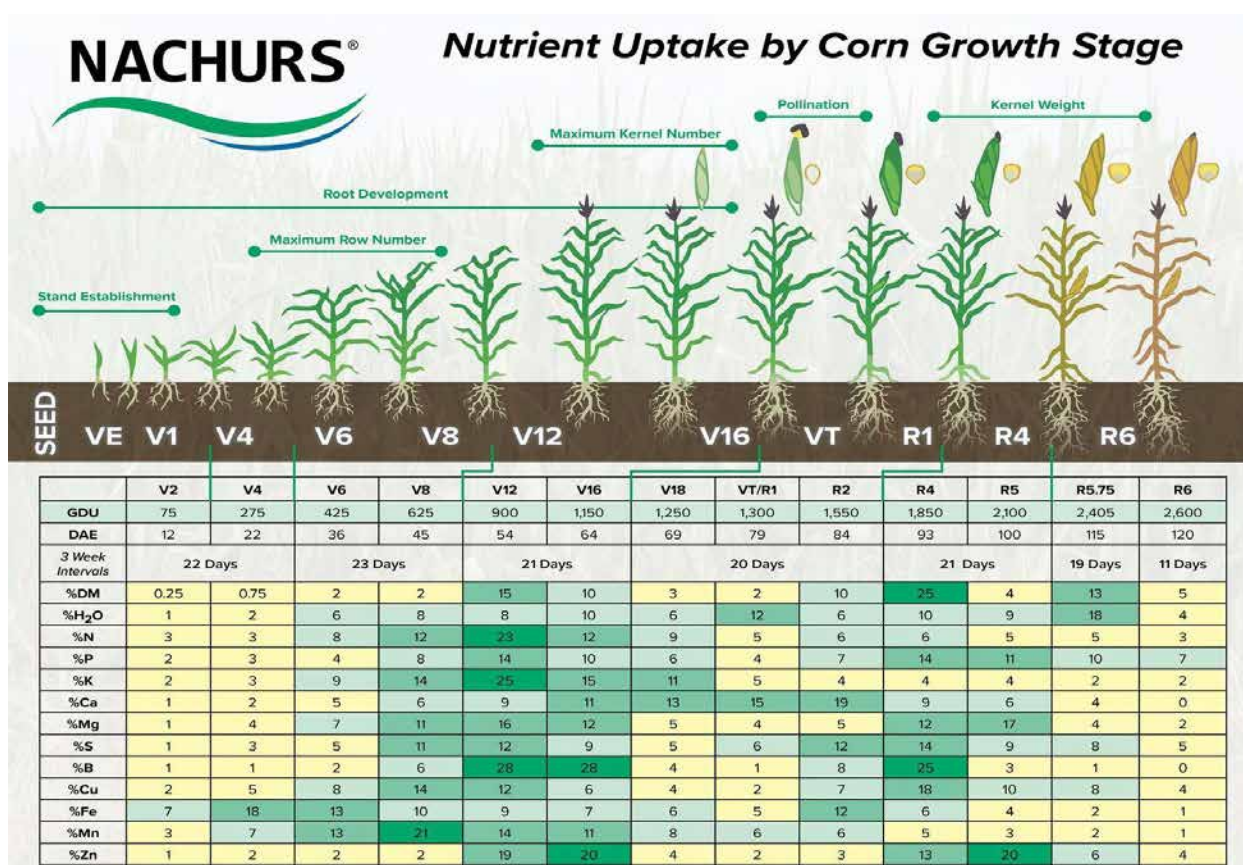


Рис. 1.1. Споживання елементів кукурудзою за фазами росту

За даними досліджень Purdue (2017–2021) полосове/зональне розміщення добрив у досліді дало стабільний приріст урожаю на окремих фонах і покращило реакцію на азот [8].

Зменшення атмосферних випадів S підвищило ризик S-дефіцитів у кукурудзи. Довгосерійні польові випробування в Індіані (2017–2022) показали позитивну реакцію кукурудзи на внесення S (часто у вигляді ATS у суміші з КАС) у 26–40% локацій, із прибавками 0,25–1,5 т/га залежно від ґрунтів та

погодних умов [9], [10], [11]. Водночас інші локації давали мінімальну реакцію це підтверджує потребу зонування за S та корекції норм за аналізами ґрунту/листка [10], [12].

Найчастіше обмежуючим фактором у кукурудзі є цинк: симптоми - світлі (хлорозні) смуги вздовж жилок молодих листків і сповільнення росту (рис. 1.2.) [13]. Рядкова подача хелатних Zn-форм на старті та листкова корекція у V6–V8 у зонах ризику (піщані ґрунти, високий рН, надлишок фосфору) є дієвим рішенням у цьому питанні [14], [15].

Моніторинг забезпечує своєчасне коригування норм добрив: SPAD-метри визначають рівень хлорофілу → потребу в N [12]; дрони з мультиспектральними сенсорами фіксують індекси NDVI та NDRE; програмне забезпечення прогнозує появу дефіцитів за 2–3 тижні до візуальних симптомів [14].

Дослідження Hungarian University of Agriculture (2024) показало $r = 0,78$ між NDVI та фактичним урожаєм, що дозволило зменшити витрати азоту на 12 % без зниження продуктивності [13].



Рис. 1.2. *Ознаки дефіциту цинку*

В українських дослідженнях НААН і університетів підтверджено доцільність поєднання агрохімічної паспортизації з дистанційним зонуванням поля для побудови карт-завдань VRA і розщепленого N-внесення, а також економічні вигоди від адресного застосування стартових P+Zn і сумішей KAC+ATS у фазах V4–V8 [16], [17]. У рекомендаціях підкреслюють потребу локальної перевірки у кожній виробничій зоні поля перед масштабуванням технології (рис. 1.3.) [16].

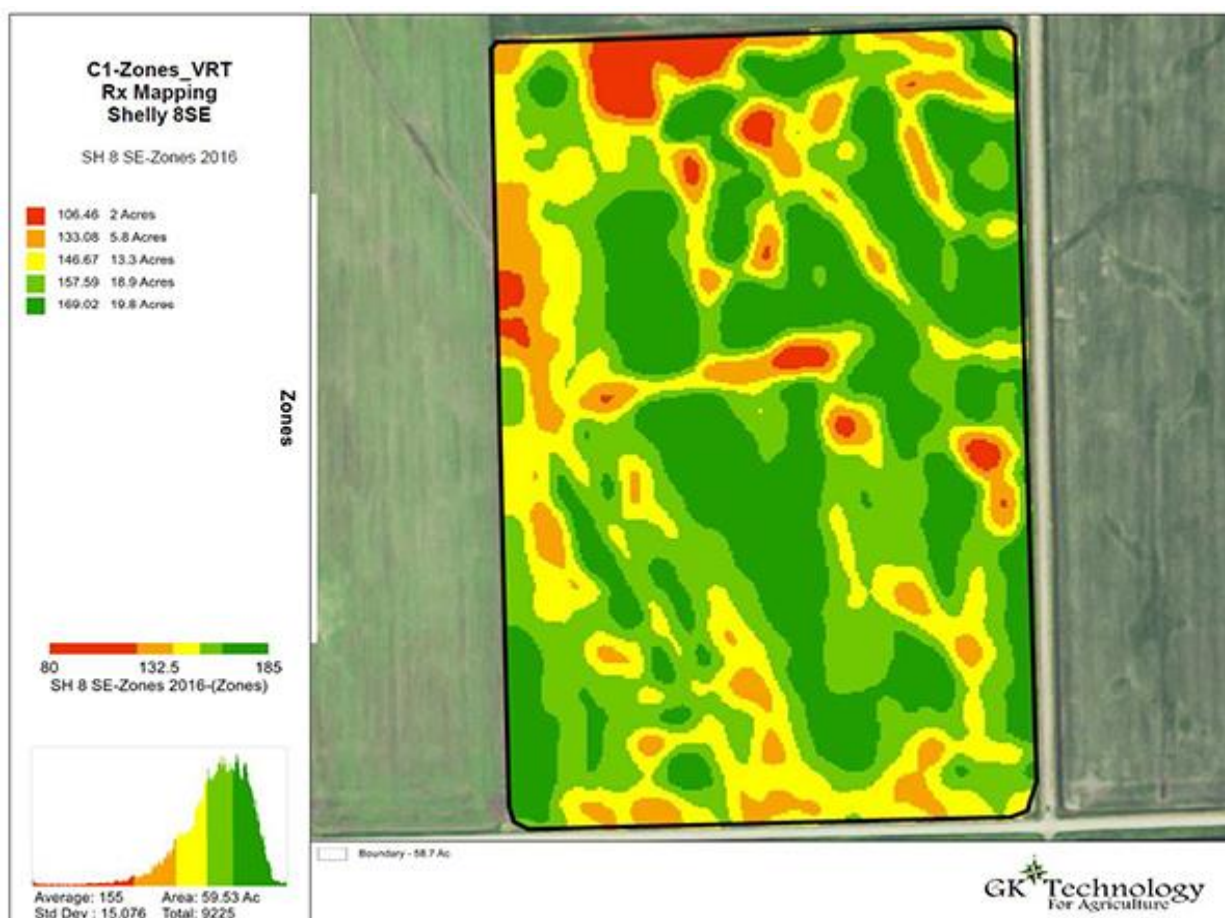


Рис. 1.3. Приклад карти диференційованого внесення (VRA-карта)

1.2. Ефективність технології стартового внесення добрив

Стартове внесення добрив — застосування невеликих доз поживних речовин безпосередньо під час сівби або поблизу насіння — має на меті забезпечити молоді рослини доступними формами фосфору, цинку (і іноді азоту) у той момент, коли їх коренева система ще неглибока й неспроможна ефективно вбирати поживні речовини з ґрунту. У технологіях прецизійного агровиробництва стартова підгодівля виступає як один із етапів синхронізації попиту і пропозиції елементів живлення, знижуючи час «відставання» рослин. У мета-аналізі американських дослідників встановлено, що субповерхове внесення starter добрив підвищує урожай кукурудзи в середньому на 5,2 % порівняно з контролем без стартових добрив [16].

Це має своє пояснення. Молоді рослини кукурудзи мають обмежений об'єм кореневої системи й обмежену здатність пошуку поживних речовин. У цей початковий період важлива локалізація добрив поблизу насіння, щоб скоротити відстань, яку корінь має подолати до поживних речовин. Це особливо актуально в умовах низьких температур ґрунту, коли рух поживних іонів сповільнюється, особливо фосфатів.

Локальне розміщення стартових добрив може зменшити затримку у старті на кілька днів, підвищуючи густоту продуктивних рослин [17].

У комплексному мета-аналітичному дослідженні показано, що стартове внесення привносить середній приріст урожаю 9,4 % у різних кліматичних умовах, особливо у теплих і посушливих зонах [18].

Існують декілька технологічних варіантів стартових систем:

- 1) In-furrow (у борозду) розміщення добрив безпосередньо в рядок під час сівби.
- 2) 2×2 (дві позиції — вбік і вниз) — розміщення на ~5 см убік і ~5 см нижче насіння.

- 3) Pop-up — застосування добрив у безпосередній близькості до насіння в гранульній або рідкій формі.
- 4) Смогове внесення поруч із рядком за допомогою вузьких смуг — особливо на вузьких рядках або при високій густоті посіву.

У досліджах Purdue було встановлено, що комбінація in-furrow + 2×2 дає кращу стабільність результатів у різних типах ґрунтів та умовах, ніж лише in-furrow чи Pop-up самостійно [19].

У польових випробуваннях було виявлено, що із восьми випробуваннях у п'яти спостерігався позитивний ефект стартового внесення 10-34-0 (поліфосфат) на урожай у комбінації з AVAIL® T5 (покращувач фосфору) [20].

Встановлено середнє зростання урожайності на 5,2 % від застосування стартових добрив. Навіть стартові добрива лише з P і K порівняно з контролем давали приріст урожаю та кількості N-виносу з рослин [23] [24].

У штаті Індіана стартове внесення 20–50 фунтів N/акр дозволило підвищити урожай у 15 з 36 випробувань, хоча не в усіх випадках [25].

Bayer Crop Science наголошує, що стартові добрива з P і K можуть покращити урожай навіть на ґрунтах із достатнім рівнем тестового фосфору [26].

У дослідженнях Інституту Західного Полісся НААН (2015–2018) встановлено, що комбінація основного удобрення $N_{120}P_{90}K_{120}$ з внесенням S або мікродобрив підвищує врожайність значно порівняно до контролю без добрив: урожайність зростала від 4,05 до 9,04 т/га залежно від варіанта [27].

Агробізнес-джерела України стверджують, що приріст урожаю від стартових добрив є на рівні 30–50 % за умов оптимізації інтенсивності живлення та умов росту [28].

В Україні застосовують також хелатні форми мікроелементів у стартових сумішах — результати демонструють покращення енергії сходів і густоти рослин [29].

Склад стартових сумішей визначає як швидкість реакції рослин, так і безпеку для насіння. Найчастіше використовують рідкі ортофосфати (10-34-0), амофос (12-52-0), а також комбіновані суспензії із додаванням Zn, Mn і В. Також в Україні поширене використання поліфосфатних форм, які відзначаються пролонгованою дією — вони поступово переходять у доступну форму протягом 3–4 тижнів, забезпечуючи живлення навіть у періоди похолодання [30], [31].

При використанні стартової суміші 12-52-0 із додаванням 1 % Zn у формі хелату урожайність підвищилась на 0,83 т/га порівняно з контролем. Спостерігалось збільшення інтенсивності фотосинтезу на 12 % і приріст маси сухої речовини на 14 % при застосуванні стартових добрив на фосфатній основі [32], [33], [34].

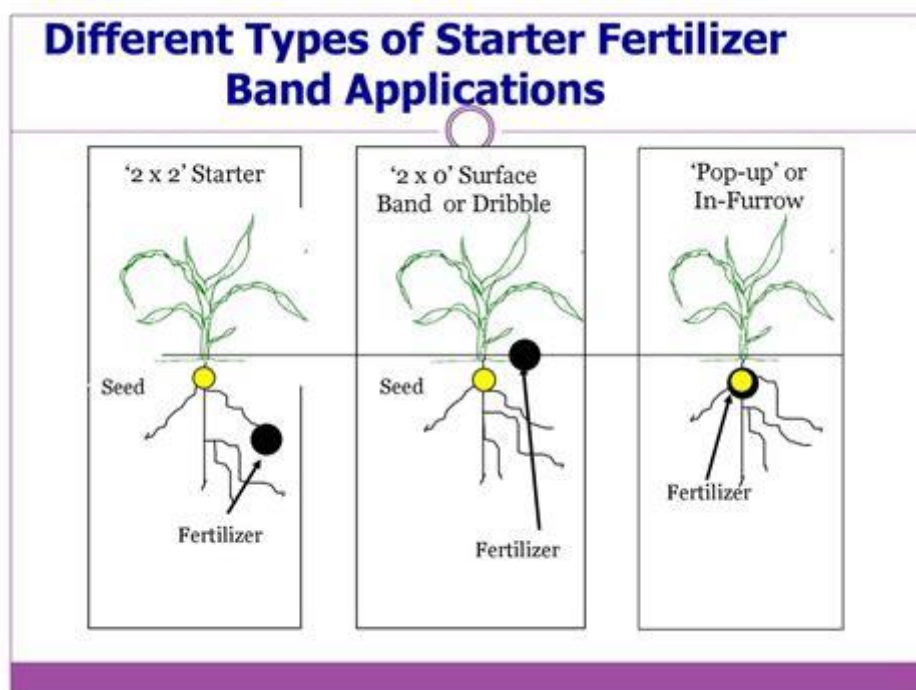


Рис. 1.4. Схема типів стартового внесення добрив у кукурудзі: 2×2 Starter, 2×0 поверхнева смуга/dribble, Pop-up/In-furrow.

За результатами досліджень варіант 2×2 демонстрував стабільніше підвищення врожайності (на 6–9 %) у порівнянні з in-furrow, особливо на важких чорноземах [35].

У легких піщаних ґрунтах, навпаки, *in-furrow* показав кращу ефективність через швидше засвоєння поживних речовин, але потребував суворого контролю концентрації солей [36].

Досліди Українського Центру Прецизійного Землеробства підтвердили, що комбіноване внесення ($2 \times 2 + in-furrow$) з використанням GPS-синхронізації дає середню прибавку урожаю до 1,4 т/га, а також зменшує варіацію густоти рослин по полю на 25 % [37].



Рис. 1.5. Порівняння стартових систем $2 \times 2 \times 2$ vs *in-furrow* (польове PFR-дослідження)

Економічна доцільність і окупність технології

За розрахунками, рентабельність стартового внесення добрив становить від 145 % до 210 %, залежно від цін на зерно та добрива [38].

Економічний ефект формується не лише за рахунок збільшення врожайності, але й через підвищення рівномірності сходів і полегшення подальших міжрядних обробітків. За умов поливу рентабельність стартового внесення перевищувала 230 %, тоді як на неполивних ділянках — 160 % . Було підтверджено, що при використанні добрив із додаванням тіосульфату амонію (ATS) ефективність стартових сумішей підвищується, особливо на ґрунтах із низьким умістом сірки [39], [40].

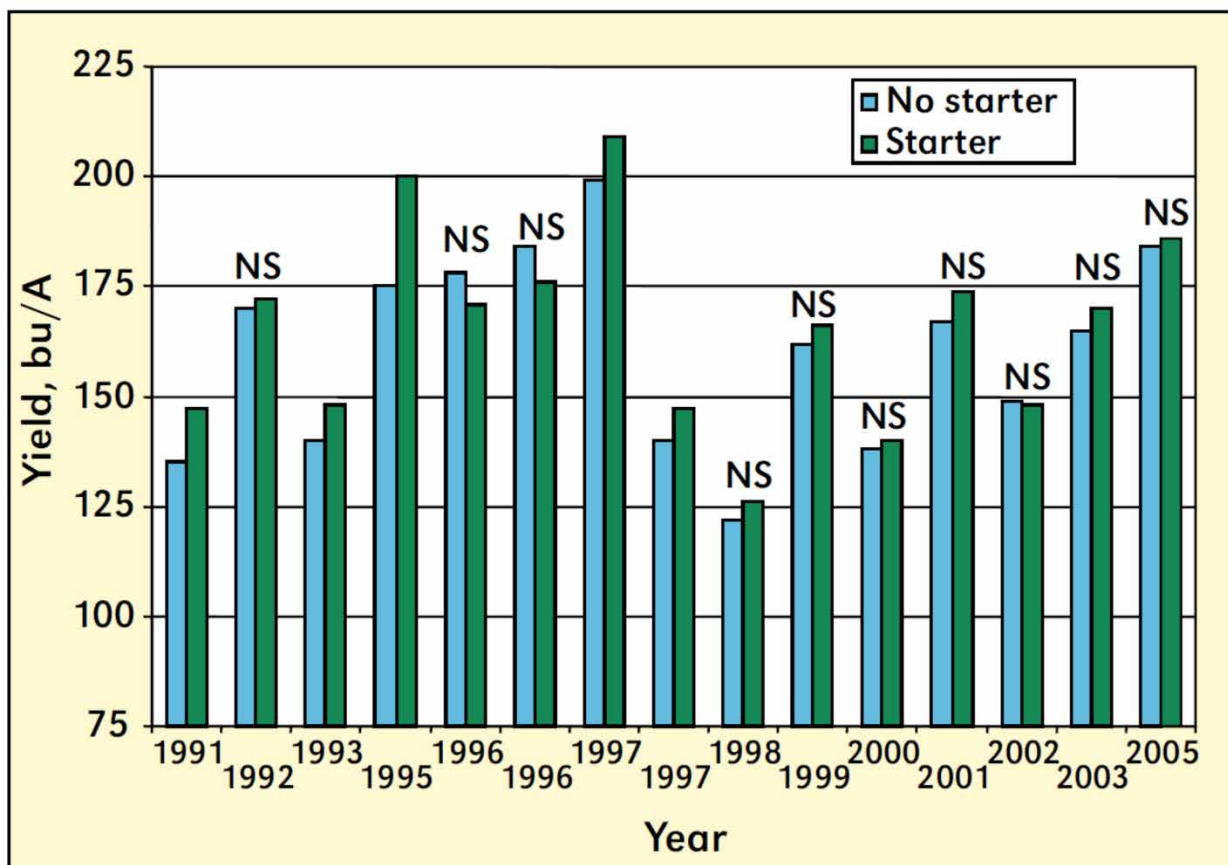


Рис. 1.6. Графік впливу стартового фосфору (10-34-0) на урожайність кукурудзи залежно від вологості ґрунту (Rupp & Hartwig, 2024)

Комбінування стартових NPK-добрив із мікроелементами (Zn, Mn, B) має подвійний ефект — покращує метаболізм рослин і сприяє формуванню потужнішої кореневої системи. У досліджах зазначено, що внесення хелату Zn + B разом із стартовим 10-34-0 збільшувало активність ферменту нітратредуктази на 18 % і підвищувало стійкість до стресу в період V3–V6 [41].

Застосування стартових добрив одночасно з інгібіторами нітрифікації підвищувало ефективність використання азоту (NUE) на 7–11 %, особливо на кислих ґрунтах. Також показано, що поєднання P + Zn сприяє формуванню більш розвиненої листкової поверхні в стресових умовах посухи [42], [43], [44].

Перспективи вдосконалення технології

Сучасні тенденції включають:

- перехід до рідких комбінованих форм з макро- і мікроелементами;
- застосування інгібіторів нітрифікації для зменшення втрат N;

- використання біостимуляторів і гумінових речовин у складі стартових добрив;
- інтеграцію сенсорів ґрунтової температури та автоматичних дозаторів у системах точного висіву.

В Україні активно впроваджуються цифрові рішення — наприклад, системи John Deere Rate Controller 2000 або Raven Viper 4+, які дозволяють регулювати норму подачі рідких добрив у реальному часі за GPS-картою [45].

1.3. Роль тіосульфату амонію в живленні рослин

Тіосульфат амонію (ATS) — рідке добриво з 12% N та ~26% S, яке поєднує азот у амонійній формі та сірку у тіосульфатній/сульфатній формах. У ґрунті ATS послідовно окиснюється мікробіотою до сульфідів і сульфатів, забезпечуючи як швидку, так і пролонговану доступність S, а амонійна форма зменшує миттєві втрати азоту порівняно з нітратною. Також тіосульфат тимчасово інгібує активність уреазы й нітрифікацію, що знижує газоподібні й промивні втрати азоту при роботі з КАС/сечовиною. Узагальнені українські огляди з агрохімії прямо відносять ATS до інгібіторів уреазы/нітрифікації короткої дії та джерел пролонгованої сірки [46].

Сірка разом із азотом входить до складу амінокислот (цистеїн, цистин, метіонін), білків та ферментів; дефіцит S знижує використання N, спричиняючи накопичення небілкових форм азоту в тканинах. Узагальнення вітчизняних досліджень останніх років підтверджує, що систематичне застосування сірковмісних добрив (зокрема ATS у системах із КАС) ключ до підвищення ефективності азоту та якості продукції в інтенсивних технологіях. На кукурудзі та інших культурах достатнє забезпечення S покращує білкоутворення й фотосинтетичну активність, що проявляється через вищу листову площу та чисту продуктивність фотосинтезу [47,48].

У виробничих та дослідницьких схемах азотно-сірчаного живлення озимого ріпаку по мерзлоталому використанню КАС-32 у суміші з ATS (близько 22 л/га ATS) входить до оптимального варіанту удобрення; на тлі такої системи фіксують максимальні показники асиміляційної поверхні та фотосинтетичного потенціалу (що добре ілюструє механізм дії ATS як носія сірки та стабілізатора азоту) [48]. Ці результати важливі і для кукурудзи, де критичні періоди потреби в N+S також припадають на швидкий ріст вегетативної маси.

Узагальнення українських дослідів по сірці (у т.ч. з рідкими формами) показують покращення росту, розвитку, балансу елементів живлення і якості врожаю різних культур, включно з кукурудзою. Автори підкреслюють доцільність сірковмісних добрив у сучасному землеробстві з огляду на часті прояви дефіциту S на чорноземах під інтенсивні культури [47].

Польові спостереження та виробничі досліді на кукурудзі в Україні демонструють прибавку врожайності при включенні ATS у КАС (10–20% від норми КАС) за підживлення у фазах V8–V10. Це пов'язують зі зменшенням втрат азоту та забезпеченням пролонгованої S [49].

Інгібування уреаз/нітрифікації засобами на основі тіосполук (у т.ч. ATS) релевантне саме у вологих і теплих умовах, коли втрати N є найбільшими; ефект триває близько 2–3 тижнів, чого достатньо, щоб збігтися з піком поглинання N кукурудзою [46].

Ефекти для кукурудзи:

Покращене використання N (менше NH_3 -втрат і нітратного промивання) та підвищення вмісту протеїну/зерна при збереженні крохмалю. Це підтверджують польові дані щодо якості врожаю кукурудзи в досліді з азотно-сірчанім живленням [47,50,51].

Розширення «вікна» доступності сірки (швидка S із сульфіту + повільніша з елементарної фракції після окиснення), що особливо важливо на фоні нерівномірних опадів; українські автори відзначають ефект стабільнішої густоти й кращої енергетики сходів у системах із сіркою [47].

Технологічна сумісність з КАС і РКД, можливість точного дозування в VRA-схемах, у тому числі по картах забезпечення S або гебрид-/FAO-специфічно (на практиці — 10–20% ATS від маси КАС при підживленні кукурудзи) [49].

Норми та способи внесення в умовах точного землеробства:

Стартові/передпосівні суміші. ATS рідше застосовують стартово під кукурудзу, однак у вологі роки норму 10–15 л/га у суміші з РКД використовують для забезпечення S у зоні рядка; обов'язкове віддалення від насіння 5–7 см (ризик локальної солоності) [46].

Підживлення у вегетації. Найчастіше КАС+ATS у співвідношенні 90/10 до 80/20 по фазах V6–V10; у посуху доцільне інжекторне внесення міжряддями. На легких ґрунтах або при загрозі опіків листка виключати поверхневе обприскування UAN+ATS без заробки [46,49].

Безпека та матеріали. ATS сумісний з більшістю NPK-розчинів, але несумісний із кислими фосфатами (каскадне випадіння); зберігання у поліетиленових/нержавіючих ємностях; холодостійкість розчину обмежена, тож у холодний період підігрів/рециркуляція [46].

Обмеження та застереження. Ефект інгібування уреазі ATS тимчасовий (порядку 2–3 тижнів) і виразніший у вологих умовах; за посухи вирішальним стає спосіб внесення (інжекція у вологий шар). Для кукурудзи з високим FAO і потенціалом 10+ т/га доцільні комбінації: частина N у ґрунтовому внесенні + вегетаційне КАС+ATS (10–20%) у пікове «вікно» споживання N [46,49]. Українські експерименти із сіркою (у т.ч. рідкими формами) показують прирости врожайності та якості, але величина ефекту змінюється із забезпеченням ґрунту S та погодою сезону [47,50,51].

1.4. Способи внесення мікроелементів у точному землеробстві

Основні способи внесення:

Грунтове (основне та локально-стрічкове). На полях кукурудзи мікроелементи вносять під основний обробіток або локально поруч з рядком, що доцільно для малорухомих форм Zn і Cu та для зон із систематичним дефіцитом у ґрунті. На карбонатних і лужних ґрунтах рекомендують підвищені дози $ZnSO_4$ або хелатів Zn із локалізацією 5–7 см від насіння, аби мінімізувати фіксацію фосфатами кальцію [52]. У прецизійних схемах застосовують карти-завдання (VRA) по результатах агрохімічного обстеження та карт врожайності, диференціюючи норми мікроелементів по зонах поля [53].

Передпосівне оброблення насіння. Нанесення мікродобрив на насіння забезпечує стартову доступність Zn, Mn, B у фазі V1–V3, коли коренева система ще мала й ризик ґрунтової недоступності високий [54]. Українські дослідження демонструють покращення енергії проростання, швидкості появи сходів та вирівнювання густоти при використанні протруйників із мікроелементами на фоні збалансованого основного удобрення [55]. За схем точного висіву це доповнюють локальним рядковим унесенням мікроелементів у невеликих дозах (pop-up) для найуразливіших зон поля [53].

3) Листкове (позакореневе) підживлення. Це найоперативніший шлях корекції, що забезпечує швидке надходження іонів через кутикулу та продихи без залежності від вологи ґрунту [56]. За українськими даними листкові підживлення у фазах 3–6 та 7–10 листків підвищують показники фотосинтетичної активності й масу 1000 зерен; ефект особливо виражений для Zn і B на тлі посухи [57]. Експерименти на посівах кукурудзи показали зростання врожайності при застосуванні водорозчинних комплексів (типу «Нутрімекс», «Вуксал») у поєднанні з базовим удобренням, що підтверджує доцільність комбінованих схем [54][55].

Фертигація та ін'єкційні способи. На зрошенні мікроелементи (здебільшого хелатні) уводять із поливною водою малими дозами серіями,

синхронізуючи з фазами поглинання, що покращує рівномірність розподілу в прикореневій зоні й зменшує втрати [56]. У неполивних системах мікроелементи інжектують у вологий шар міжряддями, що підвищує доступність на легких ґрунтах і за дефіциту опадів [53].

Тож, за умов високих температу і гострої посухи є доцільним вивчення альтернативних способів внесення добрив із використанням технологій точного агро виробництва.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика господарства

ТОВ "АГРІЛАБ" розташоване в центрі лівобережної частини Київської області на південний схід від м.Київ.

Територія землекористування ТОВ "АГРІЛАБ" знаходиться у Бориспільському районі Київської області. Земельні угіддя розташовані на території села Велика Олександрівка.

Основним видом діяльності є проведення комплексного агрохімічного аналізу полів, надання рекомендацій щодо системи удобрення культур, створення технологічних карт для роботи техніки, а також займаються переобладнанням техніки для впровадження систем точного землеробства

А також компанія ТОВ "АГРІЛАБ" закладає демо-ділянки , які пов'язані із внесення різних норм добрив, густоти посіву культур, порівняння різних гібридів.

Структура посівних площ у 2025 році включає в себе:

Площа: 2,54 га
 Фоновий гібрид: LG 31305
 Дата посіву: 14.05.2025
 Норма висіву: 62 тис.

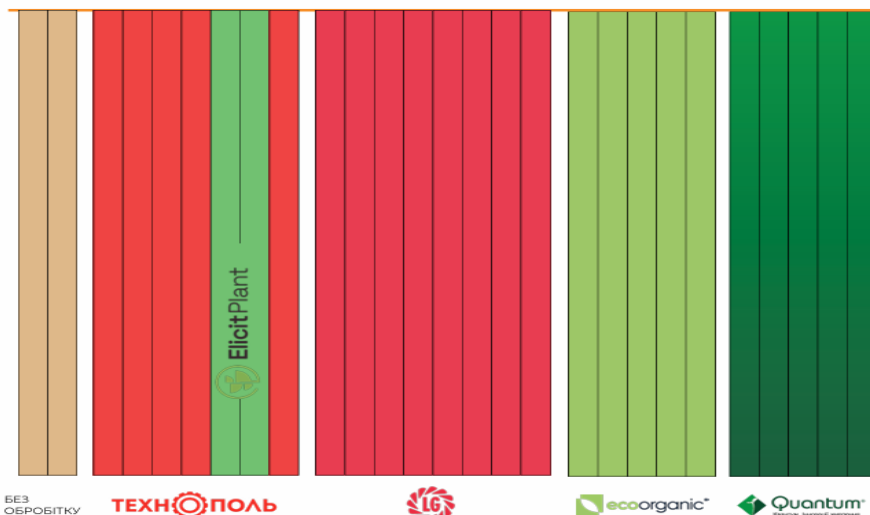


Обробіток ґрунту:

- Без обробітку (прямий посів)
- Штригельна борона **ТЕХНОПОЛЬ**

Поле 5

БЛОКИ ДОСЛІДІВ



Площа: 5,15 га
 Фоновий гібрид: LG 31305
 Дата посіву: 13.05.2025
 Норма висіву: 62 тис.

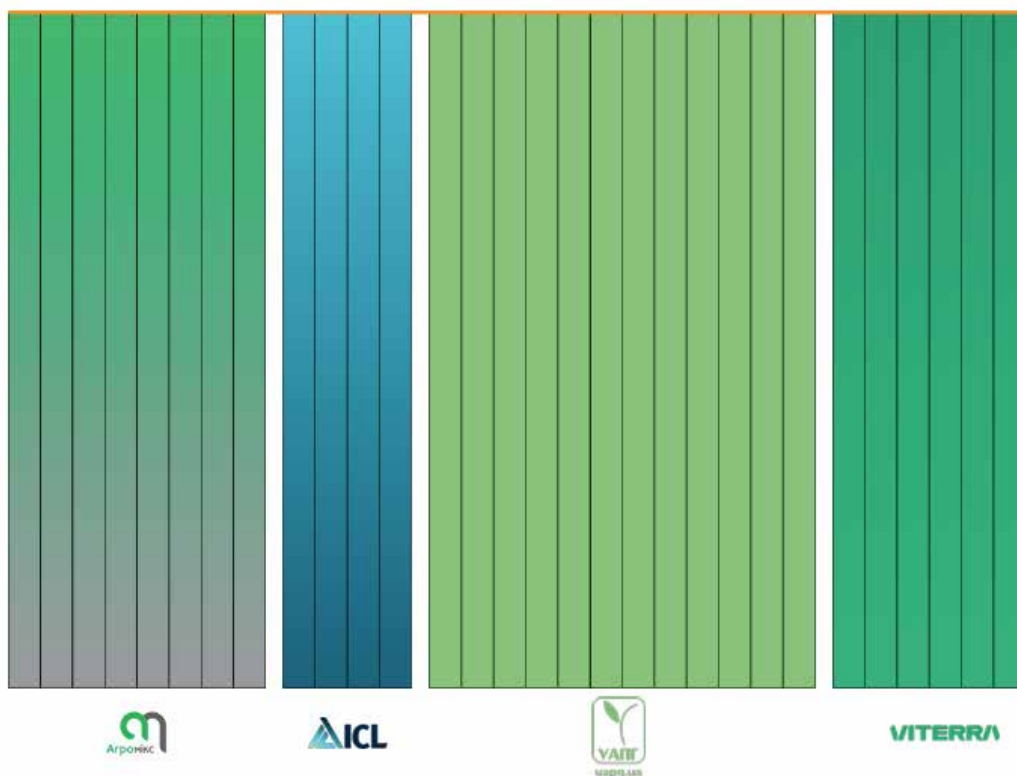


Обробіток ґрунту (Strip-till):

- STRIP-MASTER
- MULCHER
- DURACUT

Поле 6

БЛОКИ ДОСЛІДІВ



2.2. Ґрунтові умови господарства

Темно-сірі ґрунти сформувалися на лесоподібних відкладах суглинкового гранулометричного складу, які часто мають слабке оглеєння. Вони поширені в межах вододільних плакорів, плато та їхніх схилів, а також на плоских або слабохвилястих рівнинах середнього рівня, де ґрунтові води залягають порівняно неглибоко, але умови дренажу залишаються добрими. У гіпсометричному відношенні темно-сірі опідзолені ґрунти займають дещо нижчі позиції рельєфу, ніж сірі лісові, що зумовлює певні відмінності у зволоженні та процесах ґрунтоутворення.



Рис. 2.1. Карта ґрунтів Київської області

Профіль темно-сірих опідзолених ґрунтів характеризується більшою потужністю гумусового горизонту та насиченішим, темнішим забарвленням порівняно з сірими лісовими ґрунтами. Диференціація за елювіально-ілювіальним типом виражена слабше, у структурі профілю спостерігається менше білуватих нальотів кремнезему (SiO_2), що свідчить про незначний розвиток процесів опідзолення.

Опис розрізу сірого опідзоленого ґрунту (рис. 2.1):

0–23 см — гумусовий горизонт. Сильно елювіований, бурувато-сірого забарвлення, вологий, пилувато-середньосуглинковий за механічним складом. Має слабку грудкувату структуру, дещо ущільнений, поверхня частково вкрита тонким шаром кремнезему (SiO_2). Перехід до нижнього горизонту різкий.

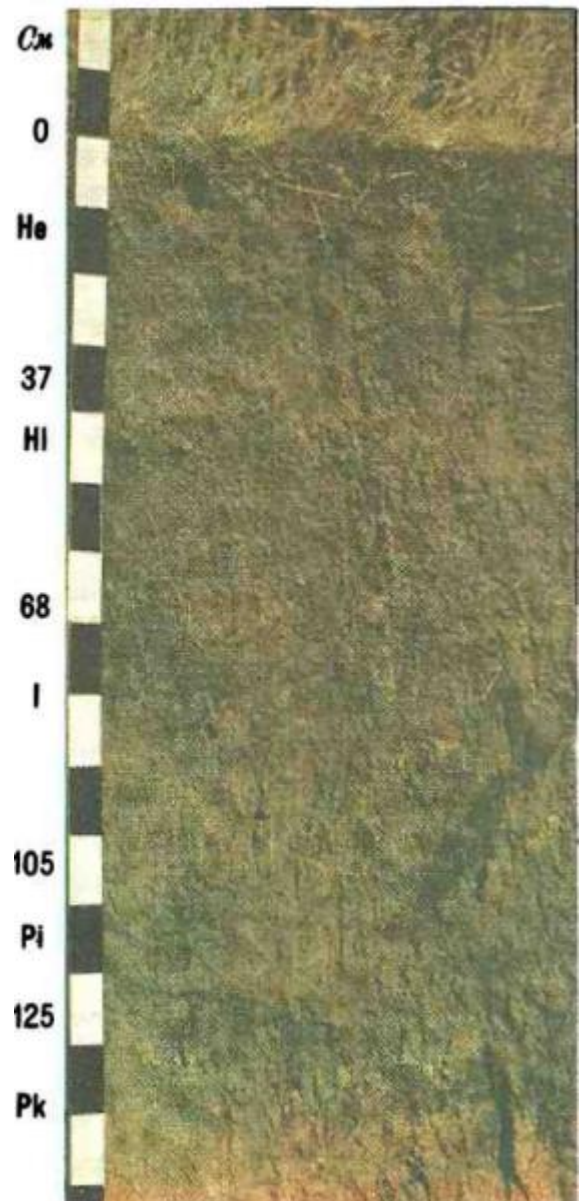
24–43 см — ілювіальний горизонт (I_h). Верхня частина містить незначну кількість гумусу, колір сіро-бурий. Вологий, важкосуглинковий, щільний, добре перероблений дощовими черв'яками. Грані структурних агрегатів покриті нальотом SiO_2 . Перехід до нижнього горизонту поступовий.

44–89 см — ілювіальний горизонт (I_2). Безгумусний, темно-бурого кольору, важкосуглинковий, грудкувато-

призматичний, дуже щільний. Поверхня агрегатів має червоно-буре колоїдне покриття та присипку з кремнезему. Перехід поступовий.

120–140 см — слабоілювіальний лес (P_i). Жовтувато-бурий, вологий, важкосуглинковий, крупногрудкуватої структури. На гранях агрегатів спостерігаються поодинокі колоїдні нальоти. Перехід різкий.

141–260 см — карбонатний лес (P_k). Бурувато-палевого кольору, легкосуглинковий. Містить карбонати, представлені псевдоміцелієм, що свідчить про процеси вторинного карбонатутворення.



2.3. Погодно-кліматичні умови господарства

Клімат Бориспільського району характеризується помірно континентальними умовами, з відносно м'якою зимою та спекотним літом, і відноситься до зони північного Лісостепу. Ці особливості зумовлені географічною широтою, а також впливом Атлантичного океану і Азійської частини Євразії.

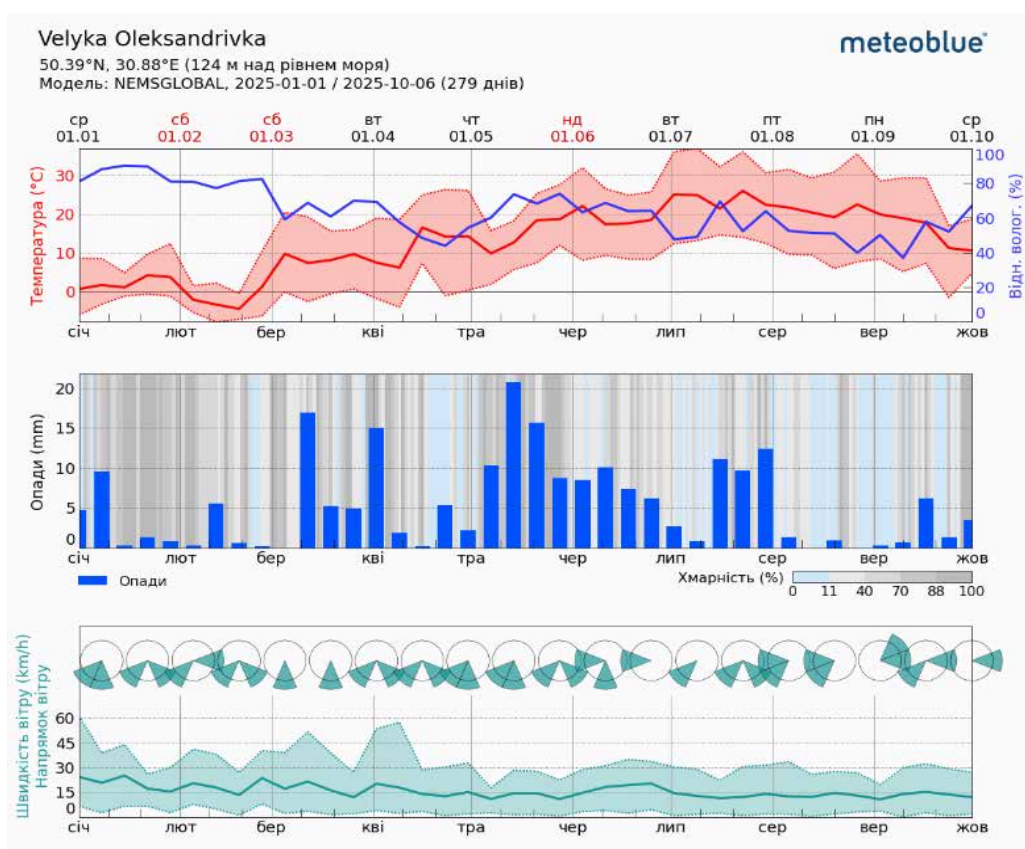


Рис. 2.2. Показники погодних умов у Великій Олександрівці за 2025 рік.

https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/weatherarchive/velyka-oleksandrivka_ukraine_8524618?fcstlength=1y&year=2025&month=10 [58]

Середньорічна температура повітря у Великій Олександрівці становить близько +9,2 °C. Найвищі середні температури спостерігаються в липні, коли повітря прогрівається до +26,5 °C. У теплий період року характерна знижена

відносна вологість, іноді спричиняє атмосферну посуху й створює несприятливі умови для розвитку рослинності.

Найхолоднішим місяцем є лютий — середня температура становить близько -5 °С. У деякі роки трапляються суворі зими, які можуть негативно впливати на озимі культури. Особливо небезпечними є морози при малосніжній зимі, коли відсутність достатнього снігового покриву призводить до вимерзання посівів. У Київській області середня глибина промерзання ґрунту сягає 85 см, а максимальна до 150 см. Середня висота снігового покриву становить 28 см, при цьому максимальна може досягати 75 см, а тривалість його лежання близько 102 днів.

Найменша кількість опадів випадає взимку. У холодний сезон переважають сухі східні та південно-східні вітри, які часто змінюють напрямом. Іноді до регіону надходять теплі морські повітряні маси, що викликають відлиги. Перехід середньої добової температури через нуль у позитивну сторону зазвичай відбувається в межах ± 10 днів від середнього терміну.

До кінця квітня температура ґрунту перевищує $+10$ °С, і на цей час надходить близько 20 % річної кількості сонячного тепла. На початку середині червня, коли повітря прогрівається понад $+20$ °С, ґрунт уже засвоює близько 40 % річного теплового балансу. До початку вересня, коли температура знову опускається нижче $+20$ °С, поверхня землі отримує понад 80 % річної суми сонячного тепла.

За багаторічними спостереженнями, середньорічна кількість опадів у Київській області становить близько 600-650 мм. Основними їх постачальниками є вологі північно-західні та західні вітри, особливо в теплий сезон. Найбільше опадів випадає у червні (до 135 мм). Сильні зливи на схилах часто спричиняють змивання верхнього шару ґрунту та водну ерозію.

Близько двох третин зимових опадів припадає на тверді форми (сніг, крупинки), приблизно чверть на змішані. Улітку переважав дощ у червні, і навіть у найсухіші місяці випадає не менше 4–6 мм опадів, тоді як восени цей показник зменшується до 1 мм.

Загалом, погодні умови території сприятливі для вирощування більшості сільськогосподарських культур.

2.4. Технологія вирощування кукурудзи у господарстві

Після збору соняшника, обробіток ґрунту розпочався із мульчування пожнивних решток та поверхневого обробітку ґрунту, яка проводилася 27 березня 2025 року. Пізніше, 05.04.2025 року проводилося внесення КАСу на мінералізацію пожнивних решток.

13.05.2025 року проводилось нарізання стрічки strip-till. У той же день, проводився посів кукурудзи гібриду LG 31305 з нормою висіву 62 000 насінин/га. Під час посіву здійснювалося локальне внесення рідких добрив безпосередньо в зону розміщення насіння. Добрива подавалися спеціалізованою системою дозування, встановленою на посівному комплексі BEDNAR FERTI-CART FC 3500, що забезпечує рівномірне розподілення і точне дозування. У різних варіантах дослідів застосовувалися комбінації КАС, АТС (аміачна сірка), NPK-добрива та мікроелементи, у нормах від 100 до 150 л/га для КАС і 25 л/га для NPK-сумішей.

Таке поєднання забезпечує рослинам доступні форми азоту, фосфору, калію та сірки, що особливо важливо на початкових етапах росту.



Рис. 2.3. Посів з одночасним внесенням добрив.

Таблиця 2.1

Перелік агрооперацій під кукурудзу.

Агрооперація	Дата	Назва препарату/добрива, характеристика, найменування	Норма внесення, характеристика	Агрегат
Мульчування поживних решток	27.03.2025	-	-	MULCHER 6м
Поверхневий обробіток ґрунту	27.03.2025	-	-	DURACUT
Внесення КАС на мінералізацію поживних решток	05.04.2025	КАС-32	100 л/га	Оприскувач навісний ОП - 400
Нарізання Стрічки з одночасним внесенням добрив	13.05.2025	Agromaster 43, NPK гранульовані	110, 150, 100 кг/га	Strip-Master
Посів з одночасним внесенням добрив	13-14.05.2025	КАС	100 л/га	JOHN DEERE+Precision Planting
Посів з одночасним внесенням добрив	13-14.05.2025	RKD	25, 30 л/га	JOHN DEERE+Precision Planting
Посів з одночасним внесенням добрив	13-14.05.2025	NPK гранульовані	100 кг/га	JOHN DEERE+Precision Planting
Внесення ЗЗР	18.05.2025	Гліфомакс	3,0 л/га	Оприскувач навісний ОП - 400
Внесення ЗЗР	09.06.2025	Альфа Дикамба	0,6 л/га	Оприскувач навісний ОП - 400
Внесення ЗЗР	09.06.2025	Мілано	1,25 л/га	Оприскувач навісний ОП - 400
Внесення ЗЗР	15.06.2025	Лаудіс (вибірково)	0,5 кг/га	Оприскувач навісний ОП - 400
Підживлення	45835	Best-a	1,0 л/га	Оприскувач навісний ОП - 400
Підживлення КАС		КАС-32	100 л/га	Y-Drop

Система захисту рослин складається із внесення системного гербіциду Гліфомакс 18.05.2025 з нормой внесення 3л/га та післясходові гербіциди Альфа Дикамба (Дикамба 480г/л) в поєднанні з Мілано (нікосульфурон, 40 г/л). Дата проведення обробки 9 червня 2025 року. Норми витрати препаратів 0.6 л/га. і 1.25 л/га відповідно.

2.5. Аналіз ґрунту

Перед проведенням дослідження господарство провело комплексний аналіз ґрунту за допомогою автоматичного пробовідбірника ґрунту AgriSoilSampler власного виробництва. І після проведення аналізу в лабораторії були отримані результати (рис.2.4.).

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ҐРУНТУ ВІД 08.04.2025								
Показник	Одиниці виміру	Метод виміру	Результат	Рівень забезпечення				
				Дуже низький	Низький	Середній	Високий	Дуже високий
рН ґрунту	од. рН	рН (1:1)	6.0	слабо кисл				
рН буферний	од. рН	ВрН	6.6					
Орг. речовина	%	LOI-%	2.4					
Нітрати (NO ₃)	мг/кг	FIA	3.5					
Фосфор (P)	мг/кг	Mehlich-3	139					
Калій (K)	мг/кг	Ac	108					
Кальцій (Ca)	мг/кг	Ac	1187					
Магній (Mg)	мг/кг	Ac	139					
Натрій (Na)	мг/кг	Ac	20					
Сірка (S)	мг/кг	Ca-P	12					
Цинк (Zn)	мг/кг	DTPA	0.90					
Залізо (Fe)	мг/кг	DTPA	73.8					
Марганець (Mn)	мг/кг	DTPA	10.8					
Мідь (Cu)	мг/кг	DTPA	0.83					
Бор (B)	мг/кг	H ₂ O	0.46					
Розчинні солі	ммоль/см ³	Cond (1:1)	0.10					
Сума катіонів	мг-екв/100 г	-	11.5	Частка насичених основ, %				
Насиченість основами				20	40	60	80	100
Водень, (H)	%	-	34					
Калій, (K)	%	-	2					
Кальцій, (Ca)	%	-	52					
Магній, (Mg)	%	-	10					
Натрій, (Na)	%	-	1					

Рис. 2.4. Результати аналізу ґрунту.

Можемо спостерігати, що вміст нітратів знаходиться на низькому рівні забезпечення. Є дефіцит K, Mg, Na. На низькому рівні знаходиться Водень. Дуже виский всіт фосфору, марганцю, міді і бору.

2.6. Методика проведення досліджень

Дослід проводиться на полі №6 від компанії УАПГ.

Схема досліду (таблиця 2.2.) складається із семи варіантів.

Таблиця 2.2.

Схема дослід, внесення локально при посіві.

№	Варіант дослід
1	Контроль
2	КАС-32 - 150 л/га
3	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га + Мixture-RKD NPK 6:24:6 + Ме (25л/га)
4	КАС-32 - 150 л/га + Мixture-RKD NPK 6:24:6 + Ме (25л/га)
5	КАС-32 (80%) + АТС (20%) = 150 л/га + Мixture-RKD NPK 6:24:6 + Ме (25л/га)
6	КАС-32 (80%) + АТС (20%) + NPK 5:20:5 + Ме (25л/га)
7	КАС-32 - 150 л/га + NPK 5:20:5 (25л/га)

Впродовж вегетації вже було здійснено відбори рослин, а також визначено їх біометричні показники. Зразки було відібрано під час наступних фаз ВВСН: 45-46; 85-86.

Визначення вологості ґрунту, відбувалося за допомогою циліндричного ґрунтового буру з подальшим висушуванням зразків.

Облік врожаю проводився завдяки визначенню рівня біологічної врожайності на кожній ділянці, відносно фактичної густоти стояння.

Визначення показників якості зерна проводилося методом інфрачервоної спектроскопії на приладі Infratec 1241.

Розрахунок економічної складової проводився за цінами 2025 року.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Дані дистанційного моніторингу з використання вегетаційного індексу NDVI на кукурудзі

Індекс рослинного покриття (NDVI) - це показник, який характеризує щільність рослинного покриття і дозволяє фермерам оцінити схожість, ріст, наявність бур'янів і хвороб, а також оцінити продуктивність поля.

Цей індекс базується на супутникових знімках зеленої маси, які поглинають електромагнітне випромінювання у видимій червоній області та відбивають електромагнітне випромінювання в ближній інфрачервоній області. Червона область спектру (0,62-0,75 мкм) забезпечує максимальне поглинання сонячного випромінювання хлорофілом, тоді як ближня інфрачервона область (0,75-1,3 мкм) забезпечує максимальне відбиття енергії клітинною структурою листка. Іншими словами, вища фотосинтетична активність призводить до нижчого коефіцієнту відбиття в червоній області спектру і вищого коефіцієнту відбиття в ближній інфрачервоній області. Співвідношення цих показників дозволяє чітко відрізнити рослинність від інших природних об'єктів. В результаті можна провести повний спектральний аналіз, щоб визначити, де потрібен пересів, засоби захисту рослин та добрива. Цей показник є помірно чутливим до змін ґрунтового та атмосферного фону, за винятком випадків бідного рослинного покриття, коли високі значення індексу листової поверхні (LAI) можуть призвести до перенасичення в умовах густої рослинності.

Діапазон можливих значень індексу: від - 1 до 1.

Індекс NDVI набув широкого використання в агрономії і в сільському господарстві, який допомагає слідкувати за ростом і розвитком рослин дистанційно.

Мною було проведено спостереження за розвитком рослин кукурудзи протягом вегетації. Моніторинг вегетаційного індексу NDVI дозволив простежити за динамікою росту і розвитку кукурудзи протягом вегетаційного періоду.

Проаналізувавши рисунок 3.1. , який був сформований 17.06.2025. індекс коливався в діапазоні 0,7-0,85 (густа рослинність).

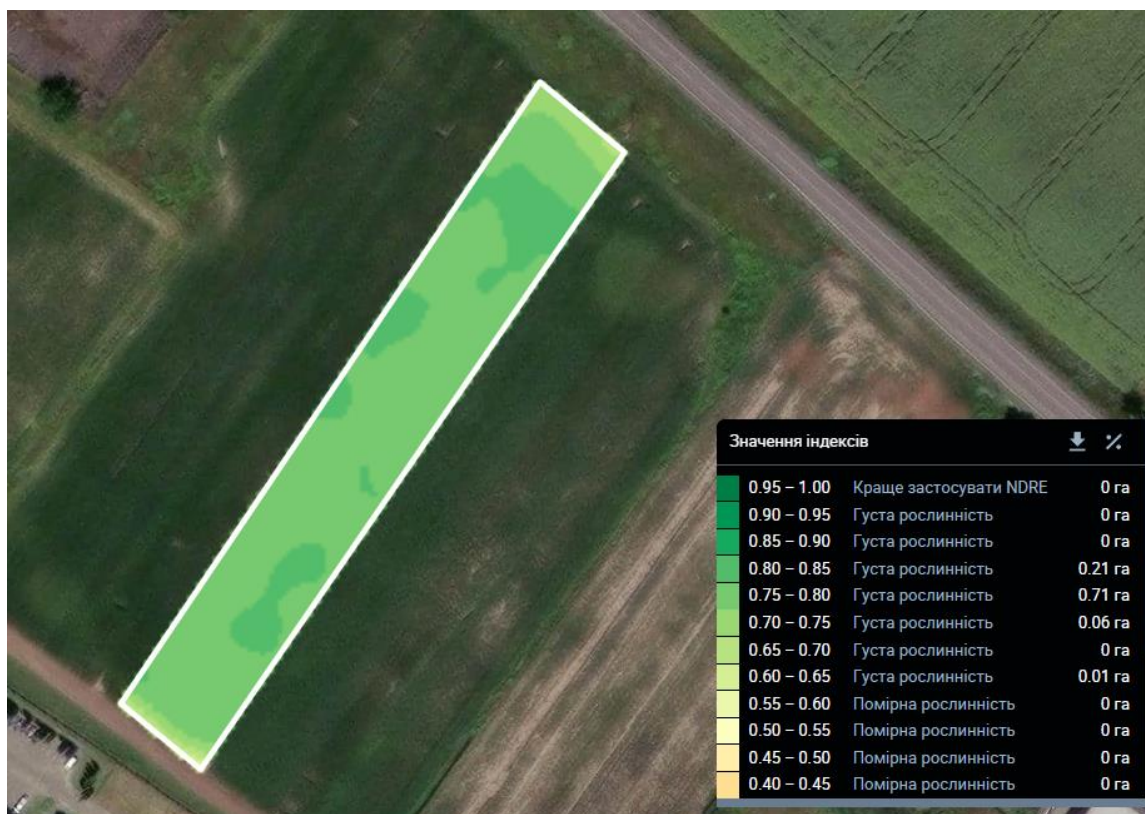


Рис. 3.1. *Вегетаційний індекс NDVI кукурудзи на стадії BBCH 19-20*

21.07.2025 року (рис. 3.2) показники не змінилися.

Станом на 20.08.2025 року, який показано на рисунку 3.3 індекс знизився до 0.65-0.8

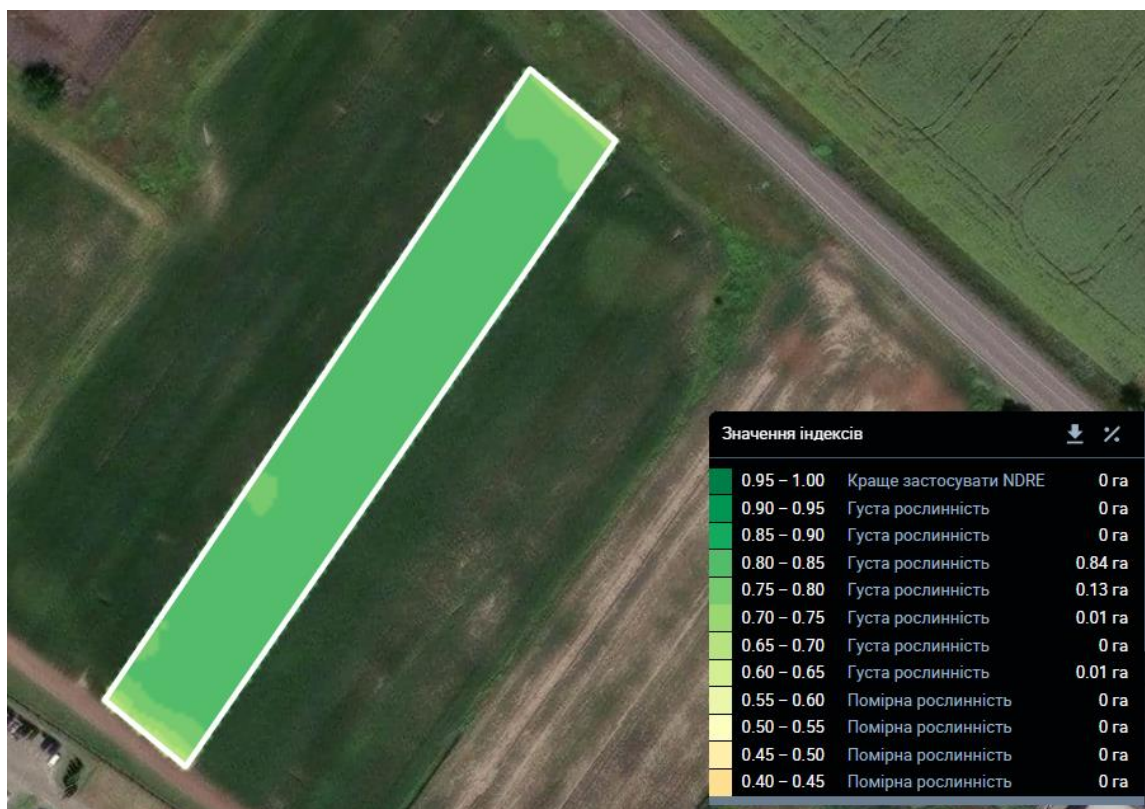


Рис. 3.2. *Вегетаційний індекс NDVI кукурудзи на стадії BBCH 45-46*

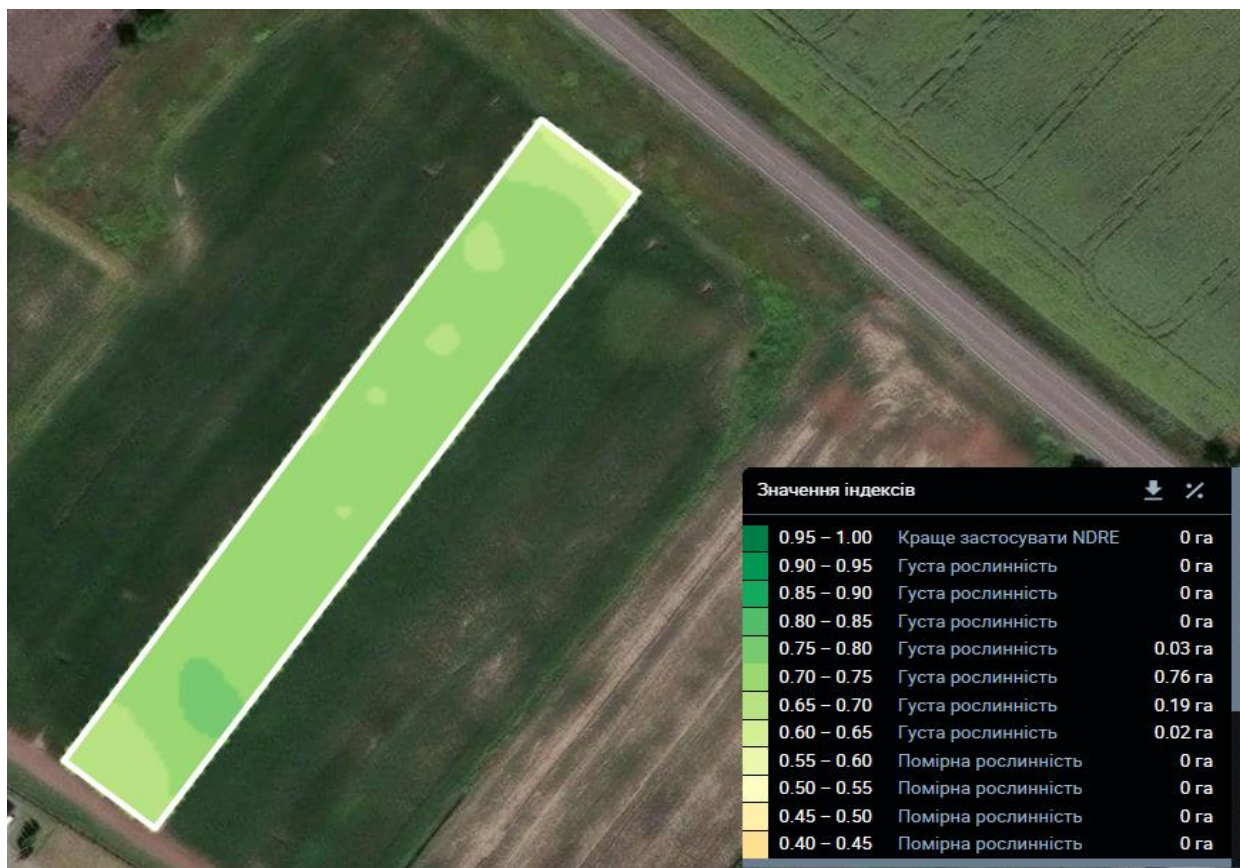


Рис. 3.3. *Вегетаційний індекс NDVI кукурудзи на стадії BBCH 85-86*

3.2. Вологість темно-сірого опідзоленого ґрунту

Дефіцит вологи змушує нас змінювати підходи до застосування добрив. На сьогоднішній день помітна проблема із зменшенням зволоження. Ефективність застосування на 95% від забезпечення ґрунту вологою. За відсутності цієї вологи, поживні речовини із добрива не мають можливості надійти через кореневу систему до рослин.

В таблиці 3.1 представлено, як змінюється вологість ґрунту в залежності від шару ґрунту. Було відібрано 10 проб на глибину 0-100 см на полі де був проведений обробіток ґрунту причіпним котком-подрібнювачем DURACUT. Дата відбору 16.07.2025р.

Таблиця 3.1

Вологість темно-сірого опідзоленого ґрунту, %

Повторність	Шар ґрунту, см	Маса порожнього бюкса, г	Маса ґрунту, г	Маса висушеного ґрунту, г	Вологість %	Середня вологість %
1	0-10	22,10	79,7	76,9	4,9	5,2
2	10-20	22,2	74,1	70,7	6,6	6,6
3	20-30	22,2	85,6	81,8	6,0	6,1
4	30-40	22,2	73,2	69,5	7,3	7,1
5	40-50	22,1	76,8	73,2	6,6	8,2
6	50-60	22,3	72,2	69,2	6,0	8,3
7	60-70	22,2	75,8	72,1	6,9	9,0
8	70-80	22,3	80,0	76,0	6,9	9,0
9	80-90	22,1	79,7	75,4	7,5	9,8
10	90-100	22,5	70,3	66,6	7,7	9,8

За отриманими даними, вологість темно-сірого лісового ґрунту змінюється в межах 4,9–9,8 %, з тенденцією до поступового зростання з глибиною профілю.

У верхньому горизонті (0–10 см) вологість становить 4,9 %, що свідчить про аерацію ґрунту. У прошарках 20–60 см показники вологості зростають до

6,0–8,3 %, що характерно для зони активного нагромадження вологи та часткового ущільнення ґрунтової маси. Найвищі значення вологості (9,0–9,8 %) спостерігаються у глибших шарах (70–100 см), де вода утримується довше внаслідок зменшення пористості та більш щільної структури ґрунту.

Таким чином, профіль темно-сірого лісового ґрунту має чітку вертикальну диференціацію за вологістю: від помірно сухого верхнього шару до більш вологого нижнього горизонту. Це свідчить про нормальний водний режим, добру водопроникність і водночас достатній запас вологи глибших горизонтів, що є сприятливим для росту культур із глибокою кореневою системою, зокрема кукурудзи.

3.3. Кислотність та NPK в ґрунті

Таблиця 3.2.

Результати визначення рН ґрунтового розчину, азот, фосфор та калій в ґрунті

Варіант	рН
Контроль	5,117
КАС-32 - 150 л/га	4,843
КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	5,050
КАС-32 - 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	5,575
КАС-32 (80%) + ATS (20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	5,112
КАС-32 (80%) + ATS (20%) + NPK 5:20:5 + Me (25л/га)	4,847
КАС-32 - 150 л/га + NPK 5:20:5 (25л/га)	5,029

КАС-32 (150 л/га) значно знижує рН, роблячи середовище більш кислим. Додавання стартового рідкого добрива NPK, особливо формули 6:24:6 + Me, підвищує рН, що вказує на нейтралізуючу дію цього добрива. АТС (амоній тіосульфат) при додаванні до КАС-32 помірно впливає на рН — зміни залежать від концентрації та складу добрив. Йде підкислення. NPK формули 5:20:5 не так ефективно підвищує рН, як формула 6:24:6.

Ми провели визначення нітратів у ґрунті, дані представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Вміст нітратів у темно-сірому опідзоленому ґрунті у фазу росту і розвитку кукурудзи 6-8 листків.

Варіант	Показник приладу	Вміст NO ₃ ⁻ , мг/кг
Контроль	2,049	310
КАС-32 - 150 л/га	2,195	221
КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	2,236	201
КАС-32 - 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	2,122	262
КАС-32 (80%) + АТС (20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	2,309	170
КАС-32 (80%) + АТС (20%) + NPK 5:20:5 + Me (25л/га)	2,174	232
КАС-32 - 150 л/га + NPK 5:20:5 (25л/га)	2,227	206

Контрольний варіант має найвищий вміст NO₃⁻ (310 мг/кг). За всесення карбамід-аміасчної суміші вміст нітратів був нижчим, що свідчить про використання його рослинами. За додавання тіосульфату амонію до КАС і стартового РКД вміст нітратів був ще нижчим, що свідчить про інтенсивне їх поглинання у результаті оптимізації жмвлення рослин. Найкраще засвоєння азоту спостерігається у варіанті: КАС-32 (80%) + АТС (20%) + NPK 6:24:6 + Me. Найвищий показник приладу (2,309) і найнижчий залишковий NO₃ (170

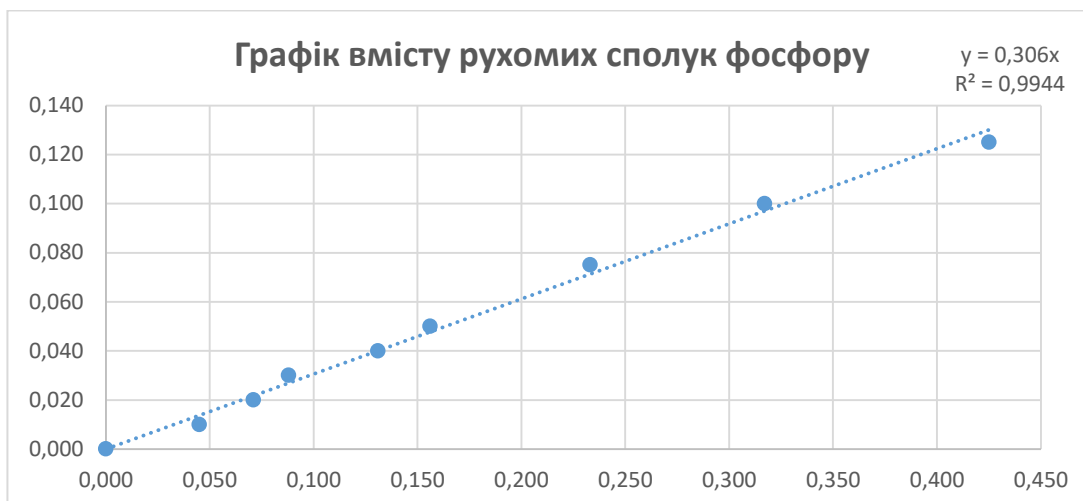
мг/кг). АТС (амоній тіосульфат) у складі (особливо 20%) позитивно впливає на засвоєння азоту, ймовірно, завдяки стабілізації нітратів або покращенню умов засвоєння. Формула NPK 6:24:6 в поєднанні з АТС показує кращі результати, ніж 5:20:5. Варіанти без АТС або з менш ефективною формулою NPK мають нижчі результати засвоєння азоту.

Вміст рухомих сполук фосфору у темно-сірому лісовому ґрунті представлені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

Вміст рухомих сполук фосфору у темно-сірому опідзоленому ґрунті ґрунті у фазу росту і розвитку кукурудзи 6-8 листків.

Варіант	Показник приладу	Вміст P ₂ O ₅ , мг/100 мл	Вміст P ₂ O ₅ , мг/кг
Контроль	0,189	0,058	29
КАС-32 - 150 л/га	0,170	0,052	26
КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га + Мixture-RKD NPK 6:24:6 + Ме (25л/га)	0,178	0,054	27
КАС-32 - 150 л/га + Мixture-RKD NPK 6:24:6 + Ме (25л/га)	0,139	0,043	21
КАС-32 (80%) + АТС (20%) = 150 л/га + Мixture-RKD NPK 6:24:6 + Ме (25л/га)	0,201	0,062	31
КАС-32 (80%) + АТС (20%) + NPK 5:20:5 + Ме (25л/га)	0,192	0,059	29
КАС-32 - 150 л/га + NPK 5:20:5 (25л/га)	0,227	0,069	35



Найефективніший варіант для підвищення доступного фосфору: КАС-32 + NPK 5:20:5 + Me (25 л/га) — максимальні показники приладу та P_2O_5 (35 мг/кг). Додавання ATS у концентрації 20% разом з NPK (особливо 6:24:6) покращує засвоєння фосфору порівняно з чистим КАС. КАС-32 (150 л/га) зменшує доступний фосфор, імовірно через взаємодію з ґрунтом або зниженням рН. Найгірший варіант — КАС-32 + NPK 6:24:6 без ATS - низькі показники приладу і P_2O_5 .

Вміст рухомих сполук калію у темно-сірому лісовому ґрунті представлені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5.

Вміст рухомих сполук калію у темно-сірому опідзоленому ґрунті у фазу росту і розвитку кукурудзи 6-8 листків.

Варіант	Показник приладу	Вміст K_2O , мг/кг
Контроль	45	281
КАС-32 - 150 л/га	43	268
КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	34	212
КАС-32 - 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	43	268
КАС-32 (80%) + ATS	37	231

(20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)		
КАС-32 (80%) + ATS (20%) + NPK 5:20:5 + Me (25л/га)	36	224
КАС-32 - 150 л/га + NPK 5:20:5 (25л/га)	30	187



Контрольний варіант (без добрив) показує найвищі значення за вмістом K_2O (281 мг/кг). Це свідчить про те, що внесення різних варіантів КАС оптимізувало жмвлення рослин, у налідок чого вони його споживали у більшій кількості. Варіант «КАС-32 – 150 л/га» має вміст K_2O 268 мг/кг, що лише незначно нижче контролю. Поєднання КАС із РКД 6-2-6 із мікроелментами не вплинуло суттєво на показник цього елменту у ґрунті. Додавання до КАС тіосульфату амонію у цій комбінації посилювало споживання рослинами калію, відповідно показники вмісту рухомих сполук калію у були 212 мг/кг і 231 мг/кг за використання композоції КАС + ATS 90+10 і 80+20.

3.4. Визначення вмісту азоту за вмістом хлорофілу у листі кукурудзи на зерно

Вимірювання азоту у листі кукурудзи на зерно виконувалось за допомогою N тестера (табл. 3.6). Дата вимірювання 23.07.2025р. Визначення вмісту азоту у рослинах за допомогою N-тестера базується на вимірюванні концентрації хлорофілу у листках, оскільки кількість хлорофілу безпосередньо корелює з азотним живленням. Хлорофіл є ключовим пігментом фотосинтезу, а азот — основним елементом, що входить до складу його молекули. Тому вміст хлорофілу є непрямим, але надійним індикатором забезпеченості рослин азотом.

Таблиця 3.6.

Вміст азоту за вмістом хлорофілу у листі кукурудзи

№	Варіант дослідю	Висота рослини, см.	Фаза росту і розвитку ВВСН / Показник N тестеру
			45-46
1	Контроль	207	616
2	КАС-32 - 150 л/га	232	643
3	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	235	728
4	КАС-32 - 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	230	693
5	КАС-32 (80%) + ATS (20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	232	721

6	КАС-32 (80%) + АТС (20%) + NPK 5:20:5 + Ме (25л/га)	237	747
7	КАС-32 - 150 л/га + NPK 5:20:5 (25л/га)	233	742

За результатами дослідження встановлено, що вміст хлорофілу у листках кукурудзи, визначений за допомогою N-тестера у фазі росту ВВСН 45–46, істотно залежав від складу та поєднання добрив.

Найнижчий показник N-тестера (616) зафіксовано у контрольному варіанті, що свідчить про відносно низький рівень азотного живлення та обмежену фотосинтетичну активність рослин. Застосування КАС-32 у дозі 150 л/га підвищило індекс до 643, що демонструє позитивну реакцію культури на забезпечення легкодоступним азотом.

Найвищі значення індексу N-тестера — 742–747 — отримано у варіантах, де КАС-32 поєднувався з тіосульфатом амонію (АТС) та комплексними добривами NPK 5:20:5 або Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Ме. Це свідчить про те, що сумісне внесення азотних і сірковмісних добрив разом із РКД та мікроелементами забезпечує більш повне засвоєння азоту та покращує синтез хлорофілу у листках.

3.5. Біометричні показники кукурудзи

Аналіз біометричних показників кукурудзи у фазі ВВСН 45–46 свідчить, що внесення різних комбінацій азотних і комплексних добрив позитивно вплинуло на ріст рослин і розвиток рослин.

Висота рослин у різних варіантах коливається (табл.3.7) від 207 см до 237 см, а довжина кореневої системи – від 30 см до 35 см, що вказує на вплив специфічних підживлювальних комбінацій на загальний розвиток рослин.

У контрольному варіанті висота рослин становила 207 см, а довжина кореневої системи — 30 см, що є найнижчими показниками серед усіх варіантів. Це свідчить про недостатнє забезпечення азотом, який є ключовим елементом росту надземної маси.

Застосування КАС-32 у дозі 150 л/га сприяло підвищенню висоти рослин до 232 см і збільшенню довжини коренів до 33 см, що відображає поліпшення азотного живлення і, відповідно, активізацію ростових процесів.

Найвищі показники отримано у варіантах з комбінованим внесенням КАС-32 (80%) + АТС (20%) + НРК 5:20:5 + Ме (25 л/га) — висота рослин досягла 237 см, а довжина кореневої системи — 35 см. Це свідчить про те, що поєднання азотних і сірковмісних добрив із мікроелементами сприяє кращому розвитку як надземної, так і підземної частини рослини.

Таблиця 3.7.

Біометричні показники кукурудзи

№	Варіант досліджу	Показник	Фаза росту і розвитку
			ВВСН 45-46
1	Контроль	Висота, см	207
		Довжина кориневої системи, см	30
2	КАС-32 - 150 л/га	Висота, см	232
		Довжина кориневої системи, см	33
3	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га + Мixture-RKD НРК 6:24:6 + Ме (25л/га)	Висота, см	235
		Довжина кориневої системи, см	32
4	КАС-32 - 150 л/га + Мixture-RKD НРК 6:24:6 + Ме (25л/га)	Висота, см	230
		Довжина кориневої системи, см	34
5	КАС-32 (80%) + АТС (20%) = 150 л/га + Мixture-RKD НРК 6:24:6 + Ме (25л/га)	Висота, см	232
		Довжина кориневої системи, см	34
6	КАС-32 (80%) + АТС (20%) + НРК 5:20:5 + Ме (25л/га)	Висота, см	237
		Довжина кориневої системи, см	35
7	КАС-32 - 150 л/га + НРК 5:20:5	Висота, см	233

(25л/га)	Довжина кориневої системи, см	32
----------	-------------------------------	----

У варіантах з додаванням Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me також відзначено суттєве підвищення біометричних показників (висота — 230–235 см, довжина коренів — 32–34 см). Це вказує на ефективність поєднання КАС і фосфорно-калійних компонентів, які стимулюють розвиток кореневої системи та підвищують стійкість рослин до стресових умов.

Загалом, найвищі біометричні показники зафіксовані у варіантах, де застосовувалася комплексна система удобрення КАС + ATS + NPK + мікроелементи, що свідчить про оптимальне забезпечення азотом і мікроелементами у критичні фази росту кукурудзи.



Рис. 3.4 Відібрані зразки рослин

3.6. Ефективність локального підживлення кукурудзи на зерно

В таблиці 3.8. наведена структура врожаю та показники врожайності кукурудзи на зерно при використанні різних варіантів підживлення включають такі параметри, як довжина початка, кількість рядів зерен, кількість зерен у ряду, загальна кількість зерен на початок, маса 1000 зерен, врожайність у тоннах на гектар та приріст врожайності в процентному співвідношенні.

За результатами проведених досліджень видно, що локальне підживлення кукурудзи різними комбінаціями добрив суттєво впливає на формування урожайності.

Таблиця 3.8.

Структура врожаю та врожайність кукурудзи на насіння.

№	Варіант дослідю	Показник						
		Довжина початка, см	Кількість рядів зерен, шт	Кількість зерен в ряду, шт	Кількість зерна на початок, шт	Маса 1000 зерен, г	Біологічна урожайність, т/га	Приріст урожайності, %
1	Контроль	17	14	32	448	380	10,6	-
2	КАС-32 - 150 л/га	19	16,1	36,5	587,7	368	13,4	27,1
3	КАС-32 (90%) + АТS (10%) = 150 л/га + Міхture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	20,3	16,5	36,7	605,6	377	14,2	34,1
4	КАС-32 - 150 л/га + Міхture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	20,6	16,5	35,6	587,4	367	13,4	26,63
5	КАС-32 (80%) + АТS (20%) = 150 л/га + Міхture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	19,7	16,5	35,5	585,8	371	13,5	27,7
6	КАС-32 (80%) + АТS (20%) + NPK 5:20:5 + Me (25л/га)	19	16,9	36,6	618,5	370	14,2	34,4
7	КАС-32 - 150 л/га + NPK 5:20:5 (25л/га)	18,4	16,1	36,1	581,2	363	13,1	23,9



Рис. 3.5. Початки кукурудзи з усіх варіантів дослідження.

Контрольний варіант без додаткового живлення забезпечив урожайність 10,55 т/га, тоді як усі варіанти з внесенням КАС і комплексних добрив перевищили цей показник на 23–34 %. Найвищу урожайність отримано у варіантах №3 (14,16 т/га) та №6 (14,19 т/га), де поєднували КАС із додаванням АТS та комплексних NPK-добрив із мікроелементами. Це свідчить про позитивний вплив поєднання азотного і сірчаного живлення з фосфорно-калійними та мікроелементними добавками на формування зерна. Менш ефективними виявилися варіанти №4 і №5, де спостерігалось незначне зростання урожайності, що може бути пов'язано з недосконалим співвідношенням компонентів у фазу активного засвоєння елементів живлення.

Локальне внесення добрив виявилось високоефективним агроприйомом. Порівняно з контролем, приріст урожайності становив від +23,9 % до +34,4 %, що доводить доцільність застосування комбінованого живлення на основі КАС, АТS і NPK-добрив.

Найкращий результат показало поєднання КАС (80%) + АТС (20%) + НРК 5:20:5 + мікроелементи, що забезпечило урожайність 14,19 т/га.

Отже, локальне внесення добрив під час посіву за допомогою сучасних технологій точного внесення сприяє більш повному засвоєнню поживних речовин, підвищує стійкість рослин і забезпечує зростання продуктивності культури на 3,5–4 т/га у порівнянні з контролем.

3.7. Показники якості зерна кукурудзи

Кукурудза є одною із найбільш цінних сільськогосподарських культур.

Вона займає все більш стійку позицію на світовому ринку. Кукурудза є основною кормовою культурою, тому важливим є показник вмісту білка який містить амінокислоти - триптофан і лізин. Також цю культуру використовують і в продовольчих цілях. Із зерна на сьогодні виробляють майже 80% крохмалю.

За результатами дослідження після проведення якості зерна кукурудзи, можна зробити висновок, що найнижча вологість зерна спостерігається у варіантах з додаванням АТС до КАС-32 (табл.3.9). Найвищий вміст білку спостерігався у варіанті 3 і 4. При додаванні Mixture-RKD НРК, спостерігається підвищення вмісту жиру. Показники вмісту крохмалю, не мають великої розбіжності і коливаються в межах 68-70%. В цілому, поєднання КАС-32 з АТС і мікроелементами, позитивно вплинуло на якість зерна, особливо на вміст білка.

Використання КАС-32 (150 л/га) сприяло зниженню вологості зерна з 13.1% до 12.7%, підвищенню вмісту білка з 7.2% до 8.2% і жиру з 4.2% до 4.3%, хоча крохмаль зменшився з 70.3% до 69.8%. Додавання до КАС-32 сірковмісного добрива АТС (10%) знизило вологість до 11.7% (мінімальний показник) і підвищило вміст білка до 11.7%, але жир зменшився до 4.1%.

Таблиця 3.9.

Показники якості зерна кукурудзи в двох повторностях

№	Варіант досліджу	Показник			
		Вологість, %	Вміст жиру, %	Білок, %	Крохмаль, %
1	Контроль	34.8	4.7	8.2	68.9
2	КАС-32 - 150 л/га	27.5	4.2	8.6	69.7
3	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	30.4	4.5	8.9	69.3
4	КАС-32 - 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	26.0	4.3	9.1	69.5
5	КАС-32 (80%) + ATS (20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	25.9	4.4	9.1	69.8
6	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + NPK 5:20:5 + Me (25л/га)	25.0	4.2	8.8	69.5
7	КАС-32 - 150 л/га + NPK 5:20:5 (25л/га)	24.1	4.2	8.5	69.0

Комбінація КАС-32 + ATS зі стартовим добривом Mixture-RKD NPK 6:24:6 збільшила вміст жиру до 4.5% (максимум серед варіантів), але вміст білка становив 10.2%, а крохмалю знизила до 68.6% (мінімум).

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ НА ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

Основною метою будь-якого підприємства є отримання максимальної кількості продукції з одиниці площі за умов мінімальних матеріальних, трудових і технічних витрат. Економічна ефективність виробництва визначається шляхом співвідношення понесених витрат до досягнутого результату.

Під час оцінювання економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно із застосуванням ресурсозберігаючих технологій, зокрема локального внесення добрив під час сівби, здійснюються розрахунки, які дають змогу визначити рівень доцільності використання таких технологічних прийомів.

Завдяки економічним розрахункам можна встановити, наскільки ефективним є локальне внесення добрив, та чи компенсує отриманий приріст урожайності додаткові витрати на їх застосування, забезпечуючи при цьому підвищення прибутковості виробництва. Базовий контрольний варіант (без внесення добрив) забезпечив найнижчу врожайність — 10,6 т/га та найменшу вартість врожаю — 92 220 грн/га, при цьому рівень рентабельності становив лише 134,5 % (табл. 4.1). Це свідчить про обмежену продуктивність системи без застосування підживлення.

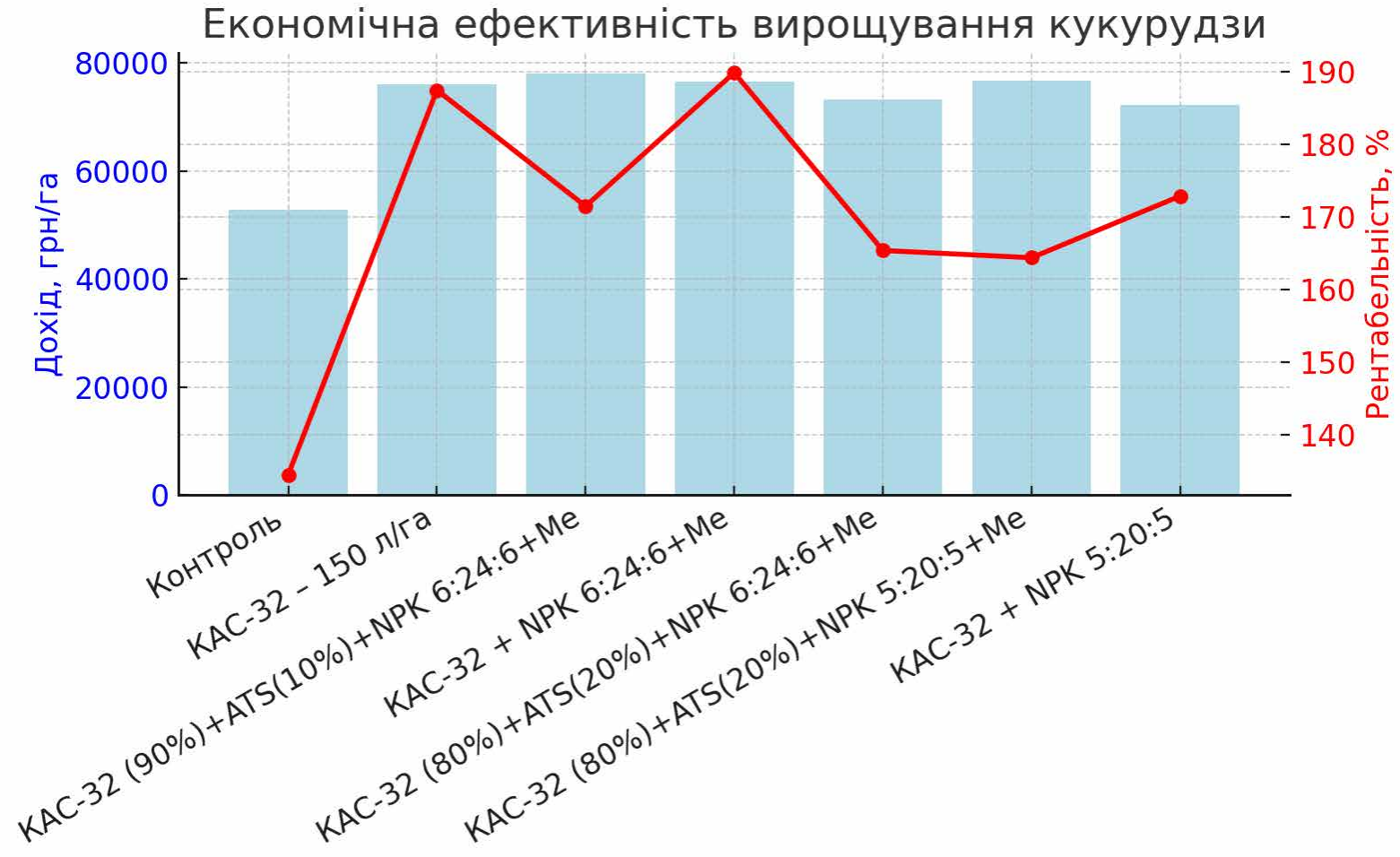
Найкращі економічні результати отримано при використанні КАС-32 (150 л/га) + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25 л/га) — цей варіант забезпечив найвищу рентабельність (189,9 %) і окупність (2,9 грн прибутку на 1 грн витрат), що свідчить про оптимальне співвідношення між затратами та економічною віддачею.

Варіанти з комбінуванням КАС-32 і АТС (20%) або 10% також показали високі результати, але дещо нижчі показники рентабельності (164–172 %) через вищі виробничі витрати.

Таблиця 4.1.

Економічна ефективність вирощування кукурудзи на насіння в різних зонах продуктивності поля

№	Варіант дослід	Урожайність, т/га	Вартість врожаю, грн	Загальні витрати, грн/га	Дохід, грн	Рентабельність, %	Окупність 1 грн заплат, грн
1	Контроль	10,6	92220	39325	52895	134,5	2,35
2	КАС-32 - 150 л/га	13,4	116580	40560	76020	187,5	2,87
3	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га + Мixture-RKD NPK 6:24:6 + Ме (25л/га)	14,2	123540	45500	78040	171,5	2,72
4	КАС-32 - 150 л/га + Мixture-RKD NPK 6:24:6 + Ме (25л/га)	13,4	116580	43030	76530	189,9	2,90
5	КАС-32 (80%) + АТС (20%) = 150 л/га + Мixture-RKD NPK 6:24:6 + Ме (25л/га)	13,5	117450	44265	73185	165,4	2,65
6	КАС-32 (80%) + АТС (20%) + NPK 5:20:5 + Ме (25л/га)	14,2	123540	46735	76805	164,4	2,64
7	КАС-32 - 150 л/га + NPK 5:20:5 (25л/га)	13,1	113970	41795	72275	172,9	2,73



Загалом, застосування КАС-32 у поєднанні з комплексними мікродобривами типу NPK 6:24:6 + Me або 5:20:5 + Me підвищує ефективність виробництва зерна кукурудзи, забезпечуючи стабільний приріст урожайності, підвищення прибутку та зменшення собівартості одиниці продукції.

Таким чином, найекономічно доцільнішим виявився варіант КАС-32 + NPK 6:24:6 + Me, який забезпечує найвищу ефективність використання ресурсів і максимальний прибуток.

Аналіз результатів показує, що локальне внесення добрив має значний вплив на економічну ефективність вирощування кукурудзи (табл. 4.2). Усі варіанти підживлення забезпечили суттєвий приріст урожайності порівняно з контролем, що безпосередньо вплинуло на збільшення прибутку та рентабельності виробництва.

Найвищий рівень прибутку від стартового внесення (23 635 грн/га) та рентабельності (2 424%) зафіксовано при використанні варіанту КАС-32 (150 л/га) + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25 л/га). Це свідчить про найбільш ефективне поєднання азотного живлення з комплексними добривами, що забезпечує оптимальне живлення рослин на ранніх етапах росту.

Дуже високі показники окупності (19,72 грн/грн) і прибутковості (1 872%) спостерігаються також при внесенні лише КАС-32 – 150 л/га, що робить цей варіант економічно доцільним у господарствах з обмеженим фінансуванням.

Варіанти з додаванням тіосульфату амонію (ATS) забезпечили значний приріст урожайності, проте через вищу вартість внесення показники рентабельності були нижчими (323–411%). Незважаючи на це, вони залишаються прибутковими, адже гарантують стабільне підвищення продуктивності навіть за складних агротехнічних умов.

Таблиця 4.2.

Прибуток від локального підживлення кукурудзи на зерно.

№	Варіант дослід	Приріст врожайності, т/га	Вартість приросту врожайності, грн	Частка вартості підживлення загальній технології, %	Прибуток від підживлення, грн/га	Рентабельність застосування, %
1	КАС-32 - 150 л/га	2,8	24 360	3,05	23 125	1 872
2	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га + Mixture- RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	3,6	31 320	13,57	25 145	407
3	КАС-32 - 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	2,8	24 610	2,42	23 635	2 424
4	КАС-32 (80%) + ATS (20%) = 150 л/га + Mixture- RKD NPK 6:24:6 + Me (25л/га)	2,9	25 230	11,16	20 290	411
5	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + NPK 5:20:5 + Me (25л/га)	3,6	31 320	15,86	23 910	323
6	КАС-32 - 150 л/га + NPK 5:20:5 (25л/га)	2,5	21 750	5,91	19 280	781

Отже, найекономічніше доцільними є технології із застосуванням КАС-32 у поєднанні з Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me, які дозволяють досягти найбільшого приросту урожайності при мінімальних додаткових затратах. Це підтверджує високу ефективність локального внесення добрив у системі точного землеробства.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження дозволило комплексно оцінити особливості живлення кукурудзи на зерно, ефективність різних систем удобрення та економічну доцільність локального підживлення у системі прецизійного землеробства. Отримані результати мають як наукове, так і практичне значення для сучасних аграрних підприємств, орієнтованих на ресурсозбереження та стабільне підвищення врожайності.

На основі проведених досліджень з вивчення ефективності локального підживлення кукурудзи за технологією strip-till можна зробити такі висновки:

1. Прецизійне землеробство забезпечує раціональне використання ресурсів і підвищує продуктивність кукурудзи за рахунок диференційованого підходу до удобрення.
2. За результатами агрохімічного аналізу ґрунту встановлено, що варіанти із поєднанням КАС-32 + ATS + Mixture-RKD NPK сприяли стабілізації кислотності ґрунту (рН 5,0–5,6), зниженню залишкових нітратів та підвищенню засвоєння фосфору й калію.
3. Найвищі показники урожайності (14,16–14,19 т/га) отримано у варіантах, де застосовувалася комбінація КАС (80–90%) + ATS (10–20%) + NPK + мікроелементи, що перевищило контроль на понад 34%.
4. Економічна ефективність вирощування кукурудзи показала, що використання комбінованих форм добрив забезпечує приріст урожайності на 2,8–3,6 т/га порівняно з контролем. Найбільш прибутковими виявилися варіанти з використанням КАС-32 (90%) + ATS (10%) + Mixture-RKD NPK 6:24:6 + Me, які дали найвищий прибуток та рівень рентабельності понад 400%.
5. Загальний результат показав, що поєднання КАС-32 з тіосульфатом амонію та мікродобривами є найбільш ефективним способом живлення кукурудзи за сучасних умов ведення точного землеробства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дребот О. І., Дишлик В. Р. (2023). Ефективне використання ресурсозберігаючих технологій у сільському господарстві. Вісник аграрної науки, 7(115), 34–42.
2. Ляшинський А. М. (2023). Прецизійне землеробство: економічні та екологічні ефекти впровадження. НУБіП України.
3. Коваль О. П. (2024). Системи живлення кукурудзи за умов прецизійного агровиробництва. Агроекологічний журнал, 3, 45–53.
4. Петренко В. І. (2022). Інноваційні технології вирощування кукурудзи в Україні. Сучасне аграрне виробництво, 5(9), 28–36.
5. НААН України (2023). Звіт щодо ефективності точного внесення мінеральних добрив у зонах Степу та Лісостепу.
6. UF/IFAS Extension. Grid soil testing & precision nutrient application (приклад VRA-карти та методики сіткового відбору). 2021.
7. Guenzburger D.R. Improved agronomic management... (in-furrow/2×2 стартери в кукурудзі). Univ. of Illinois, 2021.
8. Golden Harvest (із посиланням на багаторічні дослідження Purdue 2014–2021): zone-placed starter (in-furrow та 2×2) і реакція на N. 2024.
9. Camberato J., Nielsen R., Salguero D., Quinn D. Corn response to sulfur fertilizer in Indiana — Research update (2017–2022). Purdue Extension, 2023.
10. Camberato J., Nielsen R. Corn responses to sulfur fertilizer in Indiana (40 польових випробувань). North Central Extension Proceedings, 2021.
11. The Role of Sulfur in Meeting 4R Nutrient Stewardship Goals. Crops & Soils, 2024 (узагальнення результатів Camberato et al. 2017–2022).
12. Goyal D. et al. Do crops' responses to sulfur vary with its forms? Agrosystems, Geosciences & Environment, 2021. (порівняння джерел S, у т.ч. ATS).
13. MSU Extension. Zinc deficiency (діагностика на листку). 2020.
14. Dawar K. et al. Influence of micronutrient management in maize (симптоми та фізіологія Zn-дефіциту). Plants, 2025.

15. Silvestri N. et al. Integrating NDVI and agronomic data to optimize VRA-N у кукурудзі. *Precision Agriculture*, 2024.
16. Quinn D. et al. (2020). *Corn yield response to sub-surface banded starter fertilizer*. *Agronomy Journal*, 112(3), 1465–1473.
17. Carlson G. R., Lee J., Poffenbarger H. (2025). Starter fertilizer strategies for improved early season growth in maize. *Field Crops Research*, 320, 108987.
18. Herrmann M., et al. (2024). Meta-analysis of starter fertilizer effects across U.S. maize environments. *Crop Science*, 64(2), 450–468.
19. Purdue University (2017–2022). Long-term test results on starter fertilizer combinations in corn rotations. *Purdue Agronomy Reports*.
20. Golden Harvest (2023). Starter fertilizer placement and yield response trials. *Golden Harvest Technical Bulletin*.
21. AgVeteran J., Smith T. (2022). Spatial variability of starter fertilizer effects in U.S. maize fields. *Precision Agriculture*, 23(1), 133–152.
22. Iowa State University (2023). Long-term field study on corn response to sulfur and starter fertilizers. *Iowa State Agronomy Research*.
23. Department of Agronomy, Univ. of Illinois (2021). Starter fertilizer practices for modern corn production systems. *Illinois Extension Publication*.
24. Brandt S. (2024). *Corn nutrition and fertility guide*. Illinois Corn Growers Association, Champaign, IL.
25. Camberato J., Nielsen R. (2021). Corn responses to sulfur and starter fertilizers in Indiana — research update 2017–2022. *Purdue Extension Bulletin*.
26. Hawkins J., Reeves D., Lyon J. (2023). Remote sensing-guided starter N management in maize environments. *Field Crops Research*, 280, 108599.
27. Інститут ґрунтознавства ім. О. Н. Соколовського (2024). Методичні рекомендації щодо аналізу ефектів стартових добрив в умовах України.
28. Державний аграрний університет (2024). Дослідження стартових добрив у гібридів кукурудзи української селекції.

29. Агроцентр “Зерновий Прорив” (2023). Звіт про польові дослідження старту внесення P+Zn у Полтавській області.

30. Павлов А.Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. М.: Издательство Наука, 1967. 340 с.

30. Інститут зернових культур НААН (2023). Ефективність старту живлення кукурудзи в умовах Степу.

31. Національний університет біоресурсів і природокористування України (2022). Дослідження комбінованого внесення старту добрив і мікроелементів.

32. Коваль О. П., Степаненко В. І. (2023). Аналіз можливостей старту внесення добрив у різних зонах України. Вісник аграрної науки, 8, 58–67.

33. Петренко В. І. (2022). Фізіологічні ефекти старту внесення добрив на сході кукурудзи. Сучасне аграрне виробництво, 5(9), 29–37.

34. Мельничук І. С. (2023). Використання стартерів NPK у системі інтенсивного землеробства. Агрохімія і ґрунтознавство, 23(1), 45–56.

35. Бондаренко А. М. (2023). Особливості старту внесення у важких суглинках українського ландшафту. Землеробство, 4, 108–120.

36. Литвиненко І. В. (2024). Вплив температури ґрунту на ефективність старту внесення добрив у кукурудзу. Агроекологічний журнал, 7, 22–31.

37. Український Центр Прецизійного Землеробства (2023). Звіт про впровадження стартерних технологій у господарствах Вінниччини.

38. Іллічівський Дослідний Центр (2022). Порівняльні дослідження 2×2 vs in-furrow у зоні Степу.

39. Обласне агропідприємство “АгроНова” (2024). Звіт: стартерні добрива у гібридній лінії кукурудзи під поливом.

40. Агрохімічний центр “Фертиглобал” (2023). Порівняння старту і базових добрив із внесенням ATS.

41. Ukrainian Journal of Agronomy (2023). Стаття: Аналіз варіантів старту внесення добрив у системах кукурудзи України.

42. Ukrainian Agricultural Studies (2024). Стаття: Функція стартових добрив у підвищенні ефективності використання N у кукурудзі.
43. Korniyak N. et al. (2023). Effect of starter P+Zn on maize growth under stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 46(19), 2950–2965.
44. Rupp T., Hartwig U. (2024). Starter fertilizers in maize: interactions with soil moisture and temperature. *Agronomy Journal*, 116(1), 220–231.
45. Silvestri N. et al. (2024). Integrating NDVI and agronomic data to optimize VRA-N in maize. *Precision Agriculture*, 25(3), 455–478.)
46. Хільчевський В.К. Агрогідрохімія. КНУ, 2021 — розділи про інгібітори уреаз/нітрифікації та сірковмісні добрива (ATS).
47. Лященко К.О. Ефективність застосування сірчаного добрива у сільському господарстві: огляд сучасних досліджень. ДДАЕУ, 2023.
48. Томчук О.М. Формування асиміляційної поверхні озимого ріпаку залежно від системи удобрення та підживлень. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки, 2025, вип. 143
49. Матеріали та польові звіти українських господарств про КАС+ATS у кукурудзі (норми 10–20% ATS від КАС; фази V8–V10; ефекти — зменшення втрат N, пролонгація S). Журнал «Агроном» (2023) та SuperAgronom (2023).
50. Бурий М. та ін. Вплив удобрення сіркою на ріст і врожайність кукурудзи. Науковий вісник НЛТУ України, 2020.
51. Рудавська Н.М., Рудавський О.О. Вплив удобрення на формування врожаю гібридів кукурудзи. Вісник ПДАТУ / Фізіологія рослин і ґрунтознавство, 2020.
52. «Технологія підживлення кукурудзи макро- і мікроелементами: значення та застосування». *Агроном*, 2020
53. Інститут зернових культур НААН. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 16–17 березня 2023 р.
54. Степаненко М. В. Оптимізація технології вирощування кукурудзи для виробництва біоетанолу в Правобережному Лісостепу України

55. Єрмакова Л. М. Ефективність позакореневого підживлення на посівах кукурудзи на зерно. Вісник ПДАУ / кваліфікаційна робота, 2016.

56. Ласло О. О., Олєпїр Р. В. Ефективність комплексного удобрення в технології вирощування кукурудзи. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 2025.

57. Жуйков О. Г. Позакореневе підживлення кукурудзи мікродобривами: дієвий елемент технології чи «тренд»? *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*, 2024.

58. Показники погодніх умов у Великій Олександрівці за 2025 рік
https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/weatherarchive/velyka-oleksandrivka_ukraine_8524618?fcstlength=1y&year=2025&month=10