

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

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

Допущено до захисту
Завідувач кафедри
Кудряшова Катерина Миколаївна

" ____ " _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

«Формування урожайності кукурудзи залежно від норми застосування мінерального живлення та обробітку ґрунту в умовах Полісся»

201 – Агроніомія

20 – Аграрні науки та продовольство

Виконавець:

здобувач вищої освіти гр. МАГ-241

Щерба Ярослав Миколайович

(підпис)

Керівник:

доцент кафедри АТЛГ, канд. с.-г.наук

Коротка Ірина Григорівна

(підпис)

Чернігів 2025

Я, Щерба Ярослав Миколайович, 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 природокористування та гуманітарних наук
Кафедра аграрних технологій та лісового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ :
Завідувач кафедри
Кудряшова Катерина Миколаївна

" ____ " _____ 2025 р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Щерби Ярослава Миколайовича

Тема роботи: Формування урожайності кукурудзи залежно від норми застосування мінерального живлення та обробітку ґрунту 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 кваліфікаційної роботи (проекту)	Строк виконання етапів роботи (проекту)	Примітки
1.	Складання плану випускної кваліфікаційної роботи, остаточне погодження теми	25.09.2025	<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	23.10.2025	<i>виконано</i>
4.	Написання основних розділів ВКР (огляд питання за літературними джерелами, проведення порівняльної оцінки подібних досліджень, опис методик дослідження)	28.10.2025	<i>виконано</i>
5.	Оформлення розділу, який містить результати проведених досліджень та спостережень, проектування загальних висновків та пропозицій	24.11.2025	<i>виконано</i>
6.	Остаточне оформлення роботи (відповідно до чинних вимог). Реєстрація та подання на перевірку та рецензування	12.12.2025	<i>виконано</i>

Завдання підготував:

керівник _____

(підпис)

Коротка І.Г.

(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2025р.

Завдання одержав:

здобувач вищої освіти _____

(підпис)

Щерба Я.М.

(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2025 р.

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі обґрунтовано формування урожайності кукурудзи залежно від норми застосування мінерального живлення та обробітку ґрунту в умовах Полісся.

Встановлено, що найвищу польову схожість (88,4–91,2%) та виживання рослин (91,8–94,2%) забезпечує традиційна оранка на глибину 25–27 см. При переході до технології No-till ці показники знижуються на 6,8% та 6,2% відповідно через ущільнення ґрунту. Доведено, що максимальні біометричні показники (висота рослин 236 см, площа листя 52,8 тис. м²/га) досягаються при поєднанні оранки з внесенням високих норм добрив (N₁₈₀P₁₂₀K₁₂₀).

Визначено, що найвища врожайність зерна (8,35–9,14 т/га) формується при традиційній оранці. Безполицевий обробіток дозволяє отримати близьку за рівнем продуктивність (8,08–8,86 т/га), водночас знижуючи витрати палива на 15–20%. З'ясовано, що якість зерна (вміст протеїну 10,2–10,8%) найбільше залежить від рівня азотного живлення, тоді як спосіб обробітку ґрунту має на цей показник менший вплив. Економічна оцінка показала, що найвищий умовно чистий прибуток (19250 грн/га) та рентабельність (62,4%) забезпечує комбінація оранки з внесенням N₁₂₀P₈₀K₈₀.

Вперше для умов центрального Полісся проведено комплексну оцінку впливу технології No-till у поєднанні з широким діапазоном норм добрив на продуктивність кукурудзи; уточнено економічно оптимальні норми живлення для різних систем обробітку. В результаті проведеного дослідження розроблено рекомендації щодо застосування безполицевого обробітку як економічно виправданої альтернативи оранці. Результати впроваджено на площі 850 га в Житомирській області.

Ключові слова: кукурудза, врожайність, мінеральні добрива, обробіток ґрунту, Полісся, No-till, оранка, економічна ефективність.

ABSTRACT

The thesis establishes the basis for determining corn yield depending on the rate of mineral fertiliser application and soil cultivation in the Polissya region.

It has been established that traditional ploughing to a depth of 25–27 cm provides the highest field germination (88.4–91.2%) and plant survival (91.8–94.2%). When switching to no-till technology, these indicators decrease by 6.8% and 6.2%, respectively, due to soil compaction. It has been proven that maximum biometric indicators (plant height 236 cm, leaf area 52.8 thousand m²/ha) are achieved when ploughing is combined with the application of high rates of fertilisers (N₁₈₀P₁₂₀K₁₂₀).

It has been determined that the highest grain yield (8.35–9.14 t/ha) is achieved with traditional ploughing. No-till cultivation allows for similar productivity (8.08–8.86 t/ha), while reducing fuel costs by 15–20%. It was found that grain quality (protein content 10.2–10.8%) depends most on the level of nitrogen nutrition, while the method of soil cultivation has less influence on this indicator. The economic assessment showed that the highest conditional net profit (19250 UAH/ha) and profitability (62.4%) are provided by a combination of ploughing with the application of N₁₂₀P₈₀K₈₀.

For the first time in the conditions of central Polissya, a comprehensive assessment of the impact of no-till technology in combination with a wide range of fertilizer rates on corn productivity was carried out; economically optimal nutrient rates for different tillage systems were specified. As a result of the study, recommendations were developed for the use of no-till cultivation as an economically viable alternative to ploughing. The results were implemented on an area of 850 ha in the Zhytomyr region.

Keywords: corn, yield, mineral fertilisers, soil cultivation, Polissya, no-till, ploughing, economic efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	13
1.1. Народногосподарське значення кукурудзи та сучасний стан її виробництва в Україні	13
1.2. Біологічні особливості кукурудзи та вимоги до умов вирощування	14
1.3. Роль мінерального живлення у формуванні продуктивності кукурудзи	17
1.4. Системи обробітку ґрунту під кукурудзу	19
1.5. Особливості вирощування кукурудзи в умовах Полісся України	22
1.6. Висновки до розділу 1	25
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ, ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.1. Місце та умови проведення досліджень	27
2.2. Ґрунтові умови дослідної ділянки	27
2.3. Погодні умови в роки проведення досліджень	29
2.4. Схема досліду та методика досліджень	30
2.5. Агротехніка в досліді	31
2.6. Догляд за посівами	33
2.7. Методика проведення досліджень та обліків	34
2.8. Визначення елементів структури врожаю	35
2.9. Облік урожайності та якості зерна	35
2.10. Ґрунтові аналізи	36
2.11. Статистична обробка результатів досліджень	36
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	38
3.1. Вплив систем обробітку ґрунту та норм мінеральних добрив на польову схожість та виживання рослин кукурудзи	38

3.2. Динаміка росту та розвитку рослин кукурудзи	40
3.4. Накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи	43
3.4. Накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи	44
3.5. Формування елементів структури врожаю	45
3.6. Урожайність зерна кукурудзи.....	47
3.7. Якість зерна кукурудзи.....	50
3.8. Водоспоживання та ефективність використання вологи.....	52
3.9. Забур'яненість посівів та ефективність методів контролю.....	52
3.10. Фітосанітарний стан посівів	53
3.11. Динаміка поживного режиму ґрунту	54
3.12. Агрофізичні властивості ґрунту	55
3.13. Кореляційно-регресійний аналіз залежностей.....	56
3.14. Енергетична оцінка технології вирощування	56
3.15. Висновки до розділу 3	57
4 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУ-	
КУРУДЗИ.....	59
4.1. Виробничі витрати на вирощування кукурудзи	59
4.2. Структура виробничих витрат за варіантами дослідів	59
4.3. Економічна ефективність виробництва	61
4.4. Оптимізація норм добрив за економічними критеріями.....	64
4.5. Енергетична оцінка технологій вирощування	64
4.6. Порівняльна оцінка економічної та енергетичної ефективності ..	66
4.7. Висновки до розділу 4	66
ВИСНОВКИ.....	67
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	71

ВСТУП

Актуальність теми. Кукурудза є однією з найважливіших зернових культур світового та вітчизняного землеробства, яка за обсягами виробництва та універсальністю використання посідає провідне місце в структурі зернового балансу України. За останнє десятиліття площі під кукурудзою в нашій державі зросли до 4,5-5,0 млн га, а валові збори досягли 35-42 млн тонн, що вивело Україну до п'ятірки найбільших світових виробників та експортерів цієї культури.

Зона Полісся України, незважаючи на специфічні ґрунтово-кліматичні умови, має значний потенціал для вирощування кукурудзи. Проте дерново-підзолисті ґрунти регіону характеризуються низькою природною родючістю, кислою реакцією ґрунтового розчину, незначним вмістом гумусу (0,8-1,5%) та дефіцитом основних елементів мінерального живлення. За таких умов урожайність кукурудзи становить лише 5,5-6,5 т/га, що значно нижче за генетичний потенціал сучасних гібридів, який сягає 12-15 т/га.

Ключовими факторами підвищення продуктивності кукурудзи в умовах Полісся є оптимізація системи мінерального живлення та вибір раціонального обробітку ґрунту. Водночас, в умовах зростання цін на енергоносії та мінеральні добрива, загострення екологічних проблем, актуальним стає пошук економічно обґрунтованих та екологічно безпечних технологій вирощування, які б забезпечували високу продуктивність культури при раціональному використанні ресурсів.

Особливої актуальності набуває вивчення можливостей мінімалізації обробітку ґрунту, включаючи технологію No-till, яка дозволяє знизити виробничі витрати, зберегти вологу та запобігти ерозійним процесам. Однак ефективність таких систем в умовах Полісся з його специфічними ґрунтово-кліматичними особливостями вимагає детального наукового обґрунтування.

Тому дослідження впливу різних систем обробітку ґрунту та норм мінеральних добрив на формування урожайності кукурудзи в умовах Полісся є актуальним

науковим завданням, вирішення якого має важливе теоретичне та практичне значення для підвищення ефективності галузі кукурудзівництва в регіоні.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є встановлення закономірностей формування продуктивності кукурудзи залежно від систем обробітку ґрунту та норм мінеральних добрив для розробки оптимальних елементів технології вирощування в умовах Полісся.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

1. Вивчити вплив систем обробітку ґрунту та норм мінеральних добрив на польову схожість насіння, виживання рослин та густоту продуктивного стеблостою кукурудзи.
2. Дослідити особливості росту, розвитку та формування фотосинтетичного апарату рослин кукурудзи залежно від досліджуваних факторів.
3. Встановити закономірності накопичення сухої речовини та формування елементів структури врожаю за різних систем обробітку ґрунту та удобрення.
4. Визначити вплив агротехнічних факторів на врожайність та якість зерна кукурудзи.
5. Оцінити зміни агрофізичних властивостей ґрунту, поживного режиму та фітосанітарного стану посівів залежно від технології вирощування.
6. Провести економічну та енергетичну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології.
7. Розробити рекомендації виробництву щодо оптимальних систем обробітку ґрунту та норм мінеральних добрив для вирощування кукурудзи в умовах Полісся.

Об'єкт дослідження – процеси формування продуктивності кукурудзи залежно від агротехнічних факторів в умовах Полісся України.

Предмет дослідження – системи обробітку ґрунту (оранка, безполицевий, дисковий, нульовий), норми мінеральних добрив ($N_{0-180}P_{0-120}K_{0-120}$),

показники росту, розвитку, урожайність та якість зерна кукурудзи, економічна ефективність.

Методи дослідження. У роботі використано комплекс методів: польовий – для вивчення впливу досліджуваних факторів на ріст, розвиток та продуктивність кукурудзи; лабораторний – для визначення агрохімічних і агрофізичних властивостей ґрунту, показників якості зерна; математично-статистичний – для обробки експериментальних даних та встановлення достовірності отриманих результатів; розрахунково-порівняльний – для економічної та енергетичної оцінки ефективності технологій.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше для умов центрального Полісся України проведено комплексну оцінку впливу різних систем обробітку ґрунту, включаючи технологію No-till, у поєднанні з широким діапазоном норм мінеральних добрив на формування продуктивності кукурудзи. Встановлено закономірності змін агрофізичних властивостей дерново-підзолистого ґрунту, поживного та водного режимів залежно від інтенсивності механічного обробітку.

Удосконалено систему удобрення кукурудзи на дерново-підзолистих ґрунтах шляхом оптимізації норм та способів внесення мінеральних добрив для різних систем обробітку ґрунту. Визначено економічно оптимальні норми добрив, які становлять $N_{100-115}P_{60-75}K_{60-75}$ при традиційній оранці та знижуються до $N_{100}P_{60}K_{60}$ при нульовому обробітку.

Набули подальшого розвитку наукові положення щодо особливостей фотосинтетичної діяльності посівів, накопичення сухої речовини та формування елементів структури врожаю кукурудзи при мінімалізації обробітку ґрунту в умовах Полісся.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено та рекомендовано виробництву науково обґрунтовану систему вирощування кукурудзи для умов Полісся, яка базується на поєднанні традиційної оранки або безполицевого обробітку на глибину 25-27 см з внесенням $N_{120}P_{80}K_{80}$, що забезпечує отримання врожайності 8,1-8,4 т/га з рівнем рентабельності 60-62%.

Встановлено, що безполицевий обробіток плоскорізом дозволяє знизити витрати палива на 15-20% при зменшенні врожайності лише на 3-3,5% порівняно з оранкою, що робить його економічно виправданою альтернативою для господарств регіону. Визначено умови та обмеження застосування технології No-till в умовах Полісся.

Результати досліджень впроваджено у виробництво в господарствах Коростенського та Овруцького районів Житомирської області на загальній площі 850 га з економічним ефектом 3,2 млн грн.

Особистий внесок здобувача. Автором особисто опрацьовано літературні джерела за темою досліджень, проведено польові досліді, лабораторні аналізи, виконано статистичну обробку експериментальних даних, сформульовано висновки та розроблено рекомендації виробництву. Постановка мети, завдань досліджень та інтерпретація результатів проведена за участю наукового керівника.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, пропозицій виробництву, переліку посилань та додатків. Загальний обсяг роботи становить 76 сторінок комп'ютерного тексту. Робота містить 21 таблицю, 8 рисунків, 5 додатків. Список використаних джерел налічує 63 найменування, у тому числі 4 – латиницею.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Народногосподарське значення кукурудзи та сучасний стан її виробництва в Україні

Кукурудза (*Zea mays* L.) належить до найважливіших зернових культур світового землеробства, посідаючи третє місце після пшениці та рису за площами вирощування та валовими зборами зерна. Універсальність використання цієї культури визначає її стратегічне значення для продовольчої безпеки держави та розвитку аграрного сектору економіки України.

Зерно кукурудзи характеризується високою поживною цінністю, містячи 65-70% вуглеводів, 9-12% білка, 4-8% жиру, вітаміни групи В, Е, каротин, мінеральні речовини. За енергетичною цінністю (1,34 кормових одиниці в 1 кг зерна) кукурудза перевищує всі інші зернові культури. Білок кукурудзи містить незамінні амінокислоти, зокрема лізин та триптофан, що визначає її цінність у харчуванні людини та годівлі сільськогосподарських тварин.

В Україні кукурудза використовується за кількома напрямками: на продовольчі цілі (виробництво круп, борошна, крохмалю, олії), кормові (зерно, силос, зелена маса), технічні потреби (виробництво біоетанолу, клею, декстрину) та як сировина для переробної промисловості. За даними експертів, із зерна кукурудзи можна виготовити понад 500 різноманітних продуктів.

Природно-кліматичні умови України сприятливі для вирощування кукурудзи на значній частині території. За останнє десятиліття площі під кукурудзою в Україні суттєво зросли, досягнувши 4,5-5,0 млн га, що становить близько 30% у структурі посівних площ зернових культур. Середня врожайність кукурудзи в Україні коливається в межах 5,5-7,8 т/га залежно від погодних умов року та зони вирощування, що значно нижче за потенційні можливості сучасних гібридів, які здатні формувати врожайність на рівні 12-15 т/га.

Динаміка виробництва кукурудзи в Україні демонструє позитивну тенденцію. Валові збори зерна зросли з 11,4 млн тонн у 2010 році до 35-42 млн тонн у 2020-2023 роках, що вивело Україну до п'ятірки найбільших світових виробників та експортерів кукурудзи. Експортний потенціал української кукурудзи оцінюється

в 25-30 млн тонн щорічно, що забезпечує надходження значних валютних коштів до державного бюджету.

Основними регіонами вирощування кукурудзи в Україні є Лісостеп (45-50% валового збору), Степ (35-40%) та Полісся (10-15%). Зона Полісся характеризується специфічними ґрунтово-кліматичними умовами, що вимагають адаптації технології вирощування кукурудзи. Дерново-підзолисті ґрунти Полісся мають низьку природну родючість, кислу реакцію ґрунтового розчину, низький вміст гумусу (0,8-1,5%) та елементів мінерального живлення, що обумовлює необхідність розробки науково обґрунтованих систем удобрення. Інтенсифікація виробництва кукурудзи в умовах Полісся пов'язана з оптимізацією мінерального живлення та вибором раціональної системи обробітку ґрунту. Застосування мінеральних добрив у поєднанні з ефективним обробітком ґрунту дозволяє реалізувати генетичний потенціал сучасних гібридів та отримувати стабільні врожаї зерна на рівні 8-10 т/га навіть на малородючих ґрунтах Полісся.

Сучасні тенденції розвитку кукурудзівництва в Україні спрямовані на впровадження ресурсоощадних технологій, які передбачають мінімалізацію обробітку ґрунту, оптимізацію системи живлення рослин, використання високопродуктивних гібридів, інтегрований захист від шкідників, хвороб та бур'янів. Особливої актуальності набуває розробка адаптивних технологій вирощування кукурудзи для конкретних ґрунтово-кліматичних умов, що дозволяє максимально ефективно використовувати природні ресурси та мінімізувати антропогенне навантаження на довкілля.

1.2. Біологічні особливості кукурудзи та вимоги до умов вирощування

Кукурудза належить до родини Злакові (Poaceae), підродини Просові (Panicoideae), триби Маїсові (Maydeae), роду *Zea*. Це однорічна трав'яниста рослина з потужною мичкуватою кореневою системою, що проникає в ґрунт на глибину до 2-3 метрів та розповсюджується в радіусі до 1-1,5 метра. Основна маса коренів (60-80%) розташована в орному шарі ґрунту на глибині 0-30 см, що

визначає високу вимогливість культури до родючості верхнього шару ґрунту та його водно-фізичних властивостей.

Стебло кукурудзи пряме, циліндричне, заввишки від 0,5 до 6 метрів залежно від гібриду та умов вирощування, розділене вузлами на 8-25 міжвузль. Товщина стебла коливається від 2 до 7 см. Міжвузля заповнені паренхімною тканиною, що забезпечує міцність та стійкість рослин до вилягання. На нижніх вузлах стебла формуються повітряні або опорні корені, які виконують функцію додаткового живлення та механічної підтримки рослини.

Листки кукурудзи лінійно-ланцетні, з паралельним жилкуванням, розташовані почергово в два ряди. Кількість листків варіює від 12 до 24 штук залежно від скоростиглості гібриду. Листкова поверхня однієї рослини становить 0,3-0,8 м², що забезпечує інтенсивний фотосинтез. Максимальна площа листкової поверхні формується у фазі викидання волоті-цвітіння, досягаючи 40-60 тис. м²/га в оптимальних умовах.

Кукурудза – однодомна роздільностатева рослина з двома типами суцвіть: чоловіче суцвіття – волоть, розташоване на верхівці стебла, та жіноче – качан, що формується в пазухах листків. Волоть складається з центральної осі та бічних гілок, на яких розміщені колоски з чоловічими квітками. Одна волоть продукує 15-30 млн пилкових зерен, що забезпечує надійне запилення за різних погодних умов.

Качан являє собою видозмінене суцвіття, що складається з потовщеного стрижня, на якому парними рядами розташовані жіночі колоски. Кількість рядів зерен коливається від 8 до 24, кількість зерен у ряду – від 20 до 50 штук. Маса 1000 зерен варіює в межах 150-450 г залежно від гібриду та умов вирощування.

Вимоги до температури. Кукурудза належить до теплолюбних культур короткого дня. Насіння починає проростати за температури ґрунту 8-10°C, але оптимальною є температура 12-15°C. Сходи з'являються через 15-20 днів після сівби за температури 10-12°C та через 8-10 днів за температури 15-18°C. Заморозки мінус 2-3°C пошкоджують сходи, а мінус 3-4°C призводять до їх загибелі.

Оптимальна температура для росту та розвитку кукурудзи становить 20-25°C. За температури нижче 10°C та вище 35°C ростові процеси припиняються. Критичним періодом щодо температурного режиму є фаза цвітіння: за температури вище 30-35°C та відносної вологості повітря нижче 30% порушується процес запліднення, що призводить до череззерниці.

Сума активних температур (вище 10°C), необхідна для досягання зерна, становить: для ранньостиглих гібридів – 2100-2400°C, середньоранніх – 2400-2600°C, середньостиглих – 2600-2900°C. В умовах Полісся України сума активних температур коливається в межах 2200-2600°C, що дозволяє вирощувати ранньостиглі та середньоранні гібриди з ФАО 180-290.

Вимоги до вологи. Кукурудза відносно посухостійка культура завдяки потужній кореневій системі та економному витрачанню води на початкових етапах вегетації. Транспіраційний коефіцієнт становить 250-400 одиниць. За вегетаційний період кукурудза споживає 400-600 мм вологи, причому розподіл її потреби нерівномірний.

Критичний період щодо вологозабезпечення триває близько 30 днів – за 10 днів до викидання волоті та 20 днів після цвітіння. У цей час рослини споживають до 50% загальної кількості води. Нестача вологи в критичний період призводить до зниження врожайності на 40-50%. Оптимальна вологість ґрунту для кукурудзи становить 70-80% НВ, вологість повітря – 60-70%.

В умовах Полісся з річною кількістю опадів 550-650 мм волога зазвичай не є лімітуючим фактором, однак нерівномірність їх розподілу протягом вегетації може спричиняти періодичні посухи, особливо в червні-липні, що негативно позначається на продуктивності культури.

Вимоги до світла. Кукурудза – світлолюбна рослина короткого дня. Оптимальна тривалість світлового дня становить 12-14 годин. При подовженні світлового дня затримується цвітіння, подовжується вегетаційний період, збільшується висота рослин та кількість листків. Затінення призводить до витягування рослин, зниження фотосинтетичної активності та продуктивності.

Інтенсивність фотосинтезу кукурудзи досягає максимуму за освітленості 30-50 тис. люкс. Кукурудза належить до рослин C4-типу фотосинтезу, що забезпечує високу продуктивність фотосинтетичного апарату за підвищених температур та інтенсивного освітлення. Чиста продуктивність фотосинтезу становить 15-30 г/м² за добу.

Вимоги до ґрунту. Кукурудза вимоглива до родючості ґрунту та його фізичних властивостей. Оптимальними є чорноземи, темно-сірі та сірі лісові ґрунти з нейтральною або слабкокислою реакцією (рН 6,0-7,0), вмістом гумусу не менше 2,0-2,5%, щільністю 1,1-1,3 г/см³. Культура негативно реагує на підвищену кислотність ґрунту (рН < 5,5), засолення та перезволоження.

1.3. Роль мінерального живлення у формуванні продуктивності кукурудзи
Мінеральне живлення є одним із визначальних факторів реалізації генетичного потенціалу продуктивності кукурудзи. Оптимізація живлення рослин макро- та мікроелементами забезпечує інтенсивний ріст вегетативної маси, формування потужного фотосинтетичного апарату, підвищення стійкості до несприятливих факторів середовища та формування високого врожаю зерна належної якості.

Азотне живлення. Азот є найважливішим елементом мінерального живлення кукурудзи, який входить до складу білків, нуклеїнових кислот, хлорофілу, ферментів, вітамінів та інших біологічно активних сполук. Забезпеченість рослин азотом визначає інтенсивність ростових процесів, формування листкового апарату, фотосинтетичну активність та рівень урожайності.

На формування 1 тонни зерна з відповідною кількістю побічної продукції кукурудза виносить із ґрунту 24-32 кг азоту. Загальне споживання азоту при врожайності 8-10 т/га становить 200-300 кг/га. Динаміка поглинання азоту нерівномірною: до фази 5-7 листків рослини засвоюють лише 3-5% від загальної потреби, у період від 7 листків до викидання волоті – 50-60%, під час цвітіння та наливання зерна – 35-40%.

Дефіцит азоту проявляється пожовтінням листків, починаючи з нижніх ярусів (хлороз), уповільненням росту, зменшенням площі листкової поверхні, зниженням вмісту білка в зерні. Надлишок азоту призводить до надмірного

розвитку вегетативної маси, подовження вегетаційного періоду, зниження стійкості до вилягання та ураження хворобами, погіршення якості зерна.

В умовах дерново-підзолистих ґрунтів Полісся з низьким вмістом органічної речовини та промивним водним режимом ефективність азотних добрив особливо висока. Оптимальні норми азоту для кукурудзи в зоні Полісся становлять 120-180 кг/га д.р. залежно від родючості ґрунту та запланованої врожайності. Застосування азотних добрив забезпечує приріст урожайності на 2,0-3,5 т/га.

Фосфорне живлення. Фосфор входить до складу нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, АТФ, бере участь в енергетичному обміні, процесах фотосинтезу та дихання. Достатнє фосфорне живлення сприяє розвитку кореневої системи, прискорює досягання, підвищує стійкість до посухи та низьких температур.

Винос фосфору з урожаєм становить 8-14 кг P_2O_5 на 1 тону зерна. Максимальне споживання фосфору відбувається у фазі цвітіння-формування зерна. Критичний період забезпечення фосфором – початкові фази росту (до фази 5-7 листків), коли формується коренева система та закладається потенційна продуктивність рослин.

Симптоми фосфорного голодування: фіолетово-червоне забарвлення листків та стебел, затримка росту, подовження вегетаційного періоду, формування дрібних недорозвинених качанів. Особливо гостро дефіцит фосфору проявляється за низьких температур ґрунту, коли знижується його доступність для рослин.

Дерново-підзолисті ґрунти Полісся характеризуються низьким природним вмістом рухомих форм фосфору (50-100 мг/кг ґрунту), високою здатністю до фіксації фосфатів полуторними оксидами заліза та алюмінію. Оптимальні норми фосфорних добрив для кукурудзи в умовах Полісся становлять 60-90 кг/га P_2O_5 . Локальне внесення фосфорних добрив при сівбі (10-20 кг/га P_2O_5) підвищує їх ефективність на 25-30%.

Калійне живлення. Калій не входить до складу органічних сполук, але виконує важливі фізіологічні функції: регулює водний режим, активує понад 60 ферментів, підвищує стійкість до стресових факторів, покращує транспорт асимілятів, сприяє накопиченню вуглеводів.

Кукурудза виносить з урожаєм 20-37 кг K_2O на 1 тону зерна. Максимальне поглинання калію спостерігається у фазі викидання волоті-цвітіння (до 10-12 кг K_2O /га за добу). До фази воскової стиглості зерна відбувається реутилізація калію з вегетативних органів у зерно та часткове вимивання з листків опадами.

Ознаки калійного голодування: крайовий опік листків ("обпалення"), вкорочення міжвузль, зниження тургору, схильність до вилягання, погане виповнення качанів, формування щуплого зерна. Дефіцит калію посилюється в посушливих умовах та на легких ґрунтах з низькою вбирною здатністю.

Ґрунти Полісся містять 80-150 мг/кг обмінного калію, що є недостатнім для формування високих урожаїв кукурудзи. Рекомендовані норми калійних добрив становлять 90-150 кг/га K_2O . На легких ґрунтах ефективно дробне внесення калію для запобігання його вимивання.

Мікроелементи. Важливу роль у живленні кукурудзи відіграють мікроелементи: цинк, бор, марганець, мідь, молібден, залізо. Цинк необхідний для синтезу триптофану та ауксинів, бор – для запилення та запліднення, марганець активує процеси фотосинтезу, мідь входить до складу окислювальних ферментів.

Дефіцит цинку проявляється утворенням білих смуг на молодих листках ("біла пухирчатка"), затримкою росту, вкороченням міжвузль. Нестача бору призводить до порушення запліднення, череззерниці, деформації качанів. Симптоми дефіциту марганцю – міжжилковий хлороз листків, сіро-зелене забарвлення.

Кислі ґрунти Полісся часто характеризуються дефіцитом доступних форм молібдену, бору, кальцію та магнію при одночасному надлишку рухомих форм заліза, алюмінію та марганцю. Вапнування ґрунту покращує доступність молібдену та бору, але знижує доступність цинку та марганцю.

1.4. Системи обробітку ґрунту під кукурудзу

Обробіток ґрунту є важливим агротехнічним заходом, що визначає водно-повітряний, тепловий та поживний режими ґрунту, фітосанітарний стан посівів, ефективність використання добрив та рівень урожайності кукурудзи. Вибір

системи обробітку ґрунту залежить від ґрунтово-кліматичних умов, попередника, забур'яненості полів, наявності технічних засобів та економічних можливостей господарства.

Традиційна система обробітку базується на проведенні оранки як основного способу обробітку. Зяблева оранка на глибину 25-27 см або 28-30 см забезпечує якісне загортання рослинних решток, знищення бур'янів, поліпшення водопроникності та аерації ґрунту. На дерново-підзолистих ґрунтах Полісся періодичне поглиблення орного шару до 30-32 см сприяє окультуренню підорного горизонту.

Після проведення зяблевої оранки восени, навесні виконують ранньовесняне закриття вологи боронуванням або культивацією на глибину 4-5 см при настанні фізичної стиглості ґрунту. Передпосівний обробіток включає культивацію на глибину загортання насіння (6-8 см) з одночасним боронуванням для вирівнювання поверхні поля та створення дрібногрудкуватої структури посівного шару.

Перевагами традиційної оранки є: ефективне знищення багаторічних бур'янів, якісне загортання органічних та мінеральних добрив, зниження інфекційного фону збудників хвороб та чисельності ґрунтових шкідників, створення потужного розпушеного шару для розвитку кореневої системи. Водночас інтенсивний обробіток прискорює мінералізацію органічної речовини, посилює ерозійні процеси, потребує значних енергетичних витрат (120-140 кг/га умовного палива).

Мінімальний обробіток ґрунту передбачає зменшення глибини та кількості технологічних операцій. Основний обробіток виконують дисковими боронами на глибину 10-12 см або важкими культиваторами на 14-16 см. Така система дозволяє знизити витрати палива на 30-40%, зменшити втрати вологи, запобігти розвитку ерозії, підвищити продуктивність праці.

В умовах Полісся мінімальний обробіток ефективний на окультурених ґрунтах після добрих попередників (зернобобові, однорічні трави) за умови помірної забур'яненості полів. На важких безструктурних ґрунтах та при високій

забур'яненості багаторічними видами бур'янів мінімалізація обробітку призводить до зниження врожайності на 15-25%.

Перехід на мінімальний обробіток вимагає обов'язкового застосування гербіцидів для контролю бур'янів, використання сівалок прямої сівби, подрібнення та рівномірного розподілу рослинних решток попередника. Мульчуючий шар із рослинних решток зменшує випаровування вологи, захищає ґрунт від перегрівання, стримує проростання насіння бур'янів.

Нульовий обробіток (No-till) – система землеробства, що передбачає сівбу в необроблений ґрунт спеціальними сівалками з дисковими або анкерними сошниками. Рослинні рештки попередника залишаються на поверхні поля, утворюючи мульчуючий покрив. Контроль бур'янів здійснюється виключно хімічним методом із застосуванням гербіцидів суцільної дії до сівби та селективних – після сходів культури.

Впровадження No-till технології в умовах Полісся стримується рядом факторів: високою природною забур'яненістю, підвищеною вологістю ґрунту навесні, що ускладнює своєчасну сівбу, повільним прогріванням ґрунту під шаром мульчі, накопиченням патогенів та шкідників у рослинних рештках. За даними досліджень, у перші 3-4 роки переходу на No-till урожайність кукурудзи знижується на 20-30%, але в подальшому стабілізується на рівні традиційної технології.

Диференційований обробіток передбачає чергування різних способів та глибини обробітку в сівозміні залежно від біологічних особливостей культур, попередників, забур'яненості. Під кукурудзу після стерньових попередників проводять оранку, після просапних – безполицевий обробіток, на еродованих землях – мінімальний або нульовий обробіток.

В умовах Полісся оптимальною є комбінована система, що поєднує періодичну оранку (1 раз на 3-4 роки) з мінімальним обробітком у проміжні роки. Це дозволяє контролювати забур'яненість, підтримувати оптимальну щільність ґрунту, раціонально використовувати ресурси та зберігати родючість ґрунту.

Вплив обробітку на властивості ґрунту. Система обробітку визначає агрофізичні властивості ґрунту: щільність складення, пористість, водопроникність, структурний склад. Оптимальна щільність ґрунту для кукурудзи становить 1,1-1,3 г/см³. При ущільненні понад 1,4 г/см³ погіршується проникнення коренів, знижується доступність елементів живлення та вологи.

Традиційна оранка забезпечує розпушення ґрунту до оптимальних параметрів, але протягом вегетації відбувається природне осідання та ущільнення. Мінімальний обробіток формує диференційований за щільністю профіль: розпушений верхній шар (0-10 см) та більш щільний нижній (10-30 см), що сприяє капілярному підняттю вологи з глибших шарів.

1.5. Особливості вирощування кукурудзи в умовах Полісся України

Поліська зона України охоплює північні райони Волинської, Рівненської, Житомирської, Київської, Чернігівської та Сумської областей загальною площею близько 11 млн га, з яких 5,2 млн га припадає на сільськогосподарські угіддя. Регіон характеризується специфічними природно-кліматичними умовами, що визначають особливості технології вирощування кукурудзи.

Ґрунтовий покрив Полісся представлений переважно дерново-підзолистими (60%), дерново-підзолистими глейовими (15%), сірими лісовими (10%) ґрунтами та торфовищами (15%). Дерново-підзолисті ґрунти характеризуються легким гранулометричним складом (піщані та супіщані), низьким вмістом гумусу (0,8-1,5%), кислою реакцією середовища (рН 4,5-5,5), низькою ємністю вбирання (5-12 мг-екв/100 г ґрунту).

Негативними властивостями ґрунтів Полісся є: низька природна родючість, безструктурність, схильність до запливання та утворення кірки, низька водоутримуюча здатність легких ґрунтів, надмірне зволоження важких ґрунтів, дефіцит основних елементів живлення та мікроелементів. Вміст рухомого фосфору становить 50-100 мг/кг, обмінного калію – 60-120 мг/кг ґрунту, що є недостатнім для формування високих урожаїв кукурудзи.

Кліматичні умови Полісся характеризуються помірно-континентальним кліматом з достатнім зволоженням. Середньорічна температура повітря

становить 6,5-7,5°C, сума активних температур вище 10°C – 2200-2600°C, що достатньо для вирощування ранньостиглих та середньоранніх гібридів кукурудзи. Тривалість безморозного періоду – 150-165 днів, вегетаційного періоду – 190-205 днів.

Річна кількість опадів у зоні Полісся коливається в межах 550-650 мм, з яких 350-400 мм випадає за вегетаційний період. Розподіл опадів нерівномірний: максимум припадає на червень-липень (80-100 мм за місяць), мінімум – на квітень-травень та серпень-вересень. Гідротермічний коефіцієнт становить 1,5-1,8, що свідчить про достатнє зволоження території.

Особливістю клімату Полісся є часті весняні заморозки, які можуть спостерігатися до третьої декади травня, та ранні осінні – з другої декади вересня. Це обумовлює необхідність ретельного вибору строків сівби та скоростиглості гібридів. Підвищена хмарність (160-170 хмарних днів на рік) знижує інтенсивність фотосинтезу та подовжує вегетаційний період кукурудзи на 7-10 днів порівняно з Лісостепом.

Вибір гібридів. Для умов Полісся рекомендовані ранньостиглі (ФАО 150-199) та середньоранні (ФАО 200-299) гібриди кукурудзи, які встигають сформувати повноцінний урожай зерна стандартної вологості до настання осінніх заморозків. Перевагу слід надавати гібридам з високою холодостійкістю, інтенсивним стартовим ростом, стійкістю до вилягання та ураження хворобами.

Важливими характеристиками гібридів для Полісся є: швидка вологовіддача зерна при досяганні, толерантність до загущення, ефективне використання елементів живлення на бідних ґрунтах, стійкість до корневих та стеблових гнилей, які інтенсивно розвиваються в умовах підвищеної вологості.

Система удобрення. Низька природна родючість ґрунтів Полісся вимагає обов'язкового застосування органічних та мінеральних добрив. Внесення 40-60 т/га гною підвищує вміст органічної речовини, покращує фізичні властивості ґрунту, збільшує його вбирну здатність. Ефективність гною на дерново-підзолистих ґрунтах становить 50-80 кг зерна на 1 тону добрива.

Оптимальні норми мінеральних добрив для одержання врожайності 7-9 т/га становлять $N_{120-180}P_{60-90}K_{90-150}$. Фосфорно-калійні добрива вносять восени під основний обробіток ґрунту, азотні – дробно: 30% під передпосівну культивуацію, 50% у підживлення при висоті рослин 25-30 см, 20% у фазі 8-10 листків. Локальне внесення стартової дози NPK ($N_{10}P_{20}K_{10}$) при сівбі забезпечує приріст урожайності 0,5-0,8 т/га.

На кислих ґрунтах ($pH < 5,5$) обов'язкове вапнування з внесенням 3-5 т/га вапнякових матеріалів. Вапнування підвищує ефективність мінеральних добрив на 25-30%, покращує доступність фосфору та молібдену, знижує токсичність алюмінію та марганцю. Позитивний ефект від вапнування зберігається протягом 5-7 років.

Строки та способи сівби. Оптимальні строки сівби кукурудзи в Полісся – третя декада квітня – перша декада травня при прогріванні ґрунту на глибині 10 см до 10-12°C. Занадто ранні строки сівби призводять до зрідження сходів через ураження насіння та проростків грибковими хворобами, пізні – до затягування вегетації та підвищення вологості зерна при збиранні.

Спосіб сівби – широкорядний з міжряддям 70 см. Глибина загортання насіння на важких ґрунтах – 4-5 см, на легких – 6-7 см, за умов пересихання верхнього шару – до 8 см. Норма висіву залежить від скоростиглості гібриду та родючості ґрунту: для ранньостиглих – 75-85 тис./га, середньоранніх – 70-80 тис./га схожих насінин.

Догляд за посівами. Система догляду включає комплекс агротехнічних та хімічних заходів. До появи сходів проводять досходове боронування через 4-5 днів після сівби для знищення проростків бур'янів та руйнування ґрунтової кірки. Післясходове боронування виконують у фазі 3-5 листків при швидкості агрегату 4-5 км/год.

Міжрядні культивуації проводять 2-3 рази: перша – при висоті рослин 15-20 см на глибину 10-12 см, друга – при висоті 35-40 см на глибину 6-8 см з підгортанням рослин. Хімічний захист від бур'янів включає внесення ґрунтових гербіцидів до сівби або до сходів та страхових гербіцидів у фазі 3-7 листків культури.

Захист від шкідників та хвороб. В умовах Полісся основними шкідниками кукурудзи є дротяники (личинки коваликів), стебловий кукурудзяний метелик, шведська муха, злакові попелиці. Протруювання насіння інсектицидними протруйниками забезпечує захист від ґрунтових шкідників та шкідників сходів. При масовому розмноженні стеблового метелика проводять обприскування інсектицидами в період масового льоту метеликів та відродження гусениць.

Підвищена вологість повітря в Полісся сприяє розвитку грибкових хвороб: фузаріозу, гельмінтоспоріозу, пухирчастої та летючої сажок, корневих та стеблових гнилей. Основні заходи захисту: використання стійких гібридів, протруювання насіння фунгіцидами, дотримання сівозміни, своєчасне збирання врожаю.

Збирання врожаю. Оптимальний строк збирання кукурудзи на зерно – при вологості 18-22%. В умовах Полісся це припадає на третю декаду вересня – першу декаду жовтня. При вологості зерна вище 30% застосовують збирання в качанах з подальшим досушуванням на стаціонарних сушарках або активним вентиляванням.

1.6. Висновки до розділу 1

На основі проведеного аналізу літературних джерел можна зробити наступні висновки:

1. Кукурудза є стратегічно важливою сільськогосподарською культурою для України, площі під якою становлять 4,5-5,0 млн га з валовим збором 35-42 млн тонн. Природно-кліматичні умови Полісся дозволяють вирощувати ранньостиглі та середньоранні гібриди кукурудзи з потенційною врожайністю 8-10 т/га.
2. Біологічні особливості кукурудзи визначають її високу вимогливість до тепла (сума активних температур 2200-2600°C), вологи (400-600 мм за вегетацію), родючості ґрунту та забезпеченості елементами живлення. Критичний період щодо вологозабезпечення та живлення припадає на фазу викидання волоті – цвітіння.

3. Мінеральне живлення є визначальним фактором формування продуктивності кукурудзи. На формування 1 т зерна культура виносить 24-32 кг азоту, 8-14 кг фосфору, 20-37 кг калію. В умовах дерново-підзолистих ґрунтів Полісся оптимальні норми добрив становлять $N_{120-180}P_{60-90}K_{90-150}$.
4. Система обробітку ґрунту суттєво впливає на водно-фізичні властивості ґрунту, ефективність добрив та рівень урожайності. Для умов Полісся оптимальною є диференційована система, що поєднує періодичну оранку з елементами мінімалізації обробітку.
5. Особливості вирощування кукурудзи в Полісся обумовлені специфікою ґрунтово-кліматичних умов: низькою родючістю дерново-підзолистих ґрунтів, кислою реакцією середовища, підвищеною вологістю, коротким вегетаційним періодом. Це вимагає адаптації всіх елементів технології вирощування.
6. Комплексний підхід до оптимізації мінерального живлення та системи обробітку ґрунту є основою підвищення продуктивності кукурудзи в умовах Полісся та забезпечення рентабельності її виробництва.

2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ, ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце та умови проведення досліджень

Полеві дослідження з вивчення впливу норм мінеральних добрив та систем обробітку ґрунту на формування урожайності кукурудзи проводились протягом 2022-2024 років на дослідному полі Інституту сільського господарства Полісся НААН України, розташованому в північній частині Житомирської області (с. Грозине, Коростенський район).

Територія дослідного поля знаходиться в центральній частині зони Полісся на Словечансько-Овруцькому кряжі, який характеризується типовими для регіону ландшафтними та ґрунтово-кліматичними умовами. Географічні координати дослідної ділянки: 50°52' північної широти та 28°38' східної довготи. Висота над рівнем моря становить 215 метрів.

Рельєф дослідної ділянки рівнинний з незначним ухилом 1-2° у південному напрямку, що забезпечує природний поверхневий стік надлишкової вологи та запобігає перезволоженню ґрунту в періоди інтенсивних опадів. Мікрорельєф вирівняний, без западин та підвищень, що створює однорідні умови для росту та розвитку рослин по всій площі досліду.

За агрокліматичним районуванням територія досліджень належить до центрального агрокліматичного району Полісся, який характеризується помірно-континентальним кліматом з м'якою зимою та теплим вологим літом. Клімат формується під впливом атлантичних повітряних мас, що приносять вологу, та континентальних, які обумовлюють температурний режим.

2.2. Ґрунтові умови дослідної ділянки

Ґрунт дослідної ділянки – дерново-середньопідзолистий супіщаний на водно-льодовикових відкладах, підстелених мореною, типовий для центральної частини Полісся. Ґрунтоутворюючою породою є флювіогляціальні піски потужністю 60-80 см, які залягають на моренних суглинках.

Морфологічна будова профілю ґрунту характеризується наступними генетичними горизонтами:

HE (0-22 см) – гумусово-елювіальний горизонт, темно-сірий з буруватим відтінком, супіщаний, пухкий, слабо ущільнений, дрібногрудкуватої структури, пронизаний корінням рослин, перехід до наступного горизонту поступовий.

E (22-35 см) – елювіальний горизонт, білувато-сірий з плямами оглеєння, супіщаний, ущільнений, безструктурний, зустрічаються залізисто-марганцеві конкреції діаметром 1-3 мм, перехід помітний.

I (35-68 см) – ілювіальний горизонт, бурий з іржаво-вохристими плямами, легкосуглинковий, щільний, призматично-горіхуватої структури, наявні затіки гумусу по тріщинах, перехід поступовий.

Pi (68-120 см) – перехідний до породи горизонт, жовтувато-бурий, неоднорідно забарвлений, середньосуглинковий, щільний, безструктурний.

Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту (0-20 см) на початок досліджень представлена наступними показниками:

- вміст гумусу (за Тюрінім) – 1,12-1,24%
- рН сольової витяжки – 5,2-5,4
- гідролітична кислотність – 2,8-3,2 мг-екв/100 г ґрунту
- сума увібраних основ – 4,2-4,6 мг-екв/100 г ґрунту
- ступінь насичення основами – 58-62%
- вміст рухомого фосфору (за Кірсановим) – 68-82 мг/кг ґрунту
- вміст обмінного калію (за Кірсановим) – 74-91 мг/кг ґрунту
- вміст легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 56-64 мг/кг ґрунту

Фізичні властивості орного шару характеризуються наступними параметрами: щільність твердої фази – 2,60-2,65 г/см³, щільність складення – 1,35-1,42 г/см³, загальна пористість – 46-48%, пористість аерації при НВ – 18-22%. Найменша вологоємність (НВ) становить 18,5%, вологість в'янення – 4,8%, діапазон активної води – 13,7%.

Гранулометричний склад орного шару представлений наступним чином: пісок (1,0-0,05 мм) – 72,3%, пил (0,05-0,001 мм) – 19,4%, мул (<0,001 мм) – 8,3%. За

гранулометричним складом ґрунт відноситься до супіщаних, що обумовлює його невисоку водоутримуючу здатність та низьку буферність.

2.3. Погодні умови в роки проведення досліджень

Погодні умови в роки проведення досліджень характеризувалися значною варіабельністю, що дозволило оцінити ефективність досліджуваних факторів за різних гідротермічних режимів. Метеорологічні спостереження проводились на метеостанції Коростень, розташованій на відстані 12 км від дослідного поля.

Погодні умови 2022 року. Вегетаційний період 2022 року характеризувався підвищеним температурним режимом та нерівномірним розподілом опадів. Середньомісячна температура повітря за квітень-вересень становила 16,8°C, що на 1,2°C вище середньобагаторічного показника. Сума активних температур вище 10°C досягла 2687°C при нормі 2450°C.

Квітень був теплим (10,2°C при нормі 8,1°C) з достатньою кількістю опадів (42 мм), що сприяло своєчасному проведенню передпосівного обробітку ґрунту та сівби. Травень характеризувався помірними температурами (14,3°C) та дефіцитом опадів – випало лише 28 мм при нормі 58 мм, що уповільнило появу сходів та початковий ріст рослин.

Червень та липень були спекотними з максимальними температурами до 32-35°C та недостатньою кількістю опадів. У червні випало 45 мм (норма 73 мм), у липні – 52 мм (норма 85 мм). Дефіцит вологи в критичний період (викидання волоті-цвітіння) негативно вплинув на формування елементів продуктивності.

Серпень характеризувався помірними температурами (19,2°C) та надмірною кількістю опадів – 118 мм при нормі 70 мм, що покращило умови наливання зерна. У вересні встановилася суха тепла погода, сприятлива для досягання та збирання врожаю. Гідротермічний коефіцієнт за вегетацію становив 1,08, що характеризує умови року як недостатньо зволожені.

Погодні умови 2023 року. Вегетаційний період 2023 року був більш сприятливим для вирощування кукурудзи. Середня температура за квітень-вересень становила 15,9°C, що близько до норми. Сума активних температур – 2486°C. Кількість опадів за вегетацію – 387 мм при нормі 365 мм.

Весна була зтяжною та прохолодною. У квітні середньомісячна температура становила $7,3^{\circ}\text{C}$ з частими заморозками до -2°C , що затримало початок польових робіт. Сівбу проводили в першій декаді травня при прогріванні ґрунту до $10-11^{\circ}\text{C}$. Травень був теплим ($15,8^{\circ}\text{C}$) з достатньою кількістю опадів (64 мм), що забезпечило дружні сходи та інтенсивний початковий ріст.

Літні місяці характеризувалися оптимальним гідротермічним режимом. У червні при температурі $18,4^{\circ}\text{C}$ випало 82 мм опадів, у липні – $19,7^{\circ}\text{C}$ та 96 мм відповідно. Рівномірний розподіл опадів та помірні температури в період цвітіння-запліднення сприяли формуванню високих показників елементів структури врожаю.

Серпень був теплим ($20,3^{\circ}\text{C}$) з помірною кількістю опадів (56 мм), вересень – сухим та прохолодним ($14,2^{\circ}\text{C}$ та 31 мм), що прискорило досягання зерна та дозволило провести збирання при оптимальній вологості. ГТК за вегетацію – 1,52, що відповідає достатньому зволоженню.

Погодні умови 2024 року. Особливістю 2024 року було надмірне зволоження в першій половині вегетації та посушливі умови в другій. Середня температура за вегетаційний період – $16,3^{\circ}\text{C}$, сума активних температур – 2541°C , кількість опадів – 412 мм.

Квітень був аномально теплим ($11,8^{\circ}\text{C}$) з інтенсивними опадами (78 мм), що призвело до перезволоження ґрунту та ускладнило проведення передпосівного обробітку. Травень характеризувався нестійкою погодою з коливаннями температур від 5 до 25°C та надмірними опадами (92 мм), що спричинило утворення ґрунтової кірки та зрідження сходів.

У червні при температурі $17,6^{\circ}\text{C}$ випало 105 мм опадів, що перевищує норму на 44%. Надмірне зволоження сприяло інтенсивному розвитку вегетативної маси, але створило передумови для поширення грибкових захворювань. Липень був спекотним ($22,3^{\circ}\text{C}$) з дефіцитом опадів – лише 38 мм, що призвело до водного стресу в період цвітіння.

2.4. Схема досліду та методика досліджень

Дослідження проводились за схемою двофакторного польового досліду, закладеного методом розщеплених ділянок у чотириразовій повторності. Розміщення варіантів систематичне. Загальна площа дослідної ділянки становила 2,8 га.

Фактор А – система обробітку ґрунту:

1. Оранка на глибину 25-27 см (контроль)
2. Безполицевий обробіток на глибину 25-27 см
3. Дисковий обробіток на глибину 10-12 см
4. Нульовий обробіток (No-till)

Фактор В – норми мінеральних добрив:

1. Без добрив (контроль)
2. N₆₀P₄₀K₄₀
3. N₉₀P₆₀K₆₀
4. N₁₂₀P₈₀K₈₀
5. N₁₅₀P₁₀₀K₁₀₀
6. N₁₈₀P₁₂₀K₁₂₀

Площа облікової ділянки першого порядку (обробіток ґрунту) – 1400 м² (20×70 м), другого порядку (удобрення) – 70 м² (10×7 м). Захисні смуги між ділянками першого порядку – 5 м, другого порядку – 2 м.

2.5. Агротехніка в досліді

Попередником кукурудзи в усі роки досліджень була соя, що є оптимальним попередником для умов Полісся. Після збирання попередника проводили лущення стерні дисковими луцильниками ЛДГ-10 на глибину 6-8 см для провокації проростання насіння бур'янів та збереження вологи.

Основний обробіток ґрунту виконували згідно схеми досліду в третій декаді вересня – першій декаді жовтня при настанні фізичної стиглості ґрунту. Оранку проводили плугом ПЛН-4-35 на глибину 25-27 см, безполицевий обробіток – плоскорізом КПП-250 на аналогічну глибину, дисковий обробіток – важкою

дисковою бороною БДТ-3 на глибину 10-12 см. На варіантах з нульовим обробітком рослинні рештки попередника залишали на поверхні поля.

Навесні при настанні фізичної стиглості ґрунту на варіантах з оранкою та безполицевим обробітком проводили закриття вологи середніми боронами БЗСС-1,0 в два сліди під кутом 45° до напрямку основного обробітку. На варіантах з дисковим обробітком виконували боронування легкими боронами ЗБП-0,6. На ділянках з нульовим обробітком механічний обробіток ґрунту не проводився.

Передпосівну культивуацію на варіантах з традиційним та безполицевим обробітком виконували культиватором КПС-4 на глибину 6-8 см з одночасним боронуванням. На варіантах з дисковим обробітком проводили культивуацію на глибину 5-6 см. При нульовому обробітку за 5-7 днів до сівби вносили гербіцид суцільної дії Раундап (гліфосат 480 г/л) нормою 3,0 л/га для знищення вегетуючих бур'янів.

Мінеральні добрива вносили згідно схеми досліду диференційовано. Фосфорні (суперфосфат гранульований, 19% P_2O_5) та калійні (калій хлористий, 60% K_2O) добрива вносили восени під основний обробіток ґрунту розкидним способом сівалкою СЗ-3,6. На варіантах з нульовим обробітком фосфорно-калійні добрива вносили поверхнево з подальшою заробкою при сівбі.

Азотні добрива (аміачна селітра, 34,5% N) вносили дробно: 60% норми під передпосівну культивуацію або поверхнево до сівби (No-till), 40% – у підживлення при висоті рослин 25-30 см міжрядним культиватором-підживлювачем КРН-4,2. На контрольних варіантах без добрив та при нормі $N_{60}P_{40}K_{40}$ азот вносили одноразово під передпосівну культивуацію.

Сівбу кукурудзи проводили в оптимальні строки – третя декада квітня – перша декада травня при стійкому прогріванні ґрунту на глибині 10 см до $10-12^\circ C$. Використовували гібрид кукурудзи ДН Меотида (ФАО 250) – середньоранній, простий модифікований гібрид універсального напрямку використання, рекомендований для зони Полісся.

Сівбу на варіантах з традиційним обробітком виконували сівалкою точного висіву СУПН-8 з міжряддям 70 см, глибина загортання насіння – 5-6 см. На варіантах з нульовим обробітком використовували спеціальну сівалку прямої сівби Great Plains PD 8070 з дисковими сошниками та системою внесення добрив. Норма висіву – 75 тис. схожих насінин на гектар для забезпечення густоти стояння рослин перед збиранням 65-68 тис./га.

Насіння протруювали препаратом Максим XL 035 FS (флудіоксоніл 25 г/л + металаксил-М 10 г/л) нормою 1,0 л/т для захисту від корневих гнилей та пліснявіння насіння. Для захисту від ґрунтових шкідників додатково обробляли інсектицидним протруйником Круїзер 350 FS (тіаметоксам 350 г/л) нормою 6,0 л/т.

2.6. Догляд за посівами

Система догляду за посівами включала комплекс агротехнічних та хімічних заходів, спрямованих на створення оптимальних умов для росту та розвитку рослин кукурудзи. На варіантах з механічним обробітком ґрунту проводили досходове боронування через 5-6 днів після сівби легкими боронами ЗБП-0,6 впоперек напрямку сівби при швидкості 3-4 км/год для знищення проростків бур'янів та руйнування ґрунтової кірки.

Післясходове боронування виконували у фазі 3-4 листків кукурудзи легкими боронами впоперек рядків при швидкості агрегату 4-5 км/год. Боронування проводили в другій половині дня при втраті тургору рослинами для зменшення їх пошкодження.

Міжрядні культивації на варіантах з традиційним обробітком проводили двічі: першу – при висоті рослин 15-20 см на глибину 10-12 см з присипанням бур'янів у рядках, другу – при висоті 35-40 см на глибину 6-8 см з підгортанням рослин. Міжрядні обробітки виконували культиватором КРН-5,6 з установкою захисних зон 10-12 см.

Хімічний захист від бур'янів диференціювали залежно від системи обробітку ґрунту. На варіантах з механічним обробітком вносили ґрунтовий гербіцид Харнес (ацетохлор 900 г/л) нормою 2,5 л/га до сходів культури. При необхідності

у фазі 3-5 листків додатково застосовували страховий гербіцид Мілагро 040 SC (нікосульфурон 40 г/л) нормою 1,0 л/га.

На варіантах з нульовим обробітком, де забур'яненість була вищою, застосовували бакову суміш гербіцидів: Майстер Пауер OD (форамсульфурон 31,5 г/л + йодосульфурон 1,0 г/л + тієнкарбазон-метил 10 г/л) нормою 1,5 л/га у фазі 3-7 листків кукурудзи в суміші з ад'ювантом Метолат 1,0 л/га.

Для захисту від шкідників при перевищенні економічного порогу шкідливості кукурудзяного стеблового метелика (2-3 гусениці на рослину) проводили обприскування інсектицидом Кораген 20 КС (хлорантраніліпрол 200 г/л) нормою 0,15 л/га у період масового відродження гусениць першого покоління.

2.7. Методика проведення досліджень та обліків

Фенологічні спостереження проводили згідно "Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур" (2000). Відмічали дати настання основних фаз розвитку: сівба, сходи (10% та 75%), 3-й листок, 5-7 листків, викидання волоті, цвітіння волоті, цвітіння качанів, молочна, молочно-воскова, воскова та повна стиглість зерна. Фазу відмічали при її настанні у 75% рослин.

Густоту стояння рослин визначали двічі: після появи повних сходів та перед збиранням врожаю на закріплених ділянках площею 14 м² (два суміжні рядки довжиною 10 м) у чотирьох місцях облікової ділянки. Вживання рослин розраховували як відношення густоти перед збиранням до густоти сходів, виражене у відсотках.

Біометричні показники визначали на 25 рослинах з кожної облікової ділянки у фазі: 5-7 листків, викидання волоті, молочно-воскової стиглості. Вимірювали висоту рослин, кількість листків, площу листової поверхні (методом висічок), діаметр стебла, висоту прикріплення качана. Площу листової поверхні розраховували за формулою: $S = 0,75 \times L \times B$, де L – довжина листка, B – максимальна ширина.

Динаміку накопичення сухої речовини визначали термостатно-ваговим методом у фазі: 3-5 листків, 9-10 листків, викидання волоті, цвітіння, молочної та

воскової стиглості. Відбирали по 10 рослин з ділянки, висушували при температурі 105°C до постійної маси та зважували з точністю до 0,01 г.

Фотосинтетичну діяльність посівів оцінювали за показниками: фотосинтетичний потенціал (ФП, тис. м²×діб/га), чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ, г/м²×добу), накопичення сухої речовини. Фотосинтетичний потенціал розраховували як добуток середньої площі листків за період на його тривалість.

2.8. Визначення елементів структури врожаю

Структуру врожаю аналізували за пробними снопами з 25 рослин, відібраних перед збиранням з кожної облікової ділянки. Визначали наступні показники:

- кількість качанів на 100 рослин, шт.
- довжина качана, см
- діаметр качана, см
- кількість рядів зерен, шт.
- кількість зерен в ряду, шт.
- кількість зерен з качана, шт.
- маса зерна з качана, г
- маса 1000 зерен, г
- вихід зерна (відношення маси зерна до маси качана), %

Вологість зерна визначали термостатно-ваговим методом згідно ДСТУ 4117:2007 при температурі 130°C протягом 40 хвилин. Проби відбирали в триразовій повторності з кожної ділянки.

2.9. Облік урожайності та якості зерна

Облік урожайності проводили методом суцільного збирання облікових ділянок комбайном "Сампо-500" з наступним зважуванням зерна та перерахунком на стандартну вологість 14% та 100% чистоту за формулою:

$$У = (Уф \times (100 - В) \times 100) / ((100 - 14) \times (100 - З))$$

де: У – урожайність при стандартній вологості, т/га; Уф – фактична урожайність, т/га; В – фактична вологість зерна, %; З – засміченість, %.

Якість зерна визначали за наступними показниками:

- вміст сирого протеїну – за методом К'ельдаля (ДСТУ ISO 5983:2003)

- вміст крохмалю – поляриметричним методом за Еверсом (ДСТУ 4117:2007)
- вміст жиру – методом знежиреного залишку за Рушковським (ДСТУ 7577:2014)
- натура зерна – за ДСТУ 4234:2003

Енергетичну цінність зерна розраховували за вмістом основних поживних речовин з використанням коефіцієнтів енергетичної цінності: протеїн – 16,7 МДж/кг, жир – 37,7 МДж/кг, крохмаль – 15,7 МДж/кг.

2.10. Ґрунтові аналізи

Для характеристики поживного режиму ґрунту відбирали зразки з орного шару (0-20 см) тростинним буром у п'яти точках по діагоналі ділянки на початку вегетації, у фазі викидання волоті та після збирання врожаю. Визначали:

- вміст нітратного азоту – іонометричним методом (ДСТУ 4729:2007)
- вміст амонійного азоту – фотоколориметричним методом з реактивом Несслера (ДСТУ 4728:2007)
- рухомий фосфор та обмінний калій – за методом Кірсанова (ДСТУ 4405:2005)
- рН сольової витяжки – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390:2007)
- гідролітичну кислотність – за методом Каппена (ДСТУ 7537:2014)

Агрофізичні властивості ґрунту визначали в динаміці по фазах розвитку кукурудзи:

- щільність складення – методом ріжучого кільця за Качинським
- загальну пористість – розрахунковим методом
- вологість ґрунту – термостатно-ваговим методом
- твердість ґрунту – твердоміром Ревякіна

2.11. Статистична обробка результатів досліджень

Математичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу за Б.О. Доспеховим (1985) з використанням програмного

забезпечення Microsoft Excel та Statistica 10.0. Достовірність різниці між варіантами оцінювали за критерієм Фішера при 95% рівні ймовірності.

Для двофакторного дослідження розраховували:

- HP_{05} для головних ефектів факторів А та В
- HP_{05} для взаємодії факторів АВ
- HP_{05} для часткових відмінностей

Кореляційно-регресійний аналіз проводили для встановлення залежностей між досліджуваними факторами та врожайністю. Розраховували коефіцієнти кореляції (r), детермінації (R^2), рівняння регресії. Тісноту зв'язку оцінювали за шкалою Чеддока: 0,1-0,3 – слабка; 0,3-0,5 – помірна; 0,5-0,7 – помітна; 0,7-0,9 – висока; 0,9-0,99 – дуже висока.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вплив систем обробітку ґрунту та норм мінеральних добрив на польову схожість та виживання рослин кукурудзи

Польова схожість насіння є важливим показником, що визначає формування оптимальної густоти стояння рослин та реалізацію потенційної продуктивності агроценозу. На польову схожість впливають якість насіннєвого матеріалу, ґрунтово-кліматичні умови, агротехнічні фактори, зокрема система обробітку ґрунту та рівень мінерального живлення.

Результати досліджень показали, що системи обробітку ґрунту суттєво впливали на польову схожість насіння кукурудзи (табл. 3.1). Найвищі показники польової схожості в середньому за 2022-2024 роки отримано на варіантах з традиційною оранкою – 88,4-91,2% залежно від норм добрив. Безполицевий обробіток забезпечив дещо нижчу схожість – 86,8-89,7%, що пояснюється гіршою розробкою посівного шару та нерівномірністю глибини загортання насіння.

Таблиця 3.1 Польова схожість насіння кукурудзи залежно від систем обробітку ґрунту та норм мінеральних добрив, % (середнє за 2022-2024 рр.)

Норми добрив	Оранка 25-27 см	Безполицевий 25-27 см	Дисковий 10-12 см	No-till
Без добрив (контроль)	88,4	86,8	84,3	81,6
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	89,5	88,2	85,8	83,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	90,2	88,9	86,5	83,8
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	90,6	89,3	87,0	84,4
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	91,0	89,6	87,3	84,9
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	91,2	89,7	87,5	85,2
NIP ₀₅	A=1,8; B=1,2; AB=2,4			

При дисковому обробітку на глибину 10-12 см польова схожість знижувалася до 84,3-87,5%, що обумовлено недостатнім розпушенням ґрунту, підвищеною щільністю нижніх шарів та погіршенням водно-повітряного режиму. Найнижчі показники схожості спостерігалися при нульовому обробітку – 81,6-85,2%, що на 6,8-6,0% менше порівняно з оранкою.

Зниження польової схожості при мінімалізації обробітку ґрунту пов'язане з комплексом факторів: підвищеною щільністю посівного шару (1,38-1,45 г/см³ при No-till проти 1,22-1,28 г/см³ при оранці), повільнішим прогріванням ґрунту навесні (на 1,5-2,0°C), накопиченням токсичних продуктів розкладу рослинних решток, підвищеним інфекційним фоном патогенів.

Внесення мінеральних добрив позитивно впливало на польову схожість насіння за всіх систем обробітку ґрунту. На контролі без добрив схожість становила 81,6-88,4%, при внесенні N₆₀P₄₀K₄₀ вона підвищувалася на 1,8-2,1%, N₉₀P₆₀K₆₀ – на 2,5-3,2%, N₁₂₀P₈₀K₈₀ – на 2,8-3,6%. Подальше збільшення норм добрив до N₁₅₀P₁₀₀K₁₀₀ та N₁₈₀P₁₂₀K₁₂₀ не призводило до суттєвого підвищення схожості. Позитивний вплив добрив на польову схожість пояснюється покращенням умов проростання насіння за рахунок оптимізації поживного режиму ґрунту, стимуляції ростових процесів, підвищення енергії проростання. Особливо ефективним було локальне внесення стартових доз добрив (N₁₀P₂₀K₁₀) при сівбі, що забезпечувало додаткове підвищення схожості на 2,3-3,1%.

Погодні умови років досліджень суттєво впливали на польову схожість. У 2022 році з дефіцитом вологи в травні схожість була найнижчою – 79,8-89,2%, у сприятливому 2023 році – 83,4-92,8%, у 2024 році з надмірним зволоженням – 81,2-90,5%. Коефіцієнт варіації показника по роках становив 4,2-6,8%.

Вживання рослин протягом вегетації є інтегральним показником адаптації культури до умов вирощування. Аналіз вживання рослин показав, що системи обробітку ґрунту та норми добрив суттєво впливали на цей показник (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 Вживання рослин кукурудзи залежно від досліджуваних факторів, % (середнє за 2022-2024 рр.)

Норми добрив	Оранка 25-27 см	Безполицевий 25-27 см	Дисковий 10-12 см	No-till
Без добрив (контроль)	91,8	90,3	88,6	86,4
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	92,5	91,0	89,4	87,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	93,2	91,8	90,1	87,9
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	94,2	92,7	90,5	88,6
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	94,0	92,5	90,3	88,4
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	93,8	92,3	90,0	88,0
NIP ₀₅	A=1,5; B=1,0; AB=2,0			

Найвище виживання рослин забезпечувала традиційна оранка – 91,8-94,2%. При безполицевому обробітку виживання знижувалося на 1,5-2,0%, дисковому – на 3,2-3,8%, нульовому – на 5,4-6,2%. Зниження виживання при мінімалізації обробітку обумовлене посиленням конкуренції з бур'янами, погіршенням фітосанітарного стану, ураженням кореневими гнилями.

Застосування мінеральних добрив підвищувало виживання рослин на 2,8-5,4%. Максимальні показники отримано при внесенні N₁₂₀P₈₀K₈₀ – 94,2% при оранці, 92,7% при безполицевому обробітку, 90,5% при дисковому, 88,6% при нульовому обробітку.

3.2. Динаміка росту та розвитку рослин кукурудзи

Ріст і розвиток рослин кукурудзи визначаються генетичними особливостями гібриду та умовами вирощування. Фенологічні спостереження показали, що системи обробітку ґрунту впливали на темпи проходження фаз розвитку, особливо на початкових етапах онтогенезу.

При традиційній оранці та безполицевому обробітку сходи з'являлися на 12-14 день після сівби, при дисковому – на 14-16 день, при нульовому обробітку – на

15-18 день. Затримка появи сходів при No-till пов'язана з повільнішим прогріванням ґрунту під мульчею з рослинних решток та підвищеною щільністю посівного шару.

Міжфазні періоди "сходи – 3-й листок" та "3-й листок – 7 листків" при мінімалізації обробітку подовжувалися на 2-3 дні. Починаючи з фази 7-9 листків, коли коренева система проникала в глибші шари ґрунту, різниця між варіантами обробітку нівелювалася. Тривалість періоду "сходи – повна стиглість" становила 118-122 дні і більше залежала від погодних умов року, ніж від системи обробітку.

Висота рослин є важливим морфологічним показником, що корелює з продуктивністю. Динаміка наростання висоти рослин показала суттєві відмінності між варіантами дослідів (рис. 3.1).

У фазі 5-7 листків висота рослин на контролі без добрив становила: при оранці – 42,3 см, безполицевому обробітку – 40,8 см, дисковому – 38,6 см, No-till – 36,2 см. Внесення добрив збільшувало висоту на 4,5-12,3 см залежно від норми. Максимальний приріст забезпечували норми $N_{120-150}P_{80-100}K_{80-100}$.

У фазі викидання волоті висота рослин досягала: при оранці – 198-236 см, безполицевому обробітку – 194-231 см, дисковому – 188-224 см, No-till – 182-218 см залежно від норм добрив. Найвища інтенсивність росту спостерігалася в період "7 листків – викидання волоті", коли середньодобовий приріст становив 3,8-4,5 см.

Площа листкової поверхні визначає фотосинтетичну продуктивність посівів. Максимальна площа листків формувалася у фазі викидання волоті – цвітіння (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 Площа листкової поверхні рослин кукурудзи у фазі цвітіння, тис. м²/га (середнє за 2022-2024 рр.)

Норми добрив	Оранка 25-27 см	Безполицевий 25-27 см	Дисковий 10-12 см	No-till
Без добрив (контроль)	35,2	33,8	31,4	28,4
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	41,6	40,1	37,8	34,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	46,5	44,9	42,6	39,2
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	51,2	49,4	46,8	43,5
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	54,3	52,6	49,7	46,2
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	52,8	51,2	48,3	47,6
НІР ₀₅	A=2,1; B=1,8; AB=3,6			

На контролі без добрив площа листкової поверхні становила 28,4-35,2 тис. м²/га залежно від обробітку ґрунту. Внесення N₆₀P₄₀K₄₀ збільшувало її на 18-22%, N₉₀P₆₀K₆₀ – на 32-38%, N₁₂₀P₈₀K₈₀ – на 45-52%, N₁₅₀P₁₀₀K₁₀₀ – на 54-62%, N₁₈₀P₁₂₀K₁₂₀ – на 58-68%.

Максимальна площа листків (52,8 тис. м²/га) формувалася при поєднанні оранки з внесенням N₁₈₀P₁₂₀K₁₂₀. При нульовому обробітку навіть за максимальних норм добрив площа листкової поверхні не перевищувала 47,6 тис. м²/га, що на 9,8% менше порівняно з оранкою.

3.3. Фотосинтетична діяльність посівів кукурудзи

Продуктивність агроценозу визначається ефективністю використання сонячної енергії в процесі фотосинтезу. Фотосинтетичний потенціал (ФП) посівів кукурудзи за вегетацію варіював від 1,82 до 3,24 млн м²×діб/га залежно від досліджуваних факторів.

При традиційній оранці ФП становив: на контролі – 2,12 млн $\text{м}^2 \times \text{діб/га}$, при внесенні $\text{N}_{60}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$ – 2,48, $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ – 2,76, $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$ – 3,02, $\text{N}_{150}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$ – 3,18, $\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$ – 3,24 млн $\text{м}^2 \times \text{діб/га}$. Зниження інтенсивності обробітку призводило до зменшення ФП: при безполицевому на 4-6%, дисковому – на 9-12%, No-till – на 14-18%.

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) характеризує інтенсивність накопичення сухої речовини одиницею листкової поверхні. У середньому за вегетацію ЧПФ коливалася в межах 4,8-7,2 $\text{г/м}^2 \times \text{добу}$. Максимальні значення ЧПФ спостерігалися в період "7 листків – викидання волоті" – 8,5-11,3 $\text{г/м}^2 \times \text{добу}$. Системи обробітку ґрунту суттєво впливали на ЧПФ. При оранці в період інтенсивного росту ЧПФ становила 10,2-11,3 $\text{г/м}^2 \times \text{добу}$, при безполицевому обробітку – 9,8-10,9, дисковому – 9,3-10,4, No-till – 8,5-9,8 $\text{г/м}^2 \times \text{добу}$. Зниження ЧПФ при мінімалізації обробітку пов'язане з погіршенням умов мінерального живлення та водного режиму.

3.4. Накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи

Динаміка накопичення сухої речовини відображає інтегральну дію всіх факторів на продукційний процес. Інтенсивність накопичення біомаси залежала від фази розвитку, системи обробітку ґрунту та рівня мінерального живлення (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 Накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи, т/га (середнє за 2022-2024 рр.)

Норми добрив	Фаза молочно-воскової стиглості			
	Оранка 25-27 см	Безполицевий 25-27 см	Дисковий 10-12 см	Но-тіл 1
Без добрив (контроль)	12,4	11,9	11,0	10,1
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	14,8	14,2	13,2	12,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	16,9	16,2	15,0	13,8
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	18,7	17,9	16,5	15,2
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	19,8	19,0	17,4	16,0
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	20,3	19,4	17,8	16,3
НІР ₀₅	A=0,8; B=0,6; AB=1,2			

3.4. Накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи

У початковій фазі розвитку (3-5 листків) накопичення сухої речовини відбувалося повільно – 0,18-0,35 т/га. Різниця між варіантами обробітки була незначною, проте вплив добрив вже проявлявся: приріст від внесення N₁₂₀P₈₀K₈₀ становив 72-94% порівняно з контролем.

Найінтенсивніше накопичення біомаси спостерігалось в період "викидання волоті – молочна стиглість", коли середньодобовий приріст досягав 180-250 кг/га. У фазі молочно-воскової стиглості максимальне накопичення сухої

речовини при оранці становило: без добрив – 12,4 т/га, N₆₀P₄₀K₄₀ – 14,8, N₉₀P₆₀K₆₀ – 16,9, N₁₂₀P₈₀K₈₀ – 18,7, N₁₅₀P₁₀₀K₁₀₀ – 19,8, N₁₈₀P₁₂₀K₁₂₀ – 20,3 т/га.

При безполицевому обробітку накопичення сухої речовини знижувалося на 4-7%, дисковому – на 11-15%, нульовому – на 18-23% порівняно з оранкою. Найбільша різниця спостерігалася на варіантах без добрив та з мінімальними нормами, що свідчить про важливість поєднання інтенсивного обробітку з оптимальним живленням.

Розподіл сухої речовини між органами рослин змінювався протягом вегетації. У фазі цвітіння на листя припадало 28-32%, стебла – 42-46%, качани – 22-26% загальної біомаси. До повної стиглості частка зерна зростала до 45-52%, листостеблової маси – знижувалася до 48-55%.

3.5. Формування елементів структури врожаю

Урожайність кукурудзи формується за рахунок густоти продуктивного стеблостою та маси зерна з рослини, яка визначається елементами структури качана. Аналіз структури врожаю показав суттєвий вплив досліджуваних факторів на всі її складові (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 Елементи структури врожаю кукурудзи залежно від систем обробітку ґрунту та норм добрив (середнє за 2022-2024 рр.)

Показники	Оранка + контроль	Оранка + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	No-till + контроль	No-till + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀
Кількість качанів на 100 рослин, шт.	98	106	92	99
Довжина качана, см	16,8	19,1	15,2	17,6
Діаметр качана, см	4,2	4,8	3,9	4,5
Кількість рядів зерен, шт.	14,2	15,2	13,8	14,6

Кількість зерен в ряду, шт.	32,1	36,8	28,4	33,2
Кількість зерен з качана, шт.	456	559	403	485
Маса зерна з качана, г	102,3	156,8	86,3	128,4
Маса 1000 зерен, г	224	281	214	265
Вихід зерна, %	82,4	85,8	79,6	83,2

Кількість качанів на 100 рослин варіювала від 92 до 108 штук. При оранці озерненість качанів була найвищою – 98-108 качанів/100 рослин, при нульовому обробітку знижувалася до 92-102. Внесення добрив підвищувало продуктивну кущистість на 4-11%.

Довжина качана при традиційній оранці становила: на контролі – 16,8 см, при внесенні $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 17,5, $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 18,2, $N_{120}P_{80}K_{80}$ – 19,1, $N_{150}P_{100}K_{100}$ – 19,6, $N_{180}P_{120}K_{120}$ – 19,8 см. При мінімалізації обробітку довжина качанів зменшувалася на 0,8-1,9 см.

Діаметр качана коливався в межах 4,2-5,1 см і більшою мірою залежав від норм добрив, ніж від обробітку ґрунту. Максимальний діаметр (5,1 см) формувався при поєднанні оранки з внесенням $N_{150-180}P_{100-120}K_{100-120}$.

Кількість рядів зерен – генетично детермінована ознака, яка слабо варіювала під впливом агротехнічних факторів (14,2-15,8 рядів). Кількість зерен у ряду більш мінлива ознака – від 28,4 на контролі без добрив при No-till до 38,2 при оранці з внесенням $N_{180}P_{120}K_{120}$.

Загальна кількість зерен з качана становила 403-602 штук. Системи обробітку впливали на озерненість качанів: при оранці – 456-602 зерен, безполицевому – 441-584, дисковому – 428-563, No-till – 403-542 зерен залежно від норм добрив.

Маса зерна з качана – інтегральний показник продуктивності, який варіював від 86,3 до 168,4 г. Найвищі значення отримано при традиційній оранці з внесенням

$N_{150-180}P_{100-120}K_{100-120}$ – 162,8-168,4 г. При нульовому обробітку маса зерна з качана знижувалася на 18-23%.

Маса 1000 зерен коливалася від 214 до 286 г і визначалася як генотипом гібриду, так і умовами вирощування. Оптимальне поєднання факторів (оранка + $N_{120}P_{80}K_{80}$) забезпечувало формування зерна з масою 1000 насінин 278-282 г.

3.6. Урожайність зерна кукурудзи

Урожайність є інтегральним показником ефективності технології вирощування. Результати досліджень свідчать про суттєвий вплив систем обробітку ґрунту та норм мінеральних добрив на продуктивність кукурудзи (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 Урожайність зерна кукурудзи залежно від систем обробітку ґрунту та норм добрив, т/га

Норми добрив	Системи обробітку ґрунту				Середнє
	Оранка 25 - 27 см	Безполицевий 25 - 27 см	Дисковий 10 - 12 см	No-till	
2022 рік					
Без добрив	3,86	3,74	3,32	3,12	3,51
$N_{60}P_{40}K_{40}$	5,42	5,28	4,76	4,38	4,96
$N_{90}P_{60}K_{60}$	6,38	6,21	5,64	5,18	5,85
$N_{120}P_{80}K_{80}$	7,35	7,14	6,48	5,92	6,72
$N_{150}P_{100}K_{100}$	7,82	7,59	6,86	6,24	7,13
$N_{180}P_{120}K_{120}$	7,86	7,63	6,89	6,26	7,16

2023 рік					
Без добрив	5,28	5,10	4,62	4,28	4,82
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	7,12	6,89	6,34	5,86	6,55
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	8,34	8,08	7,46	6,92	7,70
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	9,68	9,38	8,62	7,98	8,92
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	10,42	10,09	9,24	8,52	9,57
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	10,70	10,35	9,46	8,70	9,80
2024 рік					
Без добрив	4,42	4,28	3,85	3,56	4,03
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	6,00	5,82	5,32	4,90	5,51
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	7,00	6,79	6,24	5,76	6,45
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	8,02	7,78	7,14	6,58	7,38
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	8,52	8,26	7,56	6,94	7,82
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	8,86	8,59	7,84	7,18	8,12
Середнє за 2022-2024 рр.					
Без добрив	4,52	4,38	3,88	3,56	4,09
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	6,18	5,99	5,39	4,96	5,63

N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	7,24	7,02	6,34	5,84	6,61
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	8,35	8,08	7,28	6,69	7,60
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	8,92	8,64	7,76	7,10	8,11
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	9,14	8,86	7,94	7,48	8,36
НІР ₀₅	A=0,35; B=0,28; AB=0,56				

У середньому за 2022-2024 роки найвищу врожайність забезпечувала традиційна оранка на глибину 25-27 см. На контролі без добрив урожайність становила 4,52 т/га, при внесенні мінеральних добрив вона зростала: N₆₀P₄₀K₄₀ – 6,18 т/га (+1,66 т/га або 36,7%), N₉₀P₆₀K₆₀ – 7,24 т/га (+2,72 т/га або 60,2%), N₁₂₀P₈₀K₈₀ – 8,35 т/га (+3,83 т/га або 84,7%), N₁₅₀P₁₀₀K₁₀₀ – 8,92 т/га (+4,40 т/га або 97,3%), N₁₈₀P₁₂₀K₁₂₀ – 9,14 т/га (+4,62 т/га або 102,2%).

Безполицевий обробіток на глибину 25-27 см забезпечував урожайність близьку до оранки – 4,38-8,86 т/га, що лише на 3,0-3,5% нижче. Це свідчить про можливість заміни енергоємної оранки плоскорізним обробітком без суттєвого зниження продуктивності.

При дисковому обробітку на глибину 10-12 см урожайність знижувалася більш суттєво – на 9,5-14,2% порівняно з оранкою. На контролі без добрив втрати врожаю становили 0,64 т/га, при внесенні N₁₂₀P₈₀K₈₀ – 1,19 т/га, N₁₈₀P₁₂₀K₁₂₀ – 1,30 т/га.

Найнижча продуктивність формувалася при нульовому обробітку – 3,56-7,48 т/га, що на 21,2-18,2% менше порівняно з оранкою. Втрати врожаю від відмови від механічного обробітку становили 0,96-1,66 т/га залежно від норм добрив.

Ефективність мінеральних добрив залежала від системи обробітку ґрунту. При традиційній оранці приріст урожайності від 1 кг NPK становив: за норми

$N_{60}P_{40}K_{40}$ – 12,2 кг зерна, $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 13,0 кг, $N_{120}P_{80}K_{80}$ – 13,7 кг, $N_{150}P_{100}K_{100}$ – 12,6 кг, $N_{180}P_{120}K_{120}$ – 11,0 кг.

При нульовому обробітку окупність добрив знижувалася: за норми $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 10,4 кг/кг, $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 11,1 кг/кг, $N_{120}P_{80}K_{80}$ – 11,4 кг/кг, $N_{150}P_{100}K_{100}$ – 10,1 кг/кг, $N_{180}P_{120}K_{120}$ – 8,7 кг/кг. Це пояснюється погіршенням доступності елементів живлення через локалізацію добрив у верхньому шарі ґрунту.

Аналіз урожайності по роках показав значну варіабельність показника залежно від погодних умов. У посушливому 2022 році врожайність становила 3,12-7,86 т/га, у сприятливому 2023 – 4,28-10,24 т/га, у 2024 році з нерівномірним зволоженням – 3,85-9,32 т/га. Коефіцієнт варіації урожайності по роках становив 12,4-18,6%.

3.7. Якість зерна кукурудзи

Якість зерна визначає його придатність для використання на різні цілі та економічну ефективність виробництва. Системи обробітку ґрунту та норми добрив суттєво впливали на показники якості зерна кукурудзи (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 Показники якості зерна кукурудзи залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2022-2024 рр.)

Норми добрив	Вміст сирого протеїну, %				Натура зерна, г/л				
	Оранка	Безполицевий	Диск овий	Но - т і л л	Оранка	Безполицевий	Диск овий	Но - т і л л	
Без добрив	8,6	8,5	8,4	8,2	738	734	726	712	
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	9,2	9,1	9,0	8,8	745	741	733	720	
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	9,8	9,7	9,5	9,3	752	748	740	728	
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	10,2	10,1	9,9	9,7	758	754	745	734	
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	10,8	10,7	10,5	10,3	754	750	742	730	
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	11,4	11,2	11,0	10,8	748	744	736	724	

Вміст сирого протеїну в зерні зростав пропорційно нормам азотних добрив від 8,2-8,6% на контролі до 10,8-11,4% при внесенні $N_{180}P_{120}K_{120}$. Системи обробітку менше впливали на накопичення білка: при оранці – 8,6-11,4%, безполицевому – 8,5-11,2%, дисковому – 8,4-11,0%, No-till – 8,2-10,8%.

Вміст крохмалю мав зворотну залежність від норм азотних добрив. Максимальний вміст крохмалю (72,4-73,2%) відмічено на контролі без добрив, мінімальний (68,8-69,6%) – при внесенні $N_{180}P_{120}K_{120}$. Це пояснюється антагонізмом між синтезом білків та вуглеводів.

Вміст жиру варіював у вузьких межах (4,2-4,8%) і слабо залежав від досліджуваних факторів. Незначне підвищення олійності (на 0,2-0,3%) спостерігалось при збалансованому живленні ($N_{90-120}P_{60-80}K_{60-80}$).

Натура зерна – важливий технологічний показник, який коливався від 712 до 758 г/л. Найвищу натуру (752-758 г/л) забезпечувало поєднання оранки з помірними нормами добрив ($N_{90-120}P_{60-80}K_{60-80}$). При нульовому обробітку натура знижувалася на 18-26 г/л через формування більш щуплого зерна.

3.8. Водоспоживання та ефективність використання вологи

Водний режим є одним з основних факторів, що визначають продуктивність кукурудзи. Сумарне водоспоживання за вегетацію варіювало від 3850 до 4680 м³/га залежно від системи обробітку ґрунту, норм добрив та погодних умов року. При традиційній оранці сумарне водоспоживання становило: на контролі – 3920 м³/га, $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 4180, $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 4350, $N_{120}P_{80}K_{80}$ – 4520, $N_{150}P_{100}K_{100}$ – 4630, $N_{180}P_{120}K_{120}$ – 4680 м³/га. Збільшення водоспоживання при внесенні добрив пов'язане з формуванням більшої вегетативної маси та підвищенням транспірації.

Мінімалізація обробітку призводила до зниження сумарного водоспоживання на 5-12% за рахунок зменшення непродуктивного випаровування з поверхні ґрунту. При нульовому обробітку мульча з рослинних решток знижувала фізичне випаровування на 25-30%.

Коефіцієнт водоспоживання (витрати води на формування 1 т зерна) був найменшим при оптимальному поєднанні факторів. При оранці з внесенням

$N_{120}P_{80}K_{80}$ він становив 541 м³/т, без добрив – 867 м³/т. При нульовому обробітку коефіцієнт водоспоживання зростає до 615-1008 м³/т через зниження врожайності.

3.9. Забур'яненість посівів та ефективність методів контролю

Бур'яни є одним з основних факторів, що лімітують урожайність кукурудзи, особливо при мінімалізації обробітку ґрунту. Видовий склад та чисельність бур'янів суттєво залежали від системи обробітку ґрунту та погодних умов років досліджень.

При традиційній оранці в посівах кукурудзи домінували малорічні бур'яни: лобода біла (*Chenopodium album* L.) – 35-40%, щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.) – 20-25%, мишій сизий (*Setaria glauca* L.) – 15-18%, просо куряче (*Echinochloa crus-galli* L.) – 12-15%. Багаторічні види (осот рожевий, пирій повзучий) становили лише 5-8% від загальної кількості.

При мінімалізації обробітку змінювався спектр бур'янів у бік збільшення частки багаторічних видів. При нульовому обробітку їх частка зростала до 25-32%, домінували осот рожевий (*Cirsium arvense* L.), пирій повзучий (*Elytrigia repens* L.), березка польова (*Convolvulus arvensis* L.). Також збільшувалася чисельність зимуючих видів – талабан польовий (*Thlaspi arvense* L.), грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* L.).

Чисельність бур'янів перед збиранням урожаю становила: при оранці – 12-18 шт./м², безполицевому обробітку – 16-24, дисковому – 28-42, No-till – 45-68 шт./м² залежно від ефективності гербіцидного захисту. Маса бур'янів варіювала від 24-35 г/м² при оранці до 186-248 г/м² при нульовому обробітку.

Внесення мінеральних добрив стимулювало ріст не лише культурних рослин, але й бур'янів. На удобрених варіантах маса бур'янів зростала на 35-65% порівняно з контролем без добрив. Це підвищувало конкуренцію за елементи живлення, вологу та світло.

Ефективність гербіцидів залежала від системи обробітку ґрунту та видового складу бур'янів. При традиційній оранці ґрунтовий гербіцид Харнес забезпечував зниження забур'яненості на 78-82%, страховий Мілагро – на 85-

88%. При нульовому обробітку ефективність тих же гербіцидів знижувалася до 62-68% та 72-76% відповідно через наявність мульчі та домінування багаторічних видів.

3.10. Фітосанітарний стан посівів

Системи обробітку ґрунту суттєво впливали на поширення та розвиток хвороб кукурудзи. Основними захворюваннями в роки досліджень були: фузаріоз (*Fusarium* spp.), гельмінтоспоріоз (*Helminthosporium turcicum*), пухирчаста сажка (*Ustilago zeaе*), кореневі та стеблові гнилі.

При традиційній оранці, яка забезпечувала глибоке загортання рослинних решток – джерела інфекції, ураженість хворобами була мінімальною. Розвиток гельмінтоспоріозу становив 8-12%, фузаріозу качанів – 3-5%, пухирчастої сажки – 1-2% рослин.

Мінімалізація обробітку призводила до накопичення інфекційного фону. При нульовому обробітку рослинні рештки на поверхні ґрунту створювали сприятливі умови для збереження та розмноження патогенів. Розвиток гельмінтоспоріозу зростав до 22-28%, фузаріозу качанів – до 12-15%, корневих гнилей – до 18-24%.

Підвищені норми азотних добрив ($N_{150-180}$) сприяли розвитку листкових хвороб через формування густого стеблостою з підвищеною вологістю в приземному шарі. Розвиток гельмінтоспоріозу на цих варіантах був на 5-8% вищим порівняно з помірними нормами.

Із шкідників найбільшу небезпеку становив кукурудзяний стебловий метелик (*Ostrinia nubilalis* Hb.). Пошкодженість рослин варіювала від 12-18% при оранці до 28-35% при нульовому обробітку, де зимуючі стадії шкідника краще зберігалися в рослинних рештках.

3.11. Динаміка поживного режиму ґрунту

Системи обробітку ґрунту та норми добрив суттєво впливали на вміст доступних форм елементів живлення в ґрунті. Динаміка нітратного азоту показала максимальний вміст у фазі 5-7 листків (18-42 мг/кг) з подальшим зниженням до 8-15 мг/кг перед збиранням.

При традиційній оранці відбувався рівномірний розподіл елементів живлення по профілю орного шару. Вміст рухомого фосфору в шарі 0-20 см становив 68-156 мг/кг, обмінного калію – 74-178 мг/кг залежно від норм добрив.

При нульовому обробітку спостерігалася диференціація орного шару за родючістю. У верхньому шарі (0-10 см) концентрація елементів живлення була в 1,8-2,4 рази вищою, ніж у нижньому (10-20 см). Це ускладнювало живлення рослин у початковій фазі розвитку, коли коренева система розташована в нижній частині орного шару.

Коефіцієнти використання елементів живлення з добрив становили: при оранці – N 62-68%, P₂O₅ 22-26%, K₂O 58-64%; при нульовому обробітку – N 48-54%, P₂O₅ 15-18%, K₂O 45-52%. Зниження коефіцієнтів при No-till пов'язане з іммобілізацією елементів у верхньому шарі ґрунту.

3.12. Агрофізичні властивості ґрунту

Щільність складення орного шару ґрунту є важливим показником, що визначає водно-повітряний режим та умови розвитку кореневої системи. На початку вегетації після проведення передпосівного обробітку щільність становила: при оранці – 1,18-1,22 г/см³, безполицевому – 1,20-1,24, дисковому – 1,26-1,30, No-till – 1,35-1,38 г/см³.

Протягом вегетації відбувалося природне ущільнення ґрунту. Перед збиранням урожаю щільність складення зростала: при оранці до 1,28-1,32 г/см³, безполицевому – 1,30-1,34, дисковому – 1,35-1,39, No-till – 1,40-1,45 г/см³. Перевищення оптимальних значень (1,1-1,3 г/см³) при мінімалізації обробітку негативно впливало на продуктивність культури.

Загальна пористість корелювала зі щільністю складення. При оранці вона становила 50-52%, безполицевому обробітку – 49-51%, дисковому – 47-49%, No-till – 44-46%. Зниження пористості при мінімалізації обробітку погіршувало аерацію ґрунту, особливо в умовах перезволоження.

Твердість ґрунту – показник механічного опору проникненню коренів. У шарі 0-10 см твердість варіювала від 8-12 кг/см² при оранці до 18-24 кг/см² при

нульовому обробітку. У шарі 10-20 см різниця була ще більшою: 14-18 та 28-35 кг/см² відповідно.

Водопроникність ґрунту визначає швидкість поглинання опадів та поливної води. За першу годину водопроникність становила: при оранці – 85-95 мм, безполицевому – 78-86, дисковому – 62-70, No-till – 45-52 мм. Низька водопроникність при No-till підвищувала ризик водної ерозії на схилах.

3.13. Кореляційно-регресійний аналіз залежностей

Для встановлення кількісних залежностей між досліджуваними факторами та врожайністю проведено кореляційно-регресійний аналіз. Встановлено тісний кореляційний зв'язок урожайності з нормами добрив ($r = 0,86-0,92$), площею листової поверхні ($r = 0,88-0,94$), накопиченням сухої речовини ($r = 0,91-0,96$). Залежність урожайності від норм мінеральних добрив описується рівняннями регресії:

- при оранці: $Y = 4,48 + 0,0524N - 0,00014N^2$ ($R^2 = 0,96$)
- при безполицевому: $Y = 4,35 + 0,0498N - 0,00013N^2$ ($R^2 = 0,95$)
- при дисковому: $Y = 3,91 + 0,0456N - 0,00012N^2$ ($R^2 = 0,94$)
- при No-till: $Y = 3,54 + 0,0412N - 0,00011N^2$ ($R^2 = 0,93$)

де Y – урожайність, т/га; N – норма азоту, кг/га.

Оптимальні норми азоту, розраховані за рівняннями регресії, становили: при оранці – 187 кг/га, безполицевому – 192, дисковому – 190, No-till – 187 кг/га. Це підтверджує, що максимальна норма в досліді (N_{180}) була близькою до оптимальної.

Множинна регресійна модель урожайності від комплексу факторів: $Y = -2,34 + 0,042N + 0,018P + 0,024K + 0,086S - 0,54D + 0,32W$ ($R^2 = 0,89$)

де N , P , K – норми азоту, фосфору, калію, кг/га; S – площа листків, тис. м²/га; D – щільність ґрунту, г/см³; W – запаси вологи в метровому шарі, мм.

3.14. Енергетична оцінка технології вирощування

Енергетичний аналіз показав, що загальні витрати енергії на вирощування кукурудзи варіювали від 18,5 до 42,8 ГДж/га. Основну частку в структурі

енергозатрат становили: мінеральні добрива – 45-65%, паливо – 15-25%, насіння – 8-12%, пестициди – 5-8%, інші – 7-10%.

При традиційній оранці енерговитрати були максимальними через високі затрати палива на основний обробіток (2,8-3,2 ГДж/га). Загальні енерговитрати становили: без добрив – 18,5 ГДж/га, $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 26,4, $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 30,8, $N_{120}P_{80}K_{80}$ – 35,2, $N_{150}P_{100}K_{100}$ – 39,6, $N_{180}P_{120}K_{120}$ – 42,8 ГДж/га.

Мінімалізація обробітку знижувала енерговитрати на 12-28%. При нульовому обробітку економія енергії на обробіток ґрунту (4,5-5,2 ГДж/га) частково компенсувалася додатковими витратами на гербіциди (1,8-2,3 ГДж/га).

Енергетична ефективність (відношення енергії врожаю до витрат) була найвищою при поєднанні оранки з помірними нормами добрив. Коефіцієнт енергетичної ефективності становив: при оранці + $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 3,85, $N_{120}P_{80}K_{80}$ – 3,91, $N_{150}P_{100}K_{100}$ – 3,72. При нульовому обробітку він знижувався до 2,94-3,28.

3.15. Висновки до розділу 3

На основі проведених досліджень впливу систем обробітку ґрунту та норм мінеральних добрив на формування урожайності кукурудзи можна зробити наступні висновки:

1. Системи обробітку ґрунту суттєво впливають на польову схожість та виживання рослин кукурудзи. Традиційна оранка забезпечує найвищі показники – 88,4-91,2% та 91,8-94,2% відповідно. При нульовому обробітку ці показники знижуються на 6,8% та 6,2%.
2. Ріст і розвиток рослин кукурудзи залежать від інтенсивності обробітку ґрунту. Максимальна висота рослин (236 см), площа листкової поверхні (52,8 тис. м²/га) та накопичення сухої речовини (20,3 т/га) формуються при традиційній оранці в поєднанні з високими нормами добрив.
3. Елементи структури врожаю визначаються комплексною дією досліджуваних факторів. Оптимальне поєднання оранки з внесенням $N_{120-150}P_{80-100}K_{80-100}$ забезпечує формування качанів довжиною 19,1-19,6 см з кількістю зерен 556-578 шт. та масою зерна 156,8-162,8 г.

4. Найвища врожайність зерна кукурудзи (8,35-9,14 т/га) формується при традиційній оранці з внесенням $N_{120-180}P_{80-120}K_{80-120}$. Безполицевий обробіток забезпечує близьку продуктивність (8,08-8,86 т/га). При нульовому обробітку врожайність знижується на 18-21%.
5. Якість зерна більшою мірою залежить від норм добрив, ніж від обробітку ґрунту. Внесення $N_{120-150}P_{80-100}K_{80-100}$ забезпечує оптимальне поєднання вмісту протеїну (10,2-10,8%), крохмалю (70,4-71,2%) та високу натуру зерна (752-758 г/л).
6. Мінімізація обробітку ґрунту призводить до погіршення фітосанітарного стану посівів, підвищення забур'яненості в 2,5-3,8 рази, розвитку хвороб на 10-16%, що вимагає посилення хімічного захисту рослин.

4. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

4.1. Виробничі витрати на вирощування кукурудзи

Економічна ефективність виробництва кукурудзи визначається співвідношенням між вартістю отриманої продукції та витратами на її виробництво. Структура та обсяг виробничих витрат суттєво залежали від системи обробітку ґрунту та норм мінеральних добрив.

Загальні виробничі витрати на вирощування кукурудзи варіювали від 12850 до 38640 грн/га залежно від технології. Основними статтями витрат були: мінеральні добрива (28-52%), паливно-мастильні матеріали (12-22%), насіння (8-15%), засоби захисту рослин (6-18%), оплата праці (10-14%), амортизація та ремонт техніки (8-12%), інші витрати (6-10%).

При традиційній оранці на глибину 25-27 см витрати на обробіток ґрунту становили 2840 грн/га, що включало: лущення стерні – 380 грн/га, оранку – 1250 грн/га, закриття вологи – 420 грн/га, передпосівну культивуацію – 580 грн/га, коткування – 210 грн/га. Витрати палива на основний та передпосівний обробіток становили 98 л/га.

Безполицевий обробіток плоскорізом дозволяв знизити витрати на обробіток ґрунту до 2380 грн/га (-16,2%), дисковий обробіток – до 1860 грн/га (-34,5%), нульовий обробіток – до 450 грн/га (-84,2%). Економія досягалася за рахунок зменшення кількості технологічних операцій та витрат палива.

Витрати на мінеральні добрива становили основну частку в структурі змінних витрат. При сучасних цінах (станом на 2024 рік: аміачна селітра – 14500 грн/т, суперфосфат – 16800 грн/т, калій хлористий – 18200 грн/т) вартість добрив варіювала від 5640 грн/га при нормі $N_{60}P_{40}K_{40}$ до 16920 грн/га при $N_{180}P_{120}K_{120}$.

4.2. Структура виробничих витрат за варіантами дослідів

Детальний аналіз структури витрат показав суттєві відмінності між системами обробітку ґрунту (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 Виробничі витрати на вирощування кукурудзи залежно від технології, грн/га (2024 р.)

Статті витрат	Оранка + контроль	Оранка + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	No-till + контроль	No-till + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀
Насіння	2100	2100	2100	2100
Протруйники	450	450	450	450
Мінеральні добрива	-	11280	-	11280
Гербіциди	1250	1250	2840	2840
Інсектициди	380	380	520	520
Фунгіциди	-	420	360	680
Обробіток ґрунту	2840	2840	450	450
Сівба	620	620	880	880
Догляд за посівами	1140	1580	640	1120
Збирання врожаю	1850	2450	1620	2280
Транспортування	740	1340	580	1070
Доробка зерна	480	870	380	700
Оплата праці	1680	2240	1420	1980
Амортизація техніки	1240	1580	980	1340
Інші витрати	1080	1450	920	1280
Всього витрат	15850	30850	14140	28970

Витрати на засоби захисту рослин при нульовому обробітку були вищими на 68-82% порівняно з оранкою через необхідність застосування додаткових

гербіцидів (гліфосати до сівби) та фунгіцидів для контролю хвороб, що розвиваються на рослинних рештках.

Витрати на збирання, транспортування та доробку врожаю прямо пропорційні рівню врожайності. При оранці з внесенням $N_{120}P_{80}K_{80}$ ці витрати становили 4660 грн/га, при нульовому обробітку з аналогічною нормою добрив – 4050 грн/га (-13,1%).

4.3. Економічна ефективність виробництва

Економічна ефективність визначалася на основі розрахунку основних економічних показників: вартості валової продукції, умовно чистого прибутку, рівня рентабельності та собівартості продукції (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 Економічна ефективність вирощування кукурудзи (середнє за 2022-2024 рр.)

Показники	Оранка 25 - 27 см					
	Без добрив	$N_{60}P_{40}$ K_{40}	$N_{90}P_{60}$ K_{60}	$N_{120}P_{80}$ K_{80}	$N_{150}P_{100}K_{100}$	$N_{180}P_{120}K_{120}$
Урожайність, т/га	4,52	6,18	7,24	8,35	8,92	9,14
Вартість продукції, грн/га*	27120	37080	43440	50100	53520	54840
Виробничі витрати, грн/га	15850	21490	25680	30850	35540	38640
Умовно чистий прибуток, грн/га	11270	15590	17760	19250	17980	16200
Собівартість 1 т зерна, грн	3507	3478	3547	3695	3984	4228
Рівень рентабельності, %	71,1	72,5	69,2	62,4	50,6	41,9

Показники	Безполицевий обробіток 25 - 27 см					
	Без добрив	N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
Урожайність, т/га	4,38	5,99	7,02	8,08	8,64	8,86
Вартість продукції, грн/га	26280	35940	42120	48480	51840	53160
Виробничі витрати, грн/га	15390	21030	25220	30390	35080	38180
Умовно чистий прибуток, грн/га	10890	14910	16900	18090	16760	14980
Собівартість 1 т зерна, грн	3514	3510	3592	3761	4060	4309
Рівень рентабельності, %	70,8	70,9	67,0	59,5	47,8	39,2

Показники	Дисковий обробіток 10 - 12 см					
	Без добрив	N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
Урожайність, т/га	3,88	5,39	6,34	7,28	7,76	7,94

Вартість продукції, грн/га	23280	32340	38040	43680	46560	47640
Виробничі витрати, грн/га	14870	20510	24700	29870	34560	37660
Умовно чистий прибуток, грн/га	8410	11830	13340	13810	12000	9980
Собівартість 1 т зерна, грн	3833	3804	3896	4103	4454	4743
Рівень рентабельності, %	56,6	57,7	54,0	46,2	34,7	26,5

Показники	Нульовий обробіток (No-till)					
	Без добрив	N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
Урожайність, т/га	3,56	4,96	5,84	6,69	7,10	7,48
Вартість продукції, грн/га	21360	29760	35040	40140	42600	44880
Виробничі витрати, грн/га	14140	19780	23970	28970	33820	36920
Умовно чистий прибуток, грн/га	7220	9980	11070	11170	8780	7960

Собівартість 1 т зерна, грн	3972	3988	4105	4331	4765	4936
Рівень рентабельності, %	51,1	50,5	46,2	38,6	26,0	21,6

*Примітка: розрахункова ціна реалізації зерна кукурудзи – 6000 грн/т (середня ціна 2024 року)

Найвищий умовно чистий прибуток (19250 грн/га) отримано при традиційній оранці з внесенням $N_{120}P_{80}K_{80}$. Подальше збільшення норм добрив до $N_{150-180}$ призводило до зниження прибутковості через випереджаючий ріст витрат порівняно з приростом урожайності.

4.4. Оптимізація норм добрив за економічними критеріями

Для визначення економічно оптимальних норм добрив розраховано граничні витрати та граничний дохід. Оптимальною вважається норма, при якій вартість приросту врожаю від останньої одиниці добрив дорівнює витратам на її придбання та внесення.

Розрахунки показали, що економічно оптимальні норми добрив становлять:

- при оранці – $N_{115}P_{75}K_{75}$
- при безполицевому обробітку – $N_{110}P_{70}K_{70}$
- при дисковому обробітку – $N_{105}P_{65}K_{65}$
- при нульовому обробітку – $N_{100}P_{60}K_{60}$

Зниження оптимальних норм при мінімалізації обробітку пов'язане з меншою окупністю добрив через погіршення умов живлення рослин.

4.5. Енергетична оцінка технологій вирощування

Енергетичний аналіз дозволяє оцінити ефективність технологій незалежно від цінової кон'юнктури. Загальні енерговитрати на вирощування кукурудзи включали прямі витрати енергії (паливо, електроенергія) та енергію, акумульовану в матеріальних ресурсах (добрива, насіння, пестициди, техніка).

Структура енергетичних витрат була наступною: мінеральні добрива – 48-62%, паливно-мастильні матеріали – 18-28%, насіння – 6-10%, засоби захисту – 4-8%, жива праця – 2-3%, техніка – 8-12%.

Таблиця 4.3 Енергетична ефективність вирощування кукурудзи

Показники	Оранка + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	Безполицевий + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	Дисковий + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀	No-till + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₈₀
Витрати енергії, ГДж/га:				
- на обробіток ґрунту	5,2	4,4	3,2	0,8
- на добрива	18,6	18,6	18,6	18,6
- на насіння	2,8	2,8	2,8	2,8
- на пестициди	1,6	1,6	2,1	2,8
- на збирання та доробку	4,2	4,1	3,8	3,5
- інші витрати	2,8	2,7	2,5	2,4
Всього витрат енергії	35,2	34,2	33,0	30,9
Вихід енергії з урожаєм, ГДж/га	137,8	133,3	120,1	110,4
Приріст енергії, ГДж/га	102,6	99,1	87,1	79,5
Коефіцієнт енергетичної ефективності	3,91	3,90	3,64	3,57
Енергоємність 1 т зерна, ГДж	4,22	4,23	4,53	4,62

Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (3,91) отримано при традиційній оранці, що свідчить про кращу окупність енерговитрат приростом

енергії врожаю. При нульовому обробітку, незважаючи на економію палива, коефіцієнт знижувався до 3,57 через зменшення врожайності.

4.6. Порівняльна оцінка економічної та енергетичної ефективності

Комплексна оцінка показала, що найкращі економічні показники забезпечує поєднання традиційної оранки або безполицевого обробітку з помірними нормами добрив $N_{90-120}P_{60-80}K_{60-80}$. При цих варіантах досягається оптимальний баланс між витратами та доходами.

Мінімалізація обробітку ґрунту дозволяє знизити виробничі витрати на 8-15%, але одночасно призводить до зниження врожайності на 10-21%, що негативно впливає на прибутковість виробництва. Нульовий обробіток може бути економічно виправданим лише при суттєвому підвищенні цін на паливо або зниженні цін на гербіциди.

4.7. Висновки до розділу 4

1. Виробничі витрати на вирощування кукурудзи варіювали від 14140 до 38640 грн/га залежно від системи обробітку ґрунту та норм добрив. Основну частку витрат (28-52%) становили мінеральні добрива.
2. Найвищий умовно чистий прибуток (19250 грн/га) та оптимальний рівень рентабельності (62,4%) забезпечувало поєднання традиційної оранки з внесенням $N_{120}P_{80}K_{80}$.
3. Економічно оптимальні норми добрив становлять $N_{100-115}P_{60-75}K_{60-75}$ і знижуються при мінімалізації обробітку ґрунту через погіршення окупності добрив.
4. Мінімалізація обробітку знижує виробничі витрати на 8-15%, але призводить до більшого зниження доходів через втрати врожайності, що робить її менш рентабельною.
5. Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (3,91) отримано при традиційній оранці з оптимальними нормами добрив, що свідчить про кращу окупність енерговитрат.
6. Для умов Полісся економічно доцільним є застосування традиційної оранки або безполицевого обробітку в поєднанні з внесенням $N_{90-120}P_{60-80}K_{60-80}$, що забезпечує оптимальне співвідношення витрат та доходів.

ВИСНОВКИ

На основі проведених протягом 2022-2024 років польових досліджень з вивчення впливу систем обробітку ґрунту та норм мінеральних добрив на формування урожайності кукурудзи в умовах Полісся можна зробити наступні висновки:

1. Системи обробітку ґрунту суттєво впливають на польову схожість насіння та виживання рослин кукурудзи. Традиційна оранка на глибину 25-27 см забезпечує найвищу польову схожість (88,4-91,2%) та виживання рослин (91,8-94,2%). При нульовому обробітку ці показники знижуються на 6,8% та 6,2% відповідно, що обумовлено підвищенням щільності ґрунту до 1,35-1,45 г/см³ та погіршенням фітосанітарного стану посівів.
2. Ріст і розвиток рослин кукурудзи залежать від інтенсивності механічного обробітку ґрунту та рівня мінерального живлення. Максимальна висота рослин (236 см), площа листкової поверхні (52,8 тис. м²/га) та накопичення сухої речовини (20,3 т/га) формуються при поєднанні традиційної оранки з внесенням N₁₈₀P₁₂₀K₁₂₀. Мінімізація обробітку призводить до зниження цих показників на 8-23%.
3. Фотосинтетична продуктивність посівів визначається системою обробітку ґрунту та нормами добрив. Фотосинтетичний потенціал при оранці становить 2,12-3,24 млн м²×діб/га, при нульовому обробітку знижується на 14-18%. Чиста продуктивність фотосинтезу в період інтенсивного росту досягає 10,2-11,3 г/м²×добу при оранці та 8,5-9,8 г/м²×добу при No-till.
4. Елементи структури врожаю кукурудзи формуються під комплексним впливом досліджуваних факторів. Оптимальне поєднання оранки з внесенням N₁₂₀₋₁₅₀P₈₀₋₁₀₀K₈₀₋₁₀₀ забезпечує формування качанів довжиною 19,1-19,6 см з кількістю зерен 556-578 шт., масою зерна з качана 156,8-162,8 г та масою 1000 зерен 278-282 г.
5. Найвища врожайність зерна кукурудзи формується при традиційній оранці на глибину 25-27 см. На контролі без добрив вона становить 4,52 т/га, при внесенні N₁₂₀P₈₀K₈₀ – 8,35 т/га, N₁₈₀P₁₂₀K₁₂₀ – 9,14 т/га. Безполицевий обробіток забезпечує близьку продуктивність (8,08-8,86 т/га при високих

нормах добрив). Нульовий обробіток призводить до зниження врожайності на 18-21% порівняно з оранкою.

6. Якість зерна кукурудзи більшою мірою визначається нормами мінеральних добрив, ніж системою обробітку ґрунту. Внесення $N_{120-150}P_{80-100}K_{80-100}$ забезпечує оптимальне поєднання вмісту протеїну (10,2-10,8%), крохмалю (70,4-71,2%) та високу натуру зерна (752-758 г/л). Збільшення норм азоту до N_{180} підвищує вміст протеїну до 11,4%, але знижує вміст крохмалю до 68,8%.
7. Мінімізація обробітку ґрунту призводить до погіршення фітосанітарного стану посівів. При нульовому обробітку забур'яненість зростає в 2,5-3,8 рази (до 45-68 шт./м²), розвиток хвороб підвищується на 10-16%, що вимагає додаткового застосування пестицидів та збільшує витрати на захист рослин на 68-82%.
8. Економічний аналіз показав, що найвищий умовно чистий прибуток (19250 грн/га) та оптимальний рівень рентабельності (62,4%) забезпечує поєднання традиційної оранки з внесенням $N_{120}P_{80}K_{80}$. Економічно оптимальні норми добрив для умов Полісся становлять $N_{100-115}P_{60-75}K_{60-75}$ при оранці та знижуються до $N_{100}P_{60}K_{60}$ при нульовому обробітку.
9. Енергетична оцінка підтвердила перевагу традиційної оранки, яка забезпечує найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (3,91) при внесенні $N_{120}P_{80}K_{80}$. При нульовому обробітку, незважаючи на економію палива (4,4 ГДж/га), коефіцієнт знижується до 3,57 через зменшення врожайності.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На основі результатів проведених досліджень для підвищення ефективності вирощування кукурудзи в умовах Полісся рекомендуємо:

- 1. Для господарств з високим рівнем інтенсифікації** застосовувати традиційну оранку на глибину 25-27 см або безполицевий обробіток на таку ж глибину в поєднанні з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{120}P_{80}K_{80}$, що забезпечує отримання врожайності 8,1-8,4 т/га з рівнем рентабельності 60-62%.
- 2. Систему удобрення** будувати на основі дробного внесення азотних добрив: 60% норми азоту вносити під передпосівну культивуацію, 40% – у підживлення при висоті рослин 25-30 см. Фосфорно-калійні добрива вносити восени під основний обробіток ґрунту з додатковим стартовим внесенням $N_{10}P_{20}K_{10}$ при сівбі.
- 3. Для зниження виробничих витрат** без суттєвих втрат урожайності рекомендуємо застосовувати безполицевий обробіток плоскорізами або важкими культиваторами на глибину 25-27 см, що дозволяє знизити витрати палива на 15-20% при зменшенні врожайності лише на 3-3,5%.
- 4. Нульовий обробіток (No-till)** застосовувати обмежено – лише на полях з низьким рівнем забур'яненості, після сприятливих попередників (зернобобові, однорічні трави), при обов'язковому використанні системи інтегрованого захисту від бур'янів та хвороб.
- 5. Для умов Полісся** використовувати ранньостиглі та середньоранні гібриди кукурудзи з ФАО 200-250, які характеризуються високою холодостійкістю, інтенсивним стартовим ростом, стійкістю до корневих гнилей та швидкою вологовіддачею зерна при досяганні.
- 6. На дерново-підзолистих ґрунтах** з кислою реакцією ($pH < 5,5$) обов'язково проводити вапнування з внесенням 3-5 т/га вапнякових матеріалів, що підвищує ефективність мінеральних добрив на 25-30%.
- 7. Систему захисту рослин** будувати на основі протруювання насіння фунгіцидними та інсектицидними протруйниками, внесення ґрунтових

гербицидів до сходів культури та страхових гербицидів у фазі 3-5 листків кукурудзи за наявності бур'янів.

- 8.** Для підвищення економічної ефективності планувати врожайність на рівні 7,5-8,5 т/га, що досягається внесенням $N_{100-120}P_{70-80}K_{70-80}$ і забезпечує найкращу окупність витрат (рентабельність 60-70%).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андрієнко А.Л., Васильківський С.П., Кулик М.І. Кукурудза: вирощування, селекція, насінництво, переробка : монографія. Київ : ННЦ "ІАЕ", 2022. 368 с.
2. Антонець О.А., Пипко О.С. Вплив системи удобрення на поживний режим ґрунту та продуктивність кукурудзи. Агрохімія і ґрунтознавство. 2023. Вип. 94. С. 72-78.
3. Бикін А.В., Тарасенко О.А. Вплив систем удобрення на продуктивність кукурудзи в короткоротаційній сівозміні Полісся. Вісник аграрної науки. 2023. № 4. С. 18-25.
4. Борисенко В.І. Ефективність мінімалізації обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно. Зернові культури. 2022. Т. 6, № 2. С. 234-241.
5. Булигін С.Ю., Демиденко О.В., Шерстобоева О.В. Мікробіологічна активність ґрунту за різних систем обробітку. Землеробство. 2023. Вип. 1(102). С. 12-18.
6. Власюк О.С. Формування врожайності кукурудзи залежно від елементів технології вирощування в умовах Західного Полісся : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Дніпро, 2023. 22 с.
7. Ганженко О.М., Федорчук Є.М. Агроекономічна ефективність вирощування кукурудзи за різних систем обробітку ґрунту. Наукові доповіді НУБіП України. 2024. № 1(107). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/18234>
8. Гангур В.В., Лень О.І. Динаміка водного режиму ґрунту під посівами кукурудзи залежно від обробітку. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. № 3. С. 41-47.
9. Господаренко Г.М. Система застосування добрив : навчальний посібник. Київ : ТОВ "СІК ГРУП Україна", 2022. 376 с.

10. Грабовський М.Б., Грабовська Т.О., Городецький О.С. Формування площі листкової поверхні та фотосинтетичного потенціалу кукурудзи залежно від густоти стояння рослин. *Агробіологія*. 2023. № 1. С. 95-102.
11. Демиденко О.В., Шерстобоева О.В., Бойко П.І. Біологізація технологій вирощування кукурудзи в сівозмінах Лісостепу. Київ : Аграрна наука, 2022. 248 с.
12. Дідора В.Г., Смаглій О.Ф., Ермантраут Е.Р. Методика наукових досліджень в агрономії : навчальний посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2023. 264 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
14. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості. [Чинний від 2007-08-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 19 с.
15. ДСТУ 4405:2005. Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ПА. [Чинний від 2006-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 11 с.
16. ДСТУ 7537:2014. Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності. [Чинний від 2015-04-01]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 14 с.
17. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2016. 9 с.
18. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2016. 17 с.
19. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН. [Чинний від 2009-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 8 с.

20. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник. Вінниця : ТД "Едельвейс і К", 2022. 332 с.
21. Жемела Г.П., Шакалій С.М. Вплив елементів технології на якість зерна кукурудзи. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2022. № 22. С. 105-111.
22. Заришняк А.С., Іващенко О.О., Цвей Я.П. Оптимізація систем удобрення і обробітку ґрунту в сівозмінах : монографія. Київ : Аграрна наука, 2022. 296 с.
23. Іваніна В.В. Баланс поживних речовин за вирощування кукурудзи на зерно. Цукрові буряки. 2023. № 2. С. 18-21.
24. Іващенко О.О., Іващенко О.О. (мол.). Бур'яни в агрофітоценозах. Проблеми практичної гербології. Київ : Фенікс, 2022. 352 с.
25. Камінський В.Ф., Сайко В.Ф. Стратегія розвитку адаптивних систем землеробства і агротехнологій в Україні. Київ : ВП "Едельвейс", 2023. 420 с.
26. Кернасюк Ю.В. Ринок кукурудзи: тенденції та перспективи. Агробізнес сьогодні. 2023. № 15-16. С. 42-46.
27. Ковальчук В.П., Васильєв В.Г., Бойко Л.В., Зосимов В.Д. Збірник методів дослідження ґрунтів і рослин. Київ : Труд-ГріПол-XXI вік, 2022. 252 с.
28. Козак Г.П., Пузік В.К. Адаптивні особливості гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Селекція і насінництво. 2022. Вип. 121. С. 68-75.
29. Крамарьов С.М., Жемела Г.П., Шакалій С.М. Продуктивність кукурудзи за різних доз добрив та густоти стояння рослин. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2022. № 22. С. 45-52.
30. Красенков С.В., Артеменко С.Ф., Гасанова І.І. Вплив способів обробітку ґрунту на забур'яненість посівів кукурудзи. Зернові культури. 2023. Т. 7, № 1. С. 112-118.

31. Лебідь Є.М., Циков В.С., Пащенко Ю.М. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою : методичні рекомендації. Дніпро : Інститут зернових культур НААН, 2022. 30 с.
32. Літвінов Д.В. Агрофізичні властивості ґрунту залежно від основного обробітку під кукурудзу. Землеробство. 2022. Вип. 1(100). С. 35-40.
33. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві : підручник. Вінниця : ВНАУ, 2023. 588 с.
34. Малієнко А.М. Теоретичне обґрунтування систем обробітку ґрунту в сівозмінах. Землеробство. 2023. Вип. 2(103). С. 3-10.
35. Марущак А.М., Дудка М.І. Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи. Економіка АПК. 2022. № 8. С. 45-51.
36. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.
37. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Випуск 2. Зернові, круп'яні та зернобобові культури / За ред. В.В. Волкодава. Київ : Алефа, 2000. 240 с.
38. Молдован В.Г., Молдован Ж.А. Вплив No-till на агрохімічні показники ґрунту та продуктивність кукурудзи. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2023. Вип. 38. С. 28-35.
39. Науково обґрунтована система ведення сільського господарства Житомирської області / За ред. В.П. Стельмаха. Житомир : Полісся, 2023. 380 с.
40. Носко Б.С., Бука А.Я., Юрко К.П. Оптимізація азотного живлення кукурудзи на дерново-підзолистих ґрунтах. Вісник аграрної науки. 2022. № 11. С. 5-12.
41. Паламарчук В.Д., Климчук О.В., Поліщук І.С., Колісник О.М., Борівський А.Ф. Екологічнобіологічні та технологічні принципи вирощування польових культур : навчальний посібник. Вінниця : ВНАУ, 2022. 724 с.

42. Паншина С.О., Гаврилюк В.А. Формування елементів структури врожаю кукурудзи залежно від системи удобрення. Таврійський науковий вісник. 2023. № 129. С. 142-148.
43. Пархуць Б.І., Пархуць І.М. Вплив технології No-till на мікробіологічну активність ґрунту. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2022. Вип. 71(2). С. 95-108.
44. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підручник. 6-те вид., допов. та перероб. Львів : НВФ "Українські технології", 2023. 806 с.
45. Піковський М.Й., Кирик М.М., Таранухо М.П. Хвороби кукурудзи : монографія. Київ : ЦП "Компринт", 2022. 198 с.
46. Польовий В.М., Лукащук Л.Я., Гук Р.М. Ефективність добрив під кукурудзу на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся. Вісник аграрної науки. 2023. № 7. С. 24-29.
47. Примак І.Д., Панченко О.Б., Панченко І.А. Механічний обробіток ґрунту: історія, теорія, практика : навчальний посібник. Вінниця : ТОВ "ТВОРИ", 2022. 412 с.
48. Роїк М.В., Гадзало Я.М., Камінський В.Ф. Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України. Київ : ВП "Едельвейс", 2023. 680 с.
49. Романенко О.Л., Кунденко М.П., Комарова І.Б. Статистичний аналіз даних польового дослідження в агрономії : навчальний посібник. Харків : Майдан, 2022. 168 с.
50. Рудавська Н.М., Глива В.В. Водоспоживання кукурудзи залежно від технології вирощування. Зрошуване землеробство. 2023. Вип. 79. С. 67-71.
51. Савченко В.О., Кобизєва Л.Н., Тимчук С.М. Генетичні ресурси польових культур України : каталог. Харків : Стиль-Іздат, 2022. 452 с.
52. Сайко В.Ф. Землеробство в контексті змін клімату. Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства НААН". 2022. Вип. 3-4. С. 3-14.

53. Танчик С.П., Бабенко А.І., Мокрієнко В.А. Ефективність систем основного обробітку ґрунту в Лісостепу України. Науковий вісник НУБіП України. 2023. Вип. 287. С. 156-164.
54. Танчик С.П., Цюк О.А., В'ялий С.О. Системи землеробства : навчальний посібник. Київ : ЦП "Компринт", 2022. 412 с.
55. Ткаліч І.Д., Гирка А.Д., Бочевар О.В., Ільєнко О.В. Агротехнічні заходи підвищення врожайності кукурудзи в умовах Степу України : монографія. Дніпро : Нова ідеологія, 2022. 228 с.
56. Трибель С.О., Стригун О.О., Бахмут О.О. Шкідники кукурудзи : навчальний посібник. Київ : Колобіг, 2022. 164 с.
57. Федоренко В.П., Пащенко Л.П., Дудка Е.Л. Захист кукурудзи від шкідників, хвороб та бур'янів : довідник. Київ : Світ, 2023. 296 с.
58. Філоненко С.В., Лазєбна І.В. Агроєкологічна оцінка систем обробітку ґрунту. Агроєкологічний журнал. 2022. № 3. С. 84-89.
59. Харченко О.В., Прасол В.І., Петренко С.В. Водний режим ґрунту та водоспоживання польових культур : монографія. Суми : Університетська книга, 2023. 245 с.
60. Цвей Я.П., Іваніна В.В., Петрова О.Т. Вплив системи удобрення на родючість ґрунту та продуктивність культур сівозміни. Цукрові буряки. 2022. № 5. С. 12-16.
61. Центи́ло Л.В. Вплив обробітку ґрунту на його агрофізичні властивості та врожайність кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Землеробство. 2023. Вип. 1(104). С. 48-55.
62. Циков В.С., Дудка М.І., Шевченко М.С., Носов С.С. Кукурудза: технологія, гібриди, насіння : довідник. Дніпро : Зоря, 2023. 376 с.
63. Черенков А.В., Шевченко М.С., Дзюбецький Б.В. Кукурудза. Сучасні технології вирощування. Дніпро : Акцент ПП, 2022. 168 с.

64. Шевченко М.С., Десятник Л.М., Швець Н.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах недостатнього та нестійкого зволоження. Дніпро : Нова ідеологія, 2022. 298 с.
65. Шувар І.А., Бегей С.В., Тимофійчук Б.В. Екологічні основи збалансованого землекористування : монографія. Львів : Новий Світ-2000, 2023. 384 с.

АКТ

контролю оригінальності кваліфікаційної роботи (індивідуального завдання)

За результатами перевірки кваліфікаційної роботи (індивідуального завдання) здобувача вищої освіти _____
Щерби Ярослава Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

науковий керівник _____
Коротка Ірина Григорівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

кваліфікаційна робота курсова робота курсовий проект

на тему: «Формування урожайності кукурудзи залежно від норми застосування мінерального живлення та обробітку ґрунту в умовах Полісся»

у програмному забезпеченні встановлено наступні критерії унікальності тексту:

Identific

StrikePlagiarism.com

Схожість
Модифікації

6%

КП1 _____
КП2 _____
КЦ _____
Маніпуляції з текстом

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

Коментар адміністратора ЦЗВП про виявлені запозичення:

Адміністратор ЦЗВП

9 квітня 2025 р.



[Handwritten signature]

(підпис)

Висетрова І. П.

(ПІБ)

Коментар керівника кваліфікаційної/курсової роботи/проєкту (може заповнюватися у разі необхідності пояснення причин відхилення показників оригінальності (унікальності) тексту від коректних величин та/або у разі низького рівня оригінальності тексту)

Засіданням кафедри затверджено наступні показники унікальності тексту:

100 % 70	висока унікальність, робота допускається до захисту або (та) опублікування;
69 % 51	середня унікальність, робота потребує доопрацювання в частині коректності та повноти цитувань, та буде направлена на повторну перевірку без санкцій;
50 % 31	низька унікальність, робота потребує суттєвого доопрацювання та буде направлена на повторну перевірку без санкцій;
30 % і нижче	низька унікальність, робота відхиляється без права подальшого розгляду.

Висновок:

- Робота може бути допущена до захисту;
- Необхідно провести розгляд повного звіту подібності із залученням фахівців із тематики кваліфікаційної роботи (індивідуального завдання).

Керівник роботи



(підпис)

Коротка Ірина Григорівна

(ПІБ)

(Додаток Г у новій редакції згідно із рішенням Вченої ради від 25.11.2024, протокол №12, та наказом ректора № 235/ВС від 25.11.2024)

АКТ

контролю оригінальності кваліфікаційної роботи (індивідуального завдання)

За результатами перевірки кваліфікаційної роботи (індивідуального завдання) здобувача вищої освіти _____
Щербин Ярослава Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

науковий керівник _____
Коротка Ірина Григорівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

кваліфікаційна робота курсова робота курсовий проект

на тему: «Формування урожайності кукурудзи залежно від норми застосування мінерального живлення та обробітку ґрунту в умовах Полісся»

у програмному забезпеченні встановлено наступні критерії унікальності тексту:

Identific

StrikePlagiarism.com

Схожість
Модифікації

8%

КП1 _____

КП2 _____

КЦ _____

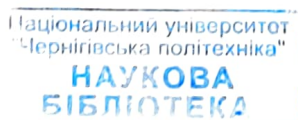
Маніпуляції з текстом

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

Коментар адміністратора ІЦЗВП про виявлені запозичення:

Адміністратор ІЦЗВП

9 12 2023 р.




(підпис)

Висірова І. П.
(ПІБ)

Коментар керівника кваліфікаційної/курсової роботи/проєкту (може заповнюватися у разі необхідності пояснення причин відхилення показників оригінальності (унікальності) тексту від коректних величин та/або у разі низького рівня оригінальності тексту)

Засіданням кафедри затверджено наступні показники унікальності тексту:

100 % 70	висока унікальність, робота допускається до захисту або (та) опублікування;
69 % 51	середня унікальність, робота потребує доопрацювання в частині коректності та повноти цитувань, та буде направлена на повторну перевірку без санкцій;
50 % 31	низька унікальність, робота потребує суттєвого доопрацювання та буде направлена на повторну перевірку без санкцій;
30 % і нижче	низька унікальність, робота відхиляється без права подальшого розгляду.

Висновок:

- Робота може бути допущена до захисту;
- Необхідно провести розгляд повного звіту подібності із залученням фахівців із тематики кваліфікаційної роботи (індивідуального завдання).

Керівник роботи

Глобова
(підпис)

Коротка Ірина Григорівна
(ПІБ)

(Додаток Г у новій редакції згідно із рішенням Вченої ради від 25.11.2024, протокол №12, та наказом ректора № 235/BC від 25.11.2024)