

НУБІП України

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**– КМР 367 «С»2023.03.13 631.8: 633.15 ПЗ**

НУБІП України

**БАРАНОВСЬКОГО ОЛЕГА ФЕДОРОВИЧА**

**р.**

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УДК: 05.10 – КМР 367 «С» 2023.03.13 631.8: 633.15 ПЗ

**ПОГОДЖЕНО** **ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Декан агробіологічного факультету Завідувач кафедри  
Агрохімії та якості продукції  
рослинництва ім. О.І. Душечкіна  
д.с.-г.н., професор д.с.-г.н., професор, академік НААН  
Тонха О.Л. Бикін А.В.  
(підпис) (ПІБ) (підпис) (ПІБ)

«—» 2023 р. «—» 2023 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: **«Фоліарне внесення добрив під кукурудзу на зерно у системі прецизійного агровиробництва»**

Спеціальність 201 - Агрономія

Освітня програма Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми  
доктор с.г. наук проф. Бикін А.В.  
(підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи  
кандидат с.г. наук, доцент Бордюжа Н.П.  
(підпис) (ПІБ)

**Виконав**

Барановський О. Ф.

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

Бикін А.В.

підпис)

(ПІБ)

року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ

Барановському Олегу Федоровичу

(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 Фоліарне внесення добрив під кукурудзу на  
зерно у системі прецизійного агровиробництва затверджена наказом ректора

НУБіП України № 367 від 13.03.2023

Термін подання завершеної роботи на кафедру

**Вихідні дані до магістерської роботи:** результати польових досліджень.

**Перелік питань, що підлягають дослідженню:**

егетаційний індекс кукурудзи.

грохімічні показники сірого опідзеленого ґрунту.  
іометричні показники.  
рожаність та якість зерна кукурудзи.  
кономічна ефективність вирощування кукурудзи.

# НУБІП України

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання: « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Керівник магістерської роботи: \_\_\_\_\_ Бордюжа Н.П.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_ Барановський О.Ф.

(підпис) (прізвище та ініціали студента)

# НУБІП України

ЗМІСТ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Дані дистанційного моніторингу з використання вегетаційного

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4. Економічна ефективність позакореневого підживлення на

НУБІП України

НУБІП України

## РЕФЕРАТ

НУБІП України

Тема дипломної роботи: Фоліарне внесення добрив під кукурудзу на зерно у системі прецизійного агровиробництва.

Об'єкт досліджень – вплив фоліарного підживлення на якість та урожайність кукурудзи на зерно з використанням вегетаційних індексів, сформованих на основі супутникового моніторингу.

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

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 4 розділів (тематичний огляд літератури, методика дослідження та експериментальна частина), висновків, списку використаних джерел. Основний текст дипломної роботи викладено на 69 сторінках комп'ютерного тексту, включаючи 15 таблиць і 20 рисунків.

В розділі 1 «Огляд літератури» подано інформацію щодо особливостей живлення кукурудзи, фоліарного засвоєння елементів та особливості використання вегетаційного індексу NDVI.

Розділ 2 «Методи досліджень» включає інформацію про характеристику ґрунтових і погодно-кліматичних умов території, де розташовано господарство, технологія вирощування кукурудзи на насіння, умови проведення польового дослідження, методи, які використовувались для польових і лабораторних досліджень.

У розділі 3 «Результати досліджень» описано результати проведених досліджень індексу вегетації кукурудзи, біометричних показників рослин на різних варіантах досліду, встановлено залежність між наведеними показниками.

Представлені результати комплексної агрохімічної діагностики ґрунту. Вказано структуру отриманого врожаю, та показники якості зерна.

НУБІП України

В розділі 4 «Економічна ефективність вирощування кукурудзи на насіння» проведено аналіз економічної ефективності фоліарного підживлення рослин кукурудзи залежно від ступеня їх розвитку.

У результаті проведених досліджень в умовах господарства ТОВ Біотех ЛТД» було встановлено, що:

Завдяки даним супутникового моніторингу на полі було виділено зони рослин з низьким, середнім і високим рівнем розвитку.

Проведені аналізи ґрунтів на кожній окремій зоні рівня розвитку рослин вказують на те, що найкраще забезпечені мінеральним азотом були рослини низького рівня розвитку, рухомими сполуками фосфору – також рослини низького рівня розвитку.

Фоліарне підживлення добривом Genetate® у стадію ЗВСН 15-16 сприяли активному накопиченню біомаси та покращення біометричних показників впродовж вегетації.

Позакореневе підживлення сприяло підвищенню рівня врожайності кожної з ділянок різного розвитку рослин. На ділянці високого рівня розвитку приріст врожайності склав 4,5%, середній – 2%, а найкращий показник був отримай на ділянці низького рівня розвитку рослин кукурудзи – 18,1%.

Ключові слова: кукурудза, індекс вегетації NDVI, агрохімічний аналіз ґрунтів, Crop Monitoring, зони розвитку рослин, економічна ефективність, прецизійне агровиробництво (точне землеробство).

НУБІП України

НУБІП України

## ВСТУП

# НУБІП УКРАЇНИ

**Актуальність магістерської кваліфікаційної роботи.** Сьогодні для досягнення високих врожаїв культурні рослини не завжди можуть отримати достатню кількість мікроелементів з ґрунту, тому важливість позакореневого підживлення зростає. Час має вирішальне значення для швидкого та ефективного втручання, щоб запобігти втраті або погіршенню врожаю, а також для підвищення врожайності та покращення якості зерна. За допомогою позакореневого підживлення можна підвищити стійкість кукурудзи до стресових факторів, хвороб та шкідників.

# НУБІП УКРАЇНИ

Позакореневе підживлення частково збільшує врожайність, але не є основним показником для його формування.

# НУБІП УКРАЇНИ

Фенологія кукурудзи, тобто час росту і розвитку кукурудзи щороку, залежить від погодних умов і гібридів. Для одного і того ж гібриду кукурудзи за однакових умов вирощування умови росту тісно пов'язані з мінливістю клімату.

# НУБІП УКРАЇНИ

Коли гідроклімат сприятливий, кукурудза добре розвивається і має вищий потенціал врожайності, але коли вона стикається з біофізичними стресами,

# НУБІП УКРАЇНИ

пов'язаними з екстремальними кліматичними явищами, багато аспектів розвитку культури можуть бути порушені. Спостереження, пов'язані з просторовою мінливістю розвитку сільськогосподарських культур, можуть дати уявлення про реакцію культур на фактори забезпечення рослин необхідними елементами живлення через просторову неоднорідність ґрунтових умов [26].

# НУБІП УКРАЇНИ

Аналіз фенології кукурудзи за допомогою дистанційних супутникових знімків дає можливість дослідити зв'язок між просторовою мінливістю розвитку культури та її поживним режимом. Супутникові дані все частіше використовуються для моніторингу полів, що є потужним інструментом для корегування поживного режиму культури.

# НУБІП УКРАЇНИ

Метою дослідження було визначення ефективності позакореневого підживлення кукурудзи на насіння у фазу ВВСН 15-16 росту та розвитку на

# НУБІП УКРАЇНИ



показники якості та урожайності з використанням дистанційного моніторингу полів та індексу NDVI.

**Завдання магістерської роботи** полягали у дослідженні наступних питань:

вегетативні індекси посівів кукурудзи на основі даних супутникового моніторингу

визначення агрохімічних показників сірого опідзоленого ґрунту згідно варіантів досліду.

дослідження біометричних показників рослин відповідно варіанту досліду.

визначення урожайності та показників якості зерна кукурудзи.

економічна ефективність вирощування кукурудзи на насіння.

**Об'єкт досліджень** – вплив фоліарного підживлення на якість та урожайність кукурудзи на зерно з використанням вегетативних індексів, сформованих на основі супутникового моніторингу.

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

**Методи досліджень** – лабораторні, польові та статистичні методи проведені за загальноприйнятими у агрохімії методиками.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Результатом даного дослідження є підтвердження необхідності проведення позакореневого підживлення на посівах кукурудзи на зерно, на основі виокремлення зон неоднорідного розвитку культури. Було визначено, що найбільш ефективною є обробка зони з низьким розвитком посівів, але доцільність даного заходу зберігається і для зони високого та середнього рівня розвитку культури.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.**

Магістерська кваліфікаційна робота виконувалась відповідно до науково-дослідної роботи кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім.О.І. Душечкіна «Інноваційні методи діагностики живлення та агрохімічного забезпечення сільськогосподарських культур» (U0115U003834), у межах роботи

наукового студентського гуртка «Управління якістю продукції рослинництва у сучасних технологіях».

НУБІП України

**Положення, що виносяться на захист:**

озакоренеve підживлення кукурудзи на насіння підвищує продуктивність рослин у зонах низького, середнього та високого рівня розвитку рослин.

НУБІП України

опарне підживлення стимулює покращення біометричних показників на ділянках низького, середнього та високого рівня розвитку рослин.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# РОЗДІЛ 1. Огляд літератури

## НУБІП України

### 1.1 Особливості живлення кукурудзи

Агрономічний прогрес, особливо в селекції та біотехнологіях, підштовхнув врожайність кукурудзи до історичного рівня. Розуміння процесів поглинання та виведення поживних речовин для найкращого задоволення потреб сучасних високоврожайних гібридів кукурудзи має вирішальне значення для узгодження внесення добрив з виробництвом високопродуктивної кукурудзи.

Шістнадцять поживних речовин необхідні для росту кукурудзи. Вуглець і кисень, найпоширеніші поживні речовини, отримуються з вуглекислого газу і молекулярного кисню, відповідно, в атмосфері. Водень виділяється в результаті розпаду молекул води в процесі фотосинтезу. Коли молекули води розпадаються на водень і кисень, водень спочатку включається для утворення цукру. Кисень або використовується для росту кукурудзи, або виділяється в атмосферу як побічний продукт. П'ять з шести макроелементів - кальцій, магній, азот, фосфор і калій, а також сім мікроелементів - бор, хлор, мідь, залізо, марганець, молібден і цинк - отримуються з ґрунту. Сірка витягується переважно з ґрунту, але може також надходити з атмосфери залежно від концентрації сірковмісних сполук. Кукурудза, незалежно від того, який гібрид вироблений або на якому типі ґрунту вирощується, містить відносно постійний набір кожного з цих 16 поживних речовин. [2, 30]

Азот необхідний у великих кількостях і допомагає максимізувати приріст сухої речовини та врожайність. Для отримання врожаю кукурудзи на зерно на рівні 7 т/га необхідно понад 200 кг/га. Із зерном виноситься більше азоту, ніж з будь-яким іншим елементом - 24-30 кг/т. Роздільне внесення добрив найкраще працює, особливо на легких ґрунтах, щоб підтримувати хорошу доступність азоту. Занадто пізнє внесення азоту може призвести до вилягання та затримці у рості. До появи 6-7 листка його засвоєння елементу повільне (2% від необхідної

кількості). Від фази 7 листка до викидання волоті кукурудза поглинає приблизно 18% необхідного азоту (рис. 1), тобто 100-120 кг/га. З викидання волоті і до початку дозрівання використовується 70%. Решту - продовжує засвоювати майже до початку досягання початків, але найбільше поглинання відбувається за 10-12 діб до фази викидання волоті [31].

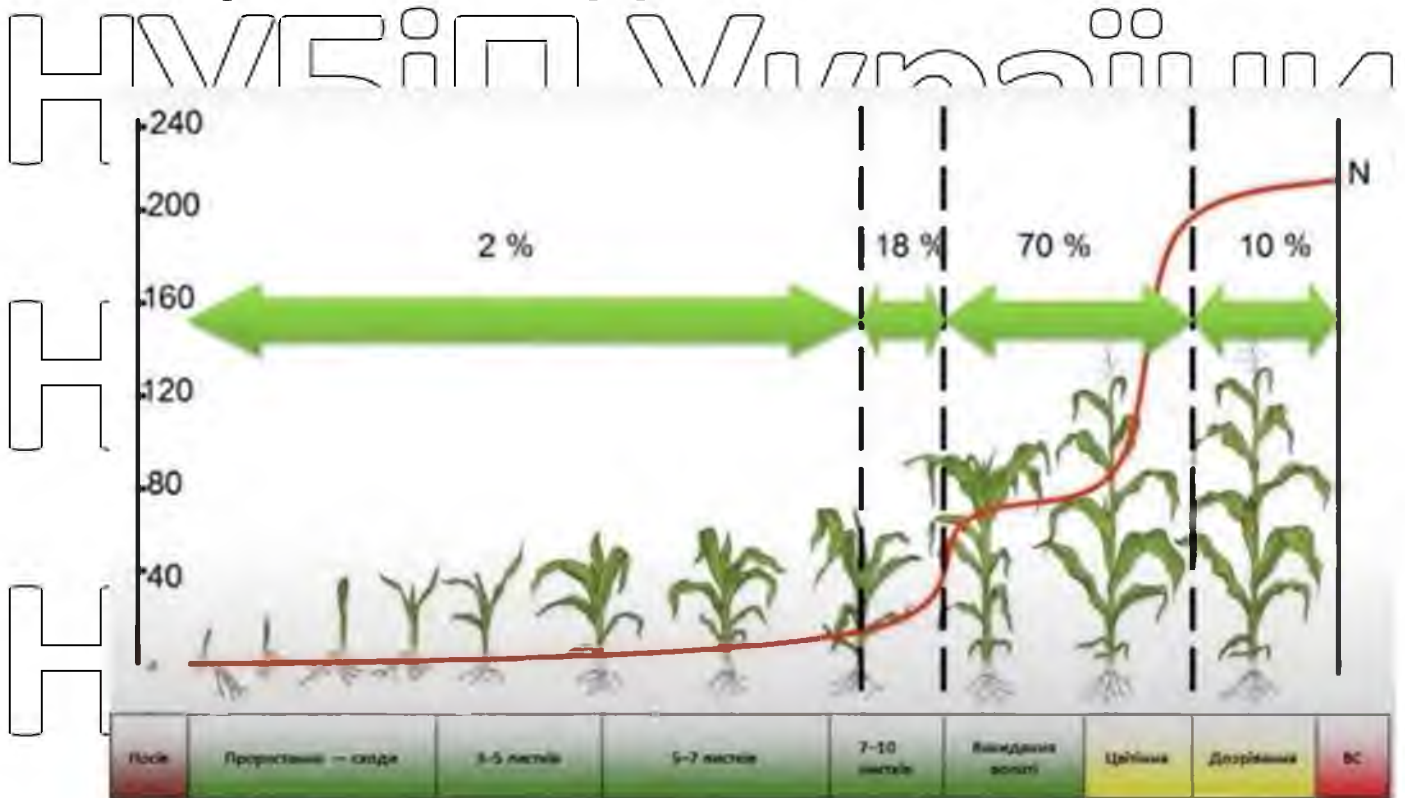


Рисунок 1.1. Засвоєння азоту кукурудзою впродовж вегетації

Фосфор - потрібен у невеликих кількостях, але необхідний на ранніх стадіях розвитку культури для забезпечення гарного росту коренів та прискорення росту пагонів і листя. В перші 4-10 тижнів культура має найбільшу потребу в доступних формах фосфору (рис. 2). Кукурудза для фермування однієї тони зерна потребує 10-12 кг  $P_2O_5$ .

Калій потрібен у великих кількостях - на рівнях, подібних до азоту і необхідний у кількості - 25-30 кг  $K_2O$ . Загальне поглинання калію культурами становить близько 200 кг/га. Більша частина цього калію використовується в листках і стеблі, а пік потреби в калії припадає на період росту стебла, коли поглинання відбувається швидше, ніж для будь-якого іншого поживного

елемента (рис. 3). Як наслідок, значна кількість калію міститься в поживних  
 рештках

# НУБІП УКРАЇНИ

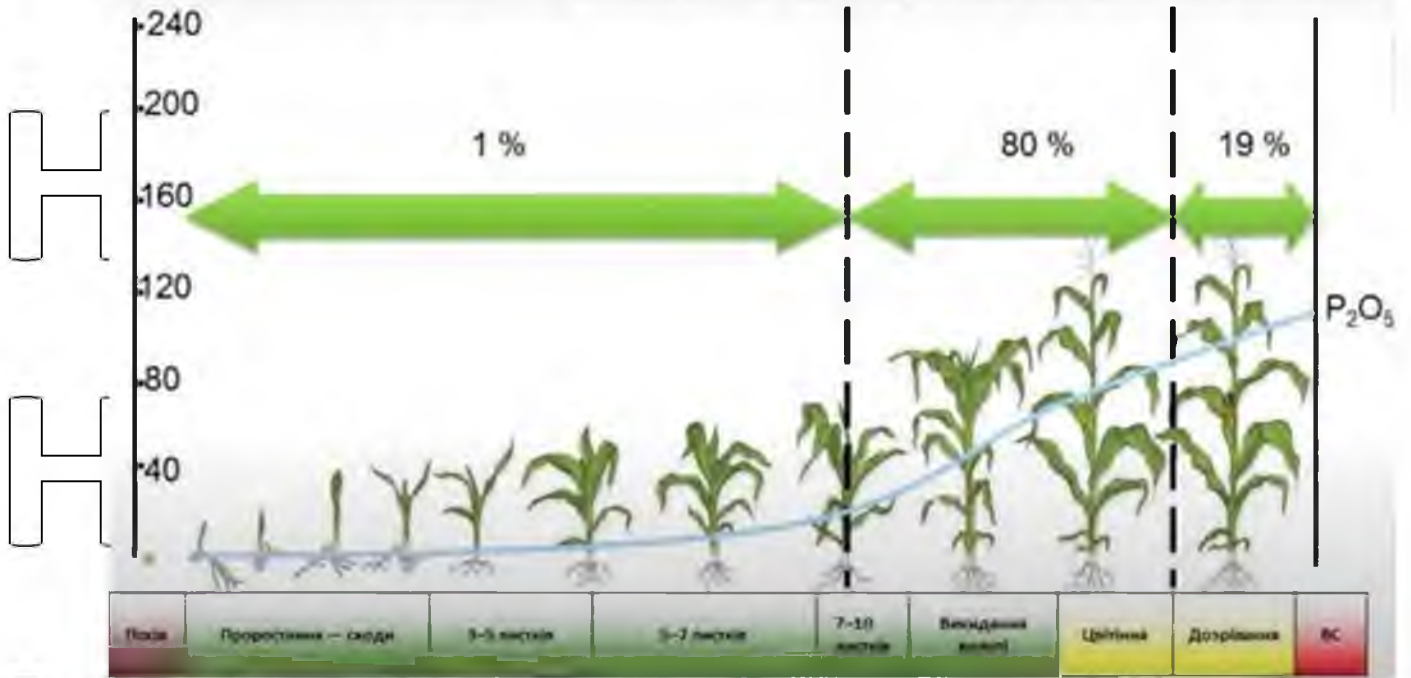


Рисунок 1.2. Засвоєння фосфору кукурудзою впродовж вегетації.

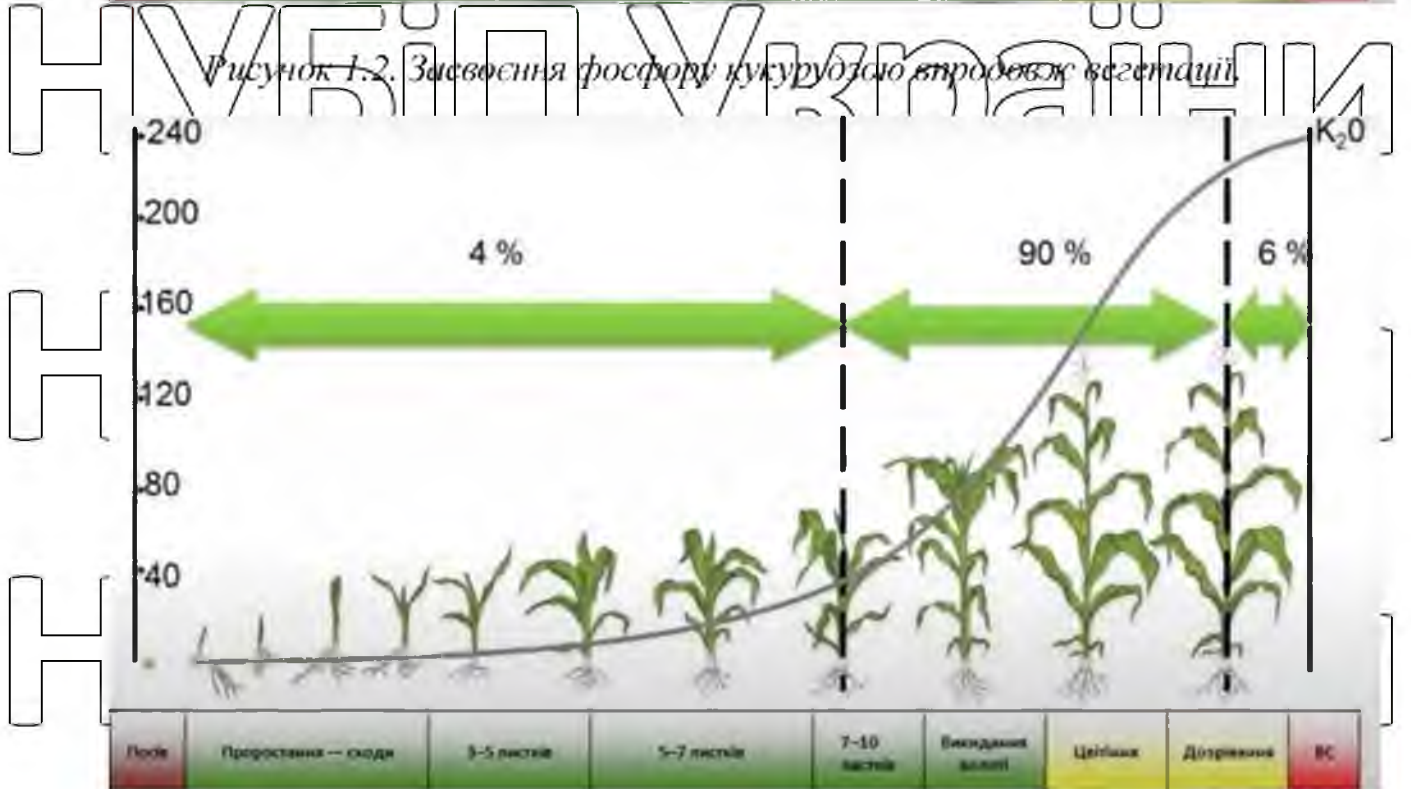


Рисунок 1.3. Засвоєння калію кукурудзою впродовж вегетації.

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП УКРАЇНИ

В той час як вторинні макроелементи потребують меншої кількості - від 25 до 50 кг/га для врожаю кукурудзи на зерно 7 т/га - надходження кальцію, магнію та сірки є важливими для підтримання врожайності кукурудзи. [1]

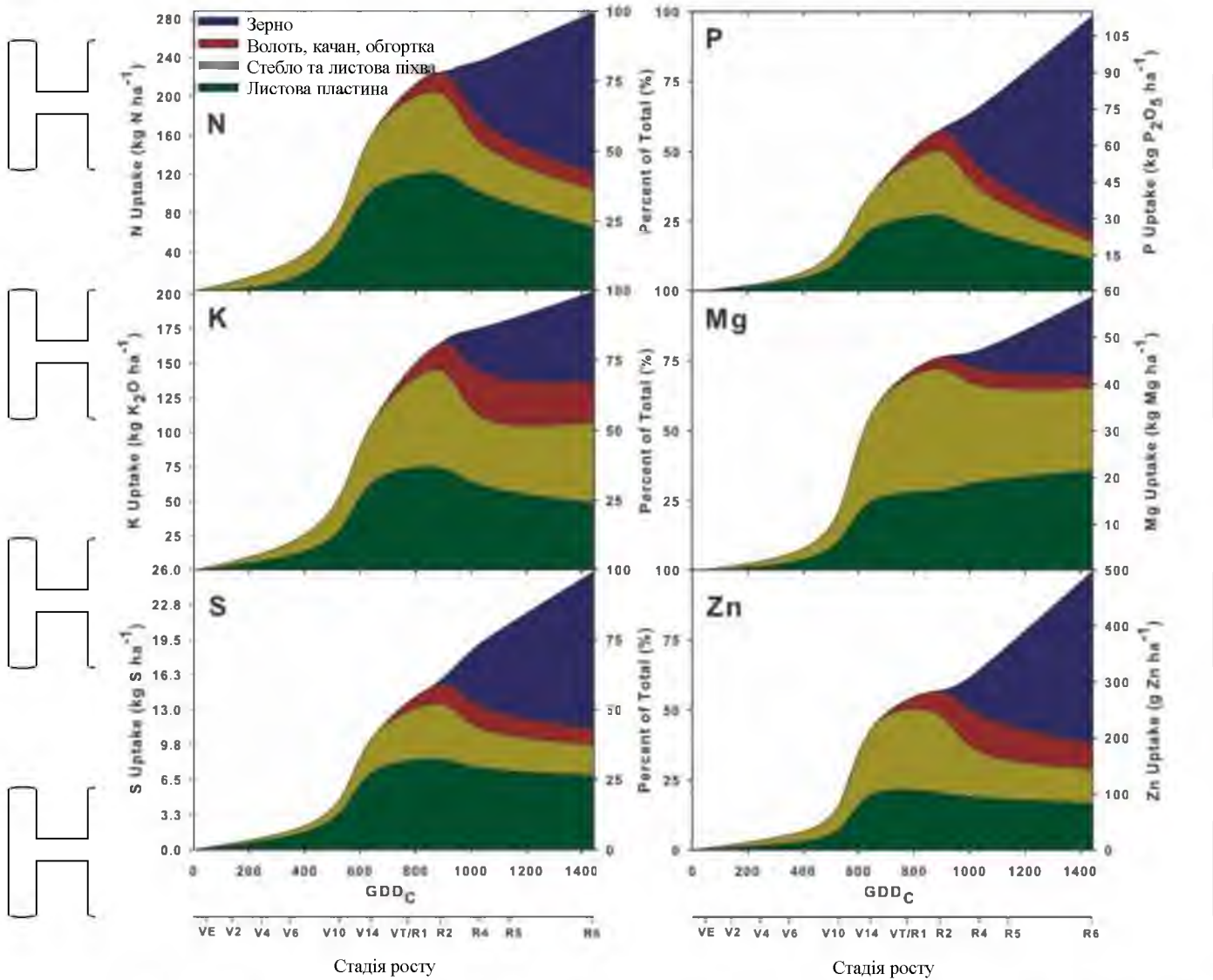


Рисунок 1.4. Загальне поглинання кукурудзою N, P, K, Mg, S, Zn і розподіл по чотирьох фракціях рослини кукурудзи за врожайності 15,46 т/га.

Ефективна мінімізація стресу від нестачі поживних речовин вимагає забезпечення рослин поживними речовинами під час їх найбільшої потреби, особливо в умовах високої врожайності. Сірка та азот є елементами, які сприяють покращенню доступності та засвоєння поживних речовин. Однак час поглинання N порівняно з поглинанням S відрізняється один від одного, що свідчить про те, що практики, які є ефективними для одного з них, можуть не покращити

# НУБІП УКРАЇНИ

поглинання іншого. Поглинання азоту, на відміну від S, відбувалося за більш традиційною схемою, коли дві третини від загального поглинання рослинами поглиналися VT/R1 [27, 28].

Як вказано на рисунку 4, накопичення S було більшим на стадії наливання зерна, коли більше половини поглинання S відбувалося після VT/R1. Калій, як і азот, акумулював дві третини загального поглинання VT/R1. Більше половини загального поглинання P також відбулося після VT/R1. Це свідчить про те, що для живлення кукурудзи критично важливим є надходження P і S протягом всього вегетаційного періоду, тоді як більша частина поглинання K і N відбувається під час саме вегетативного росту (рис. 4). [3, 29]

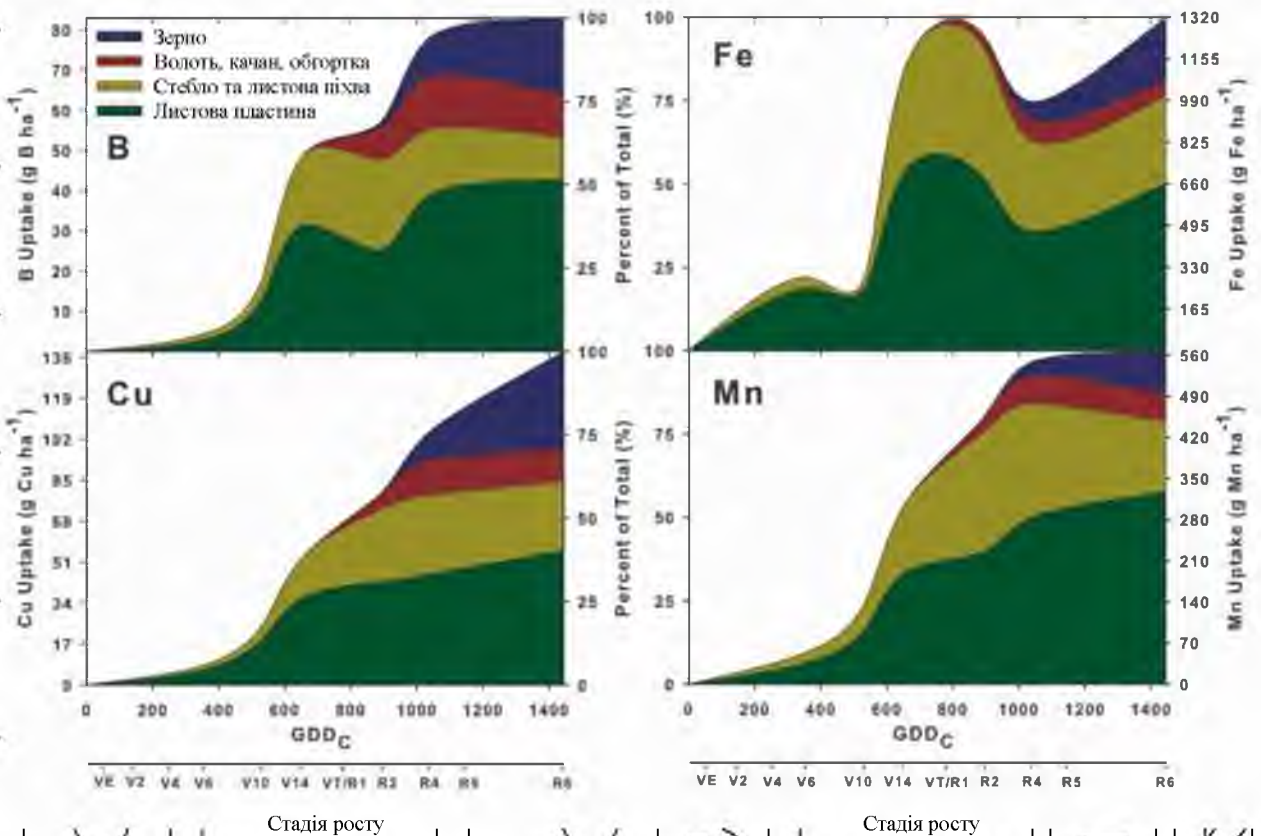


Рисунок 1.5. Загальне поглинання кукурудзою B, Fe, Cu, Mn і розподіл по чотирьох фракціях рослини кукурудзи за врожайності 15,46 т/га..

На відміну від N, P, K і S, які мають відносно постійну швидкість засвоєння, мікроелементи демонструють більш складні моделі засвоєння. На рисунку 1.5 наведено приклади поглинання мікроелементів, наприклад Zn і B.

засвоєння яких починалося з S-подібного характеру на ранніх вегетативних стадіях і досягало плато у фазі VT/R1. Після цього Zn демонстрував постійну швидкість поглинання, подібну до швидкості поглинання P і S, тоді як поглинання B включало другу основну сигмоїдальну фазу поглинання, що завершувалася в точці R5 (воскова стиглість). Цинк і B мали коротші періоди більш інтенсивного поглинання порівняно з макроелементами. Протягом лише однієї третини вегетаційного періоду на пізній вегетативний та репродуктивний ріст припадало до 71% поглинання Zn. Аналогічна тенденція спостерігалася і для B: 65% поглинання B припадає лише на одну п'яту частину вегетаційного періоду.

Відповідність потреб кукурудзи в мікроелементах у високоврожайних умовах, безумовно, вимагає забезпечення джерел поживних речовин і норм, які можуть задовольнити потреби культури на ключових етапах росту. [4, 25]

#### Фоліарне живлення кукурудзи

Завдяки тому, що тканини листків мають таку ж морфологічну структуру, як і тканини коренів (походять з меристемної тканини), рослини здатні швидко поглинати розчинені мінерали. Таким чином, дефіцит мікроелементів у ґрунті можна успішно подолати за допомогою позакореневого підживлення. У деяких випадках добрива та гербіциди можна комбінувати, щоб допомогти культурам подолати можливий гербіцидний стрес. Негативні фактори навколишнього середовища, такі як засолення та посуха, можна пом'якшити за допомогою позакореневого підживлення.

Позакореневе внесення мікроелементів для уникнення їх дефіциту на відповідних ґрунтах є поширеною практикою у всьому світі. Фоліарне підживлення має ряд переваг, які часто роблять цей метод ідеальним вибором для внесення мікроелементів порівняно з ґрунтовим внесенням. Ці переваги включають: уникнення взаємодії з властивостями ґрунту, внесення в сезон під час високої потреби рослин; швидка реакція рослин на внесення і економічна



ефективність при одноразовому внесенні. Кукурудза має високу швидкість поглинання поживних речовин на певних етапах росту і, іноді, можливо не встигнути задовільнити потреби рослини. Більшість досліджень щодо позакореневого внесення B, Mn, Fe та Zn на кукурудзі були зосереджені на одноразовому внесенні, як в умовах дефіциту, так і в умовах достатньої забезпеченості [23].

Існує питання вчасного застосування позакореневого підживлення, щоб максимізувати поглинання та мобілізаційні характеристики кожного елемента живлення. Знання динаміки накопичення мікроелементів у поглинаючих органах

та долі мікроелементів, внесених позакоренево, на певних етапах росту може стати корисним інструментом для більш ефективного використання елементів. Для багатьох культур ефективність використання мікроелементів з ґрунту становить лише 5-10%, проте даних про ефективність засвоєння мікроелементів,

внесених позакоренево, з різними нормами та на різних фазах росту кукурудзи бракує. У міру розвитку листки перетворюються з органів, що поглинають поживні речовини, на органи-джерела, що їх виводять. Зрілі листки також стають менш здатними до імпорту поживних речовин, тоді як незрілі листки повністю залежать від імпорту поживних речовин і фізіологічно не здатні до експорту

поживних речовин [5]. Теоретично можна припустити, що незрілі листки з більшою ймовірністю поглинуть внесені поживні речовини, але з меншою ймовірністю стануть джерелом мікроелементів для інших органів рослини, принаймні до моменту дозрівання. Внесення на більш зрілі листки може мати меншу ефективність відновлення, але може бути більш здатним стати джерелом поживних речовин для позакореневого поглинання [22, 24, 32].

Дослідження показали, що проникнення поживних речовин, внесених позакоренево, через кутикулу є переважно дифузійним процесом, хоча іони також можуть транспортуватися в листок шляхом полегшеної дифузії [6].

Позакореневе підживлення також може потрапляти в листок через тріщини та дефекти кутикули, продихи, волоски, трихоми та інші спеціалізовані клітини епідермісу. Після проходження через кутикулу поживні речовини можуть

накопичуватися в міжклітинному просторі - області за межами клітинної стінки листка, перед переміщенням до метаболічно активних поглинаючих клітин. Погортаючи всередину листка, поживні речовини мають два шляхи для досягнення судинних тканин: апопластичний або симпластичний транспорт.

Вільний простір між клітинами забезпечує шлях для апопластичного переміщення поживних речовин. Клітини також можуть активно або пасивно транспортувати поживні речовини через цитоплазматичний континуум, таким чином безпосередньо переміщуючи поживні речовини від клітини до клітини за допомогою симпластичного транспорту [7]. Швидкість транслокації залежить

від конкретної поживної речовини та виду рослини. Після того, як мікроелементи засвоєні в метаболізмі, вони мають обмежену можливість ремобілізації в інші органи [34, 35, 36].

Ефективність позакореневого внесення мікроелементів значно варіюється залежно від їх розчинності та інгредієнтів, таких як солі, поверхнево-активні речовини, комплекси або хелати. [8]

### **Вегетаційний індекс NDVI**

Розвиток сільського господарства пов'язаний зі збільшенням споживання енергії та матеріалів, необхідних для виробництва, таких як мінеральні добрива, хімічні засоби захисту рослин, а також експлуатація машин. Відповідні практики є результатом глобального зростання попиту на продукти харчування та сировину, але вони також негативно впливають на навколишнє середовище, забруднюючи воду та ґрунт і знижуючи родючість ґрунту. Для забезпечення продовольчої безпеки населення та збереження навколишнього середовища необхідно впроваджувати нові рішення в рослинництві. Серед них - точне землеробство, яке дозволяє змінити виробництво продуктів харчування та сировини [9].

Сьогодні фермерські господарства, що спеціалізуються на рослинництві, можуть використовувати "розумні" рішення, такі як географічна інформаційна система (ГІС), система глобального позиціонування (GPS), комп'ютерне моделювання та супутникове дистанційне зондування, які дозволяють своєчасно управляти посівами під час вегетації та в міжсезоння. Системи дистанційного зондування, що застосовуються в точному землеробстві, дають змогу визначати стан живлення рослин, а також хвороби, шкідників і бур'яни, що вражають посіви. Технологія дистанційного зондування дозволяє виробникам отримувати інформацію про посіви без використання транспортних засобів, які можуть пошкодити рослини. Завдяки таким даним можна оцінити показники стану рослин або вносити добрива та засоби захисту рослин лише в тих місцях, де в них є потреба у втручанні [33].

До показників, що визначаються за допомогою методу супутникового дистанційного зондування, належить нормалізований індекс різниці вегетації який найчастіше застосовується для оцінки стану посівів. NDVI є простим числовим показником та інструментом, що дозволяє оцінити зміни, які відбуваються в зелених рослинах. Він також використовується для оцінки врожаю біомаси. NDVI також може бути використаний для визначення вмісту азоту в рослинах, на основі якого можна визначити оптимальне дозування азотних добрив. Крім того, індикатор застосовується для оцінки впливу водного стресу на рослини під час вегетації та для оцінки щільності врожаю сільськогосподарських культур. Крім того, на основі NDVI можна розрахувати індекс стану рослинності (VCI). Відповідні розрахунки базуються на даних NDVI, записаних протягом декількох років [10].

Нормалізований різницевий вегетаційний індекс (NDVI) є мірою співвідношення відбиття в ближній інфрачервоній (NIR) і червоній областях спектра і є одним з найбільш часто використовуваних спектральних індексів як в наукових дослідженнях, так і в сільському господарстві як швидкий і простий метод виявлення рослинності та оцінки загального стану рослин [47,48]. Вимірювання базується на принципі, що клітинна структура листка сильно

відбиває інфрачервоне випромінювання через відсутність поглинання рослинними пігментами, тоді як пігменти хлорофілу сильно поглинають червону довжину хвилі. "Здорові" рослини з високим вмістом хлорофілу поглинають більше червоного кольору і тому відбивають більшу частку NIR, ніж "менш здорові" рослини. NDVI визначається за наступною формулою, де NIR і червоний - це значення коефіцієнта відбиття, які варіюються від 0 до 100%

Оптичні супутникові знімки, які забезпечують NDVI, доступні безкоштовно для користувачів з таких платформ, як супутники ESA Sentinel-2 або

. Ці набори даних використовуються для вимірювання NDVI для сільського господарства та екології, але забезпечують відносно низьку роздільну здатність 10 × 10 м для Sentinel-2 і 30 × 30 м для Landsat-8. Супутникові знімки NDVI з

вищою роздільною здатністю також доступні від різних комерційних постачальників, причому вартість одного знімка, як правило, становить від сотень до тисяч доларів [11].

Врожайність сільськогосподарських культур можна контролювати за допомогою вегетаційних індексів. До 64% варіацій врожайності зернових пояснюється спектральними даними [38]. Застосування NDVI значно

розширилося не тільки тому, що NDVI можна отримати з даних гіперспектральних датчиків або супутникових знімків, але й тому, що він тісно корелює з врожайністю різних культур, таких як кукурудза (*Zea mays* L.), соя (*Glycine max* L.) та цукрова тростина [39, 40, 41]. Крім того, дефіцит і надлишок

поживних речовин у листках можна діагностувати за спектральними реакціями,

отриманими за допомогою сенсорів, і, відповідно, за вегетаційними індексами [42, 43]. Зміна концентрації поживних речовин у листі вказує на фізіологічний стрес, який може бути спричинений різноманітними лімітуючими

факторами, що виникають у виробничому середовищі [12, 21].

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

# НУБІП України

### 2.1 Характеристика господарства

Господарство ТОВ "БІОТЕХ ЛТД" знаходиться в Бориспільському районі Київської області. Розташоване з 29 км від межі м. Києва та за 11 км від районного центру – м. Борисполя. На відстані 1,3 км проходить автомобільний шлях національного (Н 08) значення, Бориспіль — Кременчук — Дніпро — Запоріжжя — Пологи — Маріуполь. За 14,4 км від господарства розташовано елеватор з залізничним відвантаження – “Агро-Регіон” (Бориспільський елеватор)”, а через 35 км – елеватор “Барішівказернопродукт” також з доступом до залізничного відвантаження.

Основним видом діяльності господарства є вирощування овочів і баштанних культур, коренеплодів і бульбоплодів, а суміжними: вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур; допоміжна діяльність у рослинництві; після урожайна діяльність; оброблення насіння для відтворення. Компанія є базовим насінневим господарством картоплі для ТОВ “Крафт Фудз Україна” та ТОВ “Чіпси Люкс”.

Площа оброблюваних земель складає 1129 га, які розділені на 6 полів, відповідно до карти наведеної нижче на рис. 2.1.

Структура посівних площ у 2023 році включає в себе:

пшеницю озиму(446 га);

асінницькі посіви кукурудзи(80 га);

оняшник (140 га),

картопля (250 га);

іпак озимий (105 га);

ірчицю (50 га);

орго (12 га).

# НУБІП України



Рисунок 2.1. Карта полів господарства ТОВ "БІОТЕХ ЛТД".

Профільною культурою для господарства є картопля, під яку відведено велику частину структури посівних площ. Підбір сортів направлений на столові та чіпсові. На підприємстві займаються вирощування та розмноженням даної культури від мікробульб до посадкового матеріалу, спеціально для якого були побудовані складські приміщення з регульованим середовищем.

## 2.2 Ґрунтові умови господарства

Бориспільський район лежить у межах терасової частини Придніпровської низини, поверхня якої характеризується слабо хвилястим рельєфом. У заплаві Дніпра – численні прируслові вали, стариці, болота.

Згідно до карти ґрунтів України на території господарства переважають сірі опідзолені ґрунти на лесовидних породах (рис. 2.2).

КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ

Всі ґрунти



Рисунок 2.2. Карта ґрунтів Київської області

Даний ґрунт, переважно, розташований на добре дренованих водороздільних плато і їх скилах, по правих берегах річок, на лесових островах. Займають найбільш еродовані території.

Материнська порода: леси – являють собою пухку, пористої будови, без ознак нашарування пального кольору. Збагачені на карбонати (5-15%). Характеризуються добре виявленою мікро- і макропористістю, що утворилась у результаті розкладу корінців рослин, які густою сіткою пронизують лесовидну масу, а пористість досягає 50-53%. За мінералогічним складом лес являє собою досить складну породу, яка найбільше має кварцу ( $\text{SiO}_2$ ), глинистих мінералів, карбонатів Ca і Mg. До складу лесу входять первинні і вторинні мінерали. Серед первинних, тобто реліктових залишків від вивітрених порід: кварц, полімішпати, рогова обманка, слюди, турмалін. До вторинних глинистих або колоїдно-дисперсних відносять: каолінит, гідрослюди, монтморилоніт, бейделіт та ін. Механічний склад лесу є грубопилуваті і легкосуглинкові елементи, але переважачою фракцією є шил, який складається переважно з вільних зерен

кварцу, що являють собою здебільшого первинні мінерали. Із зменшенням розміру механічних часток загальна кількість кварцу значно зменшується [13].

Опис розрізу сірого опідзоленого ґрунту (рис 2.3):

HE 0-23 см – гумусовий, сильно елювіований, бурувато-сірий, вологий, пилювато-середньосуглинковий, неміцногрудковий, слабо ущільнений, припудрений присипкою  $\text{SiO}_2$ , перехід різкий.

h) 24-43 см – ілювіальний, в верхній частині помітно гумусований, сіро-бурий, вологий, важкосуглинковий, щільний, дуже перекопаний черв'яками, грані структурних окремоостей припудрені присипкою  $\text{SiO}_2$ , перехід поступовий.

44-89 см – ілювіальний, безгумусний, темно-бурий, важкосуглинковий, грудкувато-призматичний, дуже щільний, грані структурних окремоостей покриті червоно-бурою олією. 90-140 см – темним лабівано-сірий, дуже бурувато-бурий, важкосуглинковий, крупногрудкуватий с рідкими колоїдними нальотами по

гранях структурних окремоостей, перехід різкий.

PK 141-260 см – бурувато-палевий, легкосуглинковий, карбонатний дес. видимі карбонати представлені псевдоміцелієм [14].

НУБІП України

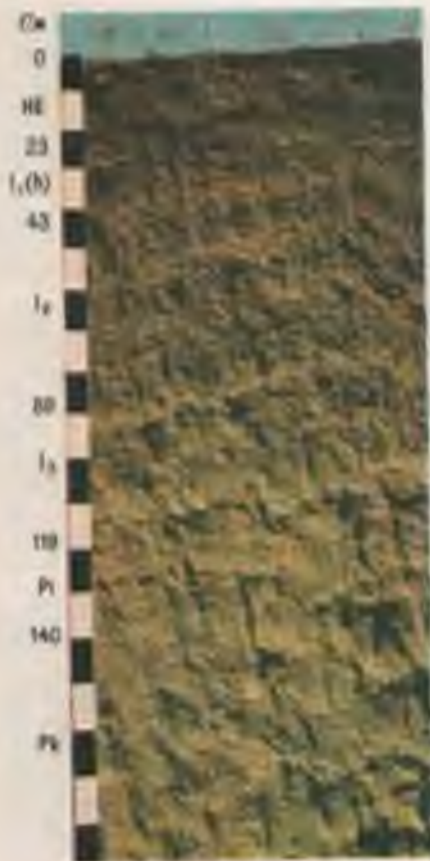
НУБІП України

НУБІП України





а



б



в



г



д

Серед ґрунтознавчих мочок на акції.

14

а — ландшафт урочища; б — профіль ґрунту; в — структура гумусово-аморфної поверхні; г — структура акумуляційної поверхні; д — структура слабокоагуляційної зони

Рисунок 2.3. Профіль строго опідзоленого ґрунту

За шкалою Л.О. Гришиної та Д.С. Орловим даний ґрунт має низький рівень вмісту гумусу (табл. 1.1). За ступенем насиченості основами даний ґрунт має, що характеризує високу родючість.

Таблиця 1.1. Фізико-хімічні властивості сірого опідзоленого ґрунту

Вміст гумусу, %	Середній суглинок
Гранулометричний склад	
Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	
pH	
Гідролітична кислотність, мг-екв на 100г ґрунту	
Ступінь насиченості основами, % від ємності катіонного обміну	
Вміст азоту легкогідронізованих сполук	
Вміст рухомого фосфору	мг/кг ґрунту
Вміст обмінного калію	
Бонітет ґрунту	

Ступінь кислотності даного ґрунту характеризується як середньокислий. Ступінь ущільнення орного шару є середньо пухкий. За класифікацією Тюріного-Коннової даний ґрунт відноситься до класу з середнім вмістом легкогідронізованих сполук азоту в горизонті. По вмісту рухомого фосфору ґрунт має середній показник. Дуже низький вміст сполук обмінного калію. За результатами бонітування якість даний ґрунт оцінюється як вище середньої якості.

### 2.3 Погодно-кліматичні умови господарства

Клімат Бориспільського району є помірно континентальний, з відносно м'якою зимою та спекотним літом, належить до зони північного Лісостепу. Зумовлений географічною широтою, а також впливом Атлантичного океану і Азіатської частини Євразії.

За даними багаторічних спостережень, середня річна температура повітря становить +7.2<sup>o</sup>. Середня багаторічна температура найтеплішого місяця (липня)

В теплу пору року спостерігається мінімальна відносна вологість повітря, що інколи призводить до небезпечної для розвитку рослин атмосферної посухи. Середня річна багаторічна температура найхолоднішого місяця січня – близько – арктичних повітряних мас та впливом сибірського антициклону. Через це окремі

роки відзначаються суворими зимами, що негативно впливають на посіви озимих культур. Сильні морози за умов малосніжжя іноді також наносять шкоду на сільськогосподарські посіви. Середня глибина промерзання ґрунту на території Київської області становить 85 см, а максимальна досягає 150 см.

Середньодекадна висота снігового покриву складає 28 см, максимальна – 75 см.

За даними багаторічних досліджень було визначено, що тривалість снігового покриву становить 102 дні [16].

Найменше опадів спостерігається в зимовий час. В холодну пору року панують сухі холодні східні та південно-східні вітри, вони часто змінюють свій напрям. Взимку в межі повітряного простору вторгаються теплі морські маси повітря, які призводять до відлиг.

Перехід середньої добової температури через нуль до додатньої у 80 % випадків відбувається в межах  $\pm 10$  діб від середнього нормативного строку

березня). Температура поверхні ґрунту, зазвичай, перевищує  $+10$  °С вже в кінці квітня. На цей час до земної поверхні, вже надійшло 20 % річної суми сонячного тепла. На початок або в середині червня, коли температура перевищує  $+20$  °С,

ґрунт отримує понад 40 % річного балансу. На час, коли температура опускається нижче  $+20$  °С (на початку вересня), ґрунтом засвоюється понад 80 % річної суми сонячного тепла.

В середньому за останні сто років у районі Київської області становить західні та західні вітри. Найбільша місячна кількість опадів зафіксована в червні (до 239 мм) і в серпні (до 223 мм), велика кількість опадів негативно позначається

на сільському господарстві. Зливи іноді призводять до полягання хлібів, підмочують скошену на сіно траву. Літні зливи в окремих місцях, переважно на

схилах, змивають поверхневий шар ґрунту і призводять до водної ерозії ґрунтів.

Майже дві третини зимових опадів – тверді (сніг, снігові зерна), а одна чверть їх – змішані. Влітку переважають опади у вигляді дощу. Навіть у найсухіші літні

місяці випадає не менше 4-6 мм. Але восени ця сума знижується до 1 мм за

місяць. Середньодекадна висота снігового покриву складає 28 см, максимальна –

75 см. За даними багаторічних досліджень було визначено, що тривалість

снігового покриву становить 102 дні. Розподіл снігу нерівномірний, тому

доцільно затримувати сніг, щоб захистити сільськогосподарські культури від

вимерзання та забезпечити утворення в ґрунті запасу вологи [15].

Показник ГТК складає 1-1,1, а сума активних температур 2600-2700 °С.

Тривалість вегетаційного періоду 198—204 дні.

На рисунку 2.5 зображено, що впродовж вегетації кукурудзи найвищі

температури були зафіксовані 28-29 серпня – 37°С, а мінімальна 29.05 та 04.06 –

С. В загальному температурний режим був сприятливий для продуктивного

росту та розвитку культури. За період вирощування посіву не було днів, коли б

рослини могли б піддаватися температурному шоку, а також відсутні дні з

можливою загрозою заморозків (рис. 2.4).

З даних наведених на рисунку 2.6 та 2.7 чітко видно, що впродовж вегетації

спостерігалась достатня забезпеченість рослин вологою, найменше опадів

спостерігалось в серпні – 28,3 мм. Найбільш дощовим днем було 7 липня, коли

за день випало 91,2 мм опадів. Загалом впродовж вегетації кукурудзи сума опадів

склала – 352,3 мм, що досить гарним показником для останніх років [18, 37].

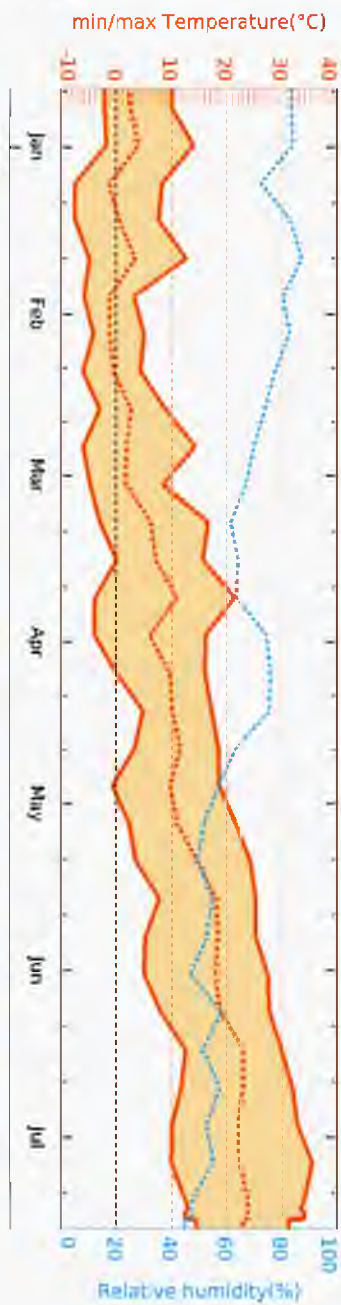
# НУБІ

Horodyschche  
49.72°N / 30.01°E 186m asl  
(12 x 12 km)

2022-12-22 - 2023-07-20  
211 days

meteoblue

# НУБІ



# НУБІ



# НУБІ

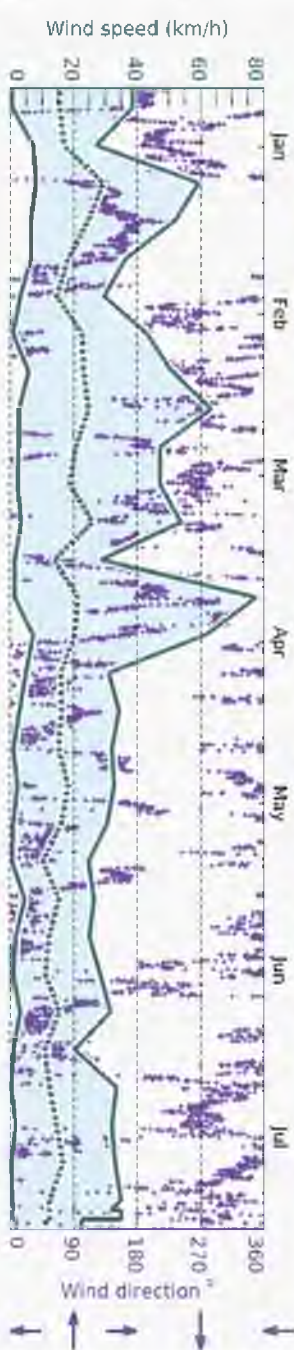


Рисунок 2.4. Показники погоди в умові тропіки за 2022 р [17].

# Україна

# Україна

00

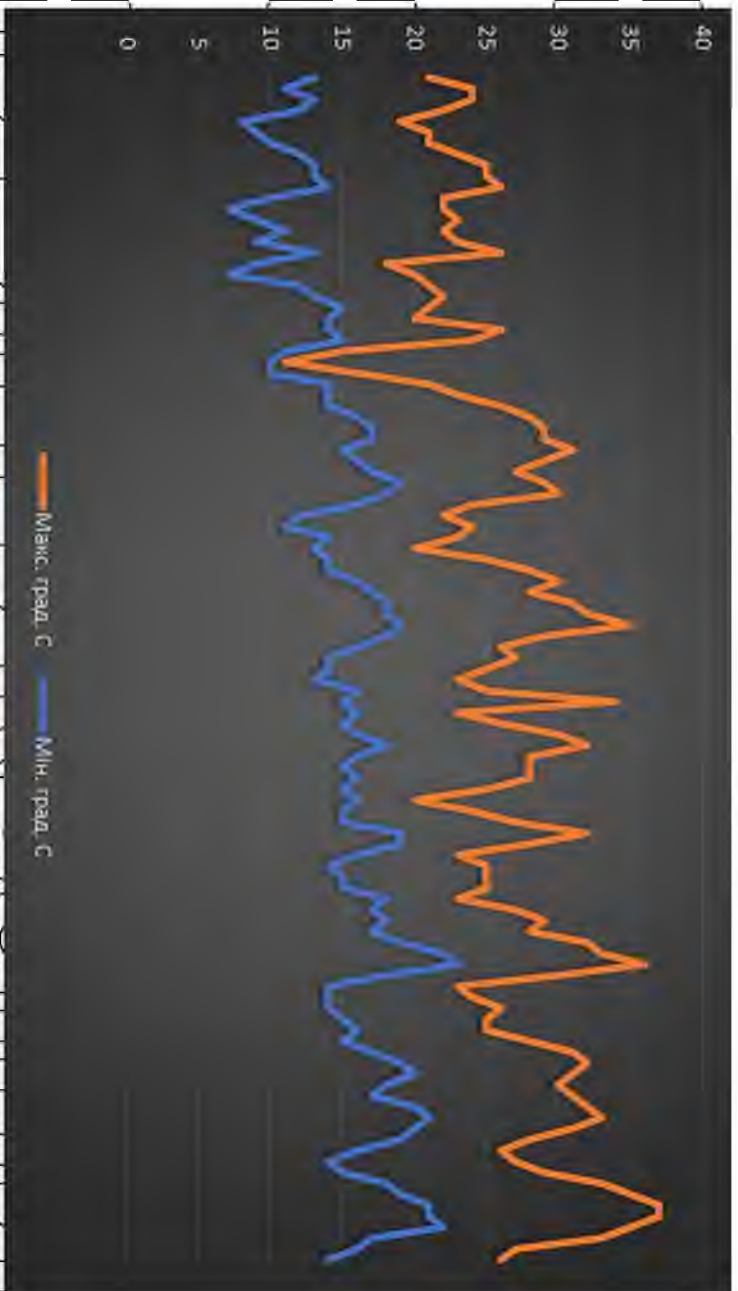
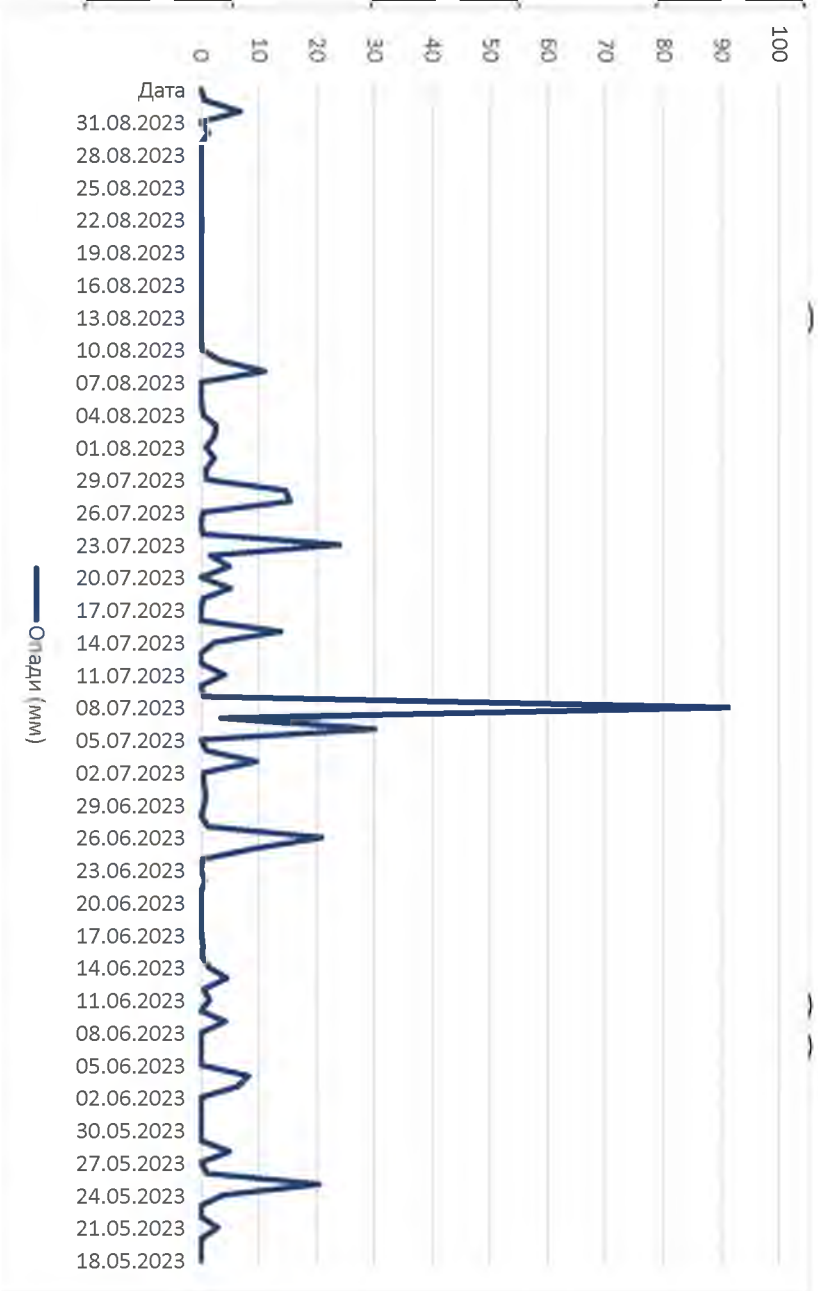


Рисунок 2.5. Графік ходу максимальної і мінімальної температури за добу впродовж вегетації



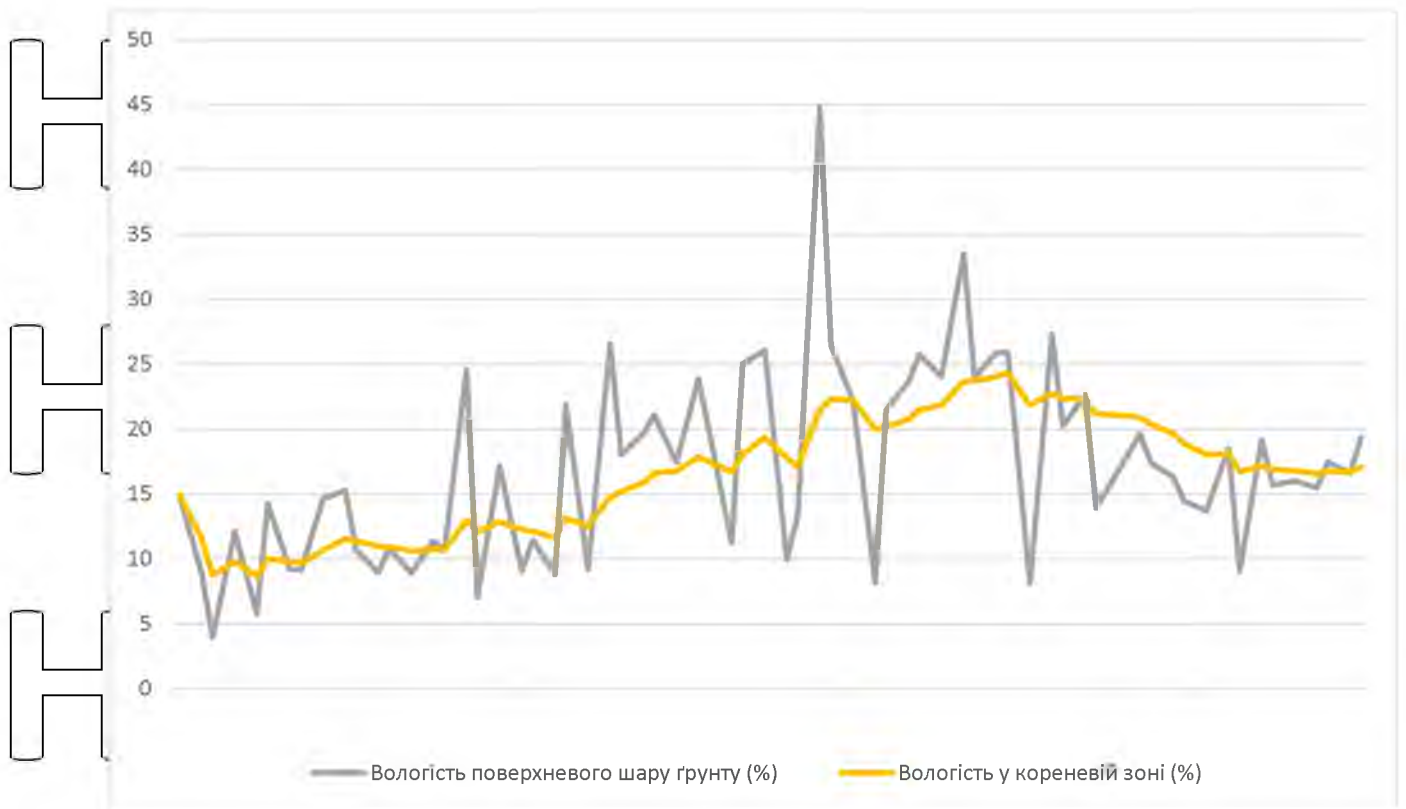


Рисунок 2.7. Графік зміни вологості поверхневого шару ґрунту та вологості у кореневій зоні впродовж вегетації.

## 2.4 Технологія вирощування кукурудзи у господарстві

Попередником кукурудзи є картопля. Обробіток ґрунту під цю культуру розпочався осіннім шліюванням, а пізніше було проведено ранньсвесняне дискування для закриття вологи. Також перед посівом було внесено карбамід у нормі 150 кг/га.

Посів культури було проведено 17.05.2023 з нормою висіву 80 тис. насіння/га. Для проведення процесу гібридизації були взяті батьківські та материнські лінії компанії Pioneer. Під час посіву також було внесено рідкі комплексні добрива РКД 8-24 у нормі 100 кг/га.

Система застосування засобів захисту рослин включає в себе: гербіцид Примекстра Голд (3,5 л/га), сстраховий гербіцид Даудіс (0,5 кг/га) з прилипачем Меро (2 л/га). У фазу 8-9 листків було виконано підживлення карбамідом у нормі

100 кг/га. Пізніше також було проведено підживлення мікродобривами власного виробництва господарства: Біокорн 15 (ВВСН 15), Біокорн 30 (ВВСН 30).

На даному полі також проводився полив три рази впродовж вегетації по 15 мм кожний.

Збір врожаю проводився 05.10.2023 з використанням комбайну Oхво.

### Методика проведення досліджень

Дослідження проводилося на ділянці гібридизації кукурудзи від компанії

Схема досліду включає в себе три дослідні ділянки розміром 10x10 метрів з різним рівнем розвитку рослин. Дані ділянки були виокремлені завдяки

використанню технології дистанційного зондування Землі, а саме з платформою

monitoring та індексом NDVI. На даних ділянках проводилося дослідження

ефективності дії біологічного стимулятора Generate®.

Дослідні ділянки формувалися на основі супутникового моніторингу та індексу вегетації NDVI у фазу ВВСН 13-14.

Виходячи із значення індексу (рис. 2.8), було обрано три ділянки з різним рівнем розвитку рослин.

високий рівень розвитку – 0,51 – помірна рослинність;

середній рівень розвитку – 0,344 – розріджена рослинність;

низький рівень розвитку – 0,261 – розріджена рослинність.

Підживлення проводилось продуктом Generate® згідно з таблицею 2.1, який вивільняє поживні речовини у ґрунт, які живлять мікроорганізми, що збільшує їх активність і різноманітність та покращує здоров'я ґрунту.

Результатом їх діяльності є збільшення врожайності посівів та покращення якості

продукції. Відбувається все це завдяки запатентованій технології Microbial Catalyst®. В своєму складі препарат містить комплекс органічно-хелатованих



мікроелементів, які працюють як кофактори ферментативної активності мікробіоти ґрунту.

# НУБІП України

Н  
Н

Н  
Н

Н  
Н



Рисунок 2.8. Виділення зон неоднорідності розвитку кукурудзи

# НУБІП України

Фоліарне підживлення ділянки гібридизації кукурудзи Pioneer у фазу ВВСН – 15-16 (11.06.2023)

Таблиця 2.1. Схема досліду

Ділянка 1. Низький рівень розвитку (10x10)		G
Контроль	Обробка	Комплекс органічно-хелатованих мікроелементів
Ділянка 2. Середній рівень розвитку (10x10)		кобальт (Co) - 1,00%; мідь (Cu)
Контроль	Обробка	залізо (Fe) - 2,10%; марганець
Ділянка 3. Високий рівень розвитку (10x10)		цинк (Zn) - 0,20%
Контроль	Обробка	

# НУБІП України



*Рисунок 3. Позакореневе підживлення кукурудзи.*

Впродовж вегетації вже було здійснено відбори ґрунтових проб та рослин, а також визначено їх біометричні показники. Зразки було відібрано під час

Визначення рівня амонійного азоту в ґрунті відбувалося фотометрично з реактивом Неслера. Кількість рухомого фосфору в ґрунті визначали методом Кірсанова. Рівень забезпечення нітратним азотом та показник рН іонселективно.

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 2023 року.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

### РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

## ані дистанційного моніторингу з використання вегетаційного індексу NDVI на кукурудзі

NDVI - нормалізований різницевий вегетаційний індекс (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) вимірює інтенсивність зеленого забарвлення і щільність рослинності, зафіксовану на супутниковому знімку. Здорова рослинність має дуже характерну криву спектрального відбиття, якою можна скористатися, обчисливши різницю між двома діапазонами - видимим червоним і ближнім інфрачервоним. NDVI - це різниця, виражена у вигляді числа в діапазоні від -1 до 1.

Значення індексу коливаються в діапазоні від -1.0 до 1.0, де від'ємні значення в основному формуються хмарами, водою та снігом, а значення, близькі до нуля, в основному обумовлюються скелями та голим ґрунтом. Дуже малі значення (0,1 або менше) індексу NDVI відповідають порожнім ділянкам скель, піску або снігу. Помірні значення (від 0,2 до 0,3) представляють чагарники та луки, тоді як великі значення (від 0,6 до 0,8) вказують на помірні та тропічні ліси.

Індекс NDVI має свої плюси і мінуси. Він набув широкого використання у сільському господарстві, в агрономії. Це невід'ємний елемент у точному землеробстві, який допомагає відстежувати ріст і розвиток рослин дистанційно.

Ми провели спостереження за розвиток рослин кукурудзи протягом їх вегетації. Через 10 днів після проведення позакореневого підживлення на дослідних ділянках зберігається тенденція до різного рівня розвитку рослин. На ділянці з низьким рівнем розвитком значення індексу, згідно рисунку 3.1, складає - 0,4 (розріджена рослинність), середній розвиток - 0,55 (помірна рослинність), високий розвиток - 0,6 (густа рослинність).

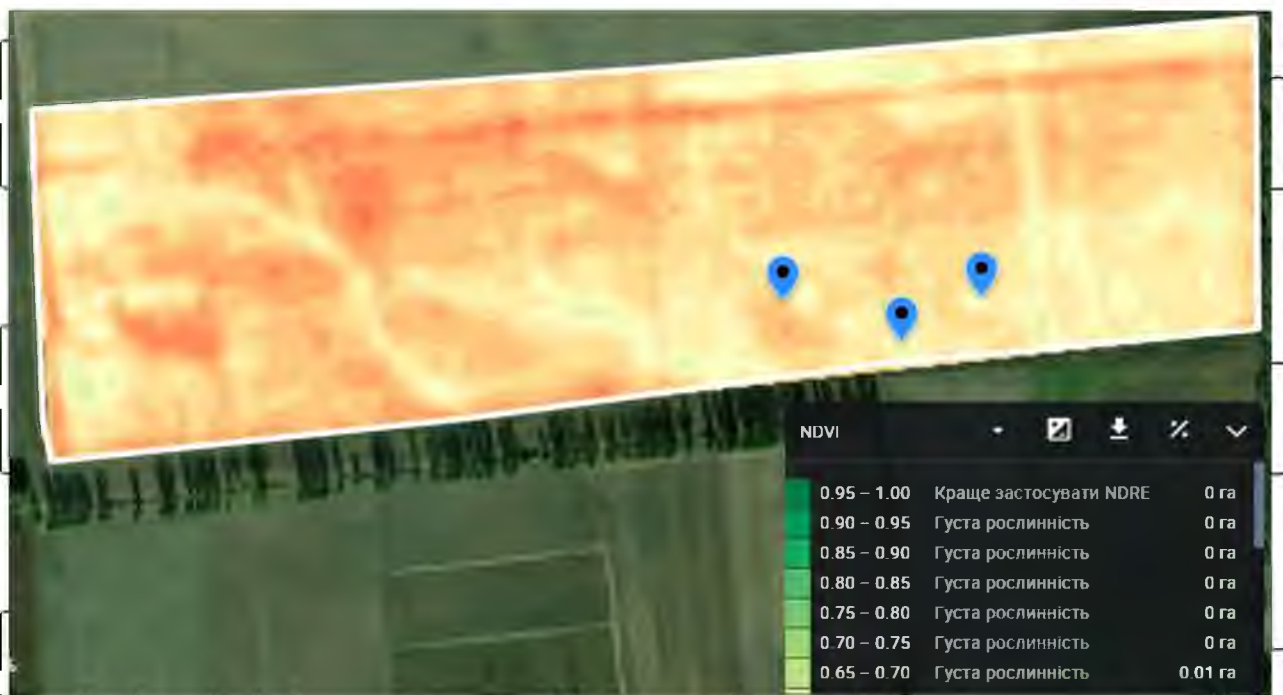


Рисунок 3.1. Вегетаційний індекс NDVI кукурудзи на стадії BBCH 18-19.

На рисунку 3.1 зображено дослідне поле станом на 21.06.2023. На цей період тенденція розвитку рослин, згідно індексу NDVI, зберігалась відповідно до варіантів досліду. Ділянка низького рівня розвитку мала показник 0,4 (розріджена рослинність), середній розвиток – 0,55 (помірна рослинність), високий розвиток – 0,6 (густа рослинність).

Станом на 16.07.2023 року (рис 3.2) тенденція в рівні розвитку на дослідних ділянках змінилась. Ділянка з низьким рівнем розвитку мала показник – 0,8 (густа рослинність), середній рівень розвитку – 0,85 (густа рослинність), високий рівень розвитку - 0,8 (густа рослинність).

Знімок, який показано на рисунку 3.3, було зроблено 30.08.2023 перед визначенням біологічної врожайності кукурудзи. Показники індексу складають: низький рівень розвитку – 0,5 (помірна рослинність), середній рівень розвитку – 0,5 (помірна рослинність), високий рівень розвитку – 0,6 (густа рослинність). З цих даних можна зробити висновок, що культура вже поступово завершує свою вегетацію і зменшує кількість саме зелених листків.

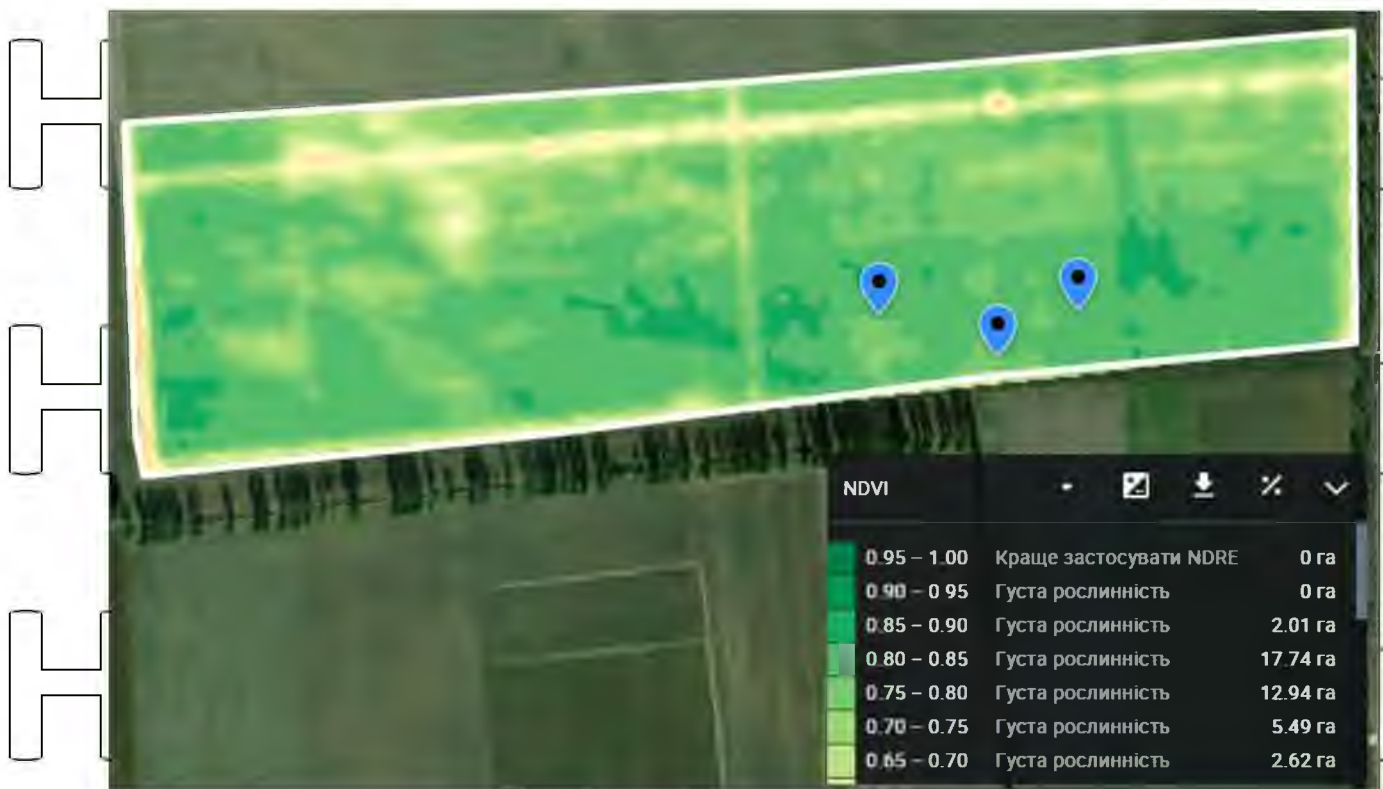


Рисунок 3.2. Вегетаційний індекс NDVI кукурудзи на стадії BBCH 47-48.

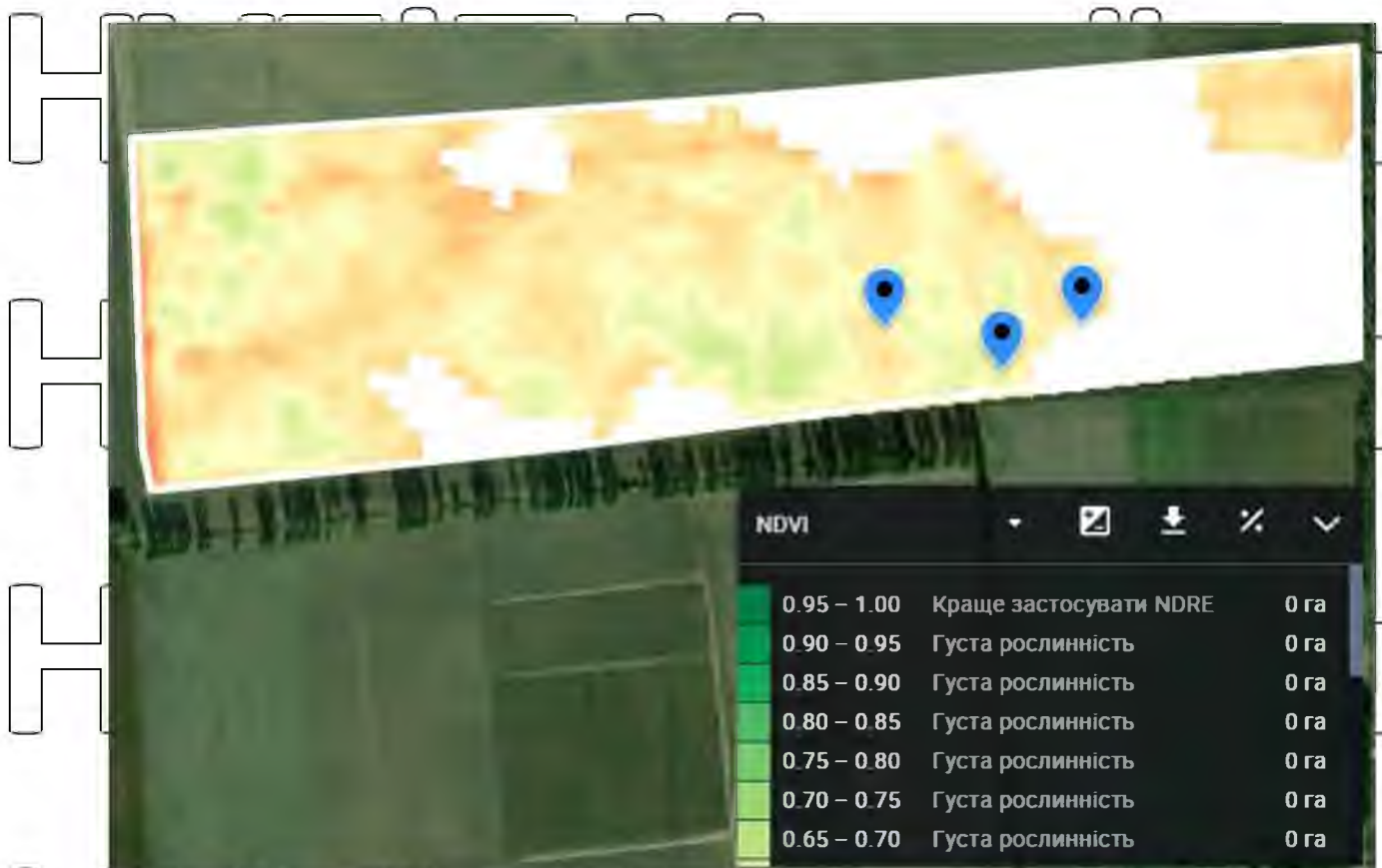


Рисунок 3.3. Вегетаційний індекс NDVI кукурудзи на стадії BBCH 85-87

## вологість сірого опідзоленого ґрунту

Збалансована вологість ґрунту грає важливу роль у процесі вирощування сільськогосподарських культур та має значний вплив на їхню врожайність і

якість. Волога в ґрунті необхідна не лише для життєвого циклу рослин, але й для регулювання їхньої температури. Процес терморегуляції, включаючи

випаровування вологи через листя, грає важливу роль у підтримці оптимальних умов для росту рослин. Оптимальний водний режим ґрунту впливає на

врожайність культур і забезпечує їхній здоровий ріст та розвиток. Аграріям

доводиться активно працювати над збереженням природної вологості в ґрунті та розподілом опадів відповідно до потреб рослин.

Оптимальний рівень вологості ґрунту для сільськогосподарських культур є невід'ємною умовою для досягнення високих врожаїв, оскільки без достатнього

зволоження рослини не можуть нормально розвиватися. Проте волога виконує інші важливі функції:

**Вплив на аерацію та якість ґрунту:** Рівень вологості в ґрунті впливає на доступність повітря для коренів рослин, ступінь засоленості ґрунту та концентрацію шкідливих речовин.

**Структура та пластичність ґрунту:** Волога впливає на структуру ґрунту, його пластичність та щільність.

**Температурний режим:** Волога регулює температуру ґрунту та його теплоємність.

**Запобігання вивітрюванню:** Волога в ґрунті важлива для збереження родючого шару та запобігання ерозії, яка може виникнути внаслідок вітрового та водного впливу.

**Час проведення робіт:** Рівень вологості в ґрунті визначає оптимальний час для проведення сільськогосподарських робіт.

НУБІП України

Дані в таблиці 3.1 вказує на те, що на початкових етапах росту ділянка низького рівня розвитку має дуже низький рівень вологості, що могло стати лімітуючим фактором початкового росту рослин.

За тиждень після проведення фоліарного підживлення культури не помічено суттєвих відмінностей між рівнем вологості на оброблених і контрольних ділянках.

Таблиця 3.1 Вологість сірого опідзоленого ґрунту 2023., %

№	Варіант дослідження	Шар ґрунту, см	Фаза росту і розвитку ВВСН		
	Високий розвиток рослин	12-13			
	Контроль				
	Високий розвиток рослин				
	Підживлення				
	Середній розвиток рослин				
	Контроль				
	Середній розвиток рослин				
	Підживлення				
	Низький розвиток рослин				
	Контроль				
	Низький розвиток рослин				
	Підживлення				



# НУБІП УКРАЇНИ

Тільки на ділянці високого рівня розвитку частина, яка була оброблена має вищий показник вологості на 0,57%. У фазі 47-48 на полі спостерігалось утворення калюж після зливого дощу, що характеризує вологість ґрунту на рівні максимальної вологоємності.

# НУБІП УКРАЇНИ

**оказники рН сірого опідзоленого ґрунту**

# НУБІП УКРАЇНИ

Низький рівень рН у ґрунті може впливати на ріст рослин опосередковано, наприклад, через підвищену розчинність алюмінію або марганцю обмежується доступність молібдену, фосфору, кальцію або магнію. З іншого боку, низький рН

# НУБІП УКРАЇНИ

(висока активність  $H^+$ ) може безпосередньо пригнічувати ріст рослин, через

# НУБІП УКРАЇНИ

негативний вплив на рівні кореневої плазмалемі. Ріст рослин за низького рівня рН покращувався за вищих концентрацій кальцію. Кальцій виконує специфічну функцію на зовнішній стороні плазмалемі для забезпечення цілісності мембрани. Нещодавно було зроблено припущення, що за низького рН чисте

# НУБІП УКРАЇНИ

вивільнення  $H^+$  за рахунок активності  $H^+$ -АТФази обмежується, таким чином обмежуючи продукування сухої речовини під час вегетативного росту рослин [19]. Ми дослідили цей показник за неоднорідністю поля (табл. 3.2).

# НУБІП УКРАЇНИ

Всі ділянки досліду характеризуються слабкокислою реакцією ґрунтового розчину. На ділянці низького і середнього розвитку у фазі 47-48 зафіксовано

# НУБІП УКРАЇНИ

зменшення кислотності ґрунтів, а на низькій обробленій ділянці показник вже характеризувався як близький до нейтрального. У період технічної стиглості аналіз ґрунтового розчину на середній та високій ділянці був близьким до

# НУБІП УКРАЇНИ

нейтрального, але оброблена ділянка тільки за середнього розвитку мала зменшення рівня кислотності.

Таблиця 3.2 рН сірого опідзоленого ґрунту

№	Варіант досліджу	Шар ґрунту, см	Фаза росту і розвитку ВВСН		
			12-13	47-48	85-87
	Високий розвиток рослин				
	Контроль				
	Високий розвиток рослин				
	Підживлення				
	Середній розвиток рослин				
	Контроль				
	Середній розвиток рослин				
	Підживлення				
	Низький розвиток рослин		5		
	Контроль		21		
	Низький розвиток рослин				
	Підживлення				

### 3.4 Вміст азотистих сполук в сірому опідзоленому ґрунті

Азот в ґрунті існує у двох основних формах: мінеральній та органічній.

Приблизно 98-99% азоту у ґрунті присутня у формі органічних сполук, які рослини не можуть безпосередньо використовувати. Для того, щоб цей азот став доступним для рослин, необхідна його трансформація через процес мінералізації, який включає розкладання складних органічних сполук на прості мінеральні речовини. Цей процес відбувається завдяки активності мікроорганізмів, таких як бактерії та гриби, які розкладають складні органічні сполуки на більш прості мінеральні форми азоту.

Рослини використовують амонійний азот швидше в своїх біохімічних процесах, ніж нітратний, оскільки вони можуть безпосередньо використовувати дану форму азоту для створення азотистих органічних речовин, таких як амінокислоти та білки. Навіть у випадку, коли амонійний азот відсутній у кореневій зоні, рослини можуть використовувати нітратний азот, але цей процес вимагає додаткового етапу, де нітратний азот спочатку повинен бути перетворений в амонійний [20].

На початковому етапі росту найбільшим вмістом амонійного азоту характеризувалася ділянка низького рівня розвитку рослин (табл. 3.3).

Впродовж вегетації на оброблених ділянках не спостерігалося збільшення вмісту амонійного азоту, окрім обробленої ділянки середнього рівня розвитку в фазу 18-19, а також у фазу 85-87 на ділянці високого розвитку.

Нітрати присутні в ґрунті у вигляді розчинних солей, нітрат-іони не взаємодіють з ґрунтово-вбирним комплексом, що призводить до їх постійного переміщення по ґрунтовому профілю разом із водою. Цей процес залежить від кількості опадів, часу та форми азотних добрив, які вводяться, а також властивостей ґрунту, пов'язаних із вологоємністю та водопроникністю.

Найбільше нітрати рухаються вниз по ґрунтовому профілю весною.

Рослини легко засвоюють азот у формі нітратів, тому цей показник вказує на наявність мінерального азоту в ґрунті, доступного для рослин. Результати дослідження даного показника на дослідних ділянках представлені в таблиці 3.4.

Ділянка з низьким рівнем розвитку характеризувалася найвищим вмістом нітратного азоту на початкових етапах росту, також на цій ділянці, де було проведено підживлення, впродовж вегетації фіксується більший вміст нітратного азоту ніж на контролі.

Мінеральний азот в ґрунті являє собою суму іонів амонію ( $\text{NH}_4$ ) та нітрат-іонів ( $\text{NO}^3$ ). Кількість амонійного та нітратного азоту є змінним показником, що постійно коливається і залежить від різних факторів, включаючи погодні умови, повітряний та гідрологічний режим ґрунту і активність мікроорганізмів.

Таблиця 3.3. Вміст амонійного азоту в сірому опідзоленому ґрунті, мг/кг.

№	Варіант досліджу	Шар ґрунту, см	Фаза росту і розвитку ВВСН			
	Високий розвиток рослин Контроль					
	Високий розвиток рослин Мідживлення					
	Середній розвиток рослин Контроль					
	Середній розвиток рослин Підживлення					
	Низький розвиток рослин Контроль					
	Низький розвиток рослин Підживлення					

Таблиця 3.4 Вміст нітратного азоту в сірому опідзоленому ґрунті, мг/кг

№	Варіант досліджу	Шар ґрунту, см	Фаза росту і розвитку ВВСН
	Високий розвиток рослин Контроль		
	Високий розвиток рослин Підживлення		
	Середній розвиток рослин Контроль		
	Середній розвиток рослин Підживлення		
	Низький розвиток рослин Контроль		
	Низький розвиток рослин Підживлення		

Вимірювання цих форм азоту проводять під час вегетаційного періоду рослин, що було виконано в межах досліду та представлено в таблиці 3.5, та перед застосуванням азотних добрив.

Таблиця 3.5. Вміст мінерального азоту в сірому опідзоленому ґрунті, мг/кг

№	Варіант досліду	Шар ґрунту, см	Фаза росту і розвитку ВВСН		
	Високий розвиток рослин Контроль				
	Високий розвиток рослин Підживлення				
	Середній розвиток рослин Контроль				
	Середній розвиток рослин Підживлення				
	Низький розвиток рослин Контроль				
	Низький розвиток рослин Підживлення				

До проведення позакореневого підживлення найвищий вміст мінерального азоту характеризувався на ділянці низького рівня розвитку рослин. Ефект від підживлення спостерігався на середній обробленій ділянці, де впродовж вегетації

рівень мінерального азоту був вищим за контроль, але зменшився перед збирання врожаю.

# НУБІП УКРАЇНИ

## Вміст рухомих сполук фосфору в сірому опідзоленому ґрунті

Нестача фосфору є серйозною проблемою і вважається основним лімітуючим фактором зниження врожайності сільськогосподарських культур. У

кислому ґрунті фосфор здебільшого іммобілізований у двох формах – неорганічного та органічного фосфору. Він може бути зв'язаний мінеральними

сполуками гідроксидів заліза (Fe) або алюмінію (Al), або може бути включений у породи, багаті на мінеральні оксиди, такі як гематит, гетит і гіббіт. На частку органічного фосфору припадає від 30% до 50% від його загальної кількості в

ґрунті, переважно у формі інозитолфосфатів, фосфоліпідів та вуглеводних фосфатів. Реакції мінералізації ґрунту, як правило, активуються ґрунтовими

мікробами у поєднанні з ферментом фосфатазою в ризосфері рослин для вивільнення неорганічного фосфору з ґрунтових запасів. На процес мінералізації

впливають фактори навколишнього середовища, такі як рН ґрунту, температура, вологість та фізико-хімічні властивості (структура, органічна речовина та

електропровідність). Рослини природним чином поглинають неорганічний фосфор з ґрунтових розчинів у формі  $H_2PO_4^-$  і  $HPO_4^{2-}$ , які доступні у вузькому діапазоні рН (6,0-6,5). На частку неорганічного фосфору припадає від 35% до

70% присутнього в ґрунтових розчинах [51].

Рухомий фосфор в ґрунті вказує на те, яка частина фосфору у ґрунті доступна для рослин і може бути легко поглинута корінням рослин, саме цей показник було визначено у ході дослідження (табл. 3.6). Фосфор у ґрунті може

бути зв'язаним у різних формах, і тільки певна частина його може бути розчиненою в воді і доступною для рослин.

# НУБІП УКРАЇНИ

Фосфор в ґрунті важливий для росту і розвитку рослин, оскільки фосфор входить до складу нуклеїнових кислот і енергетичних сполук, необхідних для фотосинтезу та метаболічних процесів рослин.

Таблиця 3.6. Вміст рухомих сполук фосфору в сірому опідзоленому ґрунті, мг/кг

№	Варіант досліджу	Шар ґрунту, см	Фаза росту і розвитку ВВСН
	Високий розвиток рослин		
	Контроль		
	Високий розвиток рослин		
	Підживлення		
	Середній розвиток рослин		
	Контроль		
	Середній розвиток рослин		
	Підживлення		
	Низький розвиток рослин		
	Контроль		



# НУБІП України

Низький розвиток рослин Підживлення

Під час закладки досліду найвищий показник рівня рухомих сполук фосфору зафіксовано на ділянці низького рівня розвитку (табл. 3.5, рис. 3.4). На кожній з оброблених ділянок, впродовж вегетації, зафіксовано збільшення кількості рухомих сполук елемента відносно відповідного контролю. Найбільше відхилення зафіксовано на ділянці високого рівня розвитку у фазу 47-48, контроль 256 мг/кг, а оброблена ділянка – 408 мг/кг.

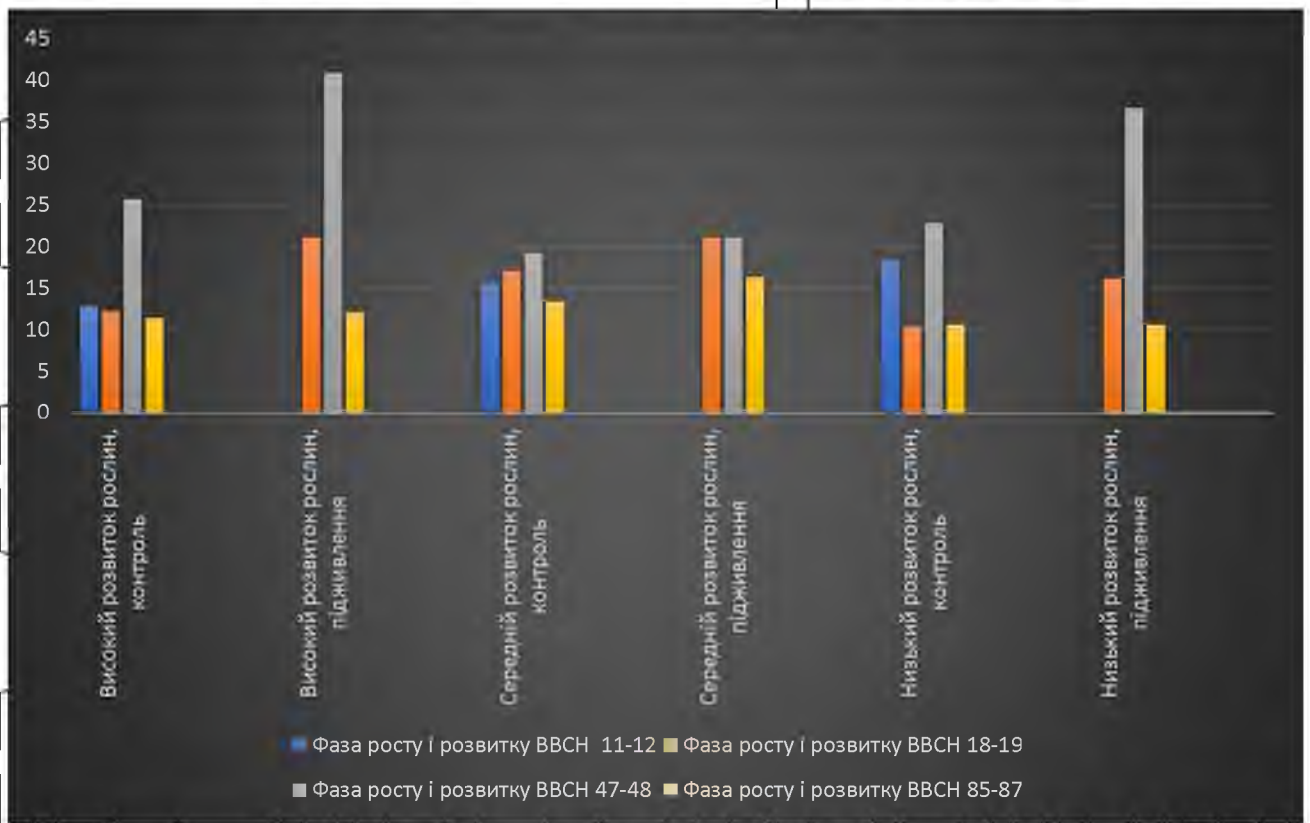


Рисунок 3.4. Вміст рухомих сполук фосфору в сірому опідзоленому ґрунті, мг/100 г.

# НУБІП України

## Вміст сухої речовини в кукурудзі

Сільськогосподарське виробництво в багатьох випадках вирає від

накопичення якомога більшої кількості сухої речовини в продукті, що збирається,

оскільки поряд з якістю, кількість є найбільш важливим аспектом. Частини, які

не можуть бути зібрані, в певному сенсі є бадастом, але часто є необхідністю,

оскільки вони слугують для забезпечення продукту, що збирається. Неможливо

виростити зерно без соломи або цукровий буряк без листя. Саме тому було

проведення визначення даного показнику на дослідних ділянках (табл. 3.7).

Таблиця 3.7. Вміст сухої речовини листі та стеблі кукурудзи, %

№	Варіант досліду	Орган рослини	Фаза росту і розвитку ВВСН
	Високий розвиток рослин Контроль	Стебло	
		Листок	
	Високий розвиток рослин Підживлення	Стебло	
		Листок	
	Середній розвиток рослин Контроль	Стебло	
		Листок	
	Середній розвиток рослин Підживлення	Стебло	
		Листок	
	Низький розвиток рослин Контроль	Стебло	
		Листок	
	Низький розвиток рослин Підживлення	Стебло	
		Листок	

Найбільший вміст сухої речовини у фазу 12-13 було зафіксовано на ділянці

низького рівня розвитку рослин. У фазу 18-19 було помічено зниження вмісту

сухої речовини на усіх оброблених ділянках досліду, в листах та в стеблі. Через

місяць від першого відбору спостерігалася зміщення фокусу вмісту сухої

речовини з стебла на листя, а найбільші показники були на ділянці високого рівня розвитку.

Біометричні показники кукурудзи

Таблиця 3.8.. Біометричні показники кукурудзи впродовж вегетації

№	Варіант дослідження	Показник	Фаза росту і розвитку	ВВСН
	Високий розвиток рослин	Вага надземної частини, г		
	Контроль	Висота, см		
	Високий розвиток рослин	Вага надземної частини, г		
	Підживлення	Висота, см		
	Середній розвиток рослин	Вага надземної частини, г		
	Контроль	Висота, см		
	Середній розвиток рослин	Вага надземної частини, г		
	Підживлення	Висота, см		
	Низький розвиток рослин	Вага надземної частини, г		
	Контроль	Висота, см		

Низький розвиток рослин	Вага надземної частини, г			
Підживлення	Висота, см			

На початковому етапі та впродовж вегетації біометричні показники, а саме вага надземної частини та висота рослин, відповідали рівню розвитку на дослідній ділянці (табл. 3.8). У фазу 18-19 не було помічено змін від застосування Істотний вплив було зафіксовано у фазу 47-48, а саме на оброблених ділянках рослини були вищі та важчі, у порівнянні з відповідними контролями. На момент настання фази 85-87, рослини були обрізані та було видалено чоловіче суцвіття, тому була зафіксована тільки вага.

#### лоща листкової поверхні кукурудзи

Таблиця 3.9. Площа листкової поверхні кукурудзи впродовж вегетації

№ досліді	Варіант	Показник	Фаза росту і розвитку ВВСН	
	Високий розвиток рослин	Площа листкової поверхні рослини, см <sup>2</sup>		3
	Контроль	Площа листкової поверхні на га, м <sup>2</sup>		6
	Високий розвиток рослин	Площа листкової поверхні рослини, см <sup>2</sup>		4
	Підживлення	Площа листкової поверхні на га, м <sup>2</sup>		2
	Контроль	Площа листкової поверхні на га, м <sup>2</sup>		5
	Середній розвиток рослин	Площа листкової поверхні рослини, см <sup>2</sup>	915	3294
	Контроль	Площа листкової поверхні на га, м <sup>2</sup>		19305

Середній розвиток рослин	Площа листкової поверхні рослини, см <sup>2</sup>	1	3
	Площа листкової поверхні на га, м <sup>2</sup>	6	1
Підживлення	Площа листкової поверхні рослини, см <sup>2</sup>	4	8
	Площа листкової поверхні на га, м <sup>2</sup>	915	3881
Низький розвиток рослин	Площа листкової поверхні рослини, см <sup>2</sup>	4576,5	19406
	Площа листкової поверхні на га, м <sup>2</sup>	1	6
Контроль	Площа листкової поверхні рослини, см <sup>2</sup>	919	3266
	Площа листкової поверхні на га, м <sup>2</sup>	4596	1
Низький розвиток рослин	Площа листкової поверхні рослини, см <sup>2</sup>	1	6
	Площа листкової поверхні на га, м <sup>2</sup>	6	1

На початковому етапі росту площа листової поверхні рослин була пропорційна рівням розвитку рослин на ділянках (табл. 3.9). Впродовж вегетації не було зафіксовано чіткої тенденції у зміні площі листкової поверхні ділянок контролю та оброблених дослідних ділянок.

### Ефективність позакореневого підживлення кукурудзи

Виконання певної агротехнічної операції вважається ефективним, коли вона має вплив на цінні виробничі показники продуктивності рослини, збільшення якісних чи кількісних показників. Дана ефективність виражається у елементах структури врожаю та безпосередньо самій врожайності.

Виходячи з інформації в таблиці 3.10, позакореневе підживлення продуктом Generate® позитивно вплинуло на формування довжини початка, кількості зерен в ряду, а також врожайності (рис. 3.5, 3.6, 3.7). Найбільший приріст досягається при обробці ділянки низького розвитку рослин, а саме +1,17

т/га, середній розвиток – 0,16 т/га та високий рівень розвитку рослин – 0,36 т/га (рис 3.8).

На ділянці високого рівня розвитку основним фактором збільшення врожайності було збільшення маси 1000 насінин. Для ділянки середнього рівня розвитку найбільше значення мала закладка більшої кількості рядів зерен. На

ділянці низького рівня розвитку ми побачили покращення всіх елементів структури врожаю, а саме кількості рядів зерна, зерна в ряду та маси 1000 цитук.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 3.10. Структура врожаю та врожайність кукурудзи на насіння.

№	Варіант досліджу	Показник						
		Довжина початка, см	Кількість рядів зерен, шт	Кількість зерен в ряду, шт	Кількість зерна на початок, шт	Маса на 1000 зерен, г	Урожайність, т/га	Приріст урожайності,
	Високий розвиток рослин Контроль							
	Високий розвиток рослин Підживлення							
	Середній розвиток рослин Контроль							
	Середній розвиток рослин Підживлення							
	Низький розвиток рослин Контроль							
	Низький розвиток рослин Підживлення							



Рисунок 3.5. Початки кукурудзи з ділянки низького рівня розвитку рослин, зліва - обробка, справа - контроль.



Рисунок 3.6. Початки кукурудзи з ділянки середнього рівня розвитку рослин, зліва - обробка, справа - контроль.



Рисунок 3.7. Початки кукурудзи з ділянки високого рівня розвитку рослин, зліва - обробка, справа - контроль.



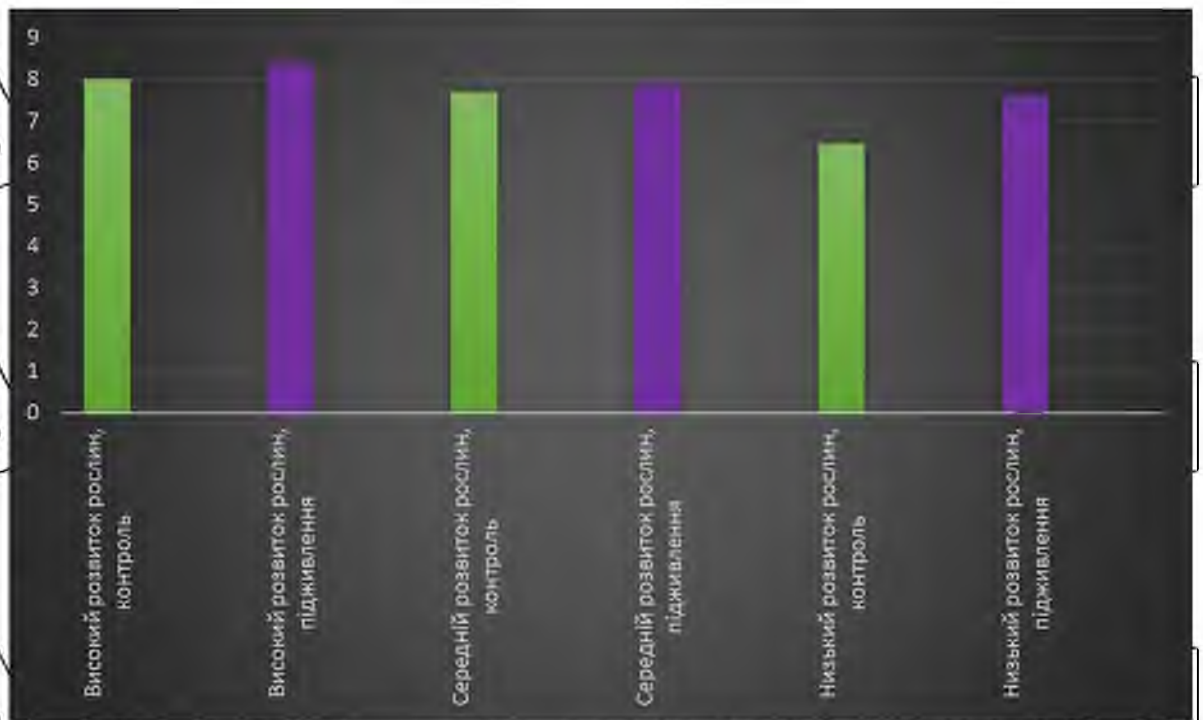


Рисунок 3.8. Врожайність кукурудзи відповідно до варіантів дослідження, т/га.

### показники якості зерна кукурудзи

Кукурудза є найбільшою вирощуваною зерновою культурою в світі, і потреба в характеристиці зерна кукурудзи на основі різних параметрів якості стає все більш актуальною, оскільки попит на кукурудзу постійно зростає в різних сферах застосування кінцевого продукту. Зазвичай, кукурудзу класифікують на основі фізичних показників якості, таких як вага, щільність, вологість, вміст битих зерен та сторонніх домішок, вміст пошкоджених зерен, відсоток тріщин під тиском, зміни під час зберігання, вміст вільного амінного азоту, сприйнятливість до ферментативного гідролізу, а також хімічних показників, таких як вміст крохмалю, білка, олії та розчинних цукрів. Саме визначення хімічних показників зерна кукурудзи з дослідних ділянок вказано в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11. Показники якості зерна кукурудзи

№	Варіант дослід	Показник			
		Вологість,	Вміст жиру, %	Білок,	Крохмаль,
	Високий розвиток рослин				
	Контроль				
	Високий розвиток рослин				
	Підживлення				
	Середній розвиток рослин				
	Контроль				
	Середній розвиток рослин				
	Підживлення				
	Низький розвиток рослин				
	Контроль				
	Низький розвиток рослин				
	Підживлення				

В результаті аналізу показників якості зерна можна стверджувати, що збільшення показників вмісту жиру та білку було отримано на ділянці середнього та низького рівня розвитку рослин. Суттєві змінами є покращення на 0,4% вмісту білку на обробленій ділянці середнього рівня розвитку.

НУБІП України

НУБІП України

# РОЗДІЛ 4. Економічна ефективність позакореневого підживлення на кукурудзі на насіння.

Економічна ефективність вирощування означає, наскільки прибутковим і ефективним є певне сільськогосподарське підприємство, чи технологія вирощування сільськогосподарських культур і окремі її елементи. Це оцінюється на основі фінансових показників, витрат і доходів, які пов'язані з вирощуванням культури. Оцінка економічної ефективності враховує, чи вдається виробнику отримувати достатньо прибутку для покриття всіх витрат і забезпечення прибутковості.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

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

№	Варіант досліду	Урожайність, т/га	Вартість врожаю, грн	Загальні витрати, грн/га	Дохід, грн	Рентабельність,	Окупність 1 грн заграт, грн
	Високий розвиток рослин Контроль						
	Високий розвиток рослин Підживлення						
	Середній розвиток рослин Контроль						
	Середній розвиток рослин Підживлення						
	Низький розвиток рослин Контроль						
	Низький розвиток рослин Підживлення						

Загальні витрати на вирощування насіннєвого матеріалу кукурудзи складають 77432 грн і включають в себе витрати на обробіток ґрунту, добрива, засоби захисту рослин, насіннєвий матеріал, підживлення, видалення волотей, непрямі виробничі витрати, оренда земельної ділянки та полив. Вартість позакоренового підживлення Generate® складає 1302 грн/га. Найнижчий показник рентабельності на ділянці контролю низького рівня розвитку і складає -10,4%, а найвищий на обробленій ділянці високого рівня розвитку рослин

Таблиця 4.2. Прибуток від фоліарного підживлення кукурудзи на насіння.

№	Варіант дослідження	Приріст врожайності, т/га	Вартість приросту врожайності, грн	Частка вартості підживлення загальній технології, %	Прибуток від підживлення, грн/га	Рентабельність застосування, %
	Високий розвиток рослин Підживлення					
	Середній розвиток рослин Підживлення					
	Низький розвиток рослин Підживлення					

НУБІП Україна

Попри не найвищу рентабельність підживлення на ділянці низького розвитку рослин, саме ця ділянка приносить найбільший прибуток від застосування Generate®, а саме – 11275 грн/га. Найменший прибуток отримується від фоліарного підживлення кукурудзи на ділянці середнього рівня розвитку рослин.

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

# НУБІП України

## ВИСНОВКИ

У результаті проведення позакореневого підживлення кукурудзи на насіння за використання супутникового моніторингу посіві, було встановлено:

використовуючи дані супутникового моніторингу та даних індексу NDVI, можливо виділити зони різного рівня розвитку рослин на одному полі. Виконані аналізи ґрунту вказують на те, що найбільш забезпеченою

сполуками мінерального азоту та рухомого фосфору була ділянка низького рівня розвитку рослин.

Літарне підживлення добривом Generate® сприяло формуванню кращої біомаси рослин, а саме збільшення ваги надземної частини та висоти рослин.

Ослідні ділянки, де було проведено підживлення мають більший вміст рухомого фосфору у порівнянні з відповідними контролями.

Позакореневе підживлення сприяло формуванню вищої врожайності на кожному рівні розвитку рослин. Високий рівень розвитку: контроль – 8,01 т/га, обробка – 8,37 т/га; середній рівень розвитку рослин: контроль – 7,69 т/га, обробка – 7,85 т/га; низький рівень розвитку: контроль – 6,45

т/га, обробка – 7,62 т/га.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

НУБІП України

t

h

НУБІП України

t

y

y

НУБІП України

Matłok, N., Basara, O., Zardzewiały, M., Gorzelany, J., & Balawejder, M. (2021).

2

144–155.

НУБІП України

Шкварчук М. М. Грунтознавство / М. М. Шкварчук, М. І. Делеменчук. – Київ: Урожай, 1969. – 412 с.

Атлас почв Украинской ССР/ под. ред.. П.К. Крупского и Н.И. Полупана. – К.: Урожай. –1979. – 160с.

НУБІП України

Мисюра С.М., Магденко Ю.І., Мочан С.С., Недзельська С.В., Корецька Р.О. Екологічний паспорт Київської області. – К.: Київська міська державна

адміністрація, 2018. – 194 с.

Балік О.І., Басюк Т.О. Методичні вказівки “Довідкові дані з клімату України”. Рівне: Національний університет водного господарства та

НУБІП України

мриродокористування, 2014. – 158 с.

e

h

НУБІП України

ti

t

2

1

o



НУБІП України

Bender, R. R., Haegele, J. W., Ruffo, M. L., & Below, F. E. (2013). Modern corn  
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

201–218.  
657–666.  
НУБІП України

1–3.  
1–16. 49  
3849–3856.  
НУБІП України

175–176, 78–89.  
ersch B, Isola C, Laberinti P, Martimort P, Meygret A, Spoto F, Sy O, Marchese F,  
НУБІП України

Bargellini P. Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. Remote Sens Environ. 2012;120:25–36.

Remote Sens Environ. 2014;145:154–72.

brahim, M., Iqbal, M., Tang, Y. T., Khan, S., Guan, D. X., & Li, G. (2022). Phosphorus mobilization in plant–soil environments and inspired strategies for managing

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України