

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Навчально-науковий інститут природокористування та гуманітарних наук
Кафедра аграрних технологій та лісового господарства

Допущено до захисту
Завідувач кафедри
Кудряшова Катерина Миколаївна

" ____ " _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**“Підбір оптимального мінерального підживлення кукурудзи на зерно в умовах
Полісся”**

201 – Агрономія

20 – Аграрні науки та продовольство

Виконавець:

здобувач вищої освіти гр. МАГ-241

Прокопець Євгеній Олександрович _____

(підпис)

Керівник:

доцент кафедри АТЛГ, канд. с.-г. наук

Коротка Ірина Григорівна _____

(підпис)

Чернігів 2025

Я, Прокопець Євгеній Олександрович, підтверджую, що дана робота є моєю власною письмовою роботою, оформленою з дотриманням цінностей та принципів етики і академічної доброчесності відповідно до Кодексу академічної доброчесності Національного університету «Чернігівська політехніка». Я не використовував/ла жодних джерел, крім процитованих, на які надано посилання в роботі

Дата

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Навчально-науковий інститут бізнесу, природокористування і туризму
Кафедра аграрних технологій та лісового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ :
Завідувач кафедри
Селінний Михайло Михайлович

" _____ " _____ 2025 р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Прокопця Євгенія Олександровича

Тема роботи: Підбір оптимального мінерального підживлення кукурудзи на зерно в умовах Полісся

Тему затверджено наказом ректора
від "17" жовтня 2025 р. № 652С/ВС

1. Вхідні дані до роботи: дослідження та спостереження проведені власне здобувачем вищої освіти протягом 2025 року
2. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Опрацювання літературних джерел по темі випускної кваліфікаційної роботи; опрацювання схем та методів досліджень; визначення основних завдань та розробка плану дій; збір, аналіз результатів дослідження; оброблення текстового, табличного, графічного матеріалів; підведення підсумків, написання висновків, формулювання рекомендацій виробництву
3. Перелік графічного матеріалу (у разі необхідності) відповідно до поставлених завдань робота повинна мати таблиці, діаграми, рисунки.

4. Календарний план

№	Назва етапів роботи	Термін виконання	Примітки
1.	Складання плану випускної кваліфікаційної роботи, остаточне погодження теми	21.09.2025	<i>виконано</i>
2.	Збір та вивчення джерел інформації за темою дипломної роботи	08.10.2025	<i>виконано</i>
3.	Опрацювання даних досліджень. Систематизація та розподіл інформації за відповідними розділами роботи	22.10.2025	<i>виконано</i>
4.	Написання основних розділів ВКР (огляд питання за літературними джерелами, проведення порівняльної оцінки подібних досліджень, опис методик дослідження)	26.10.2025	<i>виконано</i>
5.	Оформлення розділу, який містить результати проведених досліджень та спостережень, проектування загальних висновків та пропозицій	23.11.2025	<i>виконано</i>
6.	Остаточне оформлення роботи (відповідно до чинних вимог). Реєстрація та подання на перевірку та рецензування	02.12.2025	<i>виконано</i>

Завдання підготував:

керівник _____
(підпис)Коротка І.Г. _____
(прізвище та ініціали)

«____» _____ 2025р.

Завдання одержав:

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)Прокопець Є.О. _____
(прізвище та ініціали)

«____» _____ 2025 р.

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі обґрунтовано актуальність теми та розглянуто сучасний стан розвитку сільського господарства в Україні, зокрема питання ефективності вирощування кукурудзи на зерно. Проаналізовано природно-кліматичні умови Полісся, характеристику ґрунтів та специфіку їх забезпеченості елементами живлення.

У процесі дослідження проведено оцінку ефективності різних видів мінеральних підживлень із урахуванням кислотності ґрунтів, забезпеченості поживними речовинами та фаз розвитку рослин.

Запровадження зазначених заходів сприятиме підвищенню родючості ґрунтів, покращенню забезпеченості рослин поживними речовинами, зростанню врожайності та рентабельності вирощування кукурудзи на зерно в умовах Полісся.

Робота викладена на 74 сторінках комп'ютерного тексту, складається зі вступу, 4 розділів, висновків та пропозицій виробництву. Перелік посилань містить 42 найменування. Ілюстративний матеріал представлений 10 таблицями, 19 рисунками та 1 додатком.

У роботі проаналізовано вплив сучасних систем удобрення на продуктивність кукурудзи. Доведено, що інтегрований підхід, який поєднує мінеральні добрива з позакореневим внесенням мікроелементів та інтродукцією фосфатмобілізуючих бактерій, дозволяє:

- компенсувати дефіцит поживних речовин у кислих ґрунтах Полісся;
- підвищити коефіцієнт засвоєння фосфору з важкодоступних сполук;
- забезпечити стабільний приріст урожайності та підвищити рентабельність виробництва зерна.

Ключові слова: кукурудза на зерно, Полісся, мінеральне підживлення, мікроелементи, фосфатмобілізуючі бактерії, врожайність, економічна ефективність.

ANNOTATION

The thesis substantiates the relevance of the topic and examines the current state of agricultural development in Ukraine, in particular the issue of the efficiency of grain corn cultivation. The natural and climatic conditions of Polissya, soil characteristics and the specifics of their nutrient content are analysed.

The study evaluates the effectiveness of various types of mineral fertilisers, taking into account soil acidity, nutrient content and plant development phases.

The implementation of these measures will contribute to increasing soil fertility, improving the supply of nutrients to plants, and increasing the yield and profitability of grain corn cultivation in Polissya.

The work is presented in 73 pages and consists of an introduction, 4 chapters, conclusions and recommendations for production. The list of references contains 42 items. Illustrative material is presented in 10 tables, 19 figures and 1 appendix.

The work analyses the impact of modern fertilisation systems on corn productivity. It has been proven that an integrated approach combining mineral fertilisers with foliar application of micronutrients and the introduction of phosphate-mobilising bacteria allows:

- to compensate for the deficiency of nutrients in the acidic soils of Polissya;
- increase the phosphorus assimilation coefficient from hard-to-access compounds;
- ensure stable yield growth and increase the profitability of grain production.

Keywords: grain corn, Polissya, mineral fertilisation, microelements, phosphate-mobilising bacteria, yield, economic efficiency

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ ЗА ЛІТЕРАТУРНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ, ІСНУЮЧИМ ДОСВІДОМ, СТАНОМ РОСЛИННИЦЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ НА РИНКУ	10
1.1 Стан та перспективи вирощування культури в Україні та світі	10
1.2 Народногосподарське значення кукурудзи.....	14
1.3 Морфологічні та біологічні властивості культури.....	16
1.4 Вплив різних факторів на ріст, розвиток та урожайність культури	28
1.5 Особливості технології вирощування.....	31
2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОНИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	34
2.1 Загальна характеристика ґрунтів Чернігівської області.....	34
2.2 Кліматичні умови зони дослідження.....	36
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	42
3.1. Вплив вапнування на живлення кукурудзи.....	42
3.2. Вплив інтродукції бактеріальним препаратом.....	47
3.3. Вплив позакореневого підживлення мікроелементами.....	51
3.4. Результати дослідження.....	53
4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ.....	56
4.1 Вапнуваннян доломітовим борошном.....	56
4.2 Вплив мікробного препарату.....	58
4.3 Листове комплексне підживлення.....	60
4.4 Економічна ефективність застосування різних агроприймів.....	61
ВИСНОВКИ	65
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	68
ДОДАТКИ	73

ВСТУП

Сучасне землеробство передбачає собою раціональне, економічне, екологічне та технологічно обґрунтоване використання землі. Завданням землеробства є формування високородючих ґрунтів з оптимальними параметрами родючості, при цьому враховувати безпеку екології, не порушувати встановлених зв'язків у довкіллі і при цьому отримувати високі і стабільні врожаї культур.

Кукурудза — одна з найдавніших та найважливіших сільськогосподарських культур. Сьогодні вона є надзвичайно популярною зерною, кормовою та технічною культурою, яка вирізняється високою врожайністю та широким спектром застосування. Щорічно у світі споживається майже 1 мільярд тонн кукурудзи — більше, ніж пшениці, ячменю, вівса та сорго разом узятих.

Важко переоцінити її значення для різних сфер нашого життя. Окрім харчового використання, кукурудза слугує сировиною для виробництва пального, електроенергії, а також побутових товарів. Це відкриває великі можливості для розвитку переробної промисловості за межами аграрного сектору.

А що вже казати про прибутковість: для фермерів вирощування кукурудзи часто стає надзвичайно вигідним рішенням, яке виправдовує себе навіть у складних умовах.

Останніми роками, в умовах глобальних кліматичних змін, коли на півдні України все частіше спостерігаються посушливі періоди під час вегетації кукурудзи та відчувається дефіцит вологи в ґрунті, простежується чітка тенденція до розширення посівних площ цієї культури в регіоні Полісся.

В останні роки, у зв'язку зі зміною кліматичних умов, спостерігається зміщення центрів вирощування кукурудзи з традиційних південних регіонів до зони Полісся. Це зумовлено зростаючою посушливістю в південних областях та збереженням більш сприятливого водного режиму в північних регіонах країни. Проте ефективне вирощування кукурудзи на зерно в умовах Полісся потребує науково обґрунтованих підходів до живлення рослин, зокрема правильного підбору мінеральних добрив.

Мінеральне підживлення є одним із найважливіших чинників, що впливають на ріст, розвиток та продуктивність кукурудзи. Недостатнє або незбалансоване живлення негативно позначається на врожайності, тоді як оптимальне забезпечення елементами живлення дозволяє повніше реалізувати потенціал культури. Врахування специфіки ґрунтово-кліматичних умов Полісся, зокрема підвищеної кислотності ґрунтів та обмеженого вмісту доступних елементів живлення, є необхідною умовою для ефективного підбору схем мінерального удобрення.

Актуальність даної теми зумовлена потребою підвищення продуктивності кукурудзи в зоні Полісся за рахунок науково обґрунтованого підходу до мінерального живлення.

Предметом дослідження є підбір та розробка стратегії для оптимального мінерального підживлення кукурудзи на зерно в умовах Полісся.

Метою роботи є дослідження впливу різних варіантів мінерального підживлення на урожайність кукурудзи на зерно та розробка оптимальної системи удобрення для умов Полісся.

Виходячи з поставленої мети, завданнями дипломної роботи є:

- вивчення теоретичних засад розвитку вирощування кукурудзи;
- аналіз сучасного стану виробництва кукурудзи в обраному господарстві;
- визначення шляхів підвищення економічної ефективності її виробництва.

Теоретичною та методологічною основою дослідження слугують чинні законодавчі та нормативні документи, що регламентують питання виробництва кукурудзи, наукова література, публікації вчених-економістів, матеріали періодичних видань, річна звітність господарства, а також інші інформаційні джерела.

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ ЗА ЛІТЕРАТУРНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ, ІСНУЮЧИМ ДОСВІДОМ, СТАНОМ РОСЛИННИЦЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ НА РИНКУ

1.1 Стан та перспективи вирощування культури в Україні та світі

Кукурудза належить до найпродуктивніших злакових культур універсального призначення і використовується для виробництва продовольства, кормів та технічних продуктів.

У країнах світу для продовольчих потреб використовується приблизно 20 % зерна кукурудзи, для технічних – 15-20 %, на корм худобі – 60-65 %. В ЄС для продовольчих потреб - 20 %, для технічних - 18 %, на корм худобі - 72 % (рис. 1.1. та рис. 1.1.2).

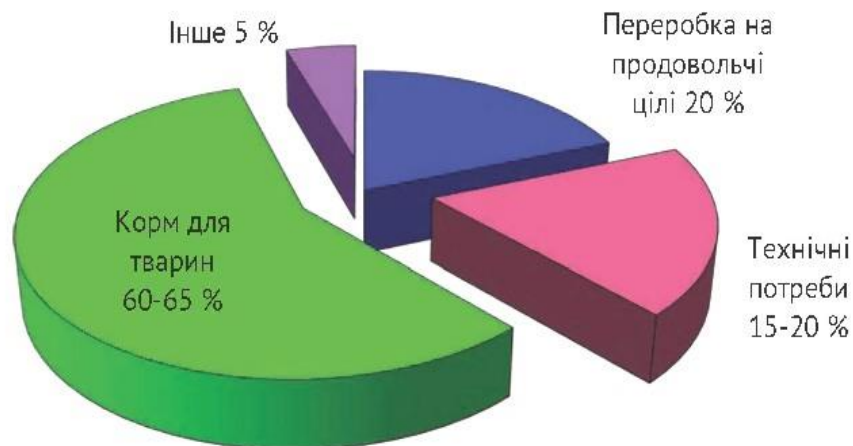


Рисунок 1.1 Сфери використання кукурудзи на зерно в світі (за даними ФАО)

Кукурудза потребує підвищеної уваги до вологи, тепла, світла, поживних речовин та інших факторів навколишнього середовища. Гібриди цієї культури значно різняться за тривалістю вегетаційного періоду, що визначає їхні специфічні вимоги до умов вирощування. При застосуванні агротехнічних прийомів із урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей регіону та екологічних вимог кукурудза здатна забезпечити максимальний урожай [1].

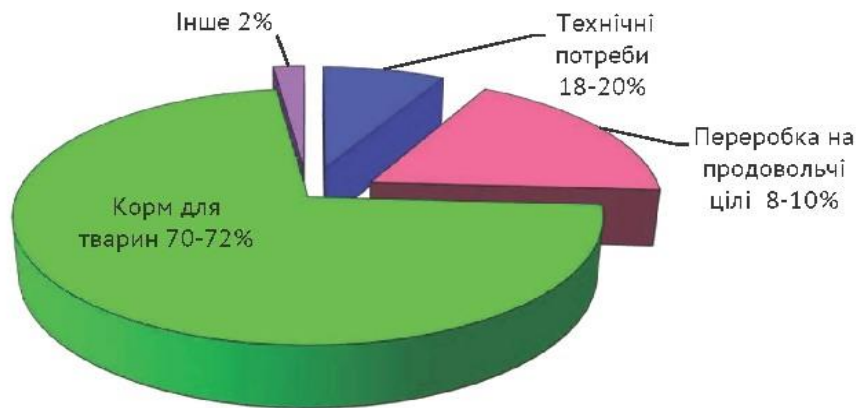


Рисунок 1.1.2 Сфери використання кукурудзи на зерно в Європі (за даними ФАО)

Для посіву кукурудзи використовують гібридне насіння, яке отримують шляхом схрещування самоzapилених ліній. Залежно від батьківських форм розрізняють міжсортіві, сортолінійні та міжлінійні гібриди. Завдяки явищу гетерозису гібриди дають урожай на 25–30 % вищий порівняно зі звичайними сортами. Максимальний приріст врожайності забезпечує насіння першого покоління; при пересіві ефект гетерозису значно знижується, тому гібриди виробляють щороку [1].

У 2023 році кукурудза залишилася наймасовішим експортним товаром України, продемонструвавши зростання обсягів на 5 %, проте доходи від експорту скоротилися на 16,8 %. Це пояснюється логістичними труднощами, з якими стикаються вітчизняні агровиробники.

Найбільшим імпортером української кукурудзи у 2023 році стала Франція, придбавши 11 тис. тонн продукції на загальну суму 32 млн доларів. Угорщина також була значним покупцем – 9,1 тис. тонн на 26,9 млн доларів. Австрія та Румунія придбали відповідно 7,3 тис. тонн (19,9 млн доларів) та 6,7 тис. тонн (21,9 млн доларів). Молдова посіла п'яте місце, закупивши 1,1 тис. тонн зерна на суму 1,7 млн доларів [2].

Прогнозується, що світове виробництво кукурудзи в сезоні 2025/26 років становитиме 1,286 млрд тонн, що дещо нижче за серпневі оцінки, але все ще є рекордним рівнем поставок. Сполучені Штати залишаються найбільшим постачальником, обсяг виробництва якого прогнозується на рівні 427,1 млн тонн, тоді як Південна Америка також очікує високі врожаї, на чолі з потенційно рекордними 61 млн тонн врожаями Аргентини. Водночас несприятливі погодні умови стримують діяльність Європейського Союзу, де очікується падіння виробництва нижче 58 млн тонн. На цьому тлі зміна торговельних потоків, зростання конкуренції серед експортерів та зміни у внутрішній політиці змінюють світовий ринок кукурудзи [3].

Україна займає одне з провідних місць у світі за виробництвом кукурудзи. Детальнішу інформацію ви можете побачити у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Провідні країни світу з вирощування кукурудзи [2].

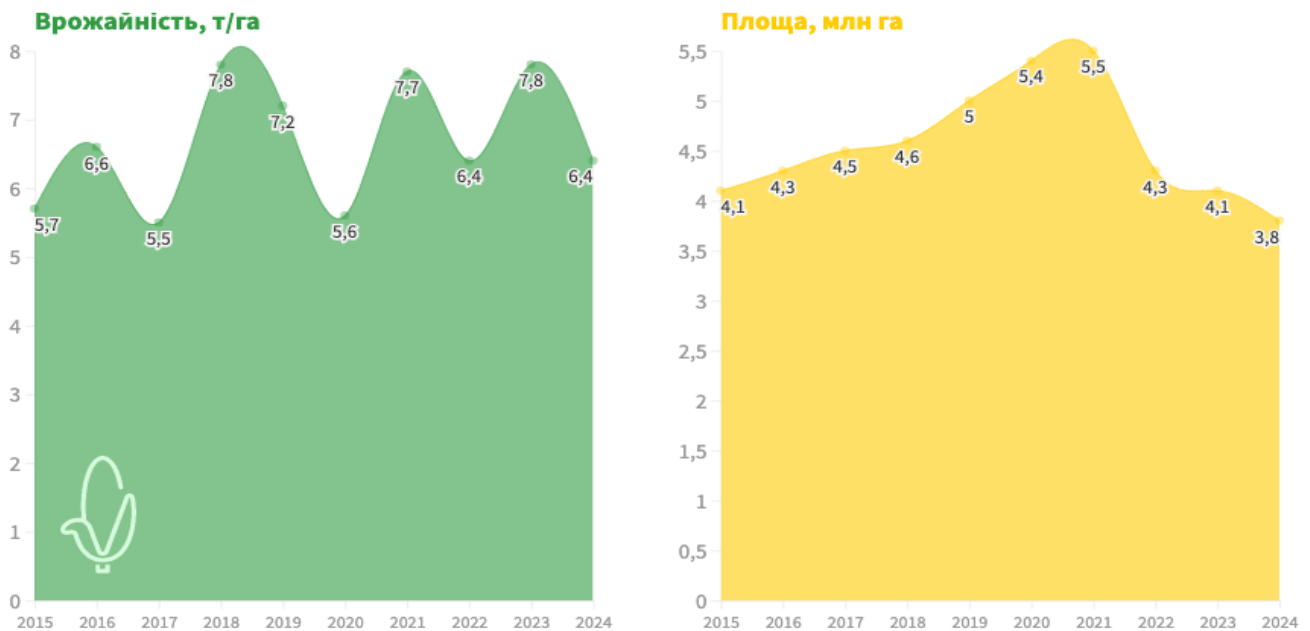
Місце	Країна	% світового виробництва	Виробництво (1000 тонн)
1	США	32	389.6
2	Китай	23	288.8
3	Бразилія	10	124
4	Країни ЄС	5	60.1
5	Аргентина	5	56
6	Індія	3	35.5
7	Україна	2	29.5

Заїжджена фраза «кукурудза — цариця полів» перескочила в наші часи з 1950-60-х років і тривалий період до повномасштабного вторгнення виправдовувала це означення, адже площі під культурою планомірно щорічно зростали.

«Переломний» 2022 рік став результатом одночасного впливу кількох чинників. Військовий конфлікт призвів до загального скорочення оброблюваних площ в Україні. Додатково негативно вплинуло блокування росією українських портів, що

обмежило експорт зернових. Не менш вагомим був погодний фактор, успадкований із попереднього року: через несприятливі умови значна частина кукурудзи залишилася зимувати на полях, що знизило стимул аграріїв до посіву цієї культури у новому сезоні [4].

Кукурудза: врожайність та площі 2015-2024 рр.



Джерело: Держстат України • Створено за допомогою Flourish: Станом на 10.12.2024

Рисунок 1.1.3 Урожайність та площі під кукурудзою в Україні у 2015-2024 рр

Найбільше кукурудзи в Україні виробляють такі області:

- Полтавська — 13%,
- Чернігівська — 11%,
- Сумська — 10%,
- Вінницька — 10%,
- Черкаська — 8%.

Загалом, провідними кукурудзяними регіонами України є Полтавська область, яка стабільно займає перше місце, та Чернігівська область — друга за площею посівів. Винятком був 2017 рік, коли на друге місце тимчасово вийшла Кіровоградська

область. Третя позиція у рейтингу площі посівів змінюється щороку між Вінницькою та Черкаською областями, а іноді її посідає Сумська область. Якщо ж оцінювати ситуацію за рівнем урожайності, лідерство зміщується ближче до західних регіонів [4].



Рисунок 1.1.3 Виробництво кукурудзи в Україні по областях [5].

Що чекає на «царицю» далі? Чи збережеться тенденція до скорочення площ під нею й у 2025 році? Поки що точні прогнози відсутні, однак деякі ринкові аналітики вважають, що ситуація не погіршиться. При цьому неодноразово лунають припущення, що «звільнені» площі можуть переходити під олійну культуру. А може, навпаки — кукурудза поступається місцем олійним культурам.

1.2. Народногосподарське значення

Походження та історія

Кукурудза походить із Мексики, де її вирощували близько 10 тисяч років тому. Вона була однією з основних культур майя та ацтеків. Перші згадки про кукурудзу в Європі датуються XVI століттям, коли її завезли з Америки до Іспанії. В Україні її

почали вирощувати у XVIII столітті, і вона швидко стала важливою культурою для сільського господарства, особливо в рівнинних районах [2].

Використання

Кукурудза має широке застосування в сільському господарстві, харчовій промисловості, тваринництві та енергетиці:

- **Продовольче використання:** виробництво борошна, крупи, пластівців, харчового крохмалю, сиропів, цукру. Недостигле зерно (цукрова кукурудза) споживають вареним на качанах.
- **Кормове:** зерно, стебла та листя використовують для годівлі свиней, корів, птиці та інших тварин. За вмістом кормових одиниць зерно перевершує овес, ячмінь та жито: 1 кг містить 1,34 кормової одиниці та 78 г перетравного протеїну. Проте білок неповноцінний через дефіцит лізину і триптофану, тому зерно дають у суміші з високопротеїновими кормами [6].
- **Промислове:** із зерна, стебел та листя виробляють біопаливо, папір, текстиль, пластмаси, етиловий спирт, органічні кислоти, гліцерин та інші хімічні продукти. Зародки зерна — джерело рослинної олії (до 40 % у зародку), яка є висококалорійною та містить лецитин для зниження холестерину [2].

За підрахунками, з кукурудзи виготовляють понад 300 різних виробів, багато з яких є сировиною для інших галузей промисловості. Селекціонери працюють над високоолійними формами, де вміст олії в зерні перевищує 15 % [2].

Харчова цінність. Зерно кукурудзи містить:

- 65–70 % вуглеводів
- 9–12 % білка
- 4–8 % рослинної олії
- ~2 % клітковини
- вітаміни А, В1, В2, В6, Е, С
- незамінні амінокислоти, мінеральні солі та мікроелементи [2].

Кукурудзяне борошно та крупа використовуються в кондитерській промисловості: бісквіти, печиво, запіканки, харчові пластівці. За вмістом білка (12,5 %) кукурудзяна крупа перевищує пшоняну, ячмінну та гречану.

Агротехнічне значення

Кукурудза є цінною просапною культурою:

- Добрий попередник для ярих і озимих культур
- Забезпечує високу врожайність і кормову цінність
- Сприяє розвитку тваринництва та промислової переробки зерна [7].

Значення для економіки України

Вирощування кукурудзи є ключовим напрямком сільськогосподарського розвитку України. Культура забезпечує внутрішні потреби країни та створює можливості для експорту, відіграючи важливу роль у продовольчій та кормовій безпеці [7].

1.3. Морфологічні та біологічні властивості культури

Коренева система кукурудзи мичкувата, сильно розгалужена та проникає глибоко в ґрунт. Основна маса коренів знаходиться на глибині 30–60 см від поверхні, проте частина коренів проникає значно глибше, забезпечуючи доступ рослин до води на глибинах 1,5–4 м.

У межах кореневої системи виділяють чотири типи коренів: основні зародкові, бокові зародкові, постійні та повітряні (рис. 1). Найбільше значення для розвитку рослини мають постійні корені, які формуються з підземних стеблових вузлів на глибині 3–5 см від поверхні [8].



Рисунок 1.3.1 Коренева система: основні (а) та повітряні (б) корені

Повітряні (поверхневі) корені зазвичай формуються у другій половині вегетаційного періоду і виконують опорну функцію, підвищуючи стійкість рослин до вилягання. Якщо ж ці корені розвиваються у вологому ґрунті (наприклад, під час підгортання під час міжрядних обробок), вони можуть брати участь у живленні рослини, значно посилюючи загальну потужність кореневої системи. Розвиток і масивність коренів визначаються генетичними особливостями гібрида, температурою та вологістю ґрунту. Потужна коренева система є важливою умовою отримання високих урожаїв, тому агротехнічні заходи, спрямовані на створення сприятливих умов для її формування, мають велике значення [8].

Стебло кукурудзи пряmostояче, циліндричне, заввишки від 50 см до 6–7 м і завтовшки 2–7 см, поділене на міжвузля. Воно вкрите епідермісом — тонким захисним шаром, під яким знаходиться дерев'яниста тканина, що складається з щільно розташованих судинно-волокнистих пучків із високим вмістом кремнію, що надає стеблу міцності. Серцевина стебла заповнена губчастою паренхімою, яка також містить судинні пучки та ситоподібні трубки (рис. 2). По судинах вода та розчинені в ній солі переміщуються від коренів до листя, а по ситоподібних трубках у зворотному

напрямку транспортуються продукти фотосинтезу (вуглеводи та інші пластичні речовини).

Кількість вузлів стебла варіює: підземних — від 4 до 9, надземних — від 6 до 20 і більше. У ранньостиглих форм вузлів зазвичай менше, ніж у пізньостиглих. Ріст стебла відбувається за рахунок видовження міжвузлів, а не збільшення їхньої кількості. Довжина міжвузлів зростає віднизу догори: найкоротші — нижні, тоді як найдовший верхній міжвузол підтримує чоловіче суцвіття (волоть) [8].

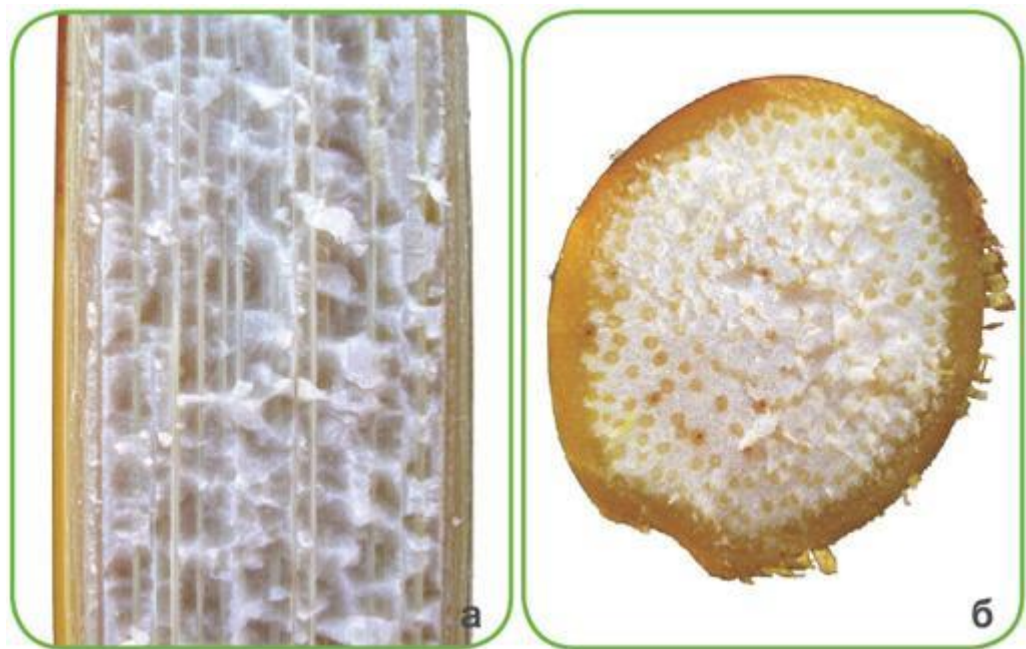


Рисунок 1.3.2 Стебло кукурудзи: поздовжній (а) та поперечний (б) розрізи

Висота стебла кукурудзи визначається кількістю вузлів та довжиною міжвузлів і залежить від генотипу (швидкостиглості) та умов вирощування. Швидкостиглі гібриди, як правило, низькорослі, тоді як пізньостиглі формують високі стебла. У піхвах листків розташовані репродуктивні бруньки, з яких розвивається жіноче суцвіття — качани. З нижніх бруньок можуть рости бічні пагони, або пасинки. При вирощуванні кукурудзи на силос вони підвищують урожай зеленої маси, а при вирощуванні на зерно можуть як збільшувати фотосинтезуючу поверхню листя та врожайність, так і ослаблювати рослину, особливо за несприятливих умов [8].

Листя кукурудзи довге, лінійно-ланцетоподібне, складається з листкової піхви, що щільно охоплює стебло, листкової пластинки шириною 5–12 см та язичка, розташованого на переході піхви у пластинку (рис. 3).



Рисунок 1.3.3 Кріплення листка до стебла

Кільцеподібні потовщені листкові вузли, що утворюються піхвами та язичками, надають стеблу додаткову міцність і допомагають рослині випрямлятися при виляганні. Листок з нижнього боку гладенький, а з верхнього може бути різною мірою опушений, з товстою центральною жилкою. Листки відходять від стебла по одному з кожного вузла, причому кожен верхній лист розташований у протилежному напрямку від нижнього, що забезпечує оптимальне поглинання сонячного світла. За сприятливих погодних умов та при належному догляді листя активно відростає.



Рисунок 1.3.4 Чоловіче суцвіття (волоть)

Загальна поверхня листя однієї рослини кукурудзи в період повного цвітіння досягає 0,50–0,75 м². Кількість листків на стеблі тісно пов'язана з генетичною тривалістю вегетаційного періоду конкретного гібрида: ранньостиглі форми формують зазвичай 8–10 листків, а пізньостиглі — 30 і більше. Менша листкова поверхня ранньостиглих гібридів сприяє меншим втратам води протягом вегетації, що робить їх більш пристосованими до посушливих умов та дозволяє отримувати вищу врожайність у районах із обмеженим водозабезпеченням. Найважливішим показником придатності гібрида до вирощування в конкретній зоні є кількість листя головного стебла, яка у кукурудзи стабільна і практично не змінюється залежно від агротехнічних прийомів [8].

Листки відіграють надзвичайно важливу роль у життєдіяльності рослини. Через листя відбувається фотосинтез — засвоєння вуглецю з вуглекислого газу повітря та випаровування вологи. На поверхні листя розташовані дрібні отвори — продиhi, які здатні відкриватися і закриватися, регулюючи втрату вологи. У посушливих умовах

листки можуть скручуватися в неповну трубку завдяки спеціальним пухирчастим клітинам, зменшуючи випаровування.

Через листя здійснюється повітряне живлення рослини: з вуглецю, води та елементів живлення, що надходять із ґрунту через корінь, у листі утворюються складні сполуки — цукри, жири та білки. Продуктивність листкового апарату залежить від фази вегетації та умов вирощування. Найактивніше листя працює в період цвітіння та наливу зерна. Неприятливі погодні умови (спека, посуха) та фактори агротехніки (ущільнення ґрунту, забур'яненість, загущені посіви) суттєво знижують ефективність його функціонування [8].

Квітки у кукурудзі різнокласні: одні мають тільки тичинки і називаються чоловічими, а інші — тільки матові квітки і називаються жіночими. Квітки розташовуються на одній рослині, але зібрані в різному суцвітті: чоловічі — у волоть, жіночі — у качан [8].

Чоловіче суцвіття кукурудзи, або волоть (султан), розташоване на верхівці стебла і є продовженням найвищого міжвузля. Волоть поділена вузлами на міжвузля, з яких виростають бічні гілки, коротші за головну вісь, їх кількість варіює від 1 до 20. Бічні гілки повністю вкриті колосками, які є двоквітковими. Кожна квітка зовні покрита зеленою, червоною або фіолетовою лусочкою, а всередині містить тричинку та дві нижні квіткові півки (рис. 1.3.4).

Розмір, форма та розгалуженість волоті залежать від гібриду. Тичинки кожної квітки складаються з тичинкової нитки та пиляка з пилковими мішками (рис. 1.3.5). У кожному пиляку міститься до 2000 пилкових зерен, а одна рослина здатна утворювати 20–50 мільйонів зерен пилку, проте не всі вони здатні запліднити яйцеклітину [8].

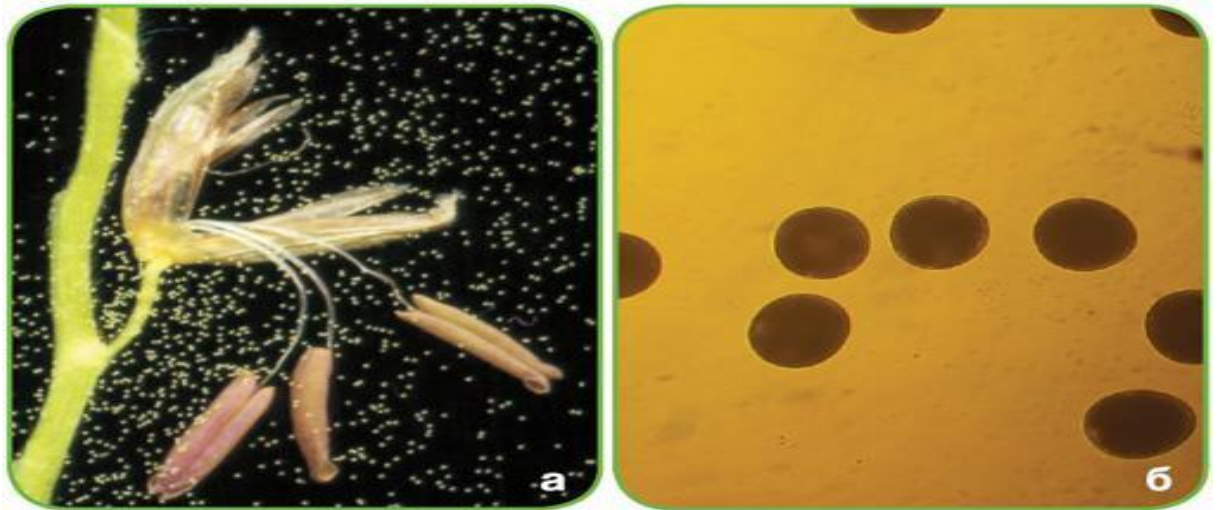


Рисунок 1.3.5 Чоловіча квітка (а), пилок (б)

Чоловіче суцвіття кукурудзи, або волоть (султан), розташоване на верхівці стебла і є продовженням найвищого міжвузля. Волоть поділена вузлами на міжвузля, з яких виростають бічні гілки, коротші за головну вісь, їх кількість варіює від 1 до 20. Бічні гілки повністю вкриті колосками, які є двоквітковими. Кожна квітка зовні покрита зеленою, червоною або фіолетовою лусочкою, а всередині містить тричинку та дві нижні квіткові плівки (рис. 1.3.4).

Розмір, форма та розгалуженість волоті залежать від гібриду. Тичинки кожної квітки складаються з тичинкової нитки та пиляка з пилковими мішками (рис. 1.3.5). У кожному пиляку міститься до 2000 пилкових зерен, а одна рослина здатна утворювати 20–50 мільйонів зерен пилку, проте не всі вони здатні запліднити яйцеклітину [8].



Рисунок 1.3.6 Жіноче суцвіття (качан)

Жіноче суцвіття кукурудзи, або качан, формується у піхвах листків (рис. 6). Основним елементом жіночої квітки є стовпчик, який складається з зав'язі та приймочки на довгій нитці довжиною 24–45 см, покритій дрібними волосками. Волоски та приймочка виділяють липку рідину, що сприяє уловлюванню пилкових зерен із повітря. У верхніх квітках стовпчики (нитки) коротші, а у нижніх — найдовші. Забарвлення ниток є сортовою ознакою і може бути зеленим, жовтим, рожевим або антоціановим. Після запліднення з кожної квітки формується одна зернина (рис. 1.3.7) [8].



Рисунок 1.3.7 Зернівка кукурудзи

Зернівка кукурудзи є однонасінним плодом, який формується після запліднення зав'язі жіночої квітки. Зріла зернівка складається з насіння, ендосперму та зародка, який у дозрілому зерні становить близько 13 % маси. Ендосперм містить зовнішній одноклітинний шар та внутрішню рогоподібну і борошністу частини, заповнені живильними речовинами, переважно крохмалем, які забезпечують живлення зародка під час проростання. Колір зернівок (білий, кремовий, жовтий, оранжевий, червоний, фіолетовий, блакитний, синій, чорний тощо) є сортовою ознакою, проте деякі гібриди можуть мати різнозбарвне зерно [8].

Зернівки розташовані на стрижні (рис. 1.3.8), який може відрізнитися товщиною, довжиною та формою. Кількість рядів зерен на качані визначається генетично, завжди

парна, у різних гібридів становить 8–16 рядів (частіше 12–14) і не залежить від умов вирощування.

Качан кріпиться до стебла ніжкою. Якщо ніжка коротка і товста, качан займає вертикальне положення; якщо ніжка тонка і довга — горизонтальне або звисає донизу [8].

Маса 1000 зернин у дрібнонасінних гібридів становить 100–150 г, у крупнонасінних — 300–400 г. У загальній масі качана зерно становить 82–88 %, а стрижень — 12–18 %. У сухій надземній масі рослини частка зерна сягає 40–45 % [8].

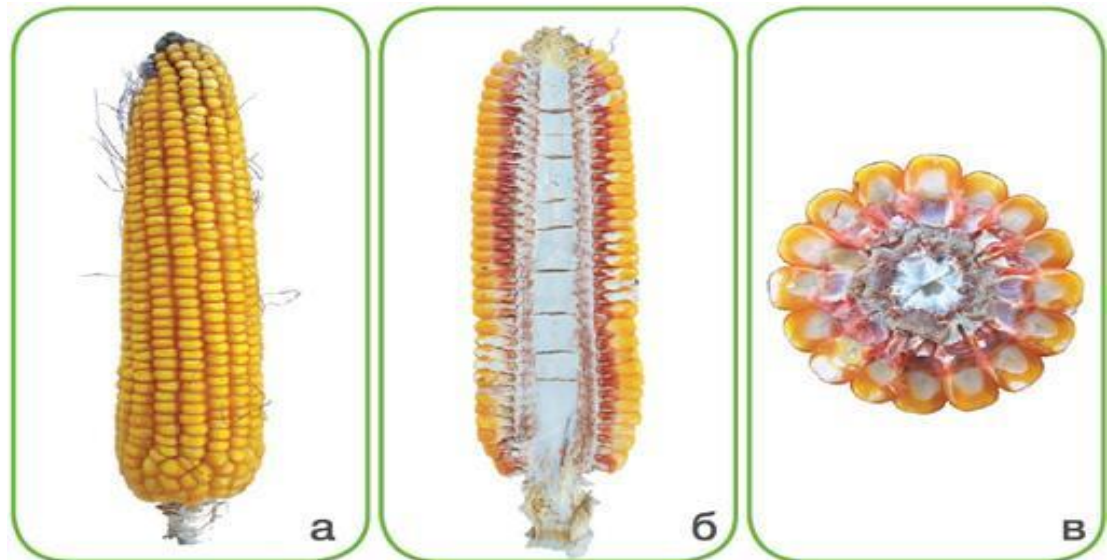


Рисунок 1.3.8. Розміщення зернівок у качані. Загальний вигляд качана (а), повздовжний (б) та поперечний (в) розрізи

За будовою і консистенцією зерна, а також за наявністю чи відсутністю на ньому плівок кукурудза ділиться на 8 підвидів: кремениста, зубовидна, напівзубовидна, крохмалиста, розлусна, цукрова, воскоподібна, плівчаста.

Виробниче значення в Україні мають зубовидна, кремениста, цукрова, крохмалиста і розлусна кукурудза.

В онтогенезі кукурудзи розрізняють такі фенологічні фази: проростання насіння, сходи, утворення третього листка, утворення кожного непарного листка, викидання волоті, цвітіння волоті, цвітіння початка, формування зернівки, молочний

стан, молочно-воскова, воскова і повна стиглість [9]. Докладніше ази розвитку показані в додатку А [10]. (див. додатки).

Вимоги до тепла.

Кукурудза є теплолюбною культурою. Насіння починає проростати при температурі 8–10 °С, а сходи з'являються за 10–12 °С. Якщо висівати насіння в холодний ґрунт (< 8 °С), проростання відбувається дуже повільно, набубнявіле насіння може не зійти, а польова схожість різко знижується. У фазі 2–3 листків рослини витримують приморозки до -2 °С, тоді як сходи гинуть при -3 °С. Повернення весняних заморозків в Україні трапляється приблизно один раз на 5–6 років. Якщо температура опускається нижче -5 °С і залишається такою кілька годин, кукурудза вимерзає незалежно від фази розвитку [11].

Серед перспективних є біотиби кукурудзи, здатні проростати за температури 5–6 °С. Навіть невеликі осінні заморозки можуть пошкоджувати листя та рослину загалом [11].

В останні роки, у зв'язку з поширенням кукурудзи у північних регіонах, селекціонери створили нові ранньостиглі гібриди з підвищеною холодостійкістю. Інкрустоване насіння таких гібридів може залишатися в ґрунті 25–30 днів і проростає після потепління [11].

У літній період при температурі 14–15 °С ріст кукурудзи сповільнюється, а за 10 °С він практично припиняється. В оптимальних фазах розвитку — від сходів до викидання волотей — температура 20–23 °С забезпечує нормальний ріст і розвиток. До появи генеративних органів підвищення температури до 25–30 °С не завдає шкоди, проте в фазі цвітіння температура понад 25 °С негативно впливає на запліднення. Максимальна температура, при якій ріст кукурудзи повністю припиняється, становить 45–47 °С [11].

Сума активних температур для дозрівання гібридів різної стиглості становить: ранньостиглі — 2100–2200°; середньоранні та середньостиглі — 2400–2600°;

пізньостиглі — 2800–3200°. Існує кілька класифікацій гібридів за групами стиглості, один із варіантів наведено в табл. 1.3.1.

Таблиця 1.3.1 Поділ гібридів за групами стиглості за класифікацією ФАО [10].

Група стиглості	Сума активних температур	Сума ефективних температур*	Число ФАО	Вегетаційний період, днів	Кількість листків
Дуже ранньостиглі	2100	850-900	100-149	80-90	10-12
Ранньостиглі	2200	900-1000	150-199	90-100	12-14
Середньоранні	2400	1100	200-299	100-115	14-16
Середньостиглі	2600	1150	300-399	115-120	17-18
Середньопізні	2800	1200	400-499	120-130	19-20
Пізньостиглі	2900-3000	1250-1300	500-599	135-140	21-23
Дуже пізньостиглі	більше 3000	Більше 1350	більше	більше 140	більше 23

Вимоги до вологи

Кукурудза належить до посухостійких культур завдяки добре розвиненій кореневій системі, що дозволяє їй використовувати воду з більших площ і глибших шарів ґрунту. На формування одиниці сухої речовини вона витрачає вдвічі менше води, ніж пшениця, а її транспіраційний коефіцієнт становить 250. Водночас для отримання високих врожаїв зеленої маси та зерна кукурудза потребує значної кількості вологи — за вегетаційний період необхідно 450–600 мм опадів. 1 мм опадів забезпечує близько 20 кг зерна з 1 га [11].

У першій половині вегетації кукурудза менш вимоглива до вологи: до формування 7–8-го листка нестача води майже не впливає на ріст рослин. Найбільше води потрібно за 10 днів до викидання волотей, коли активно росте стебло (добовий приріст 10–14 см) та накопичуються сухі речовини. На цей період припадає 40–50 % загального водоспоживання. Через 20 днів після викидання волотей потреба у волозі зменшується [11].

Кукурудза активно використовує воду під час наливання зерна та ефективно засвоює опади у другій половині літа. Перезволоження ґрунту негативно впливає на врожайність, оскільки нестача кисню уповільнює надходження фосфору до коренів та порушує білковий обмін [11].

Вимоги до світла

Кукурудза — світлолюбна культура короткого дня, погано переносить затінення. У загущених посівах ріст рослин сповільнюється, а зернова продуктивність зменшується. Оптимальна тривалість світлового дня для нормальної вегетації становить 8–9 годин. При 12–14-годинному світловому дні строки дозрівання затягуються. Кукурудза потребує більше сонячної енергії, ніж інші зернові культури [11].

Вимоги до ґрунту

Високі врожаї кукурудза формує на чистих, добре аерованих ґрунтах з глибоким гумусним горизонтом. Вона середньовимоглива до родючості ґрунту, але за правильного обробітку та удобрення добре росте на більшості типів ґрунтів. Оптимальна реакція ґрунтового розчину — нейтральна або слабокисла (рН 5,5–7,0). Менш придатні для вирощування кукурудзи холодні, заболочені, кислі, важкі глинисті, засолені та торфові ґрунти, де часто бракує міді [11].

Щоб зменшити вплив стресових чинників під час вирощування кукурудзи на зерно, важливо грамотно підібрати попередники та правильно організувати обробіток ґрунту. Насамперед ці агротехнічні заходи мають бути спрямовані на зниження засміченості посівів бур'янами, створення сприятливих умов для накопичення вологи

в ґрунті, її збереження та ефективного використання. Традиційно найкращими попередниками для кукурудзи вважаються зернові колосові культури, які висіваються після чистих або зайнятих парів, а також зернобобові, соя чи навіть сама кукурудза.

1.4. Вплив різних факторів на ріст, розвиток та урожайність культури

У зоні Полісся вирощування кукурудзи на зерно стало більш реалістичним завдяки поступовому потеплінню клімату. За сприятливих умов культура здатна формувати врожайність на рівні 12–15 т/га. Проте для досягнення такого результату необхідно враховувати обмежувальні фактори регіону та дотримуватися технологічних прийомів, адаптованих до місцевих умов. Лише комплексне розуміння агроекологічних особливостей Полісся дозволяє повністю реалізувати потенціал цієї культури.

До основних обмежувальних факторів, які перешкоджають повному розкриттю потенціалу кукурудзи, відносяться низька природна родючість більшості ґрунтів Полісся, їх підвищена кислотність та значна різномірність ґрунтового покриву. Крім того, у цьому регіоні обмежені теплові ресурси порівняно зі Степом та Лісостепом: коротший вегетаційний період і менша сума активних температур. Особливу увагу необхідно приділяти строкам сівби та вибору групи стиглості гібридів через ризик пізніх весняних заморозків, які можуть траплятися навіть наприкінці травня, та перших осінніх заморозків на початку вересня, здатних завдати серйозної шкоди посівам. Водночас у регіоні зберігається достатня кількість вологи, яка є критичною для отримання високого врожаю кукурудзи [12].

Нюанси удобрення

Ґрунтовий покрив Полісся складається з двох основних типів ґрунтів, що відрізняються за агрохімічними та водно-фізичними властивостями — мінеральні та органогенні. Серед мінеральних переважають дерново-підзолисті ґрунти, які здебільшого характеризуються низьким вмістом гумусу та обмеженим забезпеченням азотом, фосфором і калієм [12].

Небезпечні заморозки

Пізні весняні заморозки значно ускладнюють вирощування кукурудзи на Поліссі. Наші спостереження показують, що в переважній більшості випадків у фазу до 3–4 листків точка росту кукурудзи витримувала заморозки до $-3..-4^{\circ}\text{C}$. За заморозків нижчих як -5°C спостерігалось тільки часткове її ураження.

Отже, за умови повного ураження наземної частини кукурудзи заморозком, коли точка росту лишилась неушкодженою, через 8–10 днів відбувається повторне відростання рослин. Більше з тим, у дослідах пересіяні ділянки не забезпечували вищої врожайності зерна за ті, що були уражені морозом і згодом знову відросли. Річ у тім, хоча наземна частина рослин уражена морозом, коренева система в цей період у далі розвивається, і відростання культури відбувається за вже добре розвиненої кореневої системи. Для виходу рослин від холодового стресу доцільним є застосування стимуляторів росту рослин [12].

Забезпечити рівномірні сходи

Для кукурудзи надзвичайно важливими є рівні та дружні сходи, швидкий початковий ріст і активний розвиток рослин. Досягти цього особливо складно за умов значної кількості пожнивних решток на поверхні поля. Дослідні дані свідчать, що навіть відставання окремих рослин на один справжній листок під час появи сходів призводить до того, що вони вже не можуть вирівнятися в розвитку з сильнішими екземплярами і надалі лише конкурують із ними [12].

Мінеральні ґрунти

Кукурудза потребує значно вищих норм добрив порівняно з іншими зерновими культурами. Для отримання врожайності понад 8–10 т/га рекомендується вносити мінеральні добрива в таких нормах: N150–180, P90–100, K120–150. Азотні добрива на таких ґрунтах доцільно розподіляти на два внесення: половину до сівби, а решту — у фазу 6–8 листків [12].

У ґрунтах Полісся спостерігається дефіцит кальцію, що зумовлює втрати гумусу та поступове погіршення фізичних, фізико-хімічних і біологічних властивостей

грунтового середовища. Це пояснює високу ефективність застосування кальцієвої селітри як у вирощуванні сільськогосподарських культур, так і в заходах із підтримання родючості ґрунту.

На відміну від амонійної чи амідної форм азоту, нітратна форма, що міститься в кальцієвій селітрі, сприяє кращому засвоєнню кальцію та інших елементів мінерального живлення рослинами. Завдяки своїм властивостям кальцієва селітра виступає фізіологічно лужним азотним добривом, здатним комплексно впливати на стан ґрунту: покращувати його структуру, активізувати мікробіологічні процеси, нормалізувати фізико-хімічні показники й забезпечувати культури легкодоступними формами азоту та кальцію.

Знизити кислотність

Підвищена кислотність ґрунту (рН нижче 4,5) значно обмежує вирощування багатьох культур у зоні Полісся. За таких умов засвоєння мінеральних добрив рослинами знижується: лише близько 30 % азоту, 23 % фосфору та 30–35 % калію.

Тому на ділянках із підвищеною кислотністю при плануванні вирощування кукурудзи на зерно рекомендується проводити вапнування у відповідних нормах. Ефект від такої обробки ґрунту зберігається протягом 4–5 років [12].

Акцент на гібриди

Полісся традиційно вважається зоною достатнього зволоження, що призводить до помилкового переконання щодо незначущості такого показника, як посухостійкість, при виборі гібридів для вирощування в цьому регіоні. Проте, за даними Інституту водних проблем і меліорації НААН, протягом останніх 10–20 років у західних районах Полісся значно скоротилися площі з надмірним зволоженням. Тому при вирощуванні кукурудзи у цьому регіоні посухостійкість гібридів слід враховувати так само ретельно, як і в Степу.

Більшість ґрунтів Полісся відноситься до легких за механічним складом і характеризується низькою здатністю утримувати воду. Навіть короточасний дефіцит опадів призводить до швидкого висихання кореневмісного шару, через що рослини

можуть зазнавати сильнішого стресу, ніж у Степу. Тому на легких ґрунтах перевагу слід надавати гібридам із високою посухостійкістю [12].

Таким чином, у зоні Полісся врожайність кукурудзи на зерно визначається сукупною дією кліматичних, ґрунтових, біотичних і технологічних чинників. Специфічні умови регіону — зокрема, дефіцит тепла на початку вегетації, підвищена вологість та кислі, малогумусні ґрунти — вимагають адаптованих агротехнічних підходів.

Значну роль відіграє правильний вибір гібридів, збалансоване мінеральне живлення, зокрема з урахуванням дефіциту кальцію, та своєчасне виконання агротехнічних заходів. Лише за умови комплексного врахування цих факторів можна реалізувати високий потенціал культури й забезпечити стабільне виробництво зерна кукурудзи в умовах Полісся.

1.5. Особливості технології вирощування

Високі врожаї кукурудзи можна отримати після різноманітних попередників, зокрема навіть після самої кукурудзи. Значення попередника особливо зростає в умовах посухи. У посушливі роки не рекомендується сіяти кукурудзу після культур, які суттєво виснажують запаси вологи в ґрунті на великій глибині — таких як цукрові буряки, суданська трава, сорго та соняшник.

Водночас слід враховувати, що цукрові буряки досить часто використовуються як попередник кукурудзи в зонах Лісостепу й Полісся. Найкращими попередниками для кукурудзи в усіх природно-кліматичних зонах України вважаються озимі зернові та зернобобові культури. У Поліссі до ефективних попередників також належать картопля, льон і люпин.

Система удобрення кукурудзи включає основне удобрення, припосівне і підживлення. Найбільшу кількість добрив вносять до сівби в основному удобренні. При інтенсивній технології і вирощуванні кукурудзи в умовах мінімізації обробітку ґрунту часто всю норму добрив вносять до сівби, заробляючи добрива на різну

глибину. За узагальненими даними середні норми добрив на дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах становлять N90-130 P80-90 K60-120. За умов недостатнього зволоження добрива для основного удобрення краще вносити восени, а в районах достатнього зволоження та на ґрунтах легкого механічного складу фосфорні і калійні добрива слід вносити під зяблевий обробіток ґрунту, а азотні — навесні під культивуацію. При вирощуванні кукурудзи часто треба вносити і мікродобрива: борні — на провапнованих дерново-підзолистих ґрунтах, марганцеві — на сірих опідзолених, солонцюватих, каштанових і чорноземних, мідні — на торфових [9].

Дози добрив розраховують балансовими методами з урахуванням запланованого виносу елементів живлення з урожаєм, забезпеченості ними фунту та коефіцієнтів використання їх з ґрунту і добрив за нормативами затрат збалансованих елементів живлення на 1 ц зерна.

Система обробітку ґрунту. При вирощуванні кукурудзи застосовують зяблевий обробіток ґрунту. Якщо поле засмічене переважно однорічними бур'янами, використовують систему напівпарового зяблевого обробітку, а якщо багаторічними — поліпшеного зяблевого обробітку. Вся система обробітку у всіх зонах має бути спрямованою на максимальне очищення ґрунту від бур'янів, а в умовах недостатнього зволоження — і на зберігання та накопичення в ньому вологи. Строки сівби кукурудзи визначаються біологічними особливостями конкретного гібриду або сорту, а також ґрунтово-кліматичними та погодними умовами. Кукурудзу на зерно і силос висівають тоді, коли ґрунт на глибині 10 см прогрівається до 10-12 °С, тоді як для холодостійких гібридів і сортів достатньо прогрівання до 7-9 °С [6, 9].

Основним способом сівби є пунктирний, з міжряддям 70 см. Максимальна продуктивність посівів досягається при дотриманні оптимальної густоти рослин: для середньостиглих гібридів у південних посушливих районах Степу — 25-30 тис. рослин/га, у центральних більш вологих степових районах — 35-40 тис./га, у північних районах — 40-45 тис./га, у Лісостепу та на Поліссі — 55-65 тис./га, на зрошуваних землях півдня — 70-75 тис./га. При вирощуванні скоростиглих гібридів і

сортів густоту збільшують на 20-25 %, тоді як для високорослих пізньостиглих — зменшують на 15-20 % порівняно із середньостиглими.

Захист посівів кукурудзи від бур'янів.

За значної забур'яненості полів злаковими та коренепаростковими бур'янами застосування гербіцидів є необхідним. Система захисту передбачає використання ґрунтових та післясходових препаратів. Основне завдання ґрунтових гербіцидів — очищення поля від однорічних злакових бур'янів. Такі препарати застосовують як до сівби (під передпосівну культивуацію), так і після сівби, але до появи сходів кукурудзи [13].

Захист посівів кукурудзи від шкідників.

Важливим є правильний вибір інсектицидного протруйника, який безпечно обробляє насіння, не знижує схожість і сприяє формуванню дружних сходів. Приклад ефективного препарату — Інітер 600 ТН, універсальний протруйник проти комплексу наземних та ґрунтових шкідників, що застосовується у нормі 5–9 л/т насіння. Кукурудза уражується великою кількістю шкідників — близько 190 видів комах. Основні з них: кукурудзяний стебловий метелик, дротяники, чорниші, західний кукурудзяний жук, шведська муха, бавовникова совка та інші [13].

Збирання кукурудзи.

Зернову кукурудзу збирають у фазі фізіологічної стиглості, коли вологість зерна становить не більше 35–40 %. Використовують зернозбиральні комбайни з кукурудзяними жатками (популярні марки в Україні: Claas, John Deere, Case, New Holland, Fendt, Massey Ferguson, Challenger, Caterpillar, Deutz-Fahr та інші) [13].

Технологія вирощування кукурудзи на зерно повинна враховувати біологічні особливості культури та специфіку ґрунтово-кліматичних умов регіону. Основними чинниками, що забезпечують високу продуктивність, є правильний вибір гібридів, дотримання оптимальних строків сівби, раціональна система удобрення, ефективний обробіток ґрунту та контроль за шкідниками, хворобами й бур'янами.

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОНИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика ґрунтів Чернігівської області

Область має значний сільськогосподарський потенціал і є однією з найбільш аграрно розвинутих в Україні. Загальна площа земельного фонду становить 3 190,3 тис. га, з яких найбільшу частку займають сільськогосподарські угіддя – 2 068,4 тис. га (64,8%) та ліси й інші лісовкриті площі – 739,4 тис. га (23,2%). У складі сільськогосподарських угідь рілля займає 68,3% (1 413,2 тис. га), сіножаті – 14,9% (308,2 тис. га), пасовища – 13,7% (283,6 тис. га).

Територія області охоплює дві ґрунтово-кліматичні зони, що зумовило значну різноманітність ґрунтового покриву. Загальна експлікація ґрунтів сільськогосподарських угідь включає 253 ґрунтові відміни, об'єднані у 10 агропромислових груп. Найпоширенішими є дерново-підзолисті ґрунти, сірі лісові, темно-сірі та чорноземи опідзолені, які займають 62% орних земель, або близько 900 тис. га [14].

У Поліссі переважають дерново-підзолисті ґрунти супіщаного гранулометричного складу. Загалом вони займають 432,5 тис. га, що становить 30% орних земель. Вміст гумусу коливається від 1,16 до 1,80%, у середньому – 1,40%. Ґрунтовий розчин має кислу реакцію, рН 5,2–5,4. Рухомий фосфор у ґрунті підвищений (111–140 мг/кг), обмінний калій – середній (97–128 мг/кг), легкогідролізований азот – низький (20–60 мг/кг), обмінний кальцій і магній – низький (3,2–4,1 і 0,6–0,7 мг-екв./100 г ґрунту). Бонітет дерново-підзолистих ґрунтів становить 31–38 балів, що робить їх найменш родючими в області.

Сірі лісові та дернові ґрунти займають 277,8 тис. га (19%), розташовані переважно у перехідній зоні, найбільше поширені в Куликівському (60%), Козелецькому (52%) та Коропському (50%) районах. Вміст гумусу залежно від гранулометричного складу коливається від 1,31 до 2,37%, середньозважений – 1,60–1,77%. За кислотністю вони слабокислі або близькі до нейтральних (рН 5,4–5,8).

Рухомий фосфор підвищений (137–159 мг/кг), обмінний калій – середній (103–112 мг/кг), обмінний кальцій і магній – 4,5–6,2 і 1,0–1,1 мг-екв./100 г. Бонітет цих ґрунтів – 36–57 балів.

Темно-сірі ґрунти і чорноземи опідзолені поширені на 189,9 тис. га, найбільша частка в Менському (39%) та Сосницькому (36%) районах. Вони здебільшого легкосуглинкові, з вмістом гумусу 1,52–3,16% (у середньому 2,47%), рН близький до нейтрального (5,6–6,1). Рухомий фосфор підвищений (120–160 мг/кг), обмінний калій середній (98–113 мг/кг), обмінний кальцій і магній – середній (8,4 і 1,7 мг-екв./100 г). Бонітет – 45–58 балів.

Чорноземні та лучні ґрунти займають найбільшу площу орних земель – 540,6 тис. га (33%), переважно у Варвинському (92%), Прилуцькому (84%), Бобровицькому (83%), Срібнянському і Талалаївському (по 82%) районах. Вони легкосуглинкові, з вмістом гумусу 2,68–3,69% (у середньому 3,13%), рН 5,8–6,2. Рухомий фосфор – 122–144 мг/кг, обмінний калій – 91–100 мг/кг, обмінний кальцій і магній – 10,6 і 2,2 мг-екв./100 г. Бонітет – 67–75 балів, що робить їх найбільш родючими ґрунтами області [14].

Отже, ґрунтовий покрив Чернігівської області представлений переважно малогумусними та середньородючими ґрунтами — дерново-підзолистими, сірими лісовими й чорноземами опідзоленими. Їхні природні властивості зумовлюють потребу у систематичному підвищенні родючості шляхом застосування органічних і мінеральних добрив, вапнування кислих ґрунтів та впровадження ґрунтозахисних технологій. Рациональне використання цих земель є ключовою умовою забезпечення сталого розвитку сільського господарства регіону.

Таблиця 2.1.1 Фізико-хімічні показники ґрунтів області [14].

Група ґрунтів	Гранулометричний склад	Вміст гумусу, %		Вміст обмінного кальцію		Вміст обмінного магнію		Гідро-літична кислотність	
		в середньому	від-до	мг-екв/100 г ґрунту				в середньому	від-до
				в середньому	від-до	в середньому	від-до		
Дерново-підзолисті	зв'язно-піщані	1,40	1,16-1,80	3,20	2,33-5,00	0,58	0,30-1,07	1,67	0,72-2,00
	супіщані	1,41	1,17-1,51	4,09	2,85-6,33	0,67	0,40-1,19		
Сірі лісові	супіщані	1,60	1,31-2,00	4,46	2,95-5,00	0,99	0,62-1,36	1,57	0,60-2,23
	легкосуглинкові	1,77	1,33-2,37	6,19	4,83-9,36	1,10	0,66-1,75	1,97	1,28-2,76
Темно сірі ґрунти та чорноземи опідзолені	легкосуглинкові	2,47	1,52-3,16	8,39	5,57-11,31	1,71	0,77-2,45	2,22	1,55-3,61
Чорноземи та лучно-чорноземні ґрунти	легкосуглинкові	3,13	2,68-3,69	10,60	9,16-12,28	2,22	1,69-3,70	2,08	1,21-2,71

2.2 Кліматичні умови зони дослідження

Клімат помірно-континентальний із м'якою зимою і теплим, іноді – жарким літом. Територія належить до вологої, помірно теплої агрокліматичної зони. Середньорічна температура повітря +6,1°C. Максимальна температура влітку досягає +37 °С, мінімальна взимку –35°C.

Дані найближчої до господарства метеостанції Українського гідрометцентру [15].

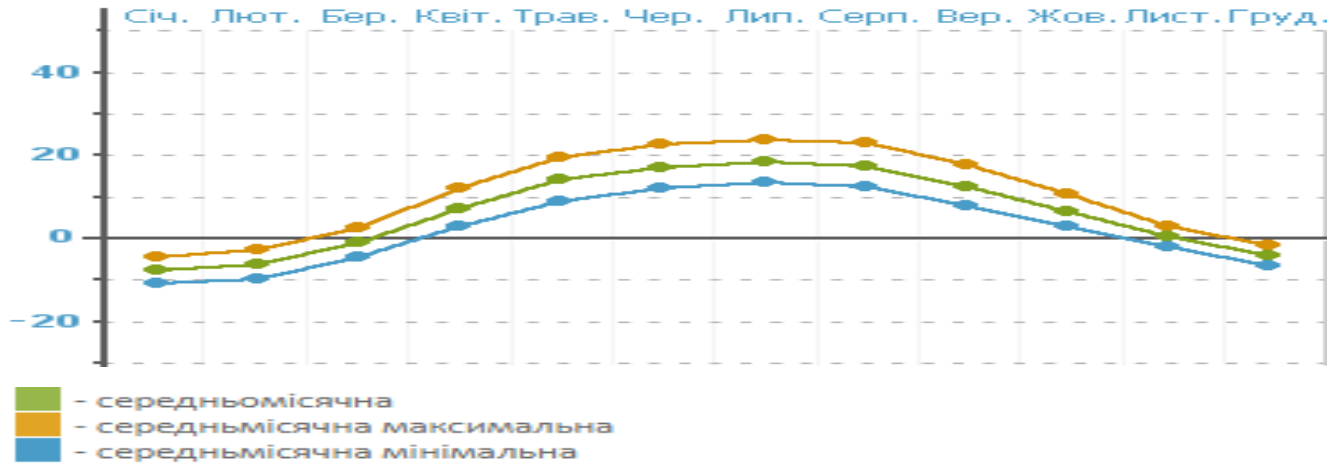


Рисунок 2.2.1 Середня місячна і річна температура повітря(°C)

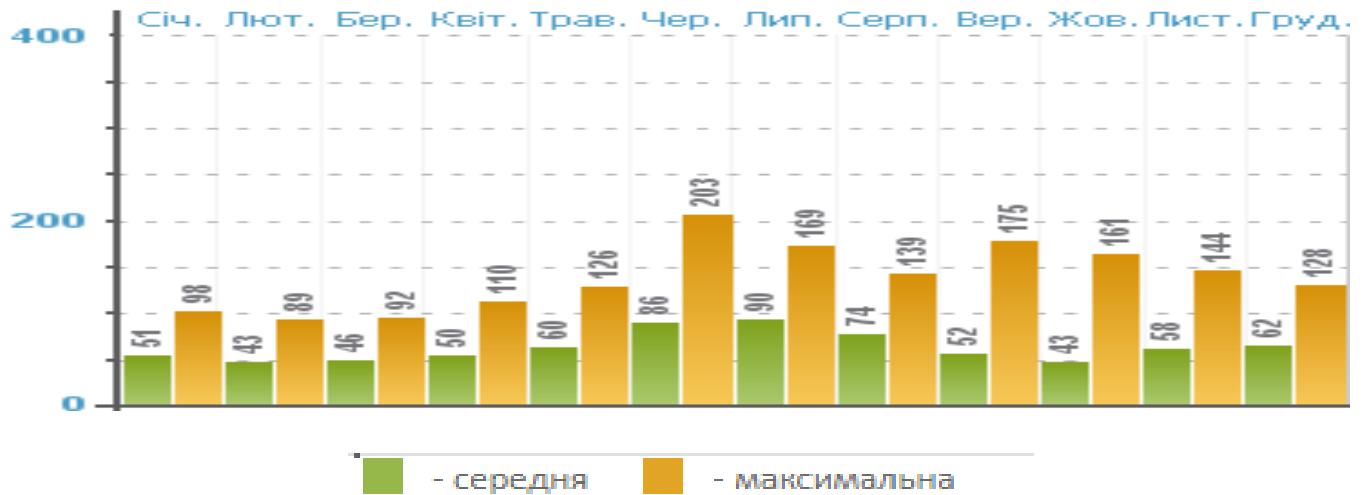


Рисунок 2.2.2 Середня місячна і максимальна кількість опадів(мм)

Чернігівська область розташована на північній окраїні Лівобережної України, у межах Поліської та Лісостепової зон Придніпровської низовини. Протяжність області з заходу на схід становить 180 км, а з півночі на південь — 220 км. Загальна площа — 31,9 тис. км², що складає 5,3 % території України [16].

Більшість території Чернігівщини належить до Придніпровської низовини, лише невелика частина на північному сході відноситься до Середньої височини. Землі області лежать у лісовій смузі, відомій як Чернігівське Полісся, інколи виділяють також Новгород-Сіверське Полісся. Рельєф області являє собою легко хвилясту рівнину із загальним схилом із північного сходу на південний захід; рівнини

розчленовані долинами річок завглибшки до 50 м. Середня висота над рівнем моря — 120 м, на північному сході — близько 200 м, на південному заході — 120–150 м. Максимальна відмітка — 222 м поблизу с. Березова Гать Новгород-Сіверського району.

Область перебуває у зонах Мішаних лісів та Лісостепу [16] і відноситься до помірного кліматичного поясу з помірноконтинентальними умовами. Клімат тут помірно-континентальний, м'який і досить вологий: зима малосніжна, стійка і відносно тепла, літо тепле та помірно вологе (рис. 2.2.3).

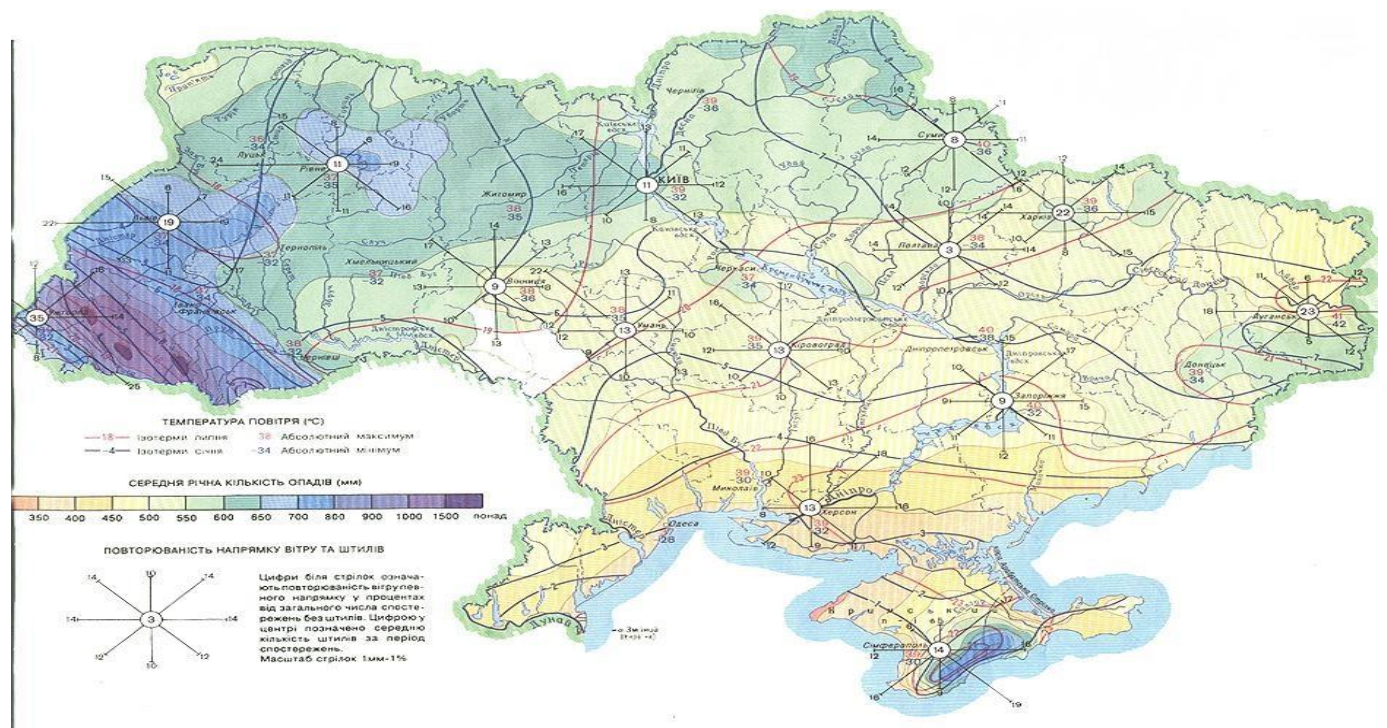


Рисунок 2.2.3 Кліматична карта України [17]

Для території області загалом характерний антициклональний режим атмосфери: кількість днів із антициклонами перевищує дні з циклонами, що пояснюється меншою рухливістю перших. Протягом року область перебуває під впливом теплих і вологих повітряних мас, що формуються над Атлантичним океаном. Вони спричинюють виникнення циклонів з опадами, що зменшує спеку влітку та підвищує температуру взимку, часто спричинюючи відлиги. З півночі на регіон

надходять холодні арктичні повітряні маси, які формуються над Північним Льодовитим океаном; навесні вони викликають повернення холодів і пізні заморозки, а восени та взимку — різке зниження температури. Влітку на Чернігівщину проникають морські тропічні маси повітря, що обумовлюють жарку погоду [18].

Аналіз середньорічних температур у населених пунктах області за період 2014–2021 рр. (рис. 1.2) показав, що середня річна температура становить $+7\dots+8\text{ }^{\circ}\text{C}$, хоча окремі роки мали значні відхилення. Так, у Чернігові у 2012 р. середня температура була $+8,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, а у 2020 р. — $+9,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Середня температура січня коливається від $-7,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Покошичах до $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в Остері, а середня температура липня — від $+18,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Семенівці до $+21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Прилуках. Абсолютний максимум температури $41,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ було зафіксовано у серпні 2010 р. на метеостанції Семенівка, а абсолютний мінімум $-40,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ спостерігався у січні 1987 р. на метеостанції Нові Млини Борзнянського району (станція закрита у 1988 р.) [19].

За останні 10 років середньорічна температура в області склала $8,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, що на $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ перевищує багаторічну норму. Якщо раніше протягом літа в середньому спостерігалось близько 10 днів із температурою $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище, то за останнє десятиліття їх кількість майже подвоїлася — до 18 днів [18].

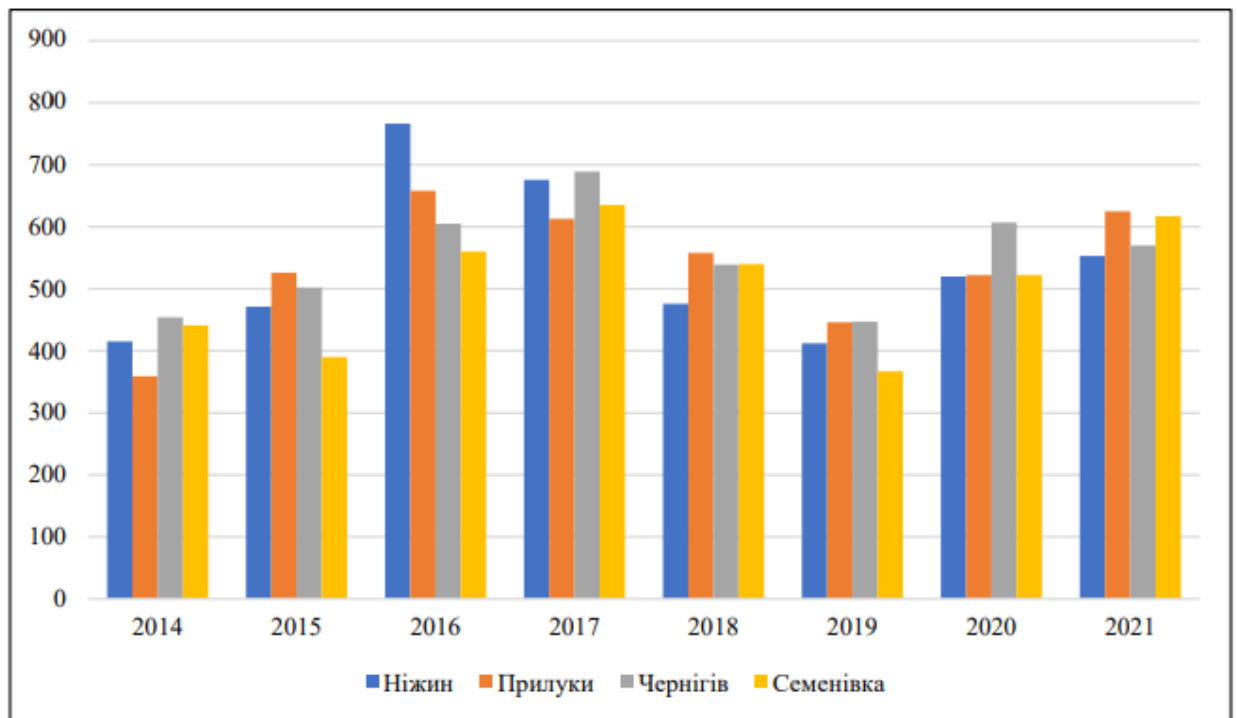


Рисунок 2.2.4 Графік розподілу опадів на території Чернігівської області у період з 2014 р. по 2021 р. [18].

Аналіз середньорічної кількості опадів у населених пунктах Чернігівської області за період з 2014 по 2021 рік (рис. 2.2.4) показує, що в середньому за рік випадає від 594 до 676 мм опадів. Найбільша їх кількість припадає на літні місяці — червень та липень, а найменша — на зимово-весняний період (січень–березень). Річна сума опадів коливається від 400 до 850 мм, при цьому добова кількість іноді сягає 100–140 мм.

Останніми роками спостерігається збільшення тривалості бездошових періодів у теплу пору року: їх мінімальна тривалість становить 17–30 днів, а максимальна — від 80 до 100 і більше днів. Загальна річна кількість опадів за останнє десятиріччя була нижчою за норму приблизно на 4 %. Лише у 2012, 2013, 2016 та 2017 роках середньорічна кількість опадів була достатньою — 102–122 % від норми, причому 2012 рік відзначився найрівномірнішим розподілом опадів протягом року.

Найпосушливішими стали 2014, 2018 та 2019 роки, коли кількість опадів становила відповідно 75–83 % від норми, а у 2019 році — лише 66 %. Варто зазначити, що у попередній період (2004–2010 рр.) спостерігалось значно краще зволоження території — щороку випадало від 98 до 129 % опадів від норми.

Отже, підсумовуючи, можна зазначити, що кліматичні умови регіону забезпечують достатній температурний режим і необхідну кількість опадів. Узимку формується стійкий сніговий покрив, який сприяє накопиченню вологи в ґрунті. Загалом, ґрунтово-кліматичні умови території є сприятливими для ведення сільськогосподарського виробництва.

Досвід сільського господарства доводить, що запорукою стабільного й безпечного виробництва аграрної продукції є постійна увага до збереження та підвищення родючості ґрунтів. Це питання особливо актуальне для Чернігівщини, де ґрунтовий покрив переважно представлений малогумусними ґрунтами легкого гранулометричного складу. Такі ґрунти характеризуються низькою ємністю вбирання, слабкою буферністю, недостатньою насиченістю ґрунтовими колоїдами, що робить їх більш уразливими до техногенного та антропогенного впливу.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Вплив вапнування на живлення кукурудзи

Відомо, що врожайність сільськогосподарських культур визначається впливом комплексу абіотичних та біотичних факторів, серед яких важливе місце займає система удобрення. Останніми роками аграрний ринок демонструє стабільно високий попит на зерно кукурудзи, що стимулює вітчизняних товаровиробників розширювати посівні площі під цією культурою. Однак відсутність раціонально збалансованої системи удобрення кукурудзи, особливо в умовах Полісся з переважанням дерново-підзолистих ґрунтів, дозволяє реалізувати лише 45–65 % потенційної продуктивності сучасних виробничих умовах.

У межах кожного підтипу ґрунту ефективність **добрив** залежить від його гранулометричного складу. Так, на ґрунтах легкого гранулометричного складу спостерігається більший відносний приріст (відсоток до контролю) урожаю культур. Проте абсолютні прирости врожаю (у т/га) на більш родючих ґрунтах вищі, ніж на менш родючих [20].

З підвищенням забезпеченості будь-якого типу, підтипу або відміни ґрунту рухомими сполуками елементів живлення ефективність кожного виду добрив знижується. При досягненні високого і дуже високого їх вмісту в ґрунті добрива перестають діяти. Тому їх вносять лише з метою покриття виносу елементів живлення з урожаєм [20]. Для живлення рослин доступні тільки ті живильні речовини, які знаходяться в ґрунті у формі сполук, розчинних у воді, та слабких кислотах, а також в обмінно-поглиненому стані.

У різних типах ґрунтів процеси мобілізації поживних речовин відбуваються з різною інтенсивністю, що залежить від характеру сполук, у яких вони містяться, кліматичних умов, рівня агротехніки та інших факторів. Зазвичай ці процеси проходять повільно, і кількість доступних форм елементів живлення, що утворюються протягом вегетаційного періоду, не завжди достатня для повного забезпечення потреб

рослин. Тому на більшості ґрунтів внесення добрив істотно підвищує врожайність сільськогосподарських культур [20].

Кількість поживних речовин у ґрунті, доступних для засвоєння рослинами, залежить від його типу, ступеня окультуреності та обсягів добрив, внесених у попередні роки. Забезпеченість рослин елементами живлення може істотно різнитися як між господарствами, так і між окремими полями одного господарства. Тому для раціонального застосування добрив важливим є проведення агрохімічного аналізу ґрунтів, який дозволяє визначити вміст рухомих форм азоту, фосфору та калію. Такі аналізи виконуються проектно-технологічними центрами з охорони родючості ґрунтів.

Отримання високих і стабільних урожаїв сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи, можливе лише за умови належного забезпечення рослин основними елементами мінерального живлення. Добрива є одним із найважливіших складників системи агротехнічних заходів, оскільки вони визначають рівень урожайності та якість вирощеної продукції.

Кукурудза належить до культур, що потребують інтенсивного живлення, адже під час формування значної вегетативної маси вона споживає велику кількість поживних речовин у відносно короткий період активного росту.

У технології вирощування кукурудзи на зерно важливу роль відіграє збалансоване удобрення та підбір гібридів, здатних максимально ефективно використовувати наявні кліматичні умови й елементи мінерального живлення, що також сприяє зниженню вологості зерна під час збирання.

Метою дослідження було з'ясувати вплив системи удобрення та різних гібридів кукурудзи на формування врожайності й показники якості зерна в умовах даного регіону.

Підвищення врожайності зернової кукурудзи обумовлене застосуванням сучасних технологій, важливою складовою яких є системи удобрення. Наукові дослідження показують, що приріст урожайності від внесення добрив становить 30-

50 %, звичайно, за умови застосування науково-обґрунтованих систем захисту сільськогосподарських культур від шкідників, хвороб і бур'янів та ефективних прийомів обробітку ґрунту [20].

При цьому надзвичайно важливо, щоб рослини отримували з ґрунту та внесених добрив усі необхідні макро- і мікроелементи, які забезпечують повноцінний ріст і розвиток кукурудзи. Лише за умови оптимального живлення можна досягти високої врожайності культури та належного рівня рентабельності аграрного виробництва.

Відомо, що для формування 1 тонни зерна сучасні гібриди кукурудзи потребують винесення з ґрунту таких кількостей поживних речовин: 24–32 кг азоту, 10–14 кг фосфору, 25–35 кг калію, по 6–10 кг магнію та кальцію, 3–4 кг сірки, а також мікроелементів — 200 г заліза, 110 г марганцю, 85 г цинку, 14 г міді, 11 г бору та 0,9 г молібдену. Інтенсивність споживання цих елементів рослинами змінюється залежно від фази органогенезу кукурудзи [20].

Кукурудза – дуже вимоглива до родючості ґрунтів культура. Створення оптимального рівня мінерального живлення для рослин є однією з основних умов поєднання високої урожайності та ресурсозбереження [22]. Дослідженнями встановлено, що за сприятливих ґрунтово-кліматичних умов та високого рівня технології вирощування досягається більш повне засвоєння елементів живлення рослинами на одиницю врожаю [23, 24]. Потреба в елементах живлення визначається за допомогою хімічного аналізу, у результаті виконання якого встановлюють їх вміст у основній і побічній продукції [25]. Показники вмісту у біомасі рослин, включаючи надземні органи і кореневу систему, характеризують загальну потребу в елементах, тобто показують біологічний винос. Кількість елементів, що знаходиться в основній і побічній продукції врожаю, становить його господарський винос. Рослина поглинає з ґрунту азот, фосфор, калій протягом усього періоду вегетації.

Важливим моментом у живленні культур є періодичність, коли засвоєння елементів відбувається у певні фази росту і розвитку у різних кількостях. Кількість та

інтенсивність надходження азоту в рослини кукурудзи зростає, починаючи з фази 6–8 листків, і досягає максимуму в період викидання волоті-цвітіння качана, після чого його споживання помітно спадає [26].

Фосфор споживається від початку до кінця вегетації, калій – від сходів до викидання волоті і закінчується у фазі молочної та воскової стиглості [27]. У середньому на 1 т зерна з відповідною кількістю стебел і листя рослини використовують 24–30 кг азоту, 10–12 кг фосфору і 25–30 кг калію, по 6–10 кг магнію і кальцію [28].

Винос поживних речовин культурою змінюється залежно від продуктивності кукурудзи і визначається як ґрунтово-кліматичними умовами її вирощування, так і системою живлення. Зі збільшенням удвічі дози азоту, фосфору і калію підвищується і рівень їх виносу, однак не пропорційно. У сівозміні це підвищення становить відповідно за елементами 14,7 %, 1,7 і 6,1 %. Однак внесення добрив не змінює співвідношення елементів у загальному виносі. Найбільша частка азоту, дещо менша – на калію, тимчасом фосфору найменша: $N > K > P > O$ [29, 30].

Підвищена кислотність ґрунту та недостатня кількість кальцію і магнію одна з основних причин низької родючості багатьох ґрунтів, особливо дерново-підзолистих. Інтенсивне ведення господарства, високі урожаї зумовлюють щорічний винос 350–450 кг/га $CaCO_3$. Вимивання кальцію зростає із збільшенням застосування мінеральних добрив. Нестача кальцію і магнію посилює токсичність водню й алюмінію, що виявляється у зниженні проникності протоплазми, ослизненні кореневої системи, зменшенні надходження поживних речовин у рослину та недоборі врожаю [31].

Підвищена кислотність ґрунту порушує оптимальне мінеральне живлення рослин, пригнічує життєдіяльність мікрофлори, підвищує токсичну концентрацію алюмінію, заліза, мангана. Кислотність ґрунтового середовища змінюється протягом року і її величина залежить від кислотності ґрунту, виділень рослин та мікроорганізмів, надходжень у ґрунт добрив і різних речовин, що можуть підвищувати кислотність ґрунту [31].

Для зменшення кислотності ґрунту проводять його вапнування. При внесенні вапна в ґрунт воно перетворюється і дисоціює. Гідрокарбонат кальцію взаємодіє з органічними і мінеральними кислотами ґрунту, а також з ґрунтовим вбирним комплексом.

Д.М. Прянишников підкреслював, що головним у комплексному впливі вапна на ґрунт є нейтралізація надмірної кислотності. Унесений кальцій активізує гуміфікацію рослинних решток, сприяє коагуляції гумусу та формуванню малорозчинних гуматів кальцію.

Вапнування не лише підсилює азотфіксаційну активність ґрунтової мікрофлори, а й підвищує нітрифікаційну здатність ґрунту та зменшує газоподібні втрати азоту. За неправильного застосування амонійних добрив і сечовини втрати азоту можуть сягати 20–36 %. Внесення вапна покращує фосфорне живлення, оскільки сприяє перетворенню фосфатів заліза й алюмінію у більш рухомі форми, зменшує антагонізм між фосфором і алюмінієм та підвищує здатність кореневої системи засвоювати елементи. Однак сумісне внесення вапна з фосфоритним борошном, преципітатом чи фосфат-шлаком погіршує умови фосфорного живлення, тому ці добрива слід використовувати окремо [31].

Вапнування також сприяє більшому виносу калію з ґрунту та мобілізації молібдену, хоча рухомість молібдену й мангану при цьому знижується.

Для інтенсивного росту й розвитку кукурудзи оптимальною є реакція ґрунтового розчину на рівні рНКСІ 6,5–7,5. За підвищеної кислотності (рН 5,0–5,5) врожайність може знижуватися до 30 % [32]. На кислому дерново-підзолистому ґрунті без застосування добрив і меліорантів урожай був низьким через значну загибель рослин (32,1 %), невелику масу качана (151 г) та низький вихід зерна — 71,1 % [33]. Використання мінеральних добрив разом із вапнуванням у зернопросапній сівозміні підвищувало господарський винос основних елементів живлення з площі в 1,4–2,2 рази, переважно завдяки збільшенню врожайності культури [34].

Отже, **раціональна система удобрення кукурудзи** — це збалансоване поєднання азотних, фосфорних і калійних добрив з урахуванням типу ґрунту, його кислотності та забезпеченості поживними речовинами. Лише за умови оптимального живлення можна досягти високої врожайності, підвищити якість зерна й забезпечити сталий рівень рентабельності аграрного виробництва.

3.2 Вплив інтродукції бактеріальним препаратом

В дослідках Інституту Сільськогосподарської Мікробіології Та Агропромислового Виробництва дослідили оптимальну дозу добрив при вирощуванні кукурудзи в поєднанні з інтродукцією фосфатмобілізуєчих бактерій на різних фонах удобрення мінеральними добривами в порівнянні з контролем.

Реалізувати потенціал урожайності сільськогосподарських культур можливо лише за умови забезпечення оптимального живлення рослин, яке визначається як запасами поживних речовин у ґрунті, так і рівнем їх доступності. Важливу роль у цьому процесі відіграє формування специфічних мікробних комплексів у кореневій зоні. Саме ґрунтові мікроорганізми перетворюють недоступні сполуки на форми, придатні для засвоєння рослинами, що робить їх вивчення необхідним для оцінки можливостей посилення кореневого живлення культур.

Дані досліджень щодо системи удобрення кукурудзи із застосуванням експериментального препарату Агробактерину свідчать, що бактеризація стимулює розвиток фосфатмобілізуючих мікроорганізмів, здатних гідролізувати мінеральні та органічні сполуки фосфору в ґрунті [35].

У результаті спостерігалось збільшення виносу фосфору зерном — від 32,8 кг/га у контролі до 40,8 кг/га, листостебловою масою — від 18,4 кг/га до 23,6 кг/га. Загальний винос фосфору зростав від 51,2 кг/га (контроль) до 64,4 кг/га. Варто підкреслити, що бактеризація сприятливо впливала на фосфорне живлення як у зерні, так і в листостебловій масі за різних рівнів мінерального удобрення, найбільш помітно — на фоні N90P90K90.

Загальний винос фосфору з урожаєм за цього варіанту збільшувався з 64,6 кг/га (контроль) до 83,4 кг/га, а ефективність засвоєння фосфору становила 62,9 % (табл. 3.1).

Таблиця 3.2.1 — Загальний винос фосфору з урожаєм кукурудзи за впливу Агробактерину та різних норм мінеральних добрив [35].

Варіанти дослідів	Загальний винос фосфору з урожаєм, кг/га	Ефективність фосфорного живлення*	
		кг/га	%
Без бактеризації			
Контроль — без добрив	51,2	-	-
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	56,3	5,1	10,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	59,6	8,4	16,4
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	64,6	13,4	26,2
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	76,0	24,8	48,4
Бактеризація Агробактерином			
Контроль — без добрив	64,4	13,2	25,8
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	68,7	17,5	34,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	70,2	19,0	37,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	83,4	32,2	62,9
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	79,4	28,2	55,1

Таблиця 3.2.2 Урожайність зерна кукурудзи за дії Агробактерину та добрив [35].

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га	Приріст			
		від кожної наступної дози добрив		від бактеризації	
		т/га	%	т/га	%
Без бактеризації					
Контроль - без добрив	7,8	-	-	-	-
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	8,4	0,6	7,2	-	-

N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,6	0,8	10,3	-	-
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	9,4	1,6	20,5	-	-
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	10,6	2,8	35,9	-	-

Продовження таблиці 3.2.2

Бактеризація Агробактерином					
Контроль - без добрив	9,5	-	-	1,7	21,7
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	9,8	-	-	1,4	16,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	9,7	-	-	1,1	12,8
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	10,8	-	-	1,4	14,9
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	11,2	-	-	0,6	5,7

Визначити ефективність будь-якого агроприйому неможливо без аналізу його впливу на врожайність та якість продукції. Оцінюючи результати застосування різних схем удобрення та впливу Агробактерину на продуктивність кукурудзи гібриду Дніпровський 181 СВ, слід зазначити, що збільшення доз мінеральних добрив веде до зростання врожайності. Приріст урожаю зерна залежно від норми мінеральних добрив становив від 0,6 т/га (7,2 %) при внесенні N30P30K30 до 2,8 т/га при нормі N120P120K120. Бактеризація Агробактерином забезпечила підвищення врожайності на 1,7 т/га (21,7 %), а використання мікробного препарату на тлі мінерального живлення — від 0,6 т/га (5,7 %) до 1,4 т/га (16,7 %), залежно від рівня удобрення (табл. 1.2.1). Продуктивність рослин після бактеризації фактично зрівнялася з показниками варіанту внесення N90P90K90 [35].

Таким чином, оптимальним і екологічно обґрунтованим рівнем мінерального живлення для кукурудзи можна вважати норми, що не перевищують N90P90K90. Польові дослідження також показали, що Агробактерин покращує фосфорне живлення рослин. Відомо, що за умов правильно підібраної вологості ґрунту та збалансованого живлення вміст білка у зерні кукурудзи може збільшуватися на 1,0–2,0 % [36].

Посилене фосфорне живлення сприяє швидшому розвитку рослин, забезпечує ранніше формування врожаю та покращує його якість. Аналіз вмісту білка в зерні підтвердив позитивний вплив бактеризації на всіх варіантах дослідів, особливо на фоні N90P90K90, де білковість зросла на 1,5 % (рис. 3.1) [35].

Рисунок 3.2.1 — Вміст білка в зерні кукурудзи гібриду Дніпровський 181 СВ



за впливу Агробактерину та добрив

В результаті дослідження Токмакої Л.М та ін. [35], бактеріальна інтродукція показала позитивний вплив на всі досліджувані агрофони, включно з високим рівнем мінерального живлення. Використання препарату **Агробактерин** забезпечило підвищення урожайності зерна кукурудзи на **1,4 т/га (21,7 %)** порівняно з контролем (**7,8 т/га**) та сприяло збільшенню вмісту білка у зерні на **1,5 %** за фону живлення **N₉₀P₉₀K₉₀**.

Запропонована технологія може бути впроваджена у виробництво в межах існуючих агротехнологічних систем вирощування кукурудзи на підприємствах різних форм власності. Основні переваги розробки полягають у підвищенні ефективності фосфорного живлення рослин при мінімальних додаткових витратах, а також у високій екологічній доцільності застосованого агроприйому, що відповідає принципам біологізації землеробства.

3.3 Вплив позакореневого підживлення мікроелементами

В дослідженні Можарівської І.А , Довбиша та інших [37], було досліджено вплив позакореневого підживлення в різні фази розвитку кукурудзи на зерно.

Важливим фактором підвищення врожайності зерна кукурудзи і його якості є покращення мінерального живлення протягом всього вегетаційного періоду. Сьогодні багато аграріїв використовують позакореневе внесення мікроелементів, які швидко і ефективно засвоюються культурами. Проводять такі підживлення перед основними критичними фазами розвитку культури або при прояві стресових ситуацій, не чекаючи прояву дефіциту якогось елемента, коли вже частина врожаю буде втрачена [37].

Структурою врожаю є кількісне і якісне відображення мікроелементів на продуктивність рослин, які визначають величину врожайності культури. Основними показниками структури врожаю зернової кукурудзи є кількість качанів на 1 га і на 100 рослин, кількість зерна в середньому з одного качана і маса зерна з одного качана [38, с. 98]. Важливим елементом структури урожаю зерна кукурудзи є число зерен в качані, яке в першу чергу, визначається кількістю рядів і кількістю зерен в ряду. В значній мірі ці показники визначаються генотипом гібриду. За дослідженнями вчених, оптимізація умов мінерального живлення рослин кукурудзи сприяє формуванню крупного качана [39, с. 27]. Ще одним із важливих структурних показників урожаю зерна кукурудзи є маса зерна з 1 качана. Це показник, за дослідженнями вчених, залежить як від генотипу гібриду, так і від удобрення культури (табл. 3.3)

Таблиця 3.3.1 Структура врожаю кукурудзи залежно від удобрення [36].

Варіанти	Кількість качанів на 100 рослин, шт.	Кількість зерен в одному качані, шт.	Маса зерна з одного качана, г	Маса 1000 зерен, г
Без добрив	101	385	122	219
Без добрив + Інтермаг Кукурудза 1 л/га	105	398	127	226
Без добрив + Інтермаг Кукурудза 2 л/га	107	414	132	239
N80P12K24	108	456	134	245

Продовження таблиці 3.3.1

N80P12K24 + Інтермаг Кукурудза 1 л/га	111	465	136	253
N80P12K24 + Інтермаг Кукурудза 2 л/га	112	494	141	256
N120P18K36	112	502	142	252
N120P18K36 + Інтермаг Кукурудза 1 л/га	114	516	145	258
N120P18K36 + Інтермаг Кукурудза 2 л/га	117	536	144	269

Аналіз структури врожаю показав, що при однаковій густоті стояння рослин кукурудзи перед збиранням, кількість качанів на 100 рослин, і як наслідок на одному гектарі посіву кукурудзи на зерно була різною. Найменша кількість качанів відмічена на контролі – 101 шт., а найбільша – на варіанті N120P18K36 + Інтермаг 59 Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво Кукурудза 2 л/га – 117 шт. Кількість зерен в одному качані варіювала в межах 385 шт. на контролі та 536 шт на варіанті із внесенням N120P18K36 + Інтермаг Кукурудза 2 л/га.

Маса зерна також була вищою на варіантах із внесенням мінеральних добрив. Так на варіанті із N120P18K36 маса зерна складала 141 г, а на варіанті із N120P18K36 + Інтермаг Кукурудза 2 л/га – 144 г. Найбільша маса 1000 зерен також відмічена на варіанті N120P18K36 + Інтермаг Кукурудза 2 л/га – 269 г. Основним інтегрованим показником, який характеризує родючість ґрунту і ефективність використання добрив, виступає урожайність сільськогосподарських культур (табл. 3.3.2).

Таблиця 3.3.2 Урожайність кукурудзи залежно від удобрення

Варіанти	Урожайність кукурудзи, т/га
Без добрив	5,83
Без добрив + Інтермаг Кукурудза 1 л/га	6,13
Без добрив + Інтермаг Кукурудза 2 л/га	6,47
N ₈₀ P ₁₂ K ₂₄	7,09

Продовження таблиці 3.3.2

N ₈₀ P ₁₂ K ₂₄ + Інтермаг Кукурудза 1 л/га	7,16
N ₈₀ P ₁₂ K ₂₄ + Інтермаг Кукурудза 2 л/га	7,31
N ₁₂₀ P ₁₈ K ₃₆	7,72
N ₁₂₀ P ₁₈ K ₃₆ + Інтермаг Кукурудза 1л/га	8,05
N ₁₂₀ P ₁₈ K ₃₆ + Інтермаг Кукурудза 2л/га	8,25

Збалансоване живлення сприяє оптимальному росту та розвитку рослин, а також реалізації генетичного потенціалу. Покращити живлення рослин під час вегетації можна за допомогою позакореневого підживлення. Застосування мікродобрив позитивно впливає на рослини кукурудзи, оскільки мікроелементи беруть участь в окисно відновлювальних процесах та сприяють підвищенню інтенсивності фотосинтезу, що в свою чергу, впливає на врожайність. В результаті досліджень встановлено, що на варіанті N120P18K36 + Інтермаг Кукурудза 2 л/га – урожайність була найвищою 8,25 т/га, а найнищою на контрольному варіанті – 5,83 т/га

3.4 Висновки досліджень та рекомендації

Вапнування є одним із ключових елементів системи удобрення кукурудзи, особливо на кислих дерново-підзолистих ґрунтах. Оптимальний рівень кислотності ґрунтового розчину для цієї культури становить **pH 6,5–7,0**. Зниження показника pH нижче **5,5** призводить до істотного зменшення врожайності (до **30 %**), зрідження посівів та зменшення маси качанів. На дерново-підзолистих кислих ґрунтах Полісся її продуктивність обмежується високою кислотністю (pH < 5,5) і дефіцитом кальцію та магнію. Застосування вапнякових матеріалів (вапно CaCO₃ або доломітове борошно) у дозі **1,5–3,0 т/га**, залежно від гідролітичної кислотності, сприяє підвищенню ефективності використання мінеральних добрив у **1,4–2,2** рази.

Щодо мінерального живлення, для умов Полісся оптимальною є норма **N₉₀P₉₀K₉₀**, яка забезпечує найкраще поєднання економічної ефективності та екологічної безпечності. Підвищення доз добрив до **N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀** забезпечує лише

незначний приріст урожайності (до **0,6 т/га**), водночас зменшуючи окупність внесених добрив.

Бактеріальна інтродукція із застосуванням препарату **Агробактерин** сприяє покращенню фосфорного живлення рослин на **20–30 %**, підвищенню врожайності на **1,4–1,7 т/га** (приблизно **15–22 %**) та збільшенню вмісту білка у зерні на **1,5 %**. Найвищу ефективність препарату відзначено на фоні живлення **N₉₀P₉₀K₉₀**, що дозволяє частково скоротити використання мінеральних добрив без зниження продуктивності.

Позакореневе підживлення мікроелементами за допомогою препарату **Інтермаг Кукурудза** у дозі **2 л/га** у фази **6–8 листків** і **викидання волоті** забезпечує додатковий приріст урожайності **0,5–0,8 т/га**, підвищує масу 1000 зерен на **20–25 г**, а також сприяє формуванню більшої кількості качанів (до **117 шт. на 100 рослин**) і зерен у качані.

Комплексне застосування зазначених агроприйомів — **вапнування + N₉₀P₉₀K₉₀ + Агробактерин + Інтермаг Кукурудза** — забезпечує найвищий рівень рентабельності та екологічної стабільності виробництва. За такої системи живлення потенційна врожайність кукурудзи сягає **10,5–11,2 т/га**, підвищується вміст білка до **+1,5 %**, а коефіцієнт використання фосфору зростає до **60 %**

Згідно результатів та висновків , для систематизації отриманих даних та подальших планування, складено таблицю. В таблиці 3.4.1 описано рекомендації для проведення удобрення в зоні Полісся.

Розроблена система удобрення кукурудзи для умов Полісся передбачає **поєднання хімічних і біологічних методів підвищення родючості ґрунту**, що відповідає принципам сталого та екологічно безпечного землеробства. Її впровадження забезпечує повне використання потенціалу сучасних гібридів кукурудзи, підвищує ефективність використання поживних речовин, покращує якість зерна та забезпечує стабільний рівень рентабельності виробництва.

Таблиця 3.4.1 Система проведення удобрення згідно результатів дослідження

Етап	Захід / добриво	Норма внесення	Спосіб і строк внесення	Очікуваний ефект
1. Меліорація ґрунту	Вапно (CaCO_3) або доломітове борошно	2,0–3,0 т/га	під основний обробіток восени (раз на 4–5 років)	Нейтралізація кислотності (рН 6,5–7,0), підвищення активності мікрофлори
2. Основне удобрення	Комплексне добриво NPK (наприклад, 16:16:16)	Еквівалентно $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	під оранку	Забезпечення базового запасу елементів
3. Припосівне удобрення	Амофос або діамофоска	10–15 кг/га P_2O_5	у рядки під час сівби	Покращення стартового росту
4. Підживлення (фаза 6–8 листків)	КАС або аміачна селітра	30 кг/га N	міжрядно або через систему фертигації	Забезпечення пікового споживання азоту
5. Біопрепарат	Агробактерин	обробка насіння перед сівбою	обробка насіння перед висівом	Підвищення ефективності фосфорного живлення (+15–20 %)
6. Позакореневе підживлення	Інтермаг Кукурудза	2 л/га	обприскування у фази 6–8 листків і викидання волоті	Підвищення урожайності на 10–15 %, покращення структури качана
7. Органічні добрива (за наявності)	Гній або компост	25–30 т/га	під основний обробіток восени	Збагачення ґрунту органічною речовиною, покращення структури

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

4.1 Вапнування доломітовим борошном

Доломіт ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) належить до вапнякових добрив і містить 12–21% та більше MgO . Його застосовують переважно на кислих ґрунтах — підзолистих, сірих лісових, опідзолених та вилужених чорноземах, особливо на легких супіщаних землях, бідних на магній. Крім того, доломіт використовують як сировину для виробництва фосфорно-магнієвих та азотно-магнієвих добрив [40].

Доломітове борошно вважається одним із найефективніших вапнякових меліорантів для ґрунтів із високою кислотністю. Дослідження свідчать, що внесення 2 т/га цього матеріалу забезпечує збільшення врожайності: озимої пшениці — на 20%, кукурудзи — на 15%, соняшнику — на 13%, цукрових буряків — на 10%. Зменшення кислотності сприяє також підвищенню урожайності інших культур: ярі зернові та жито озиме дають приріст до 0,5 т/га, столові буряки й капуста — до 8 т/га, картопля — до 5 т/га, сіно конюшини — до 3 т/га [40].

Найвищий ефект забезпечує доломітове борошно, подрібнене до частинок менше 1 мм. Збільшення розміру фракції до 1–3 мм помітно знижує його дію.

Напівобпалений доломіт — продукт термічної обробки природного доломіту — містить приблизно 27% MgO , 2% CaO та 57% CaCO_3 . У такій формі магній легко засвоюється рослинами, тому матеріал широко застосовують для вапнування кислих ґрунтів [40].

Механізм дії доломіту як добрива

Після внесення доломіту кальцій і магній переходять у водорозчинні бікарбонати, які витісняють іони водню з ґрунтового поглинального комплексу, що сприяє зниженню кислотності. Кальцій стимулює ріст рослин і покращує стан кореневої системи, тоді як магній, будучи складовою частиною хлорофілу, забезпечує ефективний перебіг фотосинтезу. Крім того, магній накопичується у насінні, що підсилює розвиток культур. Найбільше цей елемент поглинають

картопля, буряки та бобові трави. За достатнього рівня магнію рослини формують розвинену кореневу систему та краще реагують на внесення інших добрив [40].

Доломіт сприяє переходу сполук азоту, фосфору й калію у легкодоступні для рослин форми, підвищуючи ефективність мінеральних добрив на 30–50%. Важливо вносити його у відповідних пропорціях разом із добривами, щоб уникнути підвищення кислотності ґрунту [40].

Природні зони, де доцільне внесення доломіту

Найбільш ефективним використанням доломітового борошна є в Поліссі та Лісостепу. У цих регіонах поширені одні з найбільш небагатих на магній ґрунтів: дерново-підзолисті, сірі лісові, темно-сірі опідзолені та опідзолені чорноземи. Кислотність ґрунтів можна визначати за характерними бур'янами — щавлем, осокою, луговиком, ситником, вересом і хвощем польовим, однак найточніше це робиться на основі агрохімічного аналізу (рівень рН, забезпеченість поживними речовинами тощо). Оптимальна норма внесення доломіту залежить від показників кислотності.

Переваги та норми внесення доломітового борошна

Основні переваги використання доломіту:

1. зниження кислотності ґрунту приблизно на 15%;
2. покращення процесів розкладання органічних решток;
3. підвищення стійкості рослин до хвороб, поліпшення фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту (аерації, рихлості, водопроникності);
4. повна нетоксичність для живих організмів, за винятком окремих шкідників;
5. відповідність стандартам IFOAM, що дозволяє використовувати доломіт в органічному землеробстві [40].

Норми внесення залежать від кислотності й механічного складу ґрунту:

- сильнокислі ґрунти (рН < 4,5): 5–6 т/га;
- середньокислі (рН 4,5–5,2): 4,5–6 т/га;
- слабокислі (рН 5,2–5,6): 3,5–4,5 т/га.

На легких ґрунтах дозу зменшують у 1,5 раза, на важких — збільшують на 10–15%. Для досягнення максимальної дії необхідно рівномірно розподіляти матеріал по поверхні. За повного внесення ефект триває 8–10 років. Доломіт стає ще ефективнішим за одночасного внесення борних і мідних мікродобрив.

4.2 Вплив мікробного препарату

Агробактерин – мікробний

препарат призначений для поліпшення фосфорного живлення рослин, шляхом передпосівної обробки насіння пшениці та обприскування рослин у період вегетації з метою підвищення урожайності пшениці, а також поліпшення якості продукції.



Рисунок 4.2.1 Поліміксобактерин для кукурудзи (як доповення до Агробактерину або його аналог)

Біологічна дія

Активним компонентом

препарату Агробактерин є фосфатмобілізувача бактерія *Agrobacterium radiobacter*. Механізм її впливу пов'язаний зі здатністю продукувати значні кількості ферментів, які прискорюють і регулюють основні хімічні процеси життєдіяльності мікроорганізмів. Саме ферментативна активність обумовлює інтенсивність обміну речовин та виділення метаболітів у навколишнє середовище [41].

У процесі культивування *Agrobacterium radiobacter* синтезує карбонові кислоти, екзополісахариди (леван і амілопектин), а також фермент фосфатазу. Ці сполуки активізують процеси мінералізації органічних і мінеральних фосфатів ґрунту, завдяки чому покращується забезпечення рослин фосфором [41].

Мікроорганізми цього виду продукують речовини, що належать до основних груп фітогормонів — ауксини, цитокініни і гібереліни, а також вітаміни групи В і

амінокислоти. Такі біологічно активні сполуки стимулюють ріст і розвиток рослин, підвищують їх стійкість до несприятливих умов, зміцнюють імунітет, активізують формування кореневої системи, процеси живлення, фотосинтезу та дихання. Застосування препарату також покращує фітосанітарний стан посівів і сприяє більш ефективному використанню мінеральних добрив, що позитивно позначається на продуктивності сільськогосподарських культур [41].

Ефективність

Застосування Агробактерину забезпечує збільшення урожайності зеленої маси кукурудзи на 10–16%, а врожаю зерна — на 16–26%. Крім того, підвищується вміст протеїну в зерні до 2%.

Спосіб застосування та дози

Для бактеризації 1 т насіння кукурудзи використовують 3 л препарату. Для обприскування рослин у період вегетації норма становить 0,5 л/га.

Бактерії *Agrobacterium radiobacter* характеризуються стійкістю до дії ряду фунгіцидів (Аліос, Корріоліс, Максим АП, Максим XL 025 FS, Реал 200, Росток, Роялфло, Флуосан) та інсектицидів (Гаучо 70%, Дітокс, Круїзер 350 FS, Семафор 20 ST). Така властивість дозволяє суміщати бактеризацію із протруюванням насіння у господарствах або на насінневих заводах без втрати життєздатності бактерій [41].

Перед використанням препарат необхідно ретельно збовтати та розчинити у потрібному об'ємі води. Робочий розчин для обробки 1 т насіння готують із 3 л препарату та 17 л води. Для обприскування рослин під час вегетації 0,5 л препарату змішують зі 100 л води на 1 га. Робочий розчин слід використовувати одразу після приготування.

Обприскування рослин у період вегетації проводять у фазі 5–9 листків у похмуру погоду, ввечері або вночі, щоб уникнути впливу прямих сонячних променів і забезпечити максимальну виживаність бактерій. ***Орієнтовна вартість препарату становить 492 грн/л [41].***

4.3 Листове комплексне підживлення

ІНТЕРМАГ-КУКУРУДЗА — це концентроване комплексне рідке добриво, призначене для всіх типів кукурудзи — як зернової, так і силосної. Воно містить збалансований комплекс мікро- та макроелементів, що повністю відповідає потребам живлення цієї культури.

Елементи подані у хелатній формі, завдяки чому легко засвоюються рослинами, забезпечуючи повне, якісне та результативне використання добрива [41].



Рисунок 4.3.1 Мікродобриво Інтермаг Кукурудза [42].

Таблиця 4.3.1 Хімічний склад препарату Інтермаг Кукурудза [42].

Склад (% маси)										
N	P ₂ O ₅	K	MgO	SO ₃	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
4,0	8,0	3,0	2,0	3,0	0,15	0,3	0,2	0,2	0,02	0,4
Склад (г/літр)										
N	P ₂ O ₅	K	MgO	SO ₃	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
48,0	96,0	37,0	24,0	36,0	1,8	3,6	2,4	2,4	0,24	4,8
<p>Рекомендована норма витрат – 2-3 л/ га.</p> <p>Середні витрати робочої рідини – 300 л/га.</p> <p>Рекомендована кількість позакореневих підкормок протягом вегетаційного періоду – 3 підкормки.</p>										

Рекомендації щодо дозування та термінів проведення підживлення по листу:

- Протягом вегетаційного періоду рекомендується провести 2–3 позакореневі підживлення кукурудзи, використовуючи щоразу по 2–3 літри добрива на 1 гектар. Оптимальний склад робочого розчину (за об'єму бака обприскувача 300 л) такий:
- 12–18 кг сечовини + 7,5 кг MgO * H₂O (або 12–15 кг MgO * 7 H₂O) + 2–3 л Інтермаг-Кукурудза. Варто зазначити, що додавання сульфату магнію в умовах сухої погоди допомагає уникнути опіків листя кукурудзи, які можуть виникнути через застосування сечовини.
- Перше позакореневе підживлення проводять у фазі 4–6 листків.
- Друге і третє — з інтервалом 7 днів після першого.

Переваги добрива Інтермаг-Кукурудза:

- Склад повністю відповідає потребам кукурудзи в борі та марганці.
 - Підвищує посухостійкість та загальний фізіологічний стан рослин, а також їхню стійкість до хвороб.
 - Сприяє покращенню вмісту важливих технологічних компонентів.
 - Добриво добре розчиняється, не засмічує форсунки, є висококонцентрованим і комплексним, із рекомендованою нормою 2 л/га за одне внесення.
 - Містить мікроелементи в хелатній формі, що легко засвоюється рослинами.
- [42].

4.4 Економічна ефективність застосування різних агроприйомів

Раціональне поєднання вапнування, бактеризації насіння та позакореневого підживлення мікроелементами дозволяє значно підвищити врожайність і рентабельність вирощування кукурудзи. Для оцінки доцільності цих агроприйомів проведено розрахунок економічної ефективності на основі отриманих експериментальних даних :

- **ціна реалізації зерна кукурудзи** — 9 000 грн/т;
- **доломітове борошно** — 8 500 грн/т, **норма внесення 1,5–2,0 т/га** (середня 1,75 т/га → **14 875 грн/га**);
- **Агробактерин** — 500 грн/га;
- **Інтермаг Кукурудза** — 250 грн/л, норма 2 л/га × 3 обробки = 6 л/га → **1 500 грн/га**.

Отримані дані та проведений аналіз всіх вищезгаданих досліджень та їх результатів, проведені підрахунки занесені в таблиці 4.4.1 для демонстрації ефективності розроблених рекомендацій.

Таблиця 4.4.1 Економічна ефективність різних агроприйомів при вирощуванні кукурудзи

Агроприйом	Середній приріст урожайності, т/га	Додатковий дохід, грн/га	Витрати на агроприйом, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Вапнування ґрунту (доломітове борошно 1,5–2,0 т/га)	2,5	22 500	14 875	7 625	51
Бактеризація насіння (Агробактерин ×3)	1,6	14 400	1 500	12 900	860
Позакореневе підживлення (Інтермаг Кукурудза, 3×2 л/га)	1,0	9 000	1 500	7 500	500

Розрахунки показують, що всі досліджувані агроприйоми позитивно впливають на урожайність кукурудзи, але рівень їх економічної ефективності відрізняється залежно від вартості застосування.

Найвищу рентабельність має **бактеризація насіння препаратом “Агробактерин”**, яка забезпечує приріст урожайності **1,6 т/га** при мінімальних витратах. Додатковий прибуток становить **14,4 тис. грн/га**, а рентабельність — **понад 800 %**, що свідчить про надзвичайну економічну доцільність застосування біопрепарату.

Позакореневе підживлення мікродобривом “Інтермаг Кукурудза”, проведене **триразово за вегетацію**, сприяє підвищенню урожайності на **1,0 т/га**, що відповідає **9,0 тис. грн/га** додаткового доходу. При витратах **1,5 тис. грн/га** рівень рентабельності становить **500 %**. Такий агроприйом покращує живлення рослин у критичні фази розвитку, сприяє формуванню якісного зерна та підвищує стійкість до стресів.

Вапнування ґрунту доломітовим борошном забезпечує найвищий приріст урожайності — **2,5 т/га**, але має значну собівартість через високу норму внесення (1,5–2,0 т/га). Додатковий дохід становить **22,5 тис. грн/га**, при витратах **14,9 тис. грн/га** чистий прибуток — **7,6 тис. грн/га**, а рентабельність — **51 %**. Проте ефект від вапнування є **довготривалим** (3–5 років), тому в розрахунку на тривалий період цей захід залишається економічно вигідним.

Всі розглянуті агроприйоми є економічно виправданими, але відрізняються за рівнем окупності.

Найвищу ефективність показує **бактеризація насіння препаратом “Агробактерин”**, яка поєднує мінімальні витрати та максимальну віддачу. **Вапнування доломітовим борошном** є стратегічним заходом для поліпшення родючості дерново-підзолистих ґрунтів, а його економічна ефективність зростає при розрахунку на багаторічну перспективу. **Триразове позакореневе підживлення “Інтермаг Кукурудза”** є ефективним

прийомом для підвищення урожайності на 1,0 т/га і покращення якості зерна при рентабельності **близько 500 %**.

Комплексне поєднання цих заходів забезпечує зростання врожайності кукурудзи на **20–45 %** та рівень рентабельності у межах **50–800 %**, що підтверджує високу економічну і екологічну доцільність біологізованих технологій у сучасному землеробстві.

ВИСНОВКИ

Кукурудза є однією з найважливіших зернових культур України, забезпечуючи харчові, кормові та технічні потреби. В умовах Полісся її вирощування має стратегічне значення для підвищення продовольчої безпеки та розвитку тваринництва. Полісся характеризується помірно-континентальним кліматом із відносно прохолодним літом, достатнім, але нерівномірним зволоженням і високою вологістю повітря. Середньорічна температура — близько 7–8 °С, річна кількість опадів — 550–700 мм. Основні ґрунти регіону — дерново-підзолисті та опідзолені, кислі, із низьким вмістом доступного фосфору та калію, що зумовлює необхідність застосування ефективного мінерального живлення.

Основні результати дослідження:

1. Вапнування ґрунтів доломітовим борошном знижує кислотність і підвищує доступність поживних речовин, що забезпечує приріст врожайності кукурудзи до 2,5 т/га та підвищує економічну ефективність виробництва.
2. Бактеризація насіння препаратом Агробактерин стимулює розвиток кореневої системи та поліпшує фосфорне живлення, що дає приріст врожайності до 1,6 т/га та рентабельність понад 800 %.
3. Позакореневе підживлення комплексним добривом Інтермаг-Кукурудза підвищує вміст технологічних складників зерна, стійкість рослин до стресових факторів, приріст врожайності близько 1,0 т/га, рентабельність — до 500 %.
4. Комплексне застосування агроприйомів створює синергетичний ефект, підвищуючи врожайність кукурудзи на 20–45 % та рентабельність виробництва до 50–800 %.
5. Економічний аналіз підтвердив ефективність системи мінерального живлення та її доцільність для стабільного і прибуткового вирощування кукурудзи на дерново-підзолистих і опідзолених ґрунтах Полісся.

6. Рациональне використання добрив та внесення їх у рекомендованих дозах сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля, зокрема зниженню ризику забруднення ґрунту і водних об'єктів нітратами та фосфатами.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ГОСПОДАРСТВ ПОЛІССЯ

- Вапнувати кислі ґрунти доломітовим борошном до 3–5 т/га для покращення структури ґрунту та підвищення доступності поживних елементів.
- Використовувати бактеризацію насіння для стимуляції росту кореневої системи та підвищення засвоєння фосфору.
- Застосовувати позакореневе підживлення комплексними мінеральними добривами у фазі 5–7 листків для оптимізації азотного, фосфорного та калійного живлення.
- Планувати внесення добрив з урахуванням запасів поживних речовин у ґрунті, попередніх культур та прогнозу погоди для економного і безпечного використання ресурсів.
- Використовувати комплексний підхід до мінерального живлення для підвищення врожайності, рентабельності та екологічної безпеки виробництва кукурудзи на зерно.

Таким чином, кукурудза в умовах Полісся є стратегічною культурою, а запропонована система мінерального живлення забезпечує високоврожайне, економічно ефективне та екологічно безпечне вирощування на дерново-підзолистих і опідзолених ґрунтах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аспекти вирощування кукурудзи/ Агрономія Сьогодні / М. Г. ЦЕХМЕЙСТРУК, Н. М. МУЗАФАРОВ, К. М. МАНЬКО Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України Веб-сайт URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/436-aspekty-vyroshchuvannia-kukurudzy.html> (дата звернення: 30.10.25)
2. Вирощування кукурудзи: особливості культури Веб-сайт URL: https://tetra-agro.com.ua/news/vyroshchuvannia_kukurudzy_osoblyvosti_kultury (дата звернення: 30.10.25)
3. Світовий ринок кукурудзи – вересень 2025 року Веб-сайт URL: https://cropgpt.ai/global-maize-market-september-2025?utm_source (дата звернення: 3.11.25)
4. Кукурудзяна статистика: площі, валовий збір та урожайність зернової за 2017-2024 рр. Веб-сайт URL: <https://superagronom.com/articles/764-kukurudzyana-statistika-ploschi-valoviy-zbir-ta-urojajnist-zernovoyi-za-2017-2024-rr> (дата звернення: 3.11.25)
5. Україна тримається на 7 місці за обсягом виробництва кукурудзи у світі Веб-сайт URL: <https://superagronom.com/news/19645-ukrayina-trimayetsya-na-7-mistsi-za-obsyagom-virobnitstva-kukurudzi-u-sviti> (дата звернення: 6.11.25)
6. Культура Кукурудза на зерно (особливості вирощування та зберігання) Веб-сайт URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture/kukurudza-na-zerno> (дата звернення: 6.11.25)
7. Рослинництво: Підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко; За ред. О. І. Зінченка. — К.: Аграрна освіта, 2001. — 591 с.: іл.
8. Морфологічні ознаки кукурудзи Веб-сайт URL: <https://www.syngenta.ua/en/news/kukurudza/morfologichni-oznaki-kukurudzi> (дата звернення: 13.11.25)
9. Технологія виробництва сільськогосподарської продукції: Навчальний посібник для аграрних вищих навчальних закладів I—II рівнів акредитації / Ярош Ю. М., Трусов Б. А. — К.: Український Центр духовної культури, 2005. — 524 с.

10. Ключові етапи догляду за кукурудзою від сходів до збору врожаю Веб-сайт URL: <https://miry.com.ua/klyuchovi-etapy-doglyadu-za-kukurudzoju/> (дата звернення: 13.11.25)
11. Біологічні особливості кукурудзи Веб-сайт URL: <https://agrosience.com.ua/plant/biologichni-osoblyvosti-kukurudzy> (дата звернення: 14.11.22)
12. Кукурудзяні лайфхаки Веб-сайт URL: <https://agrotimes.ua/article/kukurudzyani-lajfhaky-vyroshhuvannya-kukurudzy-na-polissi/> (дата звернення: 14.11.22)
13. Технологія вирощування кукурудзи Веб-сайт URL: <https://www.eridon.ua/tehnologiya-viroschuvannya-kukurudzi> (дата звернення: 15.11.22)
14. Характеристика ґрунтового покриву орних земель області Веб-сайт URL: <https://apk.cg.gov.ua/index.php?id=7828&tp=1&pg=> (дата звернення: 20.11.22)
15. Український гідрометеорологічний центр Веб-сайт URL: https://meteo.gov.ua/ua/33136/climate/climate_stations/3/1/ (дата звернення: 20.11.22)
16. Особливості просторово-часової диференціації кліматичних умов чернігівської області Веб-сайт URL: <https://odeku.edu.ua/wp-content/uploads/klimat-chernigivsko%D1%97-oblasti.pdf> (дата звернення: 21.11.22)
17. Кліматична карта України Веб-сайт URL: <https://www.imbf.org/karty/klimaticheskaja-karta-ukrainy.html> (дата звернення: 21.11.22)
18. Клімат Чернігівської області / Загальна характеристика. Веб-сайт URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Клімат_Чернігівської_області (дата звернення: 22.11.22)
19. Підручник з Географії (рівень стандарту). 11 клас / Кобернік С., Коваленко Р., - Кам'янець-Подільський: Вид-во «Абетка», 2019 – 64 с.
20. Кукурудза на зерно: висока ефективність стартових добрив «Elixir Zorka» в умовах енергетичної та економічної кризи Веб-сайт URL: <https://elixir-ukraine.com/kukurudza-na-zerno-vysoka-efektyvnist-startovyh-dobryv-elixir-zorka-v-umovah-energetychnoyi-ta-ekonomichnoyi-kryzy/> (дата звернення: 21.11.22)

21. Принципи побудови раціональної системи удобрення Веб-сайт URL: <https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agronomija/Agrohimiya/Agrohimiya/1/rozdil%206.htm> (дата звернення: 22.11.22)
22. Белов Я.В. Напрями оптимізації технологій вирощування насіння кукурудзи за умов змін клімату. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2018. Вип. 4 С. 74–81 DOI: 10.31521/2313-092X/2018-4(100)
23. Біологічні вимоги гібридів кукурудзи до умов вирощування в Західному Лісостепу / Волощук О.П. та ін. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2019. Вип. 65. С. 22–36. DOI: 10.32636/01308521.2019-(65)-3.
24. Оптимізація удобрення та родючність ґрунту у сівозмінах: монографія / за ред. А.С. Заришняка. Київ: Аграрна наука, 2015. 208 с.
25. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт–рослина / за ред. А.І. Фатєєва, В.П. Самохвалової. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 146 с.
26. Ciampitti, I.A., Vyn, T.J. Grain nitrogen source changes over time in maize: A review. Crop Science. 2013. Vol. 53. Issue 2. P. 366–377. DOI: 10.2135/cropsci2012.07.0439
27. Maize nutrient accumulation and partitioning in response to plant density and nitrogen rate: I. Macronutrients / Ciampitti I.A. et al. Agronomy Journal. 2013. Vol. 105. P. 783–795. DOI: 10.2134/agronj2012.0467.
28. Лихочвор В.В., Проць Р.Р. Кукурудза. Львів, 2002. НВФ «Українські технології», 46 с.
29. Стулин А.Ф. Влияние длительного применения удобрений в бессменном посеве кукурузы на ее продуктивность и вынос элементов питания на черноземе выщелоченном. Агрохимия. 2007. № 1. С. 25–30
30. Reference values of grain nutrient content and removal for corn / Aildson Pereira Duarte et al. Soil Fertility and Plant Nutrition. Rev. Bras. Cienc. Solo. 2019. Vol. 43:e0180102. DOI: 10.1590/18069657rbc20180102.
31. Обґрунтування потреби у вапнуванні ґрунтів та розрахунок норм вапнуючого матеріалу Веб-сайт URL:

https://vuzlit.com/539882/obgruntuvannya_potrebi_vapnuvanni_gruntiv_rozrahunok_nor_m_vapnuyuchoho_materialu (дата звернення: 24.11.22)

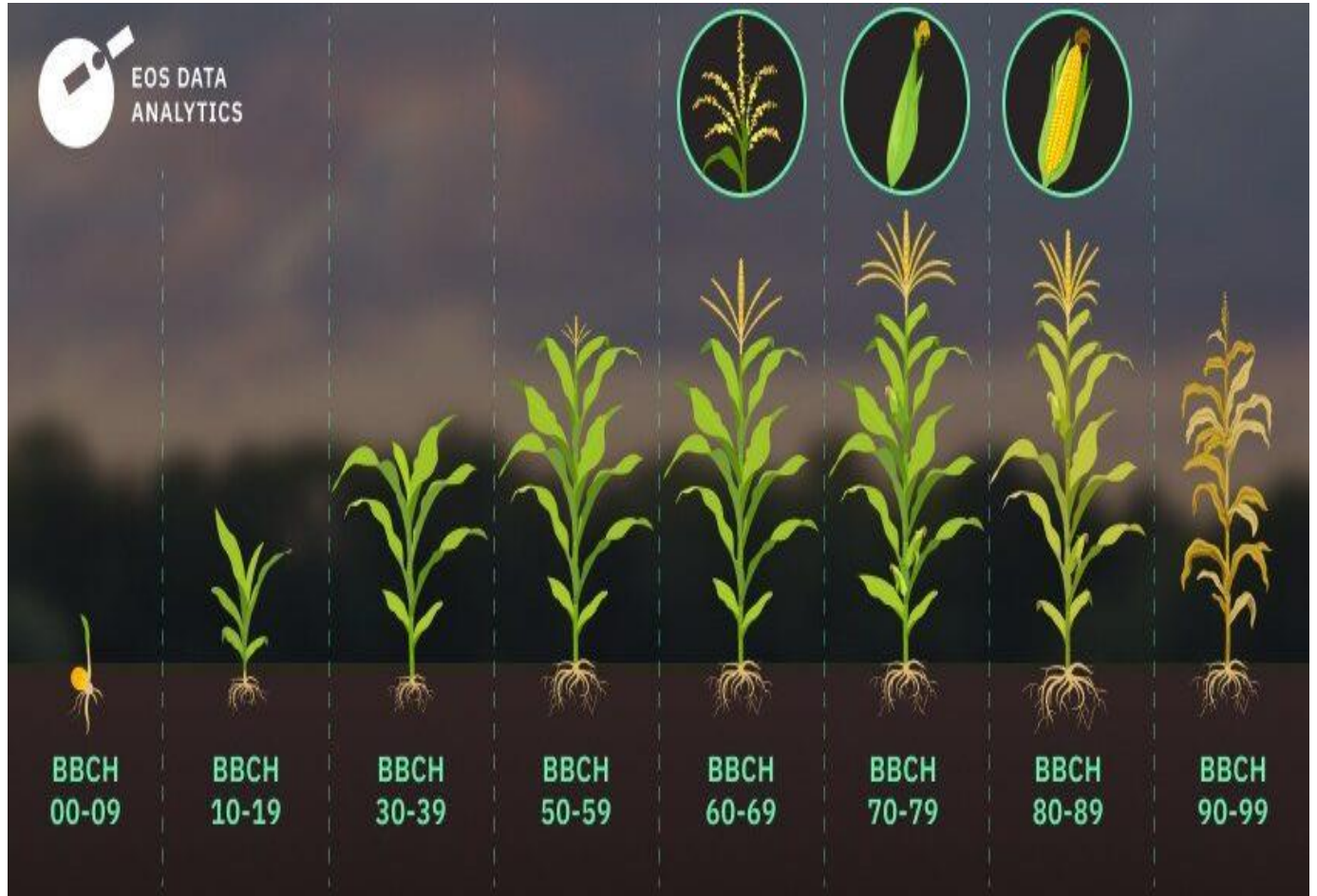
32. Ткаченко М.А., Борис Н.Є. Оптимізація живлення сільськогосподарських культур за фізико-хімічної деградації кислих ґрунтів. Вісник аграрної науки. 2021. Т. 99. № 1. С. 15–22. DOI: 10.31073/agrovisnyk202101.
33. Вплив удобрення та вапнування на продуктивність кукурудзи на зерно в короткоротаційній сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті / Польовий В.М. та ін. Зернові культури. 2021. Т. 5. № 1. С. 84–91. DOI: 10.31867/2523-4544/0163
34. Ивойлов А.В. Вынос азота, фосфора, калия и кальция культурами зерно-пропашного севооборота. Агрохимия. 1990. №1. С. 26–32.
35. Прийоми оптимізації кореневого живлення кукурудзи за рахунок інтродукції в агроценози агрономічно корисних мікроорганізмів та оптимальних норм мінеральних добрив (науково-практичні рекомендації) / Л. М. Токмакова, І. В. Ларченко, А. О. Трепач, В. В. Мусієнко, О. П. Лепеха, Л. А. Шевченко, П. В. Ковпак. Чернігів : видавець Брагинець О. В., 2020. 24 с
36. Агрохімія / [під ред. Смирнова П. М., Муравина Е. А. / 2-ге вид., перероб. та доп.]. М. : Колос, 1984. 304 с.
37. ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОБРЕННЯ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО Веб-сайт URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/136_2024/part_2/10. (дата звернення: 25.11.22)
38. Капітанська О. Збалансоване живлення – запорука формування стресостій-кості рослин. Пропозиція. 2017. № 3. С. 98.
39. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою : метод. рекомендації / Є. М. Лебідь, В. С. Циков, Ю. М. Пащенко та ін. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
40. ДОЛОМІТ Рекомендації по застосуванні Веб-сайт URL: <https://jiva-npk.com.ua/dolomite> (дата звернення: 26.11.22)
41. Агробактерин Веб-сайт URL: <https://ismav.com.ua/produkcija/biopreparati-dlya-roslinnictva/agrobakterin-dlya-pshenici/> (дата звернення: 27.11.22)

42. Мікродобриво Інтермаг Кукурудза Веб-сайт
<https://agrodopomoga.com.ua/uk/mikroudobrenie-intermag-kukuруза/p591>
звернення: 29.11.22)

URL:
(дата

ДОДАТКИ

Додаток А. Фази розвитку кукурудзи за шкалою BVCH



АКТ

контролю оригінальності кваліфікаційної роботи (індивідуального завдання)

За результатами перевірки кваліфікаційної роботи (індивідуального завдання) здобувача вищої освіти Прокопця Євгенія Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

науковий керівник Коротка Ірина Григорівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

кваліфікаційна робота курсова робота курсовий проект

на тему: «Підбір оптимального мінерального підживлення кукурудзи на зерно в умовах Полісся»

у програмному забезпеченні встановлено наступні критерії унікальності тексту:

Identific

Схожість 24%
Модифікації

StrikePlagiarism.com

КП1 _____
КП2 _____
КЦ _____
Маніпуляції з текстом

Звіт перевірки на плагіат надсилається на електронну пошту та (або) додається.

Коментар адміністратора ІЦЗВП про виявлені запозичення:

Адміністратор ІЦЗВП

3 12 2025р.



[Signature]

(підпис)

Бізарова І. П.

(ПІБ)

АКТ

контролю оригінальності кваліфікаційної роботи (індивідуального завдання)

За результатами перевірки кваліфікаційної роботи (індивідуального завдання) здобувача вищої освіти Прокопця Євгенія Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

науковий керівник Коротка Ірина Григорівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

кваліфікаційна робота курсова робота курсовий проєкт

на тему: «Підбір оптимального мінерального підживлення кукурудзи на зерно в умовах Полісся»

у програмному забезпеченні встановлено наступні критерії унікальності тексту:

Identific

StrikePlagiarism.com

Схожість

Модифікації

24%

КП1

КП2

КЦ

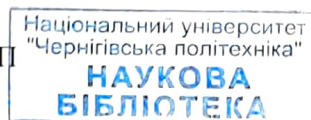
Маніпуляції з текстом

Звіт перевірки на плагіат надсилається на електронну пошту та (або) додається.

Коментар адміністратора ІЦЗВП про виявлені запозичення:

Адміністратор ІЦЗВП

3 12 2025р.



[Signature]

(підпис)

Вислова І. П.

(ПІБ)

