

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

УДК: 631.42:631.8:633.15

**ПОГОДЖЕНО  
ЗАХИСТУ**

**Декан агробіологічного факультету**

д.с.-г.н., професор

Д.В.

(підпис)

\_\_\_\_\_ Коваленко В.П.

(ПІБ)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО**

**Завідувач кафедри**

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

д.с.-г.н., професор

\_\_\_\_\_

Літвінов

(підпис)

(ПІБ)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему: «Агрохімічний наземний моніторинг живлення  
рослин кукурудзи на зерно за локалізації внесення  
добрив»**

Спеціальність 201 - Агрономія

Освітня програма Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна

**Гарант освітньої програми**

доктор с.г. наук проф.

\_\_\_\_\_

(підпис)

Бикін А.В.

(ПІБ)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

кандидат с.г. наук, доцент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Бордюжа Н.П.

(ПІБ)

**Виконав**

\_\_\_\_\_

Цимбровський В.

В.

## РЕФЕРАТ

### **на магістерську кваліфікаційну роботу Цимбровського В.В. на тему «Агрохімічний наземний моніторинг живлення рослин кукурудзи на зерно за локалізації внесення добрив»**

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

Дипломна робота представлена на 68 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 і температури 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 добрив, агрохімічний аналіз ґрунтів, економічна ефективність.

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

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

Літвінов Д.В.

\_\_\_\_\_

(підпис)

(ПБ)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ**

Цимбровському Вадиму Вікторовичу

(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: Агрохімічний наземний моніторинг живлення рослин кукурудзи на зерно за локалізації внесення добрив затверджена наказом ректора НУБіП України № 2255С від 12.12.2023

Термін подання завершеної роботи на кафедру

**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 2023	<i>Виконано</i>
Методика виконання роботи	Весняний семестр 2024	<i>Виконано</i>
Аналітично-розрахункова частина	Осінній семестр 2024	<i>Виконано</i>
Економічна оцінка технологій	Осінній семестр 2024	<i>Виконано</i>
Письмове і технічне оформлення роботи	Осінній семестр 2024	<i>Виконано</i>

Дата видачі завдання: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Керівник магістерської роботи: \_\_\_\_\_ Бордюжа Н.П.  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_ Цимбровський

В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

студента)



## ЗМІСТ

ВСТУП .....	10
РОЗДІЛ 1. Огляд літератури.....	12
1.1 Значення мікро- та макроелементів для кукурудзи .....	12
1.2 Локальне внесення добрив.....	25
1.3 Агрохімічний наземний моніторинг .....	26
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ .....	29
2.1. Характеристика господарства.....	29
2.2. Ґрунтові умови господарства.....	32
2.3. Погодно-кліматичні умови господарства .....	34
2.4. Технологія вирощування кукурудзи у господарстві.....	36
2.5. Аналіз ґрунту .....	38
2.6. Методика проведення досліджень.....	39
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	41
3.1. Дані дистанційного моніторингу з використання вегетаційного індексу NDVI на кукурудзі .....	41
3.2.Знімки за допомогою дрона .....	43
3.3 Вологість темно-сірого лісового ґрунту .....	44
3.4 Температура темно-сірого лісового ґрунту .....	46
3.5 Вміст сухої речовини в кукурудзі.....	47
3.6 Біометричні показники кукурудзи.....	49
3.7 Площа листкової поверхні кукурудзи .....	51
3.8 Ефективність локального підживлення кукурудзи .....	53
3.9 Показники якості зерна кукурудзи .....	57
РОЗДІЛ 4 .ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ НА ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО .....	60
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	67



## ВСТУП

*Актуальність теми дослідження.* Кукурудза - одна з найпродуктивніших зернових культур, яку вирощують для продовольчих, кормових і технічних цілей. Виробництво 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. 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 формування врожаю.

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

**Мета дослідження:** ефективність використання рідких добрив кукурудзою на зерно, при локальному внесенні одночасно із посівом. Проведення агрохімічного наземного моніторингу 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. Економічна ефективність 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 та фосфор 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 Значення мікро- та макроелементів для кукурудзи

Процес надходження поживних речовин з ґрунту в рослини розпочинається з моменту проростання насіння. Чотиридобові сходи кукурудзи здатні використовувати до 50% азоту і калію з поживного середовища, тоді як двотижневі рослини – до 65-75%. На цьому етапі проростки споживають значно більше азоту і фосфору з субстрату, ніж з насіння [1, 2].

Деякі елементи живлення в рослинах мають високу рухомість, що дозволяє їм спочатку засвоюватись в одних органах, а потім реутилізуватись (ремобілізуватись) – транспортуватись і використовуватись в інших органах [3,].

У розвитку кукурудзи можна виділити два ключові періоди живлення основними елементами, під час яких рекомендується проводити позакореневі підживлення: період формування 3-7 листків та період від появи 9-10 листків до повного викидання волоті [1, 4].

Температурні коефіцієнти для поглинання аніонів вищі, ніж для поглинання катіонів.

Кількість квіток на качані, качанів на рослині та зерен на них значною мірою залежить від наявності живильних елементів, зокрема фосфору. У цей період кукурудза росте повільно і споживає небагато живильних речовин. На стадії 3-4 листків листки в основному формуються з поживних речовин насіння, оскільки рослини кукурудзи вже повністю використали ці ресурси. В цей час починає формуватися перший ярус вторинної кореневої системи (вузлові корені), яка, за сприятливих умов, здатна поглинати мінеральні речовини, але не може засвоювати поживні речовини з важкодоступних

сполук [5, 6]. З моменту появи 5-6 листків потреба в поживних елементах різко зростає [7].

Другий період (фаза 6-8 листків) відзначається активним ростом рослин кукурудзи. У цей час первинна коренева система відмирає, і кукурудза починає отримувати поживні елементи через вторинну кореневу систему. Листкова поверхня рослин швидко збільшується, формуються генеративні органи, а також активно споживаються азот (N), фосфор (P), калій (K), магній (Mg) та мікроелементи, такі як марганець (Mn), цинк (Zn), бор (B) і мідь (Cu). Цей період триває 17-20 днів. За такий короткий час накопичується основна маса рослини, і відбувається значне споживання поживних елементів: 50 % загальної кількості азоту та фосфору, а також 70 % максимального накопичення калію. [8, 9].

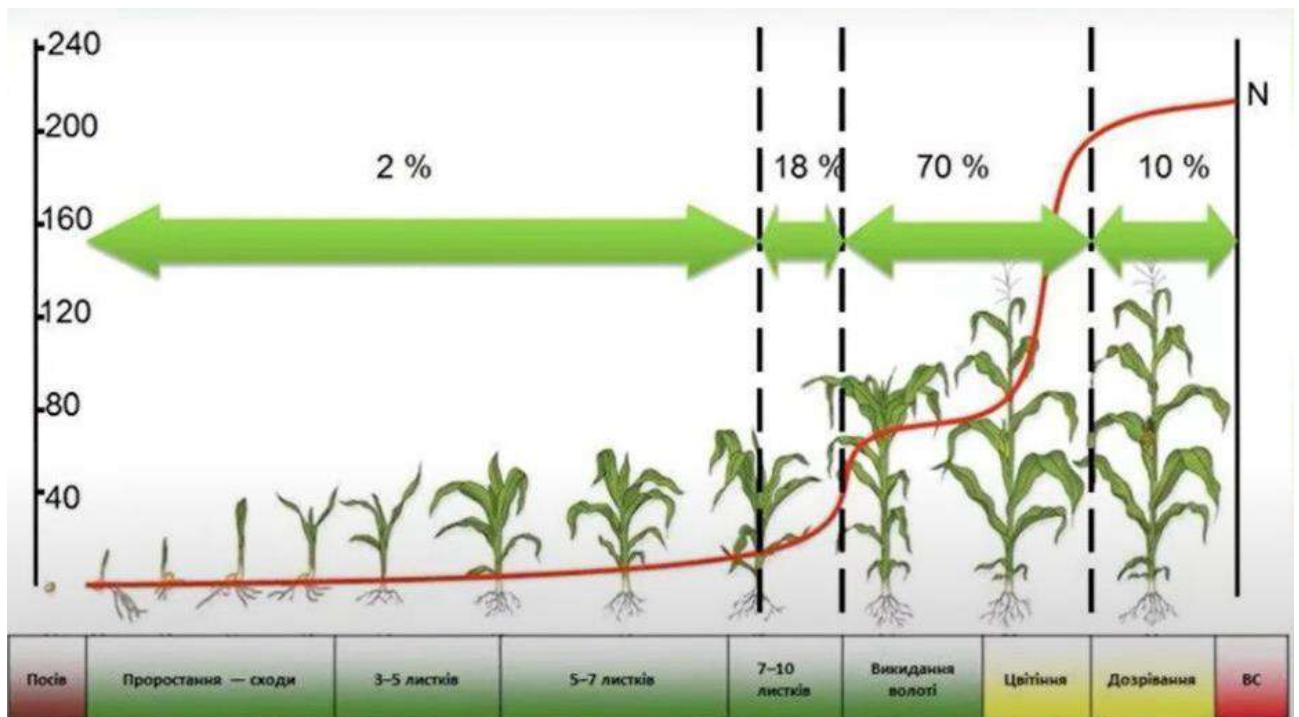


Рисунок 1.1. Засвоєння азоту кукурудзою впродовж вегетації

Азот є ключовим елементом для рослин, оскільки він сприяє збільшенню їхньої зеленої (вегетативної) маси та підвищує врожайність [10]. Цей елемент бере участь у синтезі білків, входить до складу нуклеопротейнів і нуклеїнових кислот, а також є частиною молекули хлорофілу, вітамінів (групи В), алкалоїдів, рибосом і клітинної протоплазми [11, 12]. Кукурудза є

найефективнішою серед сільськогосподарських культур у поглинанні води та азоту на одиницю продукції (відноситься до азотофітів), що зумовлено її фізіологічними особливостями (фотосинтез типу C4) та природним потенціалом урожайності (висока біомаса) [13, 12].

Крім того, кукурудза найкраще з усіх зернових культур засвоює азот у спекотні дні [14]. До липня темпи поглинання азоту рослинами переважають над темпами засвоєння фосфору, і потреба кукурудзи в азоті залишається високою до моменту дозрівання зерна. За умов достатнього зволоження ґрунту та відсутності дефіциту азоту, цвітіння починається на два-три дні раніше [15]. Поглинання та надходження азоту значною мірою залежать від форми азоту в ґрунті, вологості ґрунту, а також рівня забезпеченості фосфором і калієм [16, 17].

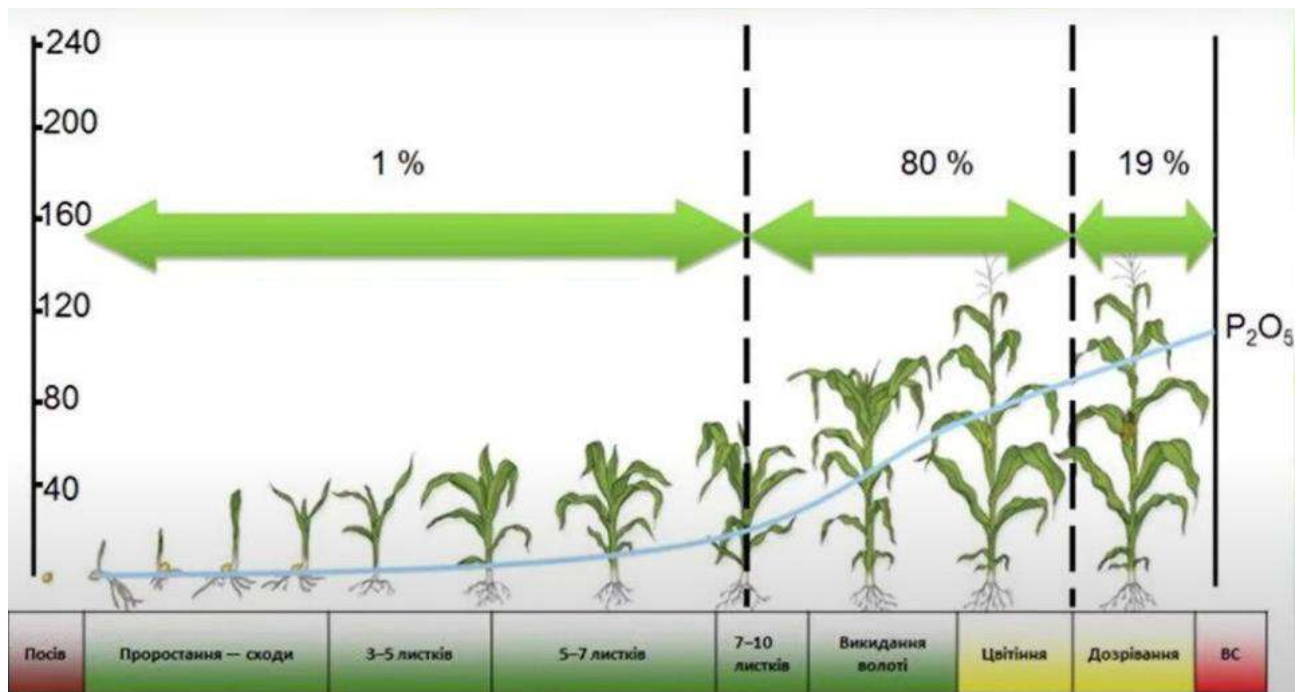


Рисунок 1.2. Засвоєння фосфору кукурудзою впродовж вегетації.

Фосфор кукурудза засвоює більш-менш рівномірно протягом тривалого часу, на відміну від азоту, до моменту збору врожаю [18, 19]. Він має ключове значення для фотосинтезу, передачі спадкових ознак (входить до складу хромосом та нуклеїнових кислот АДФ і АТФ (АДР, АТР)), формування клітинних мембран, а також прискорює перехід рослин до репродуктивної

стадії розвитку. Фосфор утворює енергетично багаті пірофосфатні зв'язки з різними органічними сполуками (аденозинфосфати, ацилфосфати, енолфосфати), енергія яких використовується під час реакцій фосфорилування у всіх життєвих процесах рослин (дихання, фотосинтез, синтез білка) і відіграє важливу роль у накопиченні вуглеводів [20, 21].

Поглинання та надходження фосфору в рослини відбувається найінтенсивніше при температурі +12-39°C, проте ці процеси залежать від наявності в ґрунті достатньої кількості азоту, сірки, кальцію та бору (N, S, Ca, B). Залежно від реакції ґрунту змінюється домінуюча форма іона, оскільки в кислому середовищі утруднюється поглинання водорозчинної одновалентної форми, а в лужному – двовалентної [22, 23].

У фазі трьох листків спостерігається гостра нестача фосфору, що проявляється у вигляді фіолетових листків. Це відбувається через порушення утворення пігментів, внаслідок чого надмірний синтез антоціану надає рослинам бузковий відтінок, хоча в цей період їм потрібно лише 1-2% фосфору. Така реакція рослин є наслідком весняного "холодового стресу", який уповільнює засвоєння фосфору [15, 24].

Кукурудза має два критичних періоди, пов'язаних із фосфором: перший – від проростання насіння до появи 3-6 листків, або з 4 по 10 тижнів вегетації (коли закладаються майбутні суцвіття). У цей час рослини відчувають гостру нестачу фосфору через слабкий розвиток кореневої системи, що особливо помітно при низьких температурах на холодних ґрунтах (під час ранніх строків сівби) та на ґрунтах з нейтральною і лужною реакцією [25,26]. Нестачу фосфору на ранніх стадіях росту неможливо компенсувати його внесенням у пізніші терміни. Візуально дефіцит фосфору можна визначити за фіолетовим забарвленням листків на ранніх етапах. Другий критичний період – це цвітіння та наливання зерна (формування генеративних органів), коли надходить більше 50% фосфору [26].

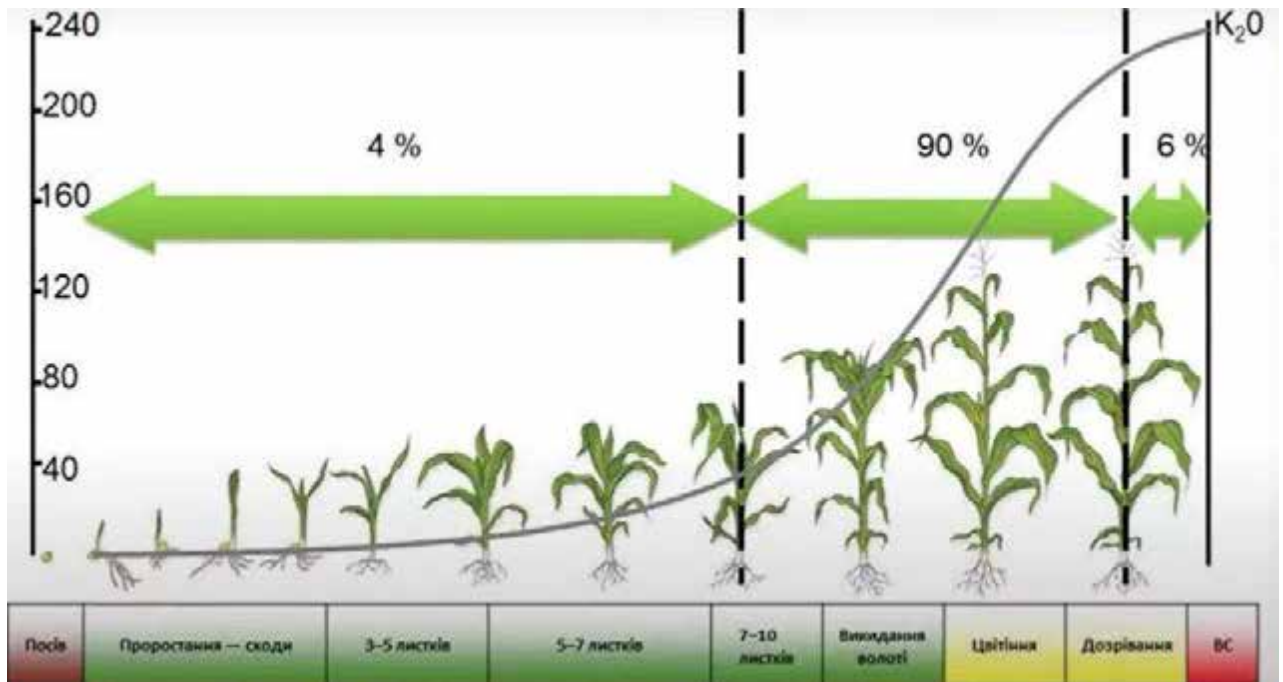
Надходження фосфору значною мірою залежить від забезпеченості рослин азотом [20]. При недостатньому живленні азотом рослини отримують

лише 10 кг/га фосфору, а за нестачі калію – 29 кг/га. Водночас, за оптимальних умов живлення, рослини можуть отримувати до 33 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га [15]. При дефіциті фосфору в рослинних тканинах накопичується нітратний азот, що призводить до уповільнення синтезу білків і зниження стійкості до вилягання [25]. Фосфор здатний переміщуватися з старих органів до молодих і повторно використовуватися (реутилізація). Під час наливу зерна рослини використовують 36 % фосфору з інших органів [5].

У молодому віці, при дефіциті фосфору, спостерігається уповільнення росту та розвитку рослин (затримуються фази цвітіння і досягання), особливо у репродуктивних органах (недорозвинені качани, неправильні ряди зерен). Це пов'язано з уповільненням синтезу АТФ, порушенням функцій протоплазми та погіршенням водозабезпеченості клітинної тканини [15, 21]. Ознаки фосфорного голодування проявляються на початкових етапах росту та розвитку рослини, коли коренева система ще слаборозвинена і не здатна засвоювати важкорозчинні сполуки фосфору з ґрунту [27].

Основним чинником, що призводить до зниження ефективності використання фосфору, є його фіксація кальцієм і магнієм. Це призводить до утворення фосфатів кальцію та магнію, а також фосфатів заліза і алюмінію на кислих ґрунтах внаслідок взаємодії з оксидами заліза і алюмінію [23]. Кукурудза має здатність використовувати важкорозчинні фосфати алюмінію та заліза, які не можуть ефективно засвоювати інші культури [28]. Надмірна кількість фосфору може порушити оптимальний рівень забезпеченості рослин залізом, а також цинком, і може викликати дефіцит кальцію, бору, міді та марганцю (Са, В, Си, Мп) [15].

Оптимальне забезпечення рослин фосфором і калієм підвищує стійкість кукурудзи до термічного стресу та нестачі води, покращує амінокислотний склад білка, а також прискорює формування качанів і дозрівання врожаю. Фосфор і магній сприяють кращому заповненню зерна, забезпечуючи рівномірне і швидше досягання врожаю [29].



*Рисунок 1.3. Засвоєння калію кукурудзою впродовж вегетації.*

Калій є іон-антагоністом кальцію, який регулює проникність клітинних мембран і сприяє покращенню водозабезпечення рослин. Він підвищує врожайність, гідратацію колоїдів цитоплазми та їх водоутримуючу здатність, а також контролює відкриття і закриття продихів (транспірацію) та активує переміщення асимілянтів у рослині. [15, 28]. Калій стимулює розвиток кореневої системи та інтенсивність фотосинтезу завдяки покращенню синтезу хлорофілу. Серед зернових культур кукурудза найбільше засвоює калій у порівнянні з іншими елементами живлення.

Калій активно поглинається з фази 5-6 листків до цвітіння. До початку викидання волоті [30]. (до VII етапу органогенезу волоті) рослини засвоюють до 90% калію, після чого його споживання різко зменшується. Під час наливу зерна з інших частин рослини використовується 82% (або дві третини) від загальної потреби в калії. [3, 31.]

Оптимальний вміст калію у молодих рослинах (висотою до 25 см) коливається в межах 4-5% ( $K_2O$ ) на суху речовину, тоді як у дорослих рослин цей показник знижується на 0,5% [15]. Потреба кукурудзи в калії зростає з

віком, особливо під час формування стебла та наливу зерна, при цьому вміст калію в органах рослини наближається до вмісту азоту.

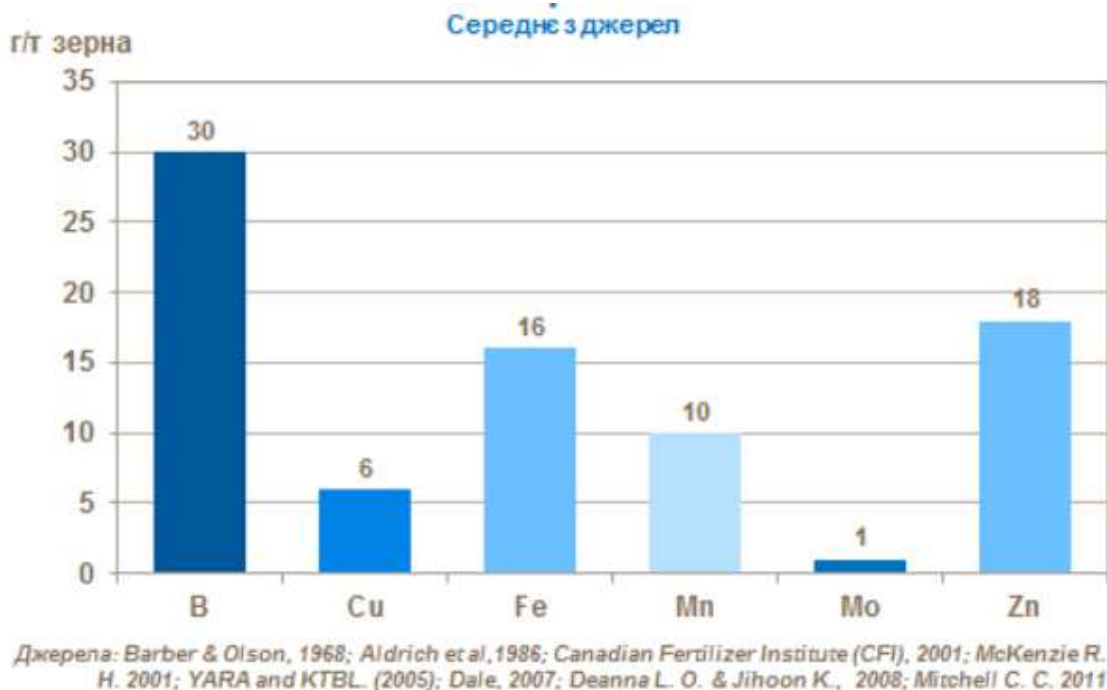
Достатнє забезпечення калієм є важливим з кількох причин: цей елемент є незамінним для утворення та транспортування крохмалю та цукру в зерно кукурудзи, він сприяє формуванню вуглеводів завдяки впливу на обмін речовин рослини, підвищує стійкість до вилягання стебел (зміцнюючи їх та сприяючи розвитку судин ксилеми), а також до стеблових гнилей і є важливим для формування початків завдяки створенню міцної механічної тканини [6, 15]. Дефіцит калію призводить до укорочення міжвузлів рослин, внаслідок чого стебла стають тоншими, а коренева система розвивається слабо [32].

Добове надходження калію до рослин кукурудзи становить 4 кг  $K_2O$ /га, але може досягати 7,3 кг  $K_2O$ /га. У засушливих умовах достатня кількість калію сприяє хорошему озерненню качанів [6].

Кальцій має значний вплив на структуру та загальний фізико-хімічний стан протоплазми, а також на будову і проникність мембран та клітинних оболонок. Він необхідний рослинам для синтезу нуклеїнових кислот, а також тісно пов'язаний із фотосинтезом (покращує синтез хлорофілу, активує ферменти) і енергетичним обміном. Кальцій підвищує в'язкість цитоплазми, що сприяє кращій жаростійкості рослин, і відіграє важливу роль у процесах розтягнення та диференціації клітин [15, 21].

Потреба в кальції проявляється вже на стадії проростання, де він сприяє прискоренню розкладання запасних білкових речовин, що активізує обмін речовин. При значному дефіциті кальцію, особливо в умовах переважання одновалентних катіонів ( $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ) або катіонів  $Mg^{2+}$ , порушується фізіологічна рівновага розчину, що призводить до зупинки росту та розвитку коренів, їх потовщення, а також руйнування корневих волосків (стінки клітин стають слизькими, оскільки пектинові речовини і ліпіди розчиняються за відсутності кальцію, вміст клітин витікає, а тканина перетворюється на слизьку безструктурну масу) [33].

Кальцій є необхідним для рослин на постійній основі, оскільки він накопичується в старих листках і не може бути повторно використаний. Це призводить до того, що молоді листки покриваються світло-жовтими плямами



(хлороз) і вмирають, тоді як старі листки залишаються в нормальному стані. [6, 21]. Основна частина кальцію залишається в листках, а лише невелика його кількість потрапляє в зерно у вигляді хімічної сполуки – фітину.

Особливою функцією кальцію є нейтралізація органічних кислот, які

*Рисунок 1.4. Винос мікроелементів рослин кукурудзи на зерно*

утворюються в тканинах, зокрема щавлевої. Нестача кальцію може проявлятися при високих нормах внесення NPK, особливо на кислих ґрунтах. Внесення кальцію для вирощування кукурудзи зазвичай розглядається в контексті вапнування, з рекомендованою нормою внесення вапнякових матеріалів від 3 до 7 т/га. Починаючи з 2015 року, виробники та науковці почали обговорювати внесення кальцію як елемента живлення в кількості 200-500 кг/га. [24, 33].

Магній є одним з основних елементів живлення і є невід'ємною складовою частиною хлорофілу (вміщує 15-20% магнію), а також

мітохондрій. Він відіграє важливу роль в активації та зв'язуванні ферментів (в процесі фосфорилування), енергетичному забезпеченні клітин і підтримці осмотичного потенціалу. Магній сприяє переміщенню фосфору в рослинах, а також бере участь у процесах дихання і перетворення азоту в білок [24].

У процесі фотосинтезу магній активує фермент, який каталізує участь CO<sub>2</sub> у фотосинтетичних реакціях. Він не лише бере участь у синтезі вуглеводів, а й забезпечує їх транспортування до підземної частини рослини, що сприяє формуванню добре розвинутої кореневої системи [33].

Споживання магнію (Mg) залишається стабільним і рівномірним протягом більшої частини вегетаційного періоду, починаючи з 8-9 дня після сходів і до моменту дозрівання зернівок. Приблизно половина магнію, спожитого рослинами кукурудзи, потрапляє до зернівок [20]. Нестача магнію негативно впливає на процеси цвітіння та запилення, що обмежує формування качанів і зменшує їх озерненість. Критичним етапом засвоєння магнію є період зав'язування та формування зерна [8].

Сірка є складовою частиною майже всіх білків, оскільки багато амінокислот (такі як цистеїн, метіонін, трипептид, глутатіон, липова кислота, кофермент А, біотин, тіамін тощо) містять сірку. Вона також бере участь у деяких окисно-відновних процесах, а окремі вітаміни групи В і вітамін Р також є сірковмісними. Органічні сполуки, що містять сірку, сприяють нормальному поділу клітин і росту молодих тканин, а також впливають на вміст хлорофілу в листках [21]. Крім того, сірка підвищує стійкість рослин до приморозків, високих температур і посухи. Дефіцит сірки може призвести до зниження фотосинтезу на 40 %, розпаду білків і зменшення ефективності внесених азотних добрив [34].

Значне накопичення сірки в рослинах відбувається під час фази наливу зерна, причому понад 50% її надходження відбувається після періоду викидання волоті та формування ниток качана [3]. При недостатній кількості сірки качани кукурудзи погано заповнені зерном, що призводить до явища,

відомого як «череззерниця». Нестача одного кілограма активної речовини сірки ускладнює використання майже 10 або навіть 20 кг азоту [1, 35].

Мінеральне живлення повинно обов'язково включати макро- та мікроелементи, а також фітогормони або амінокислоти. Порушення цієї тріади призводить до зниження ефективності використання добрив. Мікроелементи, завдяки своїй каталітичній дії, дозволяють рослинам більш ефективно використовувати енергію сонця, воду та макроелементи, що, в свою чергу, позитивно впливає на продуктивність рослин і якість врожаю [36]. Процес поглинання мікроелементів рослинами є більш складним, ніж поглинання макроелементів. У природних умовах основним джерелом мікроелементів для рослин є ґрунт [37].

Залізо, марганець, мідь і цинк активують ензими та виконують специфічні функції в захисних механізмах посухостійкості кукурудзи [38]. Під впливом бору, марганцю, цинку, міді та молібдену спостерігається збільшення вмісту вологи в рослинах [20].

Залізо відіграє важливу роль в обміні речовин та енергетичних процесах, регулюючи окислювально-відновні реакції складних органічних сполук завдяки своїй здатності легко переходити між двовалентним і тривалентним станами. У взаємодії зі специфічними білками воно утворює залізо-протеїди, які є ключовими у процесах дихання. Залізовмісний білок феродоксин також бере участь у фотосинтезі та перетворенні азотних сполук. [21, 6].

Дефіцит заліза найчастіше спостерігається на карбонатних та сильно вапнованих ґрунтах. Висока вологість ґрунту та підвищений вміст антагоністичних іонів, таких як фосфор, кальцій, мідь і цинк, ускладнюють засвоєння заліза. У випадках, коли в ґрунті є надмірна кількість вапна, залізо як добриво використовується лише в окремих випадках. [39]

Марганець є складовою частиною 10 активних груп ферментів, які каталізують різні етапи метаболічних процесів. Він підвищує активність багатьох ферментів, зокрема нітратредуктази, що беруть участь у

фотосинтезі, диханні, а також у відновленні нітратів, нітритів і гідроксиламіну. Марганець також впливає на синтез амінокислот, поліпептидів, багатофракційних білків і вітамінів, а також на процеси росту та розвиток кореневої системи. Він сприяє вибірково поглинанню іонів з навколишнього середовища. а [24, 21].

Він сприяє окисленню заліза, що зменшує його токсичність. Крім того, марганець бере участь у синтезі вітаміну С і, подібно до цинку, сприяє накопиченню цукру (крохмалю) та білка, а також впливає на перетворення світла в хлоропластах. Важливою відмінністю проявів нестачі марганцю від дефіциту цинку є те, що в першому випадку спочатку уражається молоде листя та інші молоді органи рослини, які розвиваються.

Марганцю в ґрунтах на більшості території України недостатньо. Зазвичай нестача марганцю спостерігається на чорноземах та дерново-карбонатних ґрунтах з нейтральною та лужною реакцією. Надлишок марганцю заважає переміщенню заліза від коренів рослини вгору, що призводить до розвитку залізного хлорозу. Оптимальний рівень кислотності ґрунту для кращої доступності марганцю для рослин становить 5,0-6,5. [40, 19].

Бор відіграє важливу роль у синтезі вуглеводів (крохмалю, цукрів тощо), їх перетворенні та перенесенні. Він активує білковий обмін, синтез і функції нуклеїнових кислот (ДНК і РНК), а також енергетичні процеси в клітинах. Бор сприяє виробленню стимуляторів росту (фітогормонів – ауксинів), впливає на активність ферментів, накопичення вітамінів у рослинах, синтез хлорофілу та асиміляцію CO<sub>2</sub>. Він також має значний вплив на ріст і розвиток кореневої системи, особливо молодих коренів, а також на формування квіток і пилку (підвищуючи фертильність), запилення (покращуючи проростання пилку в пилкових трубках), зав'язування качанів, насінневу продуктивність, розвиток точки росту (зокрема, клітин меристеми) і процеси дихання[41].

Кукурудза відноситься до борофільних культур, оскільки вона виводить з ґрунту 130-150 г/га бору . Бор забезпечує безперервне постачання утворених вуглеводів і крохмалю з листків до інших частин рослини, зокрема до зернівки, оскільки саме стебло кукурудзи не містить крохмалю . Недостатня кількість бору призводить до уповільнення росту та розвитку рослин, вкорочення міжвузлів, деформації качанів, які частково можуть бути беззерновими, а також до появи на листках сірих продовгуватих некротичних плям, скручування молодого листя та зменшення його площі [21].

Забезпеченість рослин бором визначається багатьма чинниками, такими як вміст бору в ґрунті, погодні умови, використані добрива, а також рН розчину, оптимальним для поглинання цього елемента рослинами, є рН 4,5-7,5 [42].

Цинк є необхідним для синтезу дихальних ферментів, і його дефіцит призводить до порушення процесу фосфорилування глюкози [43]. Він також відіграє важливу роль в азотному обміні рослин і сприяє утворенню білків та амінокислоти триптофану, яка є попередником ауксину [20]. Цинк накопичується в ядрі та мітохондріях, де бере участь у поділі клітин і формуванні мітохондрій, а також впливає на синтез і вміст вуглеводів (крохмалю), фосфоліпідів, органічних кислот і фенолів, накопичуючись у молодих тканинах та зародках [ 21].

Цинк (Zn) має антагоністичний вплив на поглинання та надходження фосфору (P) до рослин. Висока концентрація цинку в ґрунті призводить до утворення малорозчинного фосфату цинку [15].

Недостатня кількість рухомих форм цинку в ґрунті не викликає загибелі рослин, але може призвести до зниження швидкості та узгодженості біологічних процесів, відповідальних за ріст і розвиток рослин. Це, в свою чергу, зменшує вміст фосфорорганічних сполук і уповільнює синтез хлорофілу. Внаслідок цього затримується ріст і розвиток рослин (зменшується довжина міжвузлів) та спостерігається невелика відстань між

листяними ярусами (розетковість), а також порушуються процеси запліднення та досягання зерна (качани не зав'язуються) [44].

Нестача цинку зазвичай виявляється на початку літа в роки з тривалою посухою. Оскільки кукурудза має високу потребу в цинку, вона може слугувати хорошим індикатором забезпеченості цинком конкретного поля. Недостатня кількість цинку для кукурудзи може спостерігатися навіть у випадках, коли сівозміна насичена цукровими буряками, які виводять з ґрунту значну його кількість.

Мідь є складовою частиною ферментів, активує обмін вуглеводів і білків, підвищує інтенсивність дихання рослин, фотосинтез, а також синтез білка і цукру в зерні, що сприяє підвищенню урожайності. Вона впливає на формування генеративних органів, розвиток і структуру клітин рослин, підвищує їх стійкість до грибкових і бактеріальних захворювань, а також до вилягання завдяки зміцненню клітинних стінок. [6]. Мідь також підвищує стійкість рослин до низьких температур, особливо на ранніх стадіях, а також до посухи і високих температур. При нестачі міді спостерігається уповільнення росту генеративних органів, хлороз на листках, жовтіння молодих листків і їх смугастість. Оскільки мідь в рослині рухається відносно повільно, її нестача проявляється на молодих листках, де кінчики відмирають, а колоски волоті можуть бути недостатньо сформованими або зовсім безплідними (так званий «лейкоз»). Нестача міді може виникнути при внесенні великих норм азоту і фосфору, вапнуванні ґрунтів, а також за сухої і теплої погоди (при високих температурах ґрунту та повітря). Мідні добрива є найбільш ефективними, коли вміст міді в ґрунті менше 5 мг/кг. [21, 45,]

Кремній підвищує ефективність мінеральних добрив і пестицидів. Хоча кремній поглинається рослинами і ґрунтовими мікроорганізмами в кількостях, що перевищують поглинання основних макроелементів (N, P, K), наразі його не вважають первинною поживною речовиною для вищих рослин. [46]

## 1.2 Локальне внесення добрив

Локальне внесення добрив може бути як поверхневим, так і внутрішньогрунтовим. Існує безліч методів поверхневого локального внесення, проте їх модифікації ще недостатньо досліджені для широкого застосування з максимальним ефектом. Найбільш детально вивчений стрічковий метод як в Україні, так і за кордоном [47].

Висока концентрація солей у стрічці добрив створює специфічні умови взаємодії з ґрунтом і коріннями рослин. Фосфор довше залишається в рухливому стані, тоді як калій і амонійний азот менше підлягають необхідній фіксації ґрунтом. Оточуюче стрічку добрив середовище характеризується підвищеним осмотичним тиском і зміною рН ґрунтового розчину, що створює несприятливі умови для життєдіяльності ґрунтової мікрофлори. Внаслідок цього поживні речовини менше зв'язуються мікроорганізмами, а процес нітрифікації амонійного азоту сповільнюється [48].

Стрічкове внесення добрив сприяє диференціації функцій окремих ділянок кореневої системи рослин. Стрічка добрив пронизується густою мережею коріння та корневих волосків, що забезпечує інтенсивне надходження поживних речовин. Корінь, що розташований між стрічками добрив, проникає глибоко в підґрунтя, постачаючи рослинам вологу. У випадку розкидного внесення добрив коріння розвивається переважно в удобреному шарі, що призводить до неефективних витрат енергії рослин на формування великої кореневої системи на шкоду продуктивним надземним частинам [49].

До стрічкового внесення добрив висуваються певні вимоги. По-перше, висококонцентровані стрічки не повинні контактувати з насінням або бути занадто близько до нього. Також недопустимо надмірне віддалення стрічок добрив від насіння. Ефективність добрив залежить від глибини внесення, рівномірності розташування часток добрива та відстані між місцем внесення

і активною частиною кореневої системи, що може призвести до збільшення або зниження врожаю [49].

Основні методи внутрішньогрунтового локального внесення добрив включають рядковий, основний (стрічковий), гніздовий, міжрядний, кореневу підгодівлю та локально-об'ємний спосіб.

Рядковий метод передбачає внесення стартової дози переважно мінеральних фосфорних добрив під час посіву або посадки сільськогосподарських культур разом з насінням або на певній відстані від нього.

При стрічковому методі основну дозу мінеральних добрив вносять у ґрунт у вигляді суцільних або переривчастих стрічок шириною 3-10 см. Розрізняють допосівне та припосівне стрічкове внесення добрив. Однією з різновидів є екранний метод, при якому основну дозу добрив вносять на певну глибину у вигляді суцільного екрана, зазвичай одночасно з плоскорізною обробкою ґрунту.

Гніздовий метод передбачає внесення основної дози добрив концентрованими осередками (гніздами) різних форм і розмірів, орієнтуючи їх щодо насіння або рослин [50].

### **1.3 Агрохімічний наземний моніторинг**

Моніторинг стану посівів дозволяє швидко виявити причини відхилень у рості та розвитку рослин, а також оперативно прийняти правильні рішення і внести корективи в систему живлення рослин.

Існує безліч методів моніторингу посівів протягом вегетаційного періоду сільськогосподарських культур. Серед них можна виділити використання супутників, дронів, листову діагностику, а також аналіз рослин і ґрунту [51].

Супутниковий моніторинг — це метод оцінки стану посівів, що базується на зображеннях високої роздільної здатності, отриманих з супутників. Для цього використовують спектральні камери, які дозволяють ефективно розраховувати вегетаційні індекси. Найбільш популярним індексом в аграрній сфері є NDVI.

Індекс NDVI визначається як різниця між показниками в червоному та ближньому інфрачервоному діапазонах, поділена на їхню суму. Цю оцінку проводять, коли на рослинах вже з'явилося листя, оскільки цей процес неможливий без фотосинтезу. Завдяки знімкам NDVI можна виявити проблемні ділянки поля, які потребують пересівання або внесення добрив [52].

Впровадження дронів у сільському господарстві є новаторським рішенням, яке суттєво покращує процеси моніторингу та управління аграрними землями. Ці технології надають агрономам можливість отримувати точні дані про стан полів.

Дрони забезпечують моніторинг полів у режимі реального часу, що дозволяє швидко реагувати на зміни та виникаючі проблеми. Це значно підвищує ефективність роботи агрономів і сприяє збільшенню врожайності.

Завдяки використанню дронів у агрономії можна істотно зменшити час і зусилля, необхідні для моніторингу великих земельних площ. Це допомагає зберегти ресурси та підвищити продуктивність сільського господарства [53].

Листкова діагностика рослин є хімічним аналізом рослинних тканин, що дозволяє визначити поточний вміст (концентрацію) поживних речовин у рослинах. Здорові рослини повинні мати певний рівень життєво важливих елементів, що залежить від їх виду та стадії розвитку. Аналіз рослинних тканин, зокрема листя, є економічно вигідним і стратегічно важливим інструментом для моніторингу стану рослин, що сприяє їх гармонійному росту та розвитку.

Цей метод слугує індикатором здоров'я рослин і доступності поживних речовин, які можуть засвоюватися через коріння та листя, а також є надійною

основою для виявлення проблем з живленням у рослинництві. Для деяких видів рослин така діагностика дозволяє визначити оптимальний час для збору врожаю. Особливо важливо проводити листову діагностику під час вирощування сільськогосподарських культур за інтенсивними технологіями [54].

Збалансоване живлення рослин є ключем до отримання високих урожаїв належної якості. Забезпечення рослин усім спектром макро- та мікроелементів є однією з найважливіших задач у рослинництві. Сучасні технології живлення передбачають проведення аналізу ґрунту та діагностику листя рослин для оцінки їх забезпеченості поживними елементами, що сприяє підвищенню урожайності.

Аналіз ґрунту надає інформацію про елементи, які рослина може потенційно засвоїти, тоді як листову діагностику вказує на фактичний вміст певних елементів живлення. Це дозволяє точно визначити, яких саме елементів не вистачає рослині в конкретний момент, коли проводиться аналіз. Таким чином, цей вид аналізу можна порівняти з аналізом крові людини, що допомагає точно встановити діагноз [55].

## 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 2024 році включає в себе:

**DIGITAL**  
FIELD

**Agri Lab**

### Карта полігонів Digital Field 2024

#### полігон 1

 – кукурудза



#### Демо гібридів Limagrain

- |                |               |
|----------------|---------------|
| 1. LG 31305    | 17. TM 954    |
| 2. TM 216      | 18. LG 3024   |
| 3. LG 31240    | 19. TM047     |
| 4. LG 2024     | 20. LG31330   |
| 5. LG MIDNIGHT | 21. LG 1624   |
| 6. LG 30215    | 22. LG31332   |
| 7. LG 2124     | 23. LG 7224   |
| 8. LG 31272    | 24. LG 3424   |
| 9. TM 167      | 25. LG 31305  |
| 10. TM 901     | 26. LG АДЕВЕЙ |
| 11. LG 6024    | 27. LG 31261  |
| 12. TM 210     | 28. HP 01     |
| 13. LG 31305   | 29. 9401HP    |
| 14. LG 8344    | 30. 9719 HP   |
| 15. LG 31261   | 31. LG 30215  |
| 16. TM 320     |               |

Фон: КАС-32, 100 л/га + РКД Quantum Діафан АСТіон 5-20-5, 25 л/га

### 6 – Досліди з фоліарним підживленням “УАПГ”



1. Контроль (Без добрив)
2. (KAC 32 (80%) + ATS (20%) + Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (1%)) - 150 л/га
3. (KAC 32 (80%) + ATS (20%) + Zn\*(2%)) - 150 л/га

### 7 – Досліди компанії “Агропартнер”



1. Контроль (без добрив)
2. KAC-32, 150 л/га + Secofit, 20 л/га
3. KAC-32, 150 л/га + Secofit, 30 л/га
4. KAC-32, 130 л/га + Secofit, 20 л/га
5. KAC-32, 130 л/га + Secofit, 30 л/га
6. KAC-32, 100 л/га + Secofit, 50 л/га

### 10 – Досліди з фоліарним підживленням “ECOORGANIC”

#### Фоліарне внесенням агродроном TOPXGUN



1. Контроль (Без добрив)
2. KAC 32 (100 л/га) + Мультистарт Кукурудза 35 л/га + Еколайн Цинк Хелат 1,0 л/га + Еколайн Фосфитний К 1,5 л/га + Еколайн Кукурудзяний хелати 1,0 л/га + Еколайн Бор опти 1,5 л/га
3. KAC 32 (100 л/га) + Мультистарт Кукурудза 35 л/га + Еколайн Цинк Хелат 1,0 л/га + Еколайн Фосфитний К 1,5 л/га + Еколайн Кукурудзяний хелати 1,0 л/га + Еколайн Бор опти 1,5 л/га
4. KAC 32 (100 л/га) + Мультистарт Кукурудза 35 л/га + Еколайн Фосфитний К-Zn 1,5 л/га + Еколайн Кукурудзяний хелати 1,5 л/га + Еколайн Фосфитний К-Аміно 1,5 л/га



### 1 – Патріотичний полігон

### 2 – Досліди компанії “Українська агропромислова група”



1. Контроль (Без добрив)
2. KAC 32 (100 л/га) (при посіві)
3. (KAC 32 (90%) + ATS (10%)) - 100 л/га
4. (KAC 32 (90%) + ATS (10%)) - 80 л/га
5. KAC 32 - 100 л/га + Mixture-RKD NPK 3-18:18 (30 л/га)
6. (KAC 32 (90%) + ATS (10%)) - 100 л/га + Mixture-RKD NPK 3-18-18 (30 л/га)

### 3 – Досліди компанії “ECOORGANIC”



1. Контроль (Без добрив)
2. Фітостарт Джет 35 л/га
3. KAC 32 (100 л/га) + Фітостарт Джет 35 л/га
4. Мультистарт Соняшник 35 л/га
5. KAC 32 (100 л/га) + Мультистарт Соняшник 35 л/га

### 4 – Досліди компанії “Агропартнер”



1. Контроль (без добрив)
2. KAC-32, 100 л/га + Secofit, 20 л/га
3. KAC-32, 100 л/га + Secofit, 30 л/га
4. KAC-32, 70 л/га + Secofit, 30 л/га
5. KAC-32, 50 л/га + Secofit, 50 л/га



### 5 – Досліди компанії “Intra Crop”



### 6 – Демо гібридів соняшнику “Limagrain”



1. ЛГ50455 КЛП
2. ЛГ50550 КЛП
3. ЛГ58630 КЛ
4. ЛГ50479 СХ
5. ЛГ50689 СХ
6. ЛГ50639 СХ
7. ЛГ50475 + ЛГ50450
8. ЛГ5478 + ЛГ50510

Фон: KAC 32, 150 л/га + Quantum Diafan ACTION 3-18-18, 25 л/га

### 7 – Досліди з фоліарним підживленням “УАПГ”



7. Контроль (Без добрив)
8. KAC 32 (100 л/га) (при посіві)
9. (KAC 32 (90%) + ATS (10%)) - 100 л/га + Mixture-RKD NPK 3-18:18:0.4Zn\*·0.1Mn\*·0.05Cu\*(30 л/га) (+B\* - по 1 л/га фоліарно)
10. (KAC 32 (90%) + ATS (10%)) - 100 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0.4Zn\*·0.1Mn\*·0.05Cu\*(30 л/га) (+B\* по 1 л/га фоліарно)

### 8 – Досліди з фоліарним підживленням “ECOORGANIC”

#### Фоліарне внесенням агродроном TOPXGUN



1. Контроль (Без добрив)
2. KAC 32 (100 л/га) + Мультистарт Соняшник 35 л/га + Еколайн Бор Преміум 1,0 л/га + Еколайн фосфитний К 1,0 л/га + Еколайн Бор Органічний 1,0 л/га + Еколайн Олійний Хелати 1,5 л/га
3. KAC 32 (100 л/га) + Мультистарт Соняшник 35 л/га + Еколайн Бор Преміум 1,0 л/га + Еколайн фосфитний К 1,0 л/га + Еколайн Бор Органічний 1,0 л/га + Еколайн Олійний Хелати 1,5 л/га
4. KAC 32 (100 л/га) + Мультистарт Соняшник 35 л/га + Грос фосфіто NP 2,0 л/га + Еколайн Бор Преміум 1,0 л/га + Еколайн Фосфитний К-Аміно 2,0 л/га + Еколайн Бор Органічний 1,0 л/га



9 – KAC 32, 100 л/га + Quantum Diafan ACTION 3-18-18, 25 л/га

*Рисунок 2.1. Схематичне зображення демо-ділянок в господарстві.*

## 2.2. Ґрунтові умови господарства

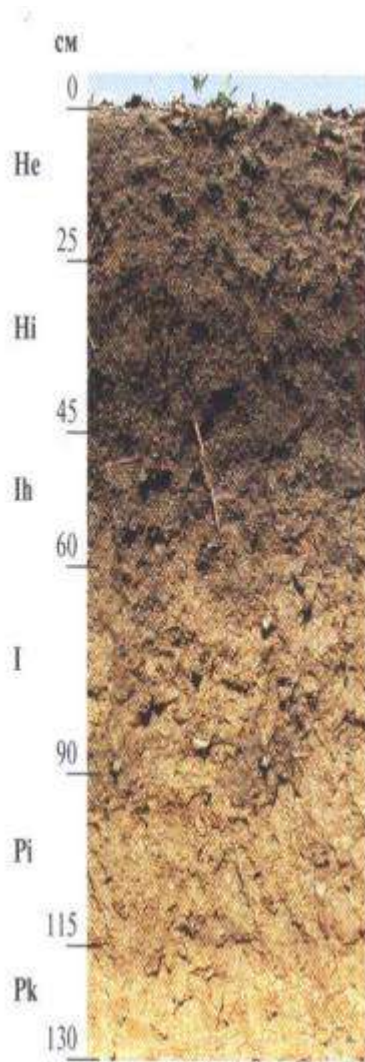
Сформувалися темно-сірі ґрунти на лесоподібних, часто слабо оглеєних відкладах суглинкового гранулометричного складу, залягають у межах вододільних плакорів і плато та їхніх схилів, плоских і слабохвилястих рівнин середнього рівня з неглибоким заляганням ґрунтових вод і водночас добре дренованих. Гіпсометрично темно-сірі опідзолені ґрунти займають нижчі рівні, порівняно з сірими лісовими ґрунтами.



*Рисунок 2.2. Карта ґрунтів Київської області*

Профіль темно-сірих опідзолених ґрунтів відрізняється від профілю сірих лісових ґрунтів більшою потужністю гумусового горизонту, інтенсивнішим його забарвленням, менше вираженою диференціацією за елювіальноілювіальним типом; у профілі менше білуватої присипки  $\text{SiO}_2$ , отож ознаки опідзолення виражені слабше, як і слабше виражені ознаки сезонного оглеєння, лесиважу й оглинення.

Опис розрізу сірого опідзоленого ґрунту (рис. 2.1):



HE 0-23 см – гумусовий, сильно елювіований, бурувато-сірий, вологий, пілувато-середньосуглинковий, неміцногрудковий, слабо ущільнений, покритий тонким шаром SiO<sub>2</sub>, перехід різкий.

I1(h) 24-43 см – ілювіальний, у верхній частині помітно гумусований, сіро-бурий, вологий, важкосуглинковий, щільний, сильно перекопаний черв'яками, грані структурних окремоостей покриті SiO<sub>2</sub>, перехід поступовий.

I2 44-89 см – ілювіальний, безгумусний, темно-бурий, важкосуглинковий, грудкувато-призматичний, дуже щільний, грані структурних окремоостей мають червоно-буре колоїдне покриття та присипку SiO<sub>2</sub>, перехід поступовий.

Pi 120-140 см – слабоілювіальний лес, жовтувато-бурий, вологий, важкосуглинковий, крупногрудкуватий з рідкими колоїдними нальотами на гранях структурних окремоостей, перехід різкий.

Pk 141-260 см – бурувато-палевий, легкосуглинковий, карбонатний лес, видимі карбонати представлені псевдоміцелієм.

### 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.

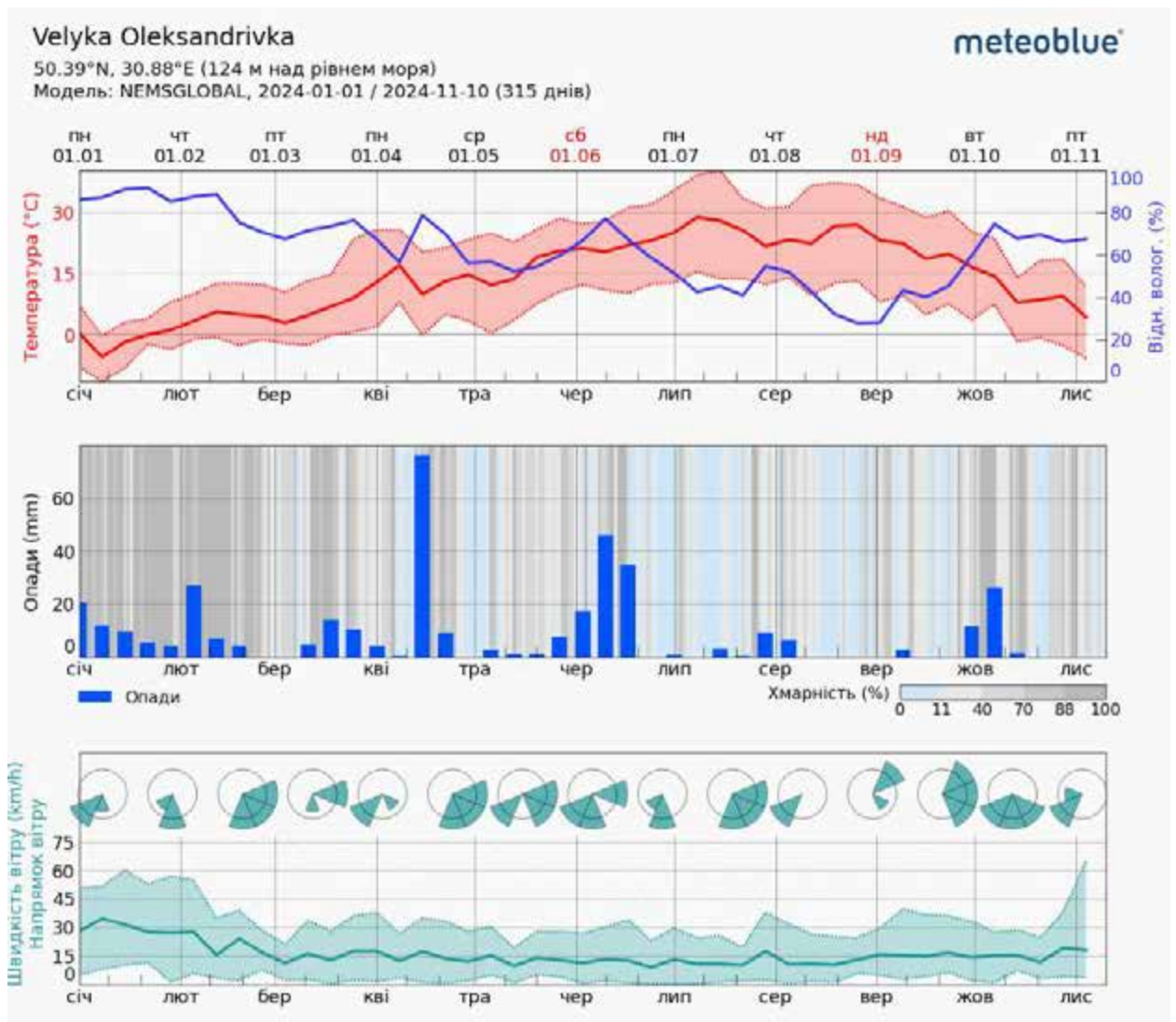


Рисунок 2.4. Показники погодніх умов у Великій Олександрівці за 2024 рік.[56]

Згідно з багаторічними спостереженнями, середня річна температура повітря становить  $+7,2^{\circ}\text{C}$ . Найвища середня температура, зафіксована в

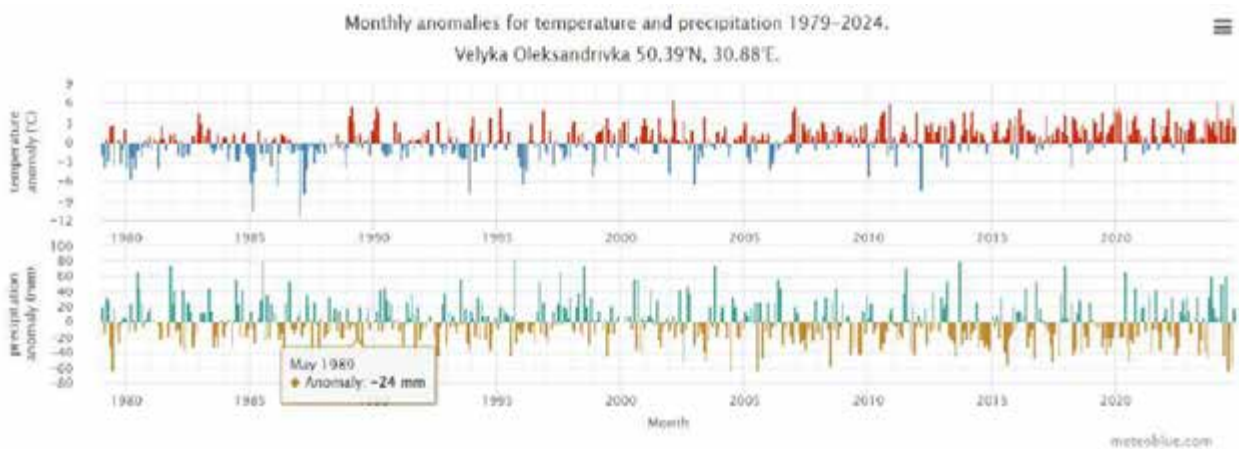
липні, досягає  $+19,2^{\circ}\text{C}$ . У теплий період року спостерігається низька відносна вологість повітря, що іноді призводить до небезпечних умов для розвитку рослин, зокрема до атмосферної посухи. Середня температура найхолоднішого місяця, січня, становить близько  $-5^{\circ}\text{C}$ . Значне зниження температури в зимові місяці викликане вторгненням арктичних повітряних мас та впливом сибірського антициклону. У деякі роки спостерігаються суворі зими, які негативно позначаються на посівах озимих культур. Сильні морози в умовах малосніжжя також можуть завдати шкоди сільськогосподарським посівам. Середня глибина промерзання ґрунту в Київській області становить 85 см, а максимальна може досягати 150 см. Середньодекадна висота снігового покриву складає 28 см, а максимальна – 75 см. За результатами багаторічних досліджень, тривалість снігового покриву становить 102 дні.

Найменша кількість опадів спостерігається взимку. У холодну пору року домінують сухі холодні вітри зі сходу та південно-сходу, які часто змінюють свій напрямок. Взимку в атмосферу проникають теплі морські повітряні маси, що викликає відлиги.

Перехід середньої добової температури через нуль до позитивних значень у 80 % випадків відбувається в межах  $\pm 10$  днів від середнього нормативного терміну (18 березня). Температура поверхні ґрунту зазвичай перевищує  $+10^{\circ}\text{C}$  вже наприкінці квітня. На цей час до земної поверхні надходить 20 % річної кількості сонячного тепла. На початку або в середині червня, коли температура перевищує  $+20^{\circ}\text{C}$ , ґрунт отримує понад 40 % річного теплового балансу. Коли температура знижується нижче  $+20^{\circ}\text{C}$  (на початку вересня), ґрунт вже засвоїв понад 80 % річної суми сонячного тепла.

Середньорічна кількість опадів у Київській області за останні сто років становить 600 мм. Основними джерелами опадів у теплий період року є вологі північно-західні та західні вітри. Найбільша місячна кількість опадів спостерігається в червні (до 239 мм) та серпні (до 223 мм), що негативно впливає на сільське господарство. Сильні дощі іноді призводять до полягання

зернових культур і підмочування скошеної трави для сіна. Літні зливи в окремих районах, особливо на схилах, можуть змивати верхній шар ґрунту, викликаючи водну ерозію. Близько двох третин зимових опадів є твердими (сніг, снігові зерна), а одна чверть – змішаними. Влітку переважають дощі, навіть у найсухіші місяці випадає не менше 4-6 мм опадів, тоді як восени ця кількість зменшується до 1 мм на місяць. Середня висота снігового покриву становить 28 см, а максимальна – 75 см. За багаторічними спостереженнями, тривалість снігового покриву складає 102 дні. Розподіл снігу є



нерівномірним, тому важливо затримувати сніг для захисту сільськогосподарських культур від вимерзання та забезпечення накопичення вологи в ґрунті.

Рисунок 2.5. Місячні аномалії температури та опадів 1979-2024р.

Показник ГТК варіює від 1 до 1.1, а сума активних температур коливається в межах 2600-2700 °С. Тривалість вегетаційного періоду становить 197 - 205 днів.

#### 2.4. Технологія вирощування кукурудзи у господарстві

Після збору соняшника, обробіток ґрунту розпочався із оранки, яка проводилася 15 грудня 2023 року. Пізніше, 21.12.2023 року проводилося дискування на глибину 5 см.

27 квітня 2024 року проводилася передпосівна культивуація. Глибина обробітку коливалася від 5-7 см.

Посів відбувався 01.05.2024 року з нормою висіву 65 тис. насінин/га. Одночасно з посівом відбувалося внесення рідких добрив з різною нормою і видовим складом.



Рисунок 2.6. Посів з одночасним внесенням добрив. Фото з дрону.

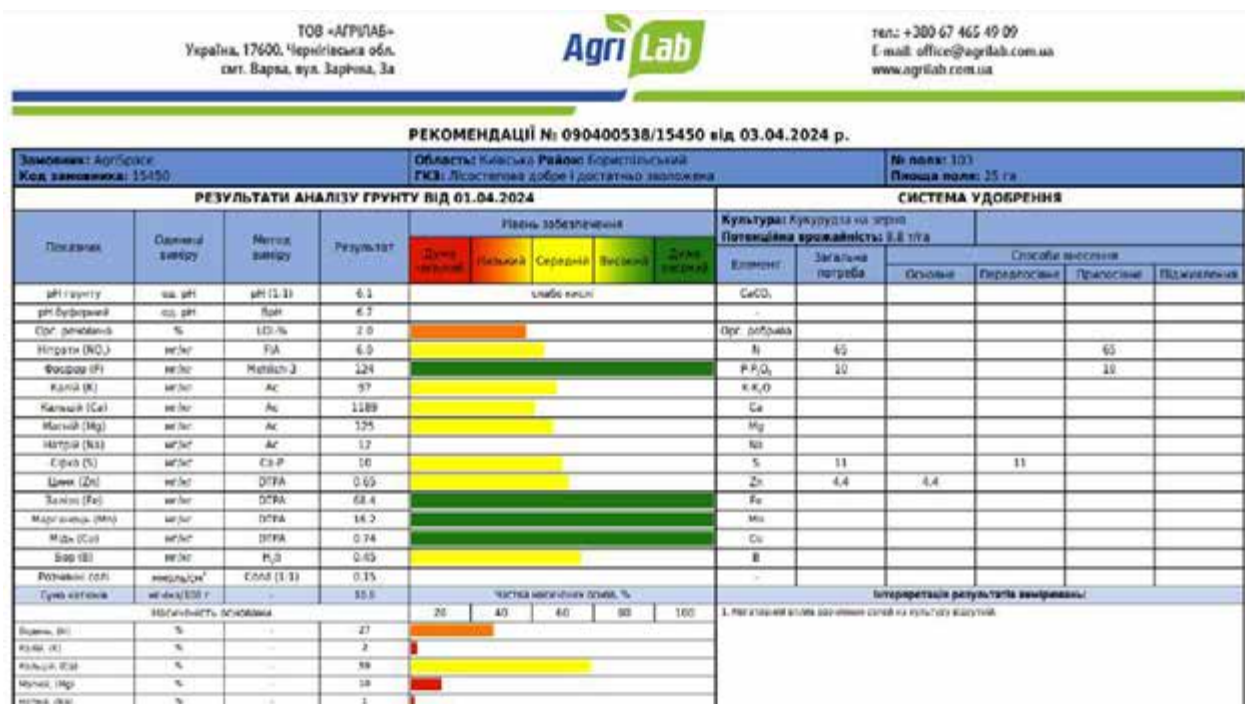
Таблиця 2.1 Перелік агрооперацій під кукурудзу.

№	Агрооперація	Дата	Назва препарату/добрива, характеристика, найменування	Норма внесення, характеристика
1	Оранка	15.12.2023	Плуг Lemken EuroDiamant 9169	30 см
2	Дискування	21.12.2023	Дискова борона UFO TZ60 SP-TP AL RS M-C	5-6 см
3	Передпосівна культивуація	27.04.2024	Культиватор CASE IH Tiger-Mate 255	5-7 см
4	Посів з одночасним	01.05.2024	Сівалка Precision Planting	3 см

	внесенням добрив			
5	Внесення ЗЗР	26.05.2024	Пріма Форте	0,5 л
			Мілагро	1,25 л

Система захисту рослин складається із внесення страхового гербіциду Пріма Форте (2,4-Д(у формі етилгексилового ефіру в кислотному еквіваленті), 180 г/л +амінопіралід, 10 г/л +флорасулам, 5 г/л) в поєднанні з грамніцидом Мілагро (нікосульфурон, 40 г/л). Дата проведення обробки 26 травня 2024 року. Норми витрати препаратів 0.5 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 отримало результати (рис.2.7).

Рисунок 2.7. Результати аналізу ґрунту.

Можемо спостерігати, що вміст органічної речовини знаходиться на низькому рівні забезпечення. Є дефіцит К, Mg, Na. На низькому рівні знаходиться Водень.

## 2.6. Методика проведення досліджень

Дослід проводиться на полігоні №3 від компанії УАПГ.

Схема дослід (табл.2.1) складається із дев'яти варіантів , проща дослід становить 1 га.

Дослідні ділянки формувалися при посіві культури.

Таблиця 2.2. Схема дослід, внесення локально при посіві.

№	Варіант дослід
1	Контроль
2	КАС-32 - 150 л/га
3	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га
4	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)
5	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га
6	КАС-32 = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)
7	КАС-32 (80%) + ATS (20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)
8	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (1%) = 150 л/га
9	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + Zn*(2%) = 150 л/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 і температури ґрунту , відбувалося за допомогою прилада НН2 від фірми DELTA-T.

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 2024 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

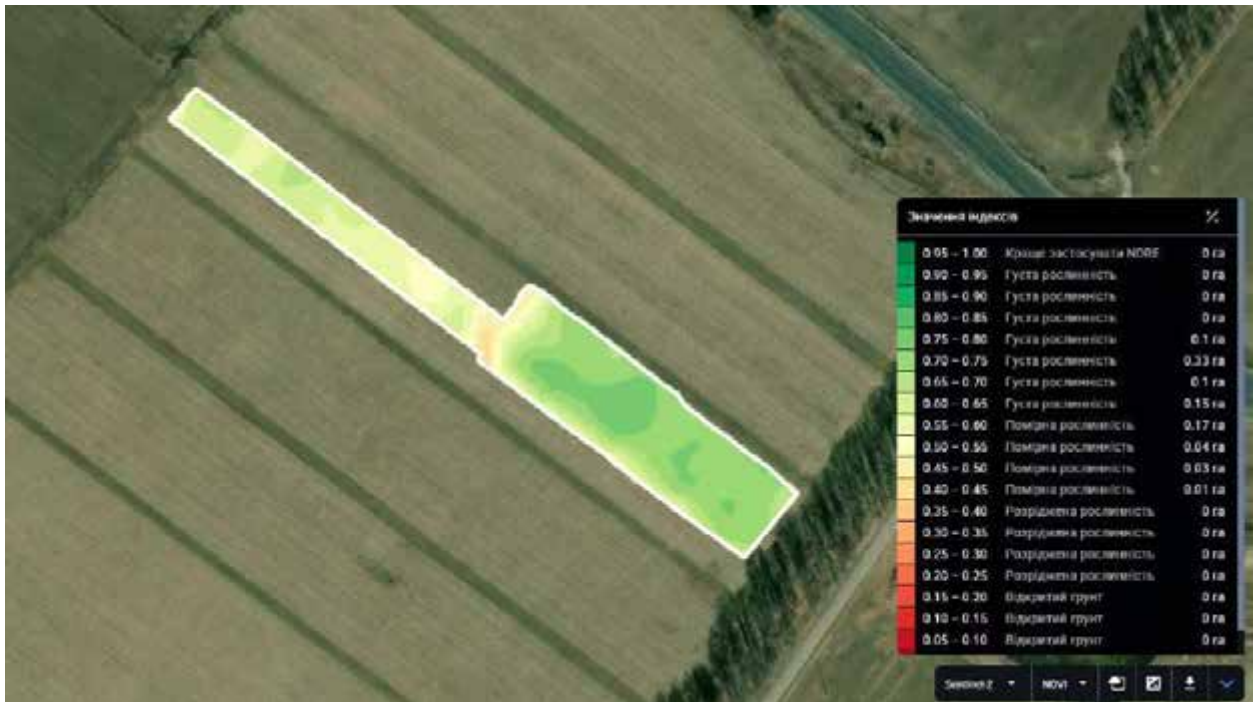


Рисунок 3.1. Вегетаційний індекс NDVI кукурудзи на стадії BBCH 19-20

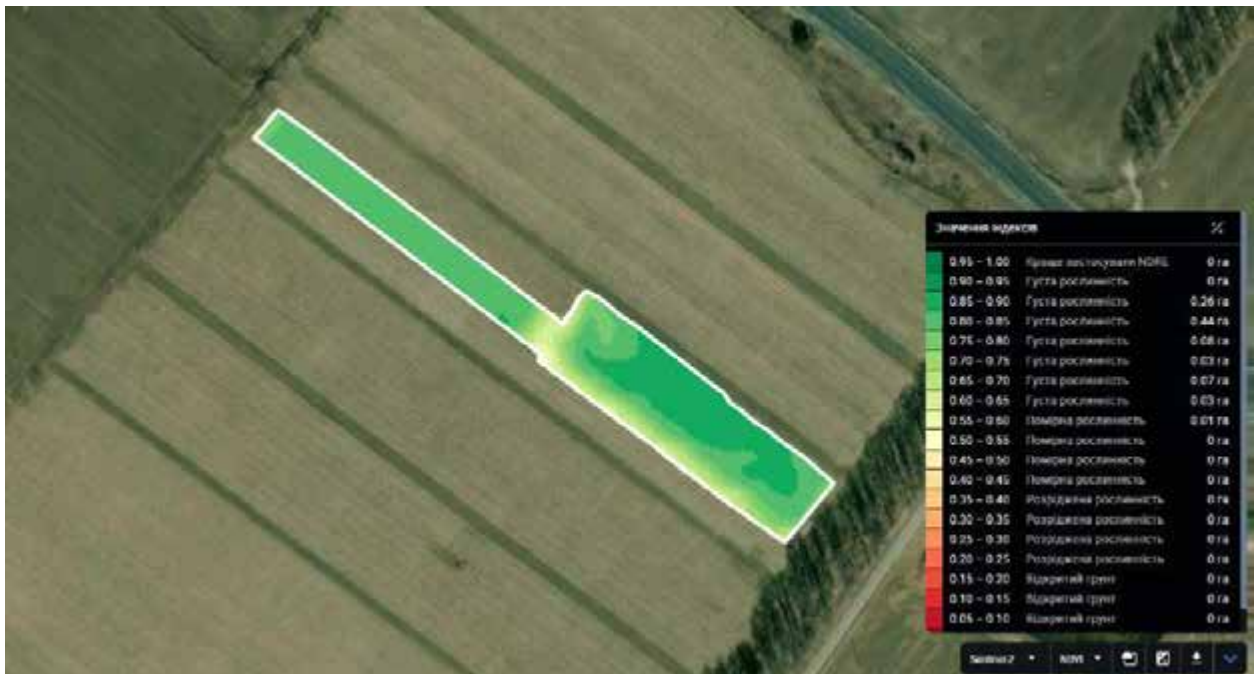


Рисунок 3.2. Вегетаційний індекс NDVI кукурудзи на стадії BBCH 45-46

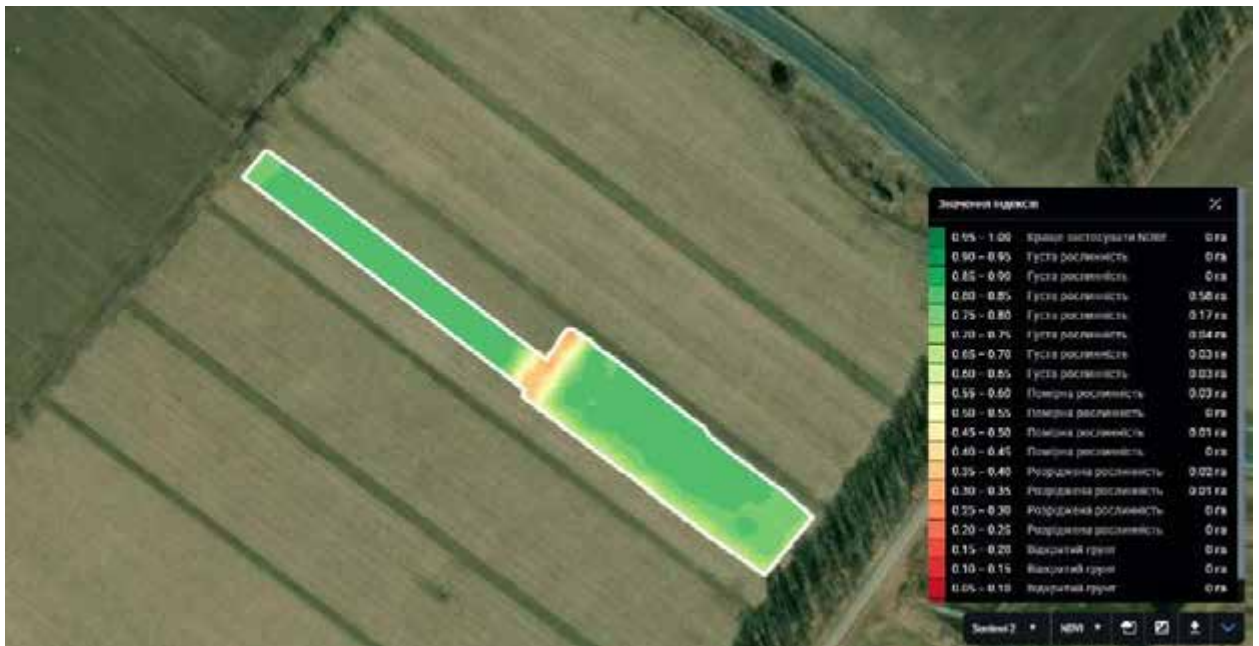


Рисунок 3.3. *Вегетаційний індекс NDVI кукурудзи на стадії BBCH 85-86*

Моніторинг вегетаційного індексу NDVI дозволив простежити за динамікою росту і розвитку кукурудзи протягом вегетаційного періоду.

Проаналізувавши рисунок 3.1. , який був сформований 15.06.2024. індекс коливався в діапазоні 0,6-0,8 (густа рослинність ).

03.07.2024 року (рис. 3.2) , на ділянці Контроль (без добрив) показник відповідає 0,6-0,7. В інших варіантах діапазон коливається 0,8-0,9.

Станом на 20.07.2024 року, який показано на рисунку 3.3 індекс дорівнював 0.7-0.9 , що відповідає густій рослинності.

### 3.2.Знімки за допомогою дрона

Для порівняння варіантів дослідження було проведено серію знімків з використанням дрона DJI Mavic Air 2. Висота зйомки становила приблизно 100 метрів.

В результаті, ми отримали зображення (рис. 3.4-3.5) , на якому всі варіанти, окрім варіанту «Контроль. Без добрив» , мають однакове забарвлення. Це вказує на позитивну реакцію рослин на внесення добрив.



*Рисунок 3.4 Знімок 1-7 варіантів дослід з дрону 5 липня 2024 року*

*Рисунок 3.5 Знімок 8-9 варіантів дослід з дрону 5 липня 2024 року*

### **3.3 Вологість темно-сірого лісового 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 величини наземної маси кукурудзи, що, в свою чергу, виступає бар'єром між сонячними променями і ґрунтом.

Вимірювання температури було проведено приладом НН2 від фірми DELTA-T.

*Таблиця 1.1 Вологість темно-сірого лісового ґрунту ., %*

№	Варіант досліджу	Шар ґрунту, см	Фаза росту і розвитку ВВСН	
			45-46	85-86
1	Контроль	0-20	4,7	1,1
2	КАС-32 - 150 л/га	0-20	5,5	2,3
3	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га	0-20	4,0	3,0
4	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	0-20	5,1	4,2
5	КАС-32 (80%) + АТС (20%) = 150 л/га	0-20	4,5	5,1
6	КАС-32 = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	0-20	4,9	3,9
7	КАС-32 (80%) + АТС (20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	0-20	6,8	4,3
8	КАС-32 (80%) + АТС (20%) + Zn(NO3)2 (1%) = 150 л/га	0-20	5,5	4,1

9	КАС-32 (80%) + АТС (20%) + Zn*(2%) = 150 л/га	0-20	5,1	4,3
---	--	------	-----	-----

Слід звернути увагу, що вологість ґрунту становила 4,0 і 4,5 % у варіантах із композицією КАС + АТС. У варіантах, де поєднувався чистий КАС і КАС (90%) із АТС (10%) і стартовими рідкими добривами вологість ґрунту становила 4,9 і 5,1%. Тоді як максимальна вологість була 6,8% у варіанті із поєднанням із стартовими РКД композиції КАС-32 (80%) + АТС (20%). У варіантах, де у КАС вводився цинк була 5,1% за використання хелату, 5,5% за використання нітрату.

### 3.4 Температура темно-сірого лісового ґрунту

Температурний режим є одним з ключових факторів, що впливають на мікробіологічні процеси в ґрунті та, відповідно, на ефективність добрив. Оптимальна температура для більшості ґрунтових бактерій становить 26-35°C, проте існують як холодолюбні, так і термофільні види.

Зміна температури впливає на швидкість біохімічних реакцій, таких як мінералізація органічної речовини, нітрифікація та іммобілізація азоту, що безпосередньо впливає на доступність поживних речовин для рослин. Крім того, температура впливає на фізичні властивості ґрунту, такі як в'язкість, пористість і капілярність, що впливає на рухливість води та поживних речовин у ґрунтового профілі.

Дані отримані після вимілювання вологи наведені в таблиці 3.2. В першому випадку в період фари розвитку ВВСН 45-46, температура коливається в діапазоні 31,3-34,6°C.

У фазі ВВСН 85-86 спостерігається коливання від 34,4°C і доходить до 36°C.

*Таблиця 2.2 Температура темно-сірого лісового ґрунту ., °C*

№	Варіант досліджу	Шар	Фаза росту і розвитку
---	------------------	-----	-----------------------

		грунту, см	ВВСН	
			45-46	85-86
1	Контроль	0-20	34,1	35,5
2	КАС-32 - 150 л/га	0-20	33,0	34,4
3	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га	0-20	33,7	35,1
4	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	0-20	34,0	36,0
5	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га	0-20	33,9	35,4
6	КАС-32 = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	0-20	34,6	35,6
7	КАС-32 (80%) + ATS (20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	0-20	33,9	34,5
8	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (1%) = 150 л/га	0-20	33,0	35,1
9	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + Zn*(2%) = 150 л/га	0-20	31,3	35,4

### 3.5 Вміст сухої речовини в кукурудзі

Використання добрив знижує витрати води для утворення сухої речовини. Ранній розвиток в подальшому зменшує випаровування вологи в ґрунту.

Якісний і кількісний склад сухої речовини визначає врожайність та якість отриманої продукції.

Таблиця 3.3. Вміст сухої речовини листі та стеблі кукурудзи, %

№	Варіант досліджу	Орган рослини	Фаза росту і розвитку
---	------------------	---------------	-----------------------

			ВВСН
			45-46
1	Контроль	Стебло	12,6
		Листок	27,7
2	КАС-32 - 150 л/га	Стебло	11,8
		Листок	23,5
3	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га	Стебло	12,0
		Листок	25,3
4	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	Стебло	11,7
		Листок	27,0
5	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га	Стебло	13,3
		Листок	23,3
6	КАС-32 = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	Стебло	12,5
		Листок	26,2
7	АС-32 (80%) + АТС (20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	Стебло	12,5
		Листок	25,6
8	КАС-32 (80%) + АТС (20%) + Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (1%) = 150 л/га	Стебло	13,1
		Листок	25,3
9	КАС-32 (80%) + АТС (20%) + Zn*(2%) = 150 л/га	Стебло	13,9
		Листок	25,3

Дослідження показують(табл.3.3), що застосування різних складів, зокрема з додаванням амонійного сульфату (АТС), мікроелементів (цинк, мідь, марганець), а також різних концентрацій азотно-сірчаних сумішей (КАС), може суттєво впливати на обсяг накопиченої сухої речовини. У порівнянні з контрольними зразками, більшість варіантів обробки демонструють вищий або аналогічний рівень сухої речовини, що свідчить про позитивний вплив добрив на ріст і розвиток рослин.

Ефективність використання добрив чітко проявляється у порівнянні з контрольним варіантом, який мав найнижчі показники. Збалансоване живлення у фазі ВВСН 45–46 сприяє активному накопиченню сухої речовини, що впливає на продуктивність кукурудзи. Застосування мікроелементів, таких як Mn, Zn і Cu, значно покращує показники. Результати дослідження свідчать про доцільність використання комплексних добрив для забезпечення високої врожайності.

### **3.6 Біометричні показники кукурудзи**

Висота рослин у різних варіантах коливається (табл.3.4) від 45 см до 123 см, а довжина кореневої системи – від 223 см до 276 см, що вказує на вплив специфічних підживлювальних комбінацій на загальний розвиток рослин.

Контрольний варіант демонструє базові показники без додаткового підживлення, що дозволяє порівнювати його з іншими результатами. У другому варіанті, де застосовували лише КАС-32 у дозі 150 л/га, висота рослин досягає 95 см, а довжина кореневої системи становить 294 см, що свідчить про значний приріст у порівнянні з контрольним варіантом. У третьому варіанті, при додаванні АТС до КАС-32, висота рослин зростає до 103 см, а довжина кореневої системи залишається на рівні 294 см.

Четвертий варіант передбачає комплексне підживлення з використанням КАС-32, АТС та добрива Мixture-RKD з мікроелементами, що призводить до збільшення висоти рослин до 116 см і довжини кореневої системи до 299 см. Це свідчить про позитивний вплив додаткових мікроелементів на ріст як надземної частини рослин, так і кореневої системи.

П'ятий і шостий варіанти також містять КАС-32 з АТС, але в шостому варіанті додано комплекс мікроелементів, що підвищує висоту до 123 см і довжину коренів до 276 см. Сьомий варіант знову поєднує КАС-32, АТС та

Mixture-RKD, що забезпечує стабільні показники висоти (119 см) та довжини кореневої системи (280 см).

У восьмому та дев'ятому варіантах, де використано цинк у різних концентраціях, висота рослин становить 98 см і 112 см відповідно, а довжина кореневої системи – 270 см і 275 см. Ці дані свідчать про різноманітний вплив мікроелементів на ріст кукурудзи, що відображається в різних характеристиках кореневої системи та надземної частини рослини.

Таблиця 3.4. Біометричні показники кукурудзи

№	Варіант дослідження	Показник	Фаза росту і розвитку ВВСН	
			12-13	45-46
1	Контроль	Висота, см	45	223
		Довжина кореневої системи, см	13	30
2	КАС-32 - 150 л/га	Висота, см	95	294
		Довжина кореневої системи, см	18	29
3	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га	Висота, см	105	294
		Довжина кореневої системи, см	19	31
4	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га + Мixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	Висота, см	116	297
		Довжина кореневої системи, см	22	28
5	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га	Висота, см	104	283
		Довжина кореневої системи, см	18	33
6	КАС-32 = 150 л/га + Мixture-	Висота, см	123	276

	RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	Довжина кориневої системи, см	15	27
7	КАС-32 (80%) + ATS (20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	Висота, см	134	287
		Довжина кориневої системи, см	17	30
8	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (1%) = 150 л/га	Висота, см	59	275
		Довжина кориневої системи, см	16	35
9	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + Zn*(2%) = 150 л/га	Висота, см	45	270
		Довжина кориневої системи, см	15	32

### 3.7 Площа листкової поверхні кукурудзи

Площа листкової поверхні кукурудзи (табл.3.5) в різних варіантах обробки на стадіях росту ВВСН 45-46 та ВВСН 85-86. Контрольний варіант демонструє площу листкової поверхні 4120 см<sup>2</sup> у фазі ВВСН 45-46 та 1780 см<sup>2</sup> у фазі ВВСН 85-86, що значно нижче, ніж у оброблених варіантах.

У всіх інших варіантах, зокрема з використанням КАС-32, ATS та різних мікроелементів (цинк, мідь, марганець), площа листкової поверхні значно перевищує контрольний варіант в обох фазах росту. У варіантах 3, 4 та 5 площа листків у фазі ВВСН 45-46 коливається від 30588 до 32336 см<sup>2</sup>. Схожа тенденція спостерігається і в фазі ВВСН 85-86, де площа листкової поверхні в оброблених варіантах також вища за контроль.

Слід зазначити, що між обробленими варіантами немає істотних відмінностей у площі листкової поверхні, оскільки значення для кожного з них залишаються на схожому рівні в обох фазах розвитку.

Таблиця 3.5. Площа листової поверхні кукурудзи впродовж вегетації

	Варіант досліджу	Фаза росту і розвитку ВВСН	
		45-46	85-86
1	Контроль	4120	1780
		23143	10324
2	КАС-32 - 150 л/га	5020	2560
		29116	14848
3	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га	5058	2581
		29336	14969
4	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	5233	2970
		30351	17226
5	КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га	5086	2501
		29498	14505
6	КАС-32 = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	4876	2314
		28208	13421
7	КАС-32 (80%) + АТС (20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	5236	2980
		30368	17284
8	КАС-32 (80%) + АТС (20%) + Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (1%) = 150 л/га	5329	3112
		30908	18049
9	КАС-32 (80%) + АТС (20%) + Zn*(2%) = 150 л/га	5195	2814
		30131	16321



*Рисунок 3.6. Порівняння площі листкової поверхні між варіантами у фазу BBCH 85-86.*

Нижче, на рисунку 3.6 можемо спостерігати візуальну різницю між листками з одного ярусу рослини, відібраної у фазу росту і розвитку BBCH 85-86. Візуально, ми можемо спостерігати різницю порівняно з контролем. Найбільшу площу листка, можна спостерігати у варіантах 3,4,8 і 10. Найкраще себе показав варіант №3 (КАС-32 (90%) + АТС (10%) = 150 л/га)

### **3.8 Ефективність локального підживлення кукурудзи**

В таблиці 3.6 наведена структура врожаю та показники врожайності кукурудзи на насіння 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.

Контрольний варіант, в якому підживлення не проводилося, продемонстрував найнижчу врожайність — 8,8 т/га. При цьому маса 1000 зерен становила 315 г, а довжина початка — 16,2 см. Це свідчить про обмеженість потенціалу врожайності без додаткового підживлення.

Найвищий рівень врожайності (15,3 т/га) був зафіксований у варіанті №4, де застосовували КАС-32 (90%) у поєднанні з АТС (10%) та комплексне добриво Mixture-RKD NPK 6:24:6,0,2 з мікроелементами Zn, Mn, Cu. Це забезпечило приріст врожайності на 73,8% у порівнянні з контрольним варіантом. Інші варіанти, що включали АТС, мікроелементи та КАС-32, також позитивно вплинули на врожайність. Наприклад, варіант №7, в якому використовували КАС-32 (80%) разом з АТС (20%) та мікроелементами, забезпечив урожайність 14,4 т/га, що становить приріст 68,1%.

Варіанти з нижчою концентрацією добрив або без мікроелементів продемонстрували помірний приріст урожайності. Наприклад, варіант №5 показав урожайність 11,0 т/га з приростом 25%.

Загалом, комбінація КАС-32 з АТС та комплексом мікроелементів значно підвищує показники врожайності, довжину початка, масу зерен та інші агрономічні характеристики.

Таблиця 3.6. 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	Урожайність, т/га	Приріст урожайності, %
1	Контроль	16,2	14,8	38,2	565,3	315	8,8	-
2	КАС-32 - 150 л/га	17,6	15,6	39,8	620,8	325	11,2	27,2
3	КАС-32 (90%) + АТS (10%) = 150 л/га	18,2	15,6	39	608,4	282	11,4	29,5
4	КАС-32 (90%) + АТS (10%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	20,9	16	42,8	684,8	417	15,3	73,8
5	КАС-32 (90%) + АТS (10%) = 150 л/га	18,6	16	41	656	306	11,0	25
6	КАС-32 = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	19,6	16,4	41,4	678,9	388	14,4	63,6
7	КАС-32 (80%) + АТS (20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	19,8	16,4	41,4	678,9	392	14,8	68,1

8	КАС-32 (80%) + АТС (20%) + Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (1%) = 150 л/га	17,7	17,2	40,8	701,7	284	11,5	30,6
9	КАС-32 (80%) + АТС (20%) + Zn*(2%) = 150 л/га	17,8	16,8	40	672	329	12,1	37,5



*Рисунок 3.7. Початки кукурудзи з усіх варіантів дослідження.*

### **3.9 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.

*Таблиця 3.. Показники якості зерна кукурудзи*

№	Варіант дослідю	Показник
---	-----------------	----------

		Вологість, %	Вміст жиру, %	Білок, %	Крохмаль, %
1	Контроль	13.1	4.2	7.2	70.3
2	КАС-32 - 150 л/га	12.7	4.3	8.2	69.8
3	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га	11.7	4.1	11.7	69.8
4	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га + Mixture- RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	13.7	4.5	10.2	68.6
5	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га	11.2	4.3	8.1	70.1
6	КАС-32 = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	13.9	4.7	9.8	68.8
7	КАС-32 (80%) + ATS (20%) = 150 л/га + Mixture- RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	12.6	4.6	9.8	68.6
8	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (1%) = 150 л/га	12.3	4.3	7.8	69.1
9	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + Zn*(2%) = 150 л/га	11.5	4.4	9.5	69.9

За результатами дослідження після проведення якості зерна кукурудзи, можна зробити висновок, що найнижча вологість зерна спостерігається у варіантах з додаванням ATS до КАС-32. Найвищий вміст білку спостерігався у варіанті 3 і 4. При додаванні Mixture-RKD NPK, спостерігається підвищення вмісту жиру. Показники вмісту крохмалю, не мають великої розбіжності і коливаються в межах 68-70%. В цілому, поєднання КАС-32 з

ATS 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 ATS (10%) знизило вологість до 11.7% (мінімальний показник) і підвищило вміст білка до 11.7%, але жир зменшився до 4.1%.

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

Додавання цинковмісного добрива  $Zn(NO_3)_2$  (1–2%) до КАС-32 + ATS забезпечило стабільне підвищення білка (до 11.3–11.5%) і жиру (4.5%), демонструючи ефективність цинку у покращенні якості зерна.

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

Основне завдання для будь якого сільськогосподарського виробництва є за мінімально-технічних затрат отримати максимальну кількість продукції на одиницю площі. Економічна ефективність полягає в порівнянні затрат праці з досягнутим ефектом.

Розрахунок економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно при застосуванні ресурсозберігаючих технології, а саме локалізація внесення добрив при посіві.

Шляхом економічних розрахунків можна визначити, наскільки ефективним є локальне внесення добрив, та чи виправдовують такі витрати отриманий приріст врожаю.

Контрольний варіант (без підживлення) продемонстрував найнижчі показники урожайності (8,8 т/га) та рентабельності (39,3%), що свідчить про неефективність відсутності добрив. Найвищу урожайність (15,3 т/га), чистий прибуток (12785 грн/га) та рентабельність (82,4%) продемонстрував варіант №4, в якому використовували КАС-32 (90%) разом з АТS (10%) та комплексне добриво Mixture-RKD NPK 6:24:6 з мікроелементами Zn, Mn, Cu. Це підтверджує високу економічну доцільність такого підходу. Інші варіанти з різними дозами та комбінаціями добрив також сприяють підвищенню урожайності (від 11 до 14,4 т/га), проте рентабельність залишається на помірному рівні (41,2%–55,7%).

*Таблиця 4.1. Економічна ефективність вирощування кукурудзи на насіння в різних зонах продуктивності поля*

№	Варіант дослідження	Урожайність, т/га	Вартість врожаю, грн	Загальні витрати, грн/га	Дохід, грн	Рентабельність, %	Окупність 1 грн затрат, грн
1	Контроль	8,8	16280	11750	4530	38.6	0.39
2	КАС-32 - 150 л/га	11,2	20720	13750	6970	50.7	0.51
3	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га	11,4	21090	14327	6763	47.2	0.47
4	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	15,3	28305	15520	12785	82.4	0.82
5	КАС-32 = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	11,0	20350	15463	5922	41.6	0.41
6	КАС-32 (80%) + ATS (20%) = 150 л/га	14,4	26640	14428	12212	84.6	0.85
7	КАС-32 (80%) + ATS (20%) = 150 л/га + Mixture-RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	14,8	27380	12943	14437	111.2	1.12
8	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (1%) = 150 л/га	11,5	21275	14739	6536	44.3	0.44
9	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + Zn*(2%) = 150 л/га	12,1	22385	15050	7335	48.7	0.49



Таблиця 4.2. Прибуток від локального підживлення кукурудзи на зерно.

№	Варіант дослідження	Приріст врожайності, т/га	Вартість приросту врожайності, грн	Частка вартості підживлення в загальній технології, %	Прибуток від підживлення, грн/га	Рентабельність застосування, %
1	КАС-32 - 150 л/га	2,4	2520	14,5	4070	161,5
2	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га	2,6	2577	17,9	4810	186,7
3	КАС-32 (90%) + ATS (10%) = 150 л/га + Mixture- RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	6,5	3770	24,2	12025	319,0
4	КАС-32 = 150 л/га + Mixture- RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	2,2	3713	24,0	4070	109,6
5	КАС-32 (80%) + ATS (20%) = 150 л/га	5,6	2678	18,5	10360	167,1
6	КАС-32 (80%) + ATS (20%) = 150 л/га + Mixture- RKD NPK 6:24:6:0,2 Zn*:0,1 Mn* : 0,05 Cu*(25л/га)	6	1193	19,2	11100	930,4
7	КАС-32 (80%) + ATS (20%) +	2,7	2989	20,2	4995	167,1

	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (1%) = 150 л/га					
8	КАС-32 (80%) + ATS (20%) + Zn*(2%) = 150 л/га	3,3	3300	21,9	6105	185

На основі таблиці 4.2 можна зробити висновок, що рентабельність вирощування кукурудзи на зерно значною мірою залежить від вибраного варіанту підживлення. Найвищу рентабельність продемонстрував варіант 6 (201,4%), в якому використовувалося підживлення КАС-32 (80%) з ATS (20%) та комплекс добрив Mixture-RKD: NPK 6:24:6,0,2 з додатковими елементами цинку і міді. Цей варіант забезпечив найбільший економічний ефект завдяки підвищенню урожайності та ефективності витрат. Інші варіанти, хоча й давали значний приріст урожайності, мали значно нижчу рентабельність. Отже, можна стверджувати, що комбінація добрив КАС-32 з ATS та спеціальними мікроелементами є найвигіднішою для досягнення високих економічних показників.

## ВИСНОВКИ

Адаптація сільського господарства до сучасних та майбутніх змін клімату сьогодні має вирішальне значення.

На основі проведених узагальнень можна зробити наступні висновки:

1. Застосовуючи дані супутникового моніторингу та індекс NDVI, можна визначити зони з різними рівнями розвитку рослин на одному полі.
2. Локальне внесення добрив показало на скільки збільшилася біомаса, висота рослин кукурудзи.
3. Застосування добрив при посіві сприяло формуванню вищої врожайності. Найкращі результати було отримано в 4 варіанті КАС-32 (90%) + ATS (10%) у нормі 150 л/га +Mixture-RKD.NPK 6:24:6:0,2 Zn\*:0,1 Mn\*:0,05 Cu\*(25л/га)), де урожайність становила 15,6 т/га із вмістом білка 10,2%, рентабельністю вирощування 82,4%.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Господаренко Г. Удобрення кукурудзи. Агробізнес сьогодні. 2010. №10(185), травень. С. 18-19.
2. Марчук І. Живлення та оптимальне удобрення кукурудзи. Пропозиція. 2010. №4. С. 74-77.
3. Бендер Р.Р., Хаегеле Дж.В., Руффо М.Л. и Белоу Ф.Е. Динамика поглощення елементів питания сучасними гібридами кукурузи. Агроном. 2015. №1(47), лютий. С. 122-128.
4. Адаменко С., Костюшко І. Управління мінеральним живленням кукурудзи. Зерно. 2014. №3(96). С. 96-97.
5. Удовенко А.И. Особенности орошения кукурузы. Агроном (журнал). 2015. № 4(50) листопад. С. 88-92.
6. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерно-виробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.
7. Кутолей Д. Інновації від «Реакому». Агроном. 2014. № 1(43), лютий. С. 28.
8. Санін В. Позакореневе підживлення кукурудзи мікродобривами. Пропозиція (інформаційний щомісячник). 2011. № 5. С. 62-63.
9. Санін Ю.В. Листкове підживлення мікродобривами «басфоліар», «Адоб макро + мікро» та «солю» – високорентабельний елемент технології вирощування соняшнику, кукурудзи, сої та інших культур. Агроном. 2013. № 2(40), травень. С. 36-39.
10. Третьяков Н.Н., Шкурнела И.А. Справочник кукурузовода. М.: Россельхозиздат, 1979. 190 с.
11. Крамарев С.М., Красненков С.В., Леринец Ф.А., Коцюбан А.И. Влияние погодных условий, предшественников, основной обработки почвы, доз, сроков и способов внесения удобрения на продуктивность и содержание белка в зерне кукурузы в условиях степной зоны Украины. Корми і кормовиробництво міжвідомчий тематичний науковий збірник. Вінниця, 2008. №62. С. 197-203.

12. Жан-Поль Рену. Возделывание кукурузы на поливе. Агроном. 2015. №2(48), травень. С. 146-150
13. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.
14. В'ялий С.О. Косолап М.П., Кротінов О.П. Протибур'янова конкурентна здатність кукурудзи за різних систем землеробства. Таврійський науковий вісник. 2007. №52. С. 155-159.
15. Надь Янош. Кукуруза. Вінниця.: ФОП Д.Ю. Корзун, 2012. 580 с
16. Ключко П.Ф., Чиканчи И.П., Иванов Г.И. Как выращивать кукурузу по индустриальной технологии. Одесса: Маяк. 1982. 80 с.
17. Ківер В.Х., Пікуш Г.Р., Куниця В.М., Демішев Л. Ф. Програмування врожаю кукурудзи та озимої пшениці на зрошуваних землях. К.: Урожай. 1990. 136 с.
18. Бойко П., Коваленко Н. Традиційно й по «нулю». Farmer (the Ukrainian). 2017. №3(87), березень. С. 14-16.
19. Циков В.С., Матюха Л.А. Интенсивная технология возделывания кукурузы. М.: ВО «Агропромиздат», 1989. 247 с.
20. Слухай С.И. Водный режим и минеральное питание кукурузы. К.: Наукова дума, 1974. 248 с.
21. Пастернак В. Елементи мінерального живлення рослин. 2015, УкрАгроРесурс. 30 с.
22. Клименко П.Д., Сикан Л.З. Индустриальная технология возделывания кукурузы на зерно. К.: Вища школа. 1986. 40 с.
23. Синтия Грант (Cynthia Grant). Влияние удобрений на окружающую среду и безопасность пищевых продуктов. Зерно. 2015. №6(111). С. 102-107
24. Ярошко М., др. Ханса-Георга. Значення фосфору у живленні сільськогосподарських культур. Агроном. 2013. № 3. С. 30-32.
25. Крамарьов С. Живлення через листок. Farmer. 2013. № 5. С. 38-40.
26. Дудка М., Черчель В. Позакореневе підживлення: необхідність чи альтернатива? Пропозиція (інформаційний щомісячник). 2014. №6. С. 64-69.

27. Жатов О.Г., Троценко В.І., Жатова Г.О. Способи підвищення якості насіння при зберіганні в передпосівний період. Вісник Сумський національний аграрний університет. 2005. №12(11). С. 36-39.
28. Шелганов И.И., Воронин А.Н. Особенности минерального питания кукурузы. Кукуруза и сорго. 2008. № 4. С. 10-11.
29. Мовсесян Д.Н., Драчова Н.І. Особливості мінерального живлення кукурудзи. Перлини степового краю. Матеріали другої регіональної науковопрактичної агроекологічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. Миколаїв, 2009 (4-6 листопада). С. 119-123.
30. Павлов А.Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. М.: Издательство Наука, 1967. 340 с.
31. Адиньев Э.Д. Возделывание кукурузы при орошении. М.: ВО «Агропромиздат», 1988. 276 с.
32. Коренева Г.В., Гатаулина Г.Г., Зинченко А.И. и др. Интенсивные технологии возделывания сельско-хозяйственных культур. / Под ред. Г.В. Коренева. М.: Агропромиздат, 1988. 301 с.
33. Лихочвор В.В., Демчишин А.М. У сучасних технологіях – особлива увага Магнію. Famer the Ukrainian. 2016. №1(73) січень. С. 36-39.
34. Долманов О.М. Сучасні мікродобрива та інокулянти від ТОВ НВФ «Агро світ». Зерно. 2015. №3(108). С. 194.-195.
35. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.
36. Радченко Л.А., Женченко К.Г. Популярно о микроминеральных удобрениях. Агроном. 2012. № 2(36). С. 26-28.
37. Вильфрид Цорн. Диагностика симптомов истощения. Агроном. 2015. №2(48), травень. С. 40-48.
38. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.

39. Хит О. Фотосинтез (Физиологические аспекты). Перевод с английского Г.С. Гришиной, А.Н. Крупенко, М.К. Николаевой. Под. ред. Л.Н. Белла. М.: Издательство «Мир», 1972. 324 с.
40. Циков В.С. Довідник кукурудзозвода. К.: Урожай, 1986. 232 с.
41. Городній М.М. Присташ І.В., Скрипка О.С., Овчинка В.В. Оптимізація живлення та удобрення кукурудзи на зерно. Науковий вісник національного аграрного університету. Київ, 2005. №84. С. 207-212.
42. Гоголев А.І., Черкашена Г.В. Вплив рН на засвоєння бору рослинами. Агроном. 2013. № 2(40), травень. С. 36-39.
43. Власюк П.А., Каракис К.Д., Рудакова Э.В. Влияние отдельных предшественников ИУК на ее ферментативный синтез в ранние периоды цинковой недостаточности у кукурузы. Физиология и биохимия культурных растений. 1973. Т. 5, №6. С. 13-19.
44. Корчагіна І. Польовий раціон для кукурудзи. Agroexpert: практичний посібник аграрія. 2011. № 5. С. 14-17.
45. Паламарчук В.Д., Климчук О.В., Поліщук І.С., Колісник О.М., Борівський А.Ф. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур: Навчальний посібник. Вінниця, 2010. 680 с.
46. Коваленко О.А., Ковбель А.І. Вплив елементів живлення на стресовий стан польових культур. Агроном. 2013. № 2(40), травень. С. 24-27.
47. Skliar O., Boltianska N. Basic methods of preparation of organic fertilizer from quail manure. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: мат. III Міжнар. наук.- практ. інт.-конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2021 С. 168–171.
48. Luo, J. et al. Application of bio-organic fertilizer significantly affected fungal diversity of soils. Soil Science Society of America Journal 74, 2039 (2010)
49. Misselbrook T., Bittman S., Cordovil C., Rees B., Sylvester-Bradley R., Olesen J., Vallejo A. Field application of organic and inorganic fertilizers and manure. Discussion at the workshop on integrated sustainable nitrogen management, Brussels 30 September – 1 October 2019.

50. Лісовал А. П., Макаренко В. М., Кравченко С. М. Система застосування добрив. К.: Вища школа, 2002. 317 с.

51 Інноваційні експрес-методи дистанційного моніторингу рослинності та живлення рослин - Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

52 Моніторинг полів в сільському господарстві: як застосовувати отримані дані

53 Ефективне використання дронів для моніторингу сільськогосподарських полів

54. ЛИСТКОВА ДІАГНОСТИКА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН AGRONOM\_<2116>46.indd

55. Аналіз ґрунту та листкова діагностика — світова практика оптимізації живлення рослин

56. [https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/weatherarchive/velyka-oleksandrivka\\_ukraine\\_8524618?fcstlength=1y&year=2024&month=11](https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/weatherarchive/velyka-oleksandrivka_ukraine_8524618?fcstlength=1y&year=2024&month=11)