

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

БАСЮК Павло Леонідович

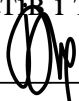
УДК 633.15:631.559: 631.811: 631.82

ДИСЕРТАЦІЯ
ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС
ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОДОБРИВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ
РОСТУ РОСЛИН

201 Агрономія
20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 Павло БАСЮК

Науковий керівник

Микола ГРАБОВСЬКИЙ,
доктор сільськогосподарських наук,
професор

Біла Церква 2026

АНОТАЦІЯ

Басюк П. Л. Формування продуктивності кукурудзи на силос залежно від застосування мікродобрих та регуляторів росту рослин. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агрономія (20 Аграрні науки та продовольство). – Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, 2026.

У дисертаційній роботі наведено результати досліджень по визначенню особливостей формування продуктивності та якості зеленої маси гібридів кукурудзи залежно від застосування мікродобрих та регуляторів росту рослин в умовах Лівобережного Лісостепу України. Обґрунтовано актуальність теми досліджень, її зв'язок із науковими темами, планами, програмами, обґрунтовано мету і завдання. Для ґрунтово-кліматичних умов Лівобережного Лісостепу України науково обґрунтовано реакцію сучасних гібридів кукурудзи силосного напрямку на застосування мікродобрих і регуляторів росту рослин. Визначено їх вплив на покращення біометричних параметрів рослин, підвищення якісних показників і кормової цінності та зростанні урожайності сухої і зеленої маси. Встановлено кореляційно-регресійні залежності формування продуктивності зеленої маси кукурудзи з сумою опадів і середньою температурою повітря за вегетаційний період кукурудзи в роки досліджень. Обґрунтовано економічну і енергетичну ефективність використання мікродобрих і регуляторів росту рослин при вирощування кукурудзи на силос. Набули подальшого розвитку теоретичні та прикладні питання щодо особливостей росту, розвитку та формування врожайності і якості зеленої маси гібридів кукурудзи силосного напрямку використання за комплексного використання мікроелементів та регуляторів росту рослин.

Виявлено, що збільшення висоти рослин кукурудзи відбувалося до фази воскової стиглості зерна (ВВСН 85), а площі листкової поверхні до фази

цвітіння волотей (ВВСН 65). Важливим технологічним заходом інтенсифікації ростових процесів кукурудзи виявилось позакореневе застосування мікродобрив та регуляторів росту. Оптимальні умови для формування максимальної висоти рослин та асиміляційної поверхні посівів кукурудзи у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс отримано на третьому (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) і четвертому (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) варіантах дослідів. У фазу цвітіння волотей (ВВСН 65) було зафіксовано максимальні показники площі листкової поверхні – 39,08 тис. м²/га у гібрида КВС Гендальф та 43,05 тис. м²/га у КВС Інтелігенс.

Розраховано, що у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс найвищі показники фотосинтетичного потенціалу отримано в міжфазний період цвітіння волотей–молочна стиглість зерна – 0,842 та 1,059 млн. м²·діб/га на четвертому варіанті дослідів. Максимальні значення чистої продуктивності фотосинтезу зафіксовано у фазу цвітіння волотей, на цьому ж варіанті дослідів – 9,281 та 9,429 г/м² за добу, відповідно.

Встановлено, що найвищий вміст сухої речовини в рослинах кукурудзи був у фазу ВВСН 85, що вище на 6,4 %, порівняно з фазою ВВСН 75–77 та на 3,0 %, порівняно з фазою ВВСН 81–83. У цей період у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс найбільший вміст сухої речовини був у зерні: 61,2–61,5 % і 62,5–62,7 %. У листках він становив 36,2–36,7 % і 37,8–38,1 %, в обгортках і стрижнях качана – 33,5–33,7 % і 34,3–34,6 %, а у стеблі кукурудзи – 26,2–26,5 % і 27,3–27,5 %. Не виявлено впливу мікродобрив та регуляторів росту рослин на вміст сухої речовини в окремих органах та рослинах кукурудзи. Важливу роль у накопиченні сухої речовини та урожайності сухої маси відіграють генетичні особливості гібридів (72,4 і 76,1 %), тоді як вплив мікродобрив та регуляторів росту є незначним (5,7 і 5,6 %). Максимальна урожайність сухої

маси у гібридів кукурудзи КВС Гендальф і КВС Інтелігенс отримано на четвертому варіанті досліду (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків) у фазу ВВСН 85 – 17,0 і 18,8 т/га. При цьому достовірної статистичної різниці з другим і третім варіантом досліду не виявлено.

Застосування мікродобрив та регуляторів росту забезпечило достовірне збільшення маси структурних елементів рослин кукурудзи у всі періоди обліків. Найвищі показники маси рослини і качана з зерном отримано на четвертому варіанті досліду у фазу ВВСН 85 – 809,3 і 861,1 г та 345,2 і 363,4 г, відповідно у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс. Використання мікродобрив та регуляторів росту дозволило збільшити масу рослин на 0,6–2,4 %, масу стебла на 0,7–1,8 %, масу листків на 0,9–4,5 %, масу качана з зерном на 0,5–2,7 %, порівняно з контролем. В останній період обліків максимальну частку в структурі рослини кукурудзи займає качан із зерном – 42,3–42,7 %, частка стебла і листків становить – 38,3–39,1% і 16,3–16,7 %, відповідно.

Доведено, що позакореневе внесення мікродобрив та регуляторів росту забезпечує підвищення продуктивності кукурудзи, при цьому максимальні показники врожайності обох гібридів формуються на четвертому варіанті досліду. У фазу ВВСН 81–83, у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс урожайність зеленої маси становила 45,2 і 48,5 т/га, що вище контролю на 2,4 та 2,7 т/га, відповідно. Середньостиглий гібрид КВС Інтелігенс перевищував середньоранній КВС Гендальф за продуктивністю на 6,8–9,2 %. Реалізація генетичного потенціалу гібридів та ефективність застосованих препаратів значною мірою лімітуються погодними умовами. Кореляційним аналізом встановлено високий прямий зв'язок між урожайністю зеленої маси та сумою опадів за вегетацію ($r=0,86$) та обернено пропорційну залежність з середньою температурою повітря ($r=-0,85$), що свідчить про високу залежність урожайності культури від погодних факторів. На формування врожайності

зеленої маси кукурудзи найбільше вплив має генотип (65,7 %), мікродобрива і регулятори росту (17,3 %), взаємодія факторів – 4,7 %.

Обґрунтовано, що використання мікродобрив та регуляторів росту має вплив на хімічний склад зеленої маси кукурудзи, забезпечуючи збільшення вмісту сирого протеїну, крохмалю, целюлози та сирі клітковини, при цьому істотно не впливаючи на вміст сирі золи та лише незначний приріст сирого жиру. Найвищі показники якості формуються за використання третього та четвертого варіантів позакореневих підживлень. Встановлено тісні позитивні кореляційні зв'язки між накопиченням сирого протеїну і крохмалю ($r = 0,98$), протеїну і жиру ($r = 0,97$), а також жиру з крохмалем та целюлозою ($r = 0,98$).

Позакореневі підживлення мікродобривами та регуляторами росту підвищують енергетичну цінність зеленої маси кукурудзи. Максимальні значення валової енергії (18,78–19,12 МДж/кг), обмінної енергії (10,54–10,89 МДж/кг) та чистої енергії лактації (6,33–6,53 МДж/кг) у обох гібридів отримано на третьому і четвертому варіантах застосування мікродобрив та регуляторів росту. При цьому приріст загальних та енергетичних кормових одиниць залишається незначним. За комплексом енергетичних характеристик зеленої маси гібрид КВС Інтелігенс є більш продуктивнішим за КВС Гендальф. Оцінка технологічної придатності зеленої маси кукурудзи до силосування показує, що гібрид КВС Гендальф характеризується оптимальнішим співвідношенням цукру до буферної ємності, що створює сприятливі умови для молочнокислого бродіння та накопичення молочної кислоти. Гібрид КВС Інтелігенс має підвищену буферну ємність, тому відношення цукру до буферної ємності у нього є нижчим, що хоча і відповідає технологічним нормам, але вимагає ретельнішого контролю ферментаційного процесу під час заготівлі силосу.

З точки зору економічної ефективності найкращим варіантом виявилось вирощування гібриду КВС Інтелігенс із застосуванням препаратів Радікс (1 л/га), Лінамін (1 л/га), Турбоазот (1 л/га), Біогумат (0,5 л/га), Енерджі (1 л/га), Фотосинтез (1 л/га) і Цинк (1 л/га). Це забезпечує найвищу рентабельність –

147,0 % та умовно чистий прибуток – 44051,0 грн/га. Максимальний вихід енергії з урожаєм (351,6 ГДж/га) та коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) (6,7) при мінімальному зростанні сукупних енергетичних витрат отримано у гібрида КВС Інтелігенс на цьому ж варіанті досліджу.

Ключові слова: кукурудза на силос, гібрид, мікродобрива, регулятори росту рослин, продуктивність, позакореневе підживлення, суха речовина, зелена маса, кормова цінність, економічна ефективність

ANNOTATION

Basiuk P.L. Formation of corn silage productivity depending on the application of microfertilizers and plant growth regulators. Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 – Agronomy (20 Agrarian Sciences and Food). – Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, 2026.

The dissertation presents the results of research determining the characteristics of productivity formation and green mass quality of corn hybrids for silage, depending on the application of microfertilizers and plant growth regulators under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The relevance of the research topic, its connection with scientific themes, plans, and programs, as well as the goal and tasks, are substantiated. For the soil and climatic conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, the response of modern silage corn hybrids to the application of microfertilizers and plant growth regulators is scientifically substantiated. Their influence on the improvement of plant biometric parameters, enhancement of qualitative indicators and feed value of the green mass, and the increase in dry and green mass yield is determined. Correlation and regression dependencies of corn green mass productivity formation on the amount of precipitation and average air temperature during the corn vegetation period in the years of research are established. The economic and energy efficiency of using microfertilizers and plant growth regulators when growing corn for silage is

substantiated. Theoretical and applied issues regarding the characteristics of growth, development, and formation of yield and green mass quality of silage corn hybrids under the complex use of microelements and plant growth regulators have been further developed.

It was revealed that the increase in corn plant height occurred up to the wax ripeness phase of the grain (BBCH 85), and the leaf surface area – up to the tasseling phase (BBCH 65). Foliar application of microfertilizers and growth regulators proved to be an important technological measure for intensifying corn growth processes. Optimal conditions for forming the maximum plant height and assimilation surface of corn crops in the KWS Gandalf and KWS Inteligens hybrids were obtained in the third (Radix (1 L/ha) + Biohumate (1 L/ha) + Photosynthesis (1 L/ha) at the 3-5 corn leaves phase, Energy (1 L/ha) + Linamin (1 L/ha) + Zinc (1 L/ha) at the 6-8 corn leaves phase) and fourth (Radix (1 L/ha) + Linamin (1 L/ha) + Turboazot (1 L/ha) + Biohumate (0.5 L/ha) at the 3-5 leaves phase; Energy (1 L/ha) + Photosynthesis (1 L/ha) + Zinc (1 L/ha) + Biohumate (0.5 L/ha) at the 6-8 leaves phase) experimental variants. In the tasseling phase (BBCH 65), the maximum indicators of leaf surface area were recorded – 39.08 thousand m²/ha for the KWS Gandalf hybrid and 43.05 thousand m²/ha for KWS Inteligens.

It was calculated that in the KWS Gandalf and KWS Inteligens hybrids, the highest indicators of photosynthetic potential were obtained in the interphase period from tasseling to milk ripeness of the grain – 0.842 and 1.059 million m²·days/ha in the fourth experimental variant. The maximum values of net photosynthetic productivity were recorded in the tasseling phase, in the same experimental variant – 9.281 and 9.429 g/m² per day, respectively.

It was established that the highest dry matter content in corn plants was observed in the BBCH 85 phase, which is 6.4% higher compared to the BBCH 75–77 phase and 3.0% higher compared to the BBCH 81–83 phase. During this period, in the KWS Gandalf and KWS Inteligens hybrids, the highest dry matter content was concentrated in the grain: 61.2–61.5% and 62.5–62.7%. In the leaves, it was 36.2–36.7% and 37.8–38.1%, in the husks and cobs – 33.5–33.7% and 34.3–34.6%, and in

the corn stalk – 26.2–26.5% and 27.3–27.5%. No significant influence of microfertilizers and plant growth regulators on the dry matter content in individual organs and whole corn plants was found. An important role in the accumulation of dry matter and dry mass yield is played by the genetic characteristics of the hybrids (72.4% and 76.1%), while the influence of microfertilizers and growth regulators is insignificant (5.7% and 5.6%). The maximum dry mass yield in the KWS Gandalf and KWS Inteligens corn hybrids was obtained in the fourth experimental variant (Radix (1 L/ha) + Linamin (1 L/ha) + Turboazot (1 L/ha) + Biohumate (0.5 L/ha) at the 3-5 leaves phase; Energy (1 L/ha) + Photosynthesis (1 L/ha) + Zinc (1 L/ha) + Biohumate (0.5 L/ha) at the 6-8 leaves phase) during the BBCH 85 phase – 17.0 and 18.8 t/ha. At the same time, no reliable statistical difference with the second and third experimental variants was found.

The application of microfertilizers and growth regulators provided a significant increase in the mass of corn plant structural elements in all recording periods. The highest indicators of the mass of the plant and the cob with grain were obtained in the fourth experimental variant in the BBCH 85 phase – 809.3 and 861.1 g, and 345.2 and 363.4 g, respectively, in the KWS Gandalf and KWS Inteligens hybrids. The use of microfertilizers and growth regulators allowed for an increase in plant mass by 0.6–2.4%, stalk mass by 0.7–1.8%, leaf mass by 0.9–4.5%, and cob with grain mass by 0.5–2.7%, compared to the control. In the final recording period, the maximum share in the corn plant structure is occupied by the cob with grain – 42.3–42.7%, while the share of the stalk and leaves is 38.3–39.1% and 16.3–16.7%, respectively.

It is proven that the foliar application of microfertilizers and growth regulators ensures an increase in corn productivity, with the maximum yield indicators of both hybrids being formed in the fourth experimental variant. In the BBCH 81–83 phase, the green mass yield of the KWS Gandalf and KWS Inteligens hybrids was 45.2 and 48.5 t/ha, which is 2.4 and 2.7 t/ha higher than the control, respectively. The mid-season hybrid KWS Inteligens exceeded the mid-early KWS Gandalf in productivity by 6.8–9.2%. The realization of the genetic potential of the hybrids and the

efficiency of the applied preparations are largely limited by weather conditions. Correlation analysis established a strong direct connection between green mass yield and the amount of precipitation during the vegetation period ($r=0.86$) and an inversely proportional dependence on the average air temperature ($r=-0.85$), which indicates a high dependence of crop yield on weather factors. The formation of corn green mass yield is predominantly influenced by genotype (65.7%), microfertilizers and growth regulators (17.3%), and the interaction of factors (4.7%).

It is substantiated that the use of microfertilizers and growth regulators affects the chemical composition of corn green mass, ensuring an increase in the content of crude protein, starch, cellulose, and crude fiber, without significantly affecting the crude ash content and resulting in only a slight increase in crude fat. The highest quality indicators are formed when using the third and fourth variants of foliar feeding. Close positive correlations were established between the accumulation of crude protein and starch ($r = 0.98$), protein and fat ($r = 0.97$), as well as fat with starch and cellulose ($r = 0.98$).

Foliar feeding with microfertilizers and growth regulators increases the energy value of corn green mass. The maximum values of gross energy (18.78–19.12 MJ/kg), metabolizable energy (10.54–10.89 MJ/kg), and net energy of lactation (6.33–6.53 MJ/kg) for both hybrids were obtained in the third and fourth variants of applying microfertilizers and growth regulators. At the same time, the increase in total and energy feed units remains insignificant. Based on the complex of energy characteristics of the green mass, the KWS Inteligens hybrid is more productive than KWS Gandalf. Evaluation of the technological suitability of corn green mass for ensiling shows that the KWS Gandalf hybrid is characterized by a more optimal ratio of sugar to buffer capacity, which creates favorable conditions for lactic acid fermentation and lactic acid accumulation. The KWS Inteligens hybrid has an increased buffer capacity; therefore, its ratio of sugar to buffer capacity is lower, which, although corresponding to technological norms, requires more careful control of the fermentation process during silage preparation.

From the standpoint of economic efficiency, the best option turned out to be growing the KWS Inteligens hybrid with the application of the preparations Radix (1 L/ha), Linamin (1 L/ha), Turboazot (1 L/ha), Biohumate (0.5 L/ha), Energy (1 L/ha), Photosynthesis (1 L/ha), and Zinc (1 L/ha). This ensures the highest profitability – 147.0% and a conditional net profit of 44051.0 UAH/ha. The maximum energy output with the harvest (351.6 GJ/ha) and the energy efficiency coefficient (EEC) (6.7) with a minimal increase in total energy costs were obtained for the KWS Inteligens hybrid in the same experimental variant.

Keywords: silage corn, hybrid, microfertilizers, plant growth regulators, productivity, foliar feeding, dry matter, green mass, feed value, economic efficiency.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових виданнях, включених до переліку фахових видань

України:

1. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б. Динаміка зміни вмісту та урожайності сухої речовини у рослинах кукурудзи у разі застосування мікродобрів та регуляторів росту. *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 8–17. doi:10.33245/2310-9270-2025-195-1-8-17 (аналіз і узагальнення результатів, написання статті, частка участі – 60 %)

2. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б. Вплив мікродобрів та регуляторів росту на зміну біометричних показників рослин кукурудзи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 78(1). С. 7–22. doi:10.32636/01308521.2025-(78)-1-1 (планування та проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання статті, частка участі – 55 %)

3. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б. Вплив мікродобрів та регуляторів росту на якісні показники зеленої маси кукурудзи. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 13. С. 241–253. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.22> (аналіз і узагальнення результатів, написання статті, частка участі – 60 %)

4. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б. Агроенергетична оцінка продуктивності кукурудзи при застосуванні мікродобрів і регуляторів росту. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 20–29. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.3> (планування та проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання статті, частка участі – 50 %)

Матеріали наукових конференцій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б. Застосування добрив Плантоніт в технології вирощування кукурудзи. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур», с. Центральне, 21 квітня 2023 р., С. 105.*(авторство 55 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

6. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б., Городецький О. С. Застосування мікродобрив при вирощуванні кукурудзи на силос. Збірник матеріалів Міжнародної науково–практичної конференції молодих вчених, присвяченої до Дня науки в Україні «Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України», м. Одеса, 18–19 травня 2023 р., С. 22–25. *(авторство 30%, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

7. Грабовський М. Б., **Басюк П. Л.,** Павліченко К. В., Німенко С. С. Вплив мікродобрив та регуляторів росту рослин на зміну висоти рослин кукурудзи. Матеріали Міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Григорія Родіоновича Пікуша: «Сучасні технологічні аспекти виробництва зерна та переробки сільськогосподарської продукції», м. Дніпро 20–21 березня 2024 р., Дніпро, ДУ ІЗК НААН, С. 52–53. *(авторство 30 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

8. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б., Козак Л.А., Качан Л. М. Зміна фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин. Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції: «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта», м. Полтава, 15-16 травня 2024 року, Полтава, ПДАУ, С. 214–217.

(авторство 40 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)

9. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б., Козак Л.А., Качан Л. М. Тривалість вегетаційного періоду у гібридів кукурудзи залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур» присвячена 60-річчю реєстрації сорту-шедевр пшениці м'якої озимої Миронівська 808, с. Центральне, 19 квітня 2024 р., МПП ім. Ремесла, С. 24–25. *(авторство 40 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

10. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б., Качан Л. М., Павліченко К. В. Особливості формування урожайності зеленої маси кукурудзи на силос в 2024 році. Збірник матеріалів науково–практичної конференції «Наукові читання до 100-річчя від дня народження Філіп'єва Івана Давидовича – видатного вченого у галузі агрохімії та ґрунтознавства», присвяченої пам'яті доктора с.-г. наук, професора, Заслуженого діяча науки і техніки України, Філіп'єва Івана Давидовича, 20 вересня 2024 р., Одеса, ІКОСГ НААН, С. 139–141. *(авторство 45 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

11. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б., Мостипан О. В., Павліченко К. В. Визначення придатності зеленої маси гібридів кукурудзи до силосування залежно від застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення», Ломжа – Миколаїв, 6 грудня 2024 року, Видавництво: MANS w Łomży, С. 25–27. <https://doi.org/10.58246/SREC7881> *(авторство 60%, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

12. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б., Козак Л. А., Качан Л. М., Павліченко К. В. Формування площі листової поверхні кукурудзи залежно від

елементів технології вирощування. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Ротмістровські читання частина 1: технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату», присвяченої до 130-річчя заснування Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції, смт Хлібодарське, 28 березня 2025 року, Одеська ДСДС ІКОСГ НААН, С. 99–102. *(авторство 45 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

13. **Басюк П. Л.**, Грабовський М. Б., Павліченко К. В., Німенко С. С., Мандриш О. Ю., Железняк В. В. Динаміка зміни вмісту сухої речовини у рослинах кукурудзи при застосуванні мікродобрих та регуляторів росту. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур», м. Полтава, 31 березня 2025 року, ПДАУ, С. 41–44. *(авторство 35 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

14. Grabovskyi M., **Basyuk P.**, Zhelezniak V., Mandrysh O., Labunskyi I. Assessment of the application of plant growth regulators in maize cultivation for grain under different climatic scenarios. Proceedings of the Second International Research-to-Practice Conference «Climate Services: Science and Education», Odesa, 16-18 April 2025, Odesa I. I. Mechnikov National University, P. 25–27. *(авторство 30 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

15. **Басюк П. Л.**, Грабовський М. Б., Козак Л. А., Лабунський І. В., Железняк В. В. Вплив мікродобрих та регуляторів росту на урожайність сухої речовини кукурудзи. Збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції «Агроекологічна безпека і раціональне землекористування зони Полісся», м. Житомир, 23 квітня 2025 року, ІСГП НААН, С. 13–15. *(авторство 40 %, проведено аналіз результатів, написання тез)*

16. **Басюк П. Л.**, Грабовський М. Б., Павліченко К. В., Степаненко М. В. Фотосинтетична активність посівів кукурудзи під впливом елементів технології вирощування. Збірник матеріалів IV Міжнародної науково–практичної конференції «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети», 12 вересня 2025 року, м. Одеса, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, С. 96–98.*(авторство 35 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

17. Грабовський М. Б., **Басюк П. Л.**, Мандриш О. Ю., Железняк В. В., Козак Л. А. Вплив мікродобрих та регуляторів росту на масу рослин кукурудзи та їх структурних елементів. Збірник матеріалів Міжнародної науково–практичної конференції «Адаптація агровиробництва до змін клімату та ґрунтової родючості», 9 жовтня 2025 року, Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція ІКОСГ НААН України, С. 106–109. *(авторство 35 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

18. **Басюк П. Л.**, Грабовський М. Б., Качан Л. М., Павліченко К. В., Степаненко М. В. Енергетична ефективність вирощування кукурудзи на силос. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків, 28 листопада 2025 р., Державний біотехнологічний університет, С. 46–48. *(авторство 40 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних одиниць і термінів.....	18
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МІКРОДОБРІВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	27
1.1. Значення макро- та мікроелементів у формуванні врожайності кукурудзи.....	27
1.2. Продуктивність кукурудзи залежно від позакореневого підживлення мікродобривами.....	36
1.3 Вплив регуляторів росту рослин на фізіологічні процеси та показники продуктивності кукурудзи.....	41
Висновки до розділу 1.....	49
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ...	50
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови зони проведення досліджень.....	50
2.2. Погодні умови в роки досліджень.....	54
2.3.Схема та методика проведення досліджень.....	58
2.4. Характеристика гібридів кукурудзи, мікродобрив та регуляторів росту рослин.....	62
2.5. Технологія вирощування кукурудзи в досліді.....	67
Висновки до розділу 2.....	68
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ДОСЛІДЖУВАНИХ ФАКТОРІВ.....	69
3.1. Висота рослин кукурудзи за фазами росту і розвитку.....	69
3.2. Динаміка наростання площі листової поверхні та продуктивність фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи.....	75
3.3. Особливості накопичення сухої маси кукурудзи на силос за оптимізації умов живлення.....	84
Висновки до розділу 3.....	97
РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ І ЯКОСТІ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ПІД ВПЛИВОМ МІКРОДОБРІВ І РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ.....	100
4.1. Структура врожаю гібридів кукурудзи.....	100
4.2. Урожайність зеленої маси кукурудзи.....	110
4.3. Якісний склад та оцінка кормової якості зеленої маси кукурудзи	118

	17
4.3.1. Якісні показники зеленої маси кукурудзи.....	118
4.3.2. Оцінка кормової якості зеленої маси гібридів кукурудзи.....	126
Висновки до розділу 4.....	133
РОЗДІЛ 5.ЕКОНОМІЧНА І БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МІКРОДОБРІВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ.....	136
5.1. Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи на силос.....	136
5.2.Біоенергетична оцінка застосування мікродобрив і регуляторів росту при вирощуванні кукурудзи на силос.....	141
Висновки до розділу 5.....	146
ВИСНОВКИ.....	147
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	151
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	152
ДОДАТКИ.....	184

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

% – відсоток

°C – градус Цельсія

БЕР – безазотові екстрактивні речовини

ВВСН – міжнародна шкала росту та розвитку рослин

ВЕ – валова енергія

га – гектар

ГДж – гігаджоуль

грн – гривня

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

ЕКО – енергетична кормова одиниця (ЕКО)

ЄС – Європейський Союз

K_{ee} – коефіцієнт енергетичної ефективності

МДж – мегаджоуль

млн – мільйон

NI_{P05} – найменша істотна різниця

ОЕ – обмінна енергія

р – рік

СР – суха речовина

т – тонна

тис – тисяча

ФПП – фотосинтетичний потенціал посіву

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

шт – штук

NEL – нетто-енергія лактації

NIRS – спектроскопія ближнього інфрачервоного випромінювання

ВСТУП

Світові площі кукурудзи (*Zea mays* L.) (на зерно та силос) становлять 197–210 млн. га, особливо збільшившись за останнє десятиріччя в країнах Африки, Азії та Латинської Америки [169]. Вона має найширший ареал вирощування серед усіх культур, від півдня Чилі 40° пд. ш. до Канади 50° пн. ш. та від Андських гір, де вона може рости на висоті 3400 м над рівнем моря до Карибських островів [259]. Попит на кукурудзу у світі зростає, а наукові дослідження ще більше розширюють знання про застосування цієї культури, коли різні частини рослини (зерно, листки, волоть, стебло, корінь) можуть бути перетворені на певну продукцію [135].

Ця важлива продовольча культура забезпечує понад 20 % продовольства для людей [251]. Порівняно з пшеницею та рисом, кукурудза є більш універсальною й багатоцільовою культурою. У розвинених країнах вона переважно використовується як кормова культура для худоби, а також відіграє важливу роль як промислова та енергетична сировина [198]. Із розвитком економіки, зростанням доходів людей і процесом урбанізації, споживання продуктів тваринного походження прискорюється, що стимулює попит на кукурудзу як кормову культуру [187, 236, 242]. Доведено, що 56 % виробленої кукурудзи у світі переважно використовується як корм для тварин, 13 % для харчування, а п'ята частина від загального обсягу виробництва йде для нехарчові потреби (біопаливо, промисловість і т. д.) [167]. Прогнозується, що об'єм світового ринку кукурудзяного силосу зростатиме з річним темпом 7,84 % з 2021 по 2030 роки. Зі збільшенням молочного сектору приблизно на 4–5 % в рік та зростаючим дефіцитом кормів очікується підвищення попиту на кукурудзяний силос в усьому світі [174].

Актуальність теми. За сучасних умов глобальних змін клімату кукурудза гарантує стійкість та сталість для забезпечення продовольчої і харчової безпеки та кормової бази для людей та свійських тварин [97, 220].

Кукурудзяний силос це високоенергетичний, низько білковий корм, який використовується для годівлі ВРХ. Кукурудза найкраще підходить для силосування завдяки високому вмісту крохмалю та достатній кількості розчинних цукрів [40, 141, 164]. Силос кукурудзи має низьку буферну здатність і достатній рівень розчинних вуглеводів, що забезпечує його збереження з високою якістю тривалий період [33, 145]. Широке використання кукурудзяного силосу фермерами зумовлене низькою факторів, зокрема нижчими технологічними витратами, зменшенням виробничих ризиків, підвищеною врожайністю та гнучкістю у виборі строків збирання [141, 160]. Кормова якість кукурудзяного силосу залежить від багатьох факторів, таких як гібрид, густота рослин, удобрення, умови росту, період збирання та вологості [211].

Незважаючи на високий рівень сучасних селекційних досягнень, досить мало уваги приділяється створенню ідеотипу рослини кукурудзи силосного напрямку використання. Більшість виробничих технологій є адаптованими версіями вирощування кукурудзи на зерно, що не завжди відповідає специфічним вимогам гібридів на силос [256]. Розкриття генетичного потенціалу сучасних гібридів вимагає оптимізації їх фізіологічних процесів на критичних етапах органогенезу [38,166]. Якщо вплив макроелементів на продуктивність кукурудзи описаний досить широко, то недостатніми є дослідження використання мікродобрих та регуляторів росту рослин у технології вирощування цієї культури.

Застосування мікроелементів та регуляторів росту в технологічних схемах вирощування кукурудзи дозволяє підвищити продуктивність та якість силосу, забезпечуючи при цьому більш ефективне використання елементів живлення з ґрунту та мінеральних добрив. Відповідно оптимізація живлення гібридів кукурудзи силосного напрямку має науково-практичне значення, що і визначало актуальність наших досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконані впродовж

2023–2025 рр. і є складовою частиною наукових досліджень ініціативних наукових тематик Білоцерківського національного аграрного університету: «Агробіологічне обґрунтування технологій вирощування сільськогосподарських та біоенергетичних культур в умовах змін клімату» (номер державної реєстрації 0121U113588), «Агротехнічне та екологічне обґрунтування елементів технології вирощування зернових і зернобобових культур в Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0122U202065) та «Вивчення впливу кліматичних змін та елементів технологій на продуктивність агрофітоценозів сільськогосподарських культур в умовах Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0125U000179).

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень було встановлення особливостей формування продуктивності та якості зеленої маси гібридів кукурудзи залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин в умовах Лівобережного Лісостепу України. Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- дослідити особливості біометричних показників рослин та формування асиміляційної поверхні і фотосинтетичної продуктивності гібридів кукурудзи при використанні мікродобрив та регуляторів росту;
- виявити вплив мікродобрив та регуляторів росту на накопичення сухої речовини в окремих органах рослин та урожайність сухої маси кукурудзи;
- встановити рівень урожайності зеленої маси гібридів кукурудзи залежно від використання досліджуваних препаратів;
- проаналізувати зміну якісних показників та кормової цінності зеленої маси кукурудзи залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин;
- науково обґрунтувати вплив досліджуваних факторів на розрахунковий збір кормових одиниць та вихід обмінної енергії;

– провести економічну та енергетичну оцінку ефективності застосування мікродобрив та регуляторів росту при вирощуванні гібридів кукурудзи на силос.

Об’єкт дослідження – процеси росту та розвитку рослин, формування врожайності та якості зеленої маси кукурудзи залежно від гібридного складу, застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин.

Предмет дослідження – кукурудза, мікродобрива, регулятори росту рослин, урожайність зеленої маси, вміст сухої речовини, якісні показники, економічна та енергетична ефективність.

Методи дослідження. У процесі виконання дисертаційної роботи використовували загальнонаукові й спеціальні методи досліджень: гіпотеза – для вибору напрямку досліджень; експеримент – дослідження об’єкту та процесів; аналогії – при проведенні порівняння між варіантами; польовий – вивчення впливу погодних умов, особливостей гібридів, застосування мікродобрив та регуляторів росту; вимірювальний – для визначення біометричних показників рослин; лабораторний – здійснення аналізів показників якості та кормової цінності зеленої маси (вміст сухої речовини, протеїну, жиру, крохмалю, золи, целюлози); розрахунковий – для визначення фотосинтетичних показників, загального виходу сухої речовини, обмінної енергії та кормових одиниць; порівняльно-розрахунковий – визначення економічної та енергетичної ефективності; методи математичної статистики (дисперсійний, регресійний та кореляційний) – для оцінки достовірності отриманих результатів та визначення вірогідності різниць між досліджуваними факторами.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у комплексному встановленні закономірностей формування продуктивності та якості зеленої маси гібридів кукурудзи при застосуванні мікродобрив і регуляторів росту рослин в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Для ґрунтово-кліматичних умов Лівобережного Лісостепу України науково обґрунтовано реакцію сучасних гібридів кукурудзи силосного

напрямку на застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин. Визначено їх вплив на покращення біометричних параметрів рослин, підвищення якісних показників і кормової цінності та зростанні урожайності сухої і зеленої маси. Встановлено кореляційно-регресійні залежності формування продуктивності зеленої маси кукурудзи із сумою опадів і середньою температурою повітря за вегетаційний період кукурудзи в роки досліджень. Обґрунтовано економічну і енергетичну ефективність використання мікродобрив і регуляторів росту рослин при вирощуванні кукурудзи на силос.

Удосконалено технологію вирощування кукурудзи на силос за рахунок комплексного застосування мікродобрив і регуляторів росту з урахуванням генетичних особливостей гібридів.

Набули подальшого розвитку теоретичні та прикладні питання щодо особливостей росту, розвитку та формування врожайності та якості зеленої маси гібридів кукурудзи силосного напрямку використання за комплексного застосування мікроелементів та регуляторів росту рослин.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці та впровадженні науково-практичних рекомендацій аграрному виробництву щодо підвищення урожайності і покращення якісних показників зеленої маси кукурудзи за рахунок оптимізації позакореневого живлення мікродобривами і регуляторами росту рослин. За результатами проведених досліджень удосконалено технологію вирощування кукурудзи на силос в умовах Лівобережного Лісостепу, що передбачає вирощування гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс із позакореневим застосуванням препаратів Радікс (1 л/га), Лінамін (1 л/га), Турбоазот (1 л/га), Біогумат (0,5 л/га), Енерджі (1 л/га), Фотосинтез (1 л/га), Цинк (1 л/га). Таке поєднання забезпечує врожайність зеленої маси кукурудзи на рівні 45,2 і 48,5 т/га, сухої маси –17,0 і 18,8 т/га, а також сприяє формуванню кращої структури рослин з високим вмістом протеїну, сирого жиру, сирієї клітковини, крохмалю і целюлози. Позакореневі підживлення мікродобривами та регуляторами росту підвищують енергетичну

цінність зеленої маси кукурудзи (валову і обмінну енергію та чисту енергію лактації) і покращують її технологічну придатність до силосування.

Удосконалені елементи технології вирощування гібридів кукурудзи на силос пройшли виробничу перевірку та були впроваджені у СФГ Родина Броварського району Київської області на площі 63 га, ФГ Шанс-М Жмеринського району Вінницької області на площі 64 га, ТОВ Богдан Агро Олександрівського району Кіровоградської області на площі 48 га, СФГ Фортуна Броварського району Київської області на площі 83 га.

Основні положення дисертаційної роботи, результати досліджень та наукові висновки використано в освітньому процесі на кафедрі рослинництва та цифрових технологій в агрономії Білоцерківського національного аграрного університету для студентів спеціальності 201 «Агрономія» з навчальних дисциплін «Інноваційні технології в рослинництві» і «Кормовиробництво».

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота являє собою самостійно виконану та завершену наукову працю. Здобувачем у тісній співпраці з науковим керівником було сформовано концептуальну базу дослідження, обрано оптимальні методологічні підходи, а також чітко окреслено робочу гіпотезу, мету та ключові завдання експерименту. Автором здійснено критичний огляд та систематизацію сучасних інформаційних джерел, як вітчизняних так і іноземних із проблематики дослідження. Особисто закладено та виконано польові і лабораторні дослідження. Отримані експериментальні дані були самостійно проаналізовані, структуровані та проведено їх математично-статистичну обробку. Здобувач особисто підготував матеріали для апробації на наукових конференціях та опублікував статті у фахових виданнях України. На основі отриманих експериментальних даних автором одноосібно сформульовано загальні висновки дисертаційної роботи та розроблено науково-обґрунтовані рекомендації їх впровадження в аграрному виробництві.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати досліджень було обговорено на засіданнях кафедри рослинництва та цифрових

технологій в агрономії Білоцерківського національного аграрного університету (2023–2025 рр.); XI Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур», (с. Центральне, 21 квітня 2023 р.); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, присвяченій до Дня науки в Україні «Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України», (м. Одеса, 18–19 травня 2023 р.); Міжнародній науковій конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Григорія Родіоновича Пікуша: «Сучасні технологічні аспекти виробництва зерна та переробки сільськогосподарської продукції», (м. Дніпро, 20–21 березня 2024 р.); VIII Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції: «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта», (м. Полтава, 15–16 травня 2024 р.); XII Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур», присвяченій 60-річчю реєстрації сорту-шедевр пшениці м'якої озимої Миронівська 808, (с. Центральне, 19 квітня 2024 р.); науково-практичній конференції «Наукові читання до 100-річчя від дня народження Філіп'єва Івана Давидовича – видатного вченого у галузі агрохімії та ґрунтознавства», (м. Одеса, 20 вересня 2024 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення», (м. Ломжа – м. Миколаїв, 6 грудня 2024 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Ротмістровські читання частина 1: технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату», присвяченій 130-річчю заснування Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції, (сmt Хлібодарське, 28 березня 2025 р.); III Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур», (м. Полтава, 31 березня 2025 р.); Second International Research-to-Practice Conference «Climate Services: Science and Education», (м. Одеса, 16–18

квітня 2025 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Агроекологічна безпека і раціональне землекористування зони Полісся», (м. Житомир, 23 квітня 2025 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети», (м. Одеса, 12 вересня 2025 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Адаптація агровиробництва до змін клімату та ґрунтової родючості», (м. Миколаїв, 9 жовтня 2025 р.); IX Міжнародній науково-практичній конференції, (м. Харків, 28 листопада 2025 р.).

Публікації результатів досліджень. Основні результати дисертації висвітлено у 4 фахових публікаціях, 14 працях апробаційного характеру в збірниках матеріалів науково-практичних конференцій.

Обсяг і структура дисертації. Дисертацію викладено на 210 сторінках комп'ютерного набору (з них основного тексту – 151 сторінка). Робота містить 27 таблиць, 24 рисунка та 21 додатка. Складається зі вступу, 5 розділів, висновків та рекомендацій виробництву. Список використаних джерел налічує 278 найменування, з яких 145 представлені латиницею.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МІКРОДОБРИВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Значення макро- та мікроелементів у формуванні врожайності кукурудзи

Стале управління режимом живлення рослин передбачає використання різноманітних доступних джерел і агрономічних прийомів, що дають змогу оптимізувати врожайність сільськогосподарських культур, одночасно зберігаючи родючість ґрунту та стан навколишнього середовища в довгостроковій перспективі [257].

Елементи живлення є ключовим чинником росту та розвитку рослин. За достатнього забезпечення ґрунту доступними поживними речовинами, культура може реалізувати свій генетично запрограмований потенціал щодо врожайності та якісних характеристик продукції [214]. Оптимальний розвиток рослин зумовлений їх здатністю краще адаптуватися до умов середовища, проявляти високу конкурентоспроможність і витривалість до різноманітних біотичних факторів (бур'яни, шкідники, хвороби), а також абіотичних стресів (температури, опади, рН ґрунту і інші). Забезпечення рослин необхідними поживними речовинами створює сприятливі умови для їх росту та розвитку [32, 264].

Мінеральне живлення має суттєве значення для підвищення врожайності кукурудзи, а також сприяє поліпшенню якісних показників продукції [42, 252]. Ефективність вирощування кукурудзи значною мірою залежить від забезпеченості основними елементами живлення та регулювання фізіологічних процесів у рослинах [27, 41, 180].

Технологія вирощування кукурудзи на силос має певні особливості, що відрізняють її від вирощування культури на зерно. Зокрема, кукурудзу на силос

збирають раніше, ще до настання фізіологічної стиглості зерна, тому їй потреба у вологозабезпеченні є меншою, порівняно із посівами, що використовуються на зерно. Водночас ефективне регулювання мінерального живлення на початкових етапах розвитку відіграє ключову роль у формуванні високої врожайності та покращенні якісних характеристик силосної маси [44, 178].

Азот є одним із найважливіших елементів живлення рослин, оскільки він необхідний для синтезу білків і хлорофілу, підтримання інтенсивності фотосинтезу, формування листкової поверхні та накопичення сухої речовини [267]. Достатнє забезпечення азотом протягом усього вегетаційного періоду є критично важливим для нормального росту і розвитку рослин. Він входить до складу білків, а також є складовою багатьох біологічно активних сполук, необхідних для росту кукурудзи, зокрема хлорофілу та ферментів [241]. Азот у ґрунті може бути в органічній (близько 90 %) та мінеральній (доступній рослинам менше 10 %) формах [194]. Наявність мінерального азоту в ґрунті у формах NH_4^+ та NO_3^- впливає на інтенсивність формування і розгортання листків, їх розміри та тривалість функціонування [217]. Між вмістом мінерального азоту в ґрунті та концентрацією NO_3^- у рослинних тканинах спостерігається позитивний взаємозв'язок [195]. Джерелами азоту, доступного для рослин, є: запаси мінерального азоту в ґрунті, азот, що утворюється внаслідок мінералізації органічної речовини протягом поточного вегетаційного сезону та азот, внесений із мінеральними добривами [271]. Кукурудза значною мірою забезпечує себе азотом за рахунок ґрунтових запасів: приблизно 67 % цього елемента рослини отримують саме з ґрунту, а не з мінеральних добрив [186].

Швидкість засвоєння азоту кукурудзою є відносно низькою до початку фази інтенсивного росту, яка настає приблизно на стадії V6. Основне накопичення азоту відбувається в середині та наприкінці вегетаційного періоду [177]. До появи кукурудзяних рилець рослини можуть поглинути до 70% або навіть більше загальної кількості азоту (залежно від гібриду, потенціалу врожайності та погодних умов). Після їх формування інтенсивність поглинання

азоту знижується і поступово припиняється до настання фізіологічної стиглості зерна [154, 185].

K.D. Subedi та B.L. Ma [257] встановили, що обмеження надходження азоту до стадії V8, а також у період від V8 до фізіологічної зрілості, призводить до незворотного зниження врожайності зерна та погіршення засвоєння азоту рослинами кукурудзи. Строки внесення азоту та рівень його дефіциту в рослинах істотно впливають на процеси поглинання, ремобілізації та загальну динаміку азоту в кукурудзі.

Застосування азотних добрив вважається одним із найбільш енергоємних етапів у виробництві кукурудзи [29,247]. Підвищення ефективності використання азоту набуває все більшого значення в сучасному землеробстві через зростання вартості азотних добрив, а також через посилення екологічних ризиків, пов'язаних із забрудненням ґрунтових і поверхневих вод нітратами (NO_3) [255]. Крім того, важливим фактором є зменшення викидів газоподібних сполук азоту в атмосферу, які сприяють утворенню парникового ефекту та забрудненню повітря.

Системи землеробства, способи обробітку ґрунту та забезпеченість вологою істотно впливають на строки й обсяги внесення азотних добрив з метою підвищення ефективності їх використання. Наприклад, у системах вирощування кукурудзи на зрошуваних землях необхідно оптимізувати режим поливу, щоб запобігти вимиванню поживних речовин із прикореневої зони, особливо на піщаних ґрунтах [243]. Аналогічно, строки та норми внесення азоту в системах No-till або за консерваційного обробітку ґрунту мають відрізнятися від тих, що застосовуються за традиційної системи обробітку [229].

Норма внесення азотних добрив під кукурудзу визначається запланованим рівнем урожайності та величиною винесення основних елементів живлення з одиницею продукції. За даними окремих дослідників, потреба у мінеральному азоті оцінюється на рівні N_{15} на 1 тону врожаю для родючих ґрунтів і N_{20} на 1 тону для менш забезпечених поживними речовинами ґрунтів

[118]. Вибір азотних добрив залежить від їх доступності на ринку, відносної вартості, рівня рН ґрунту, наявного обладнання для внесення та ін. Наприклад, Е. Urbańczyk та ін. [263] зазначали, що сечовина має переваги, порівняно з водним розчином аміаку, оскільки вона зменшує накопичення мінерального азоту у верхньому шарі ґрунту та менш схильна до втрат унаслідок випаровування.

Фосфор відіграє важливу роль у формуванні кореневої системи рослин і підвищує їхню стійкість до окремих грибкових хвороб. Він також покращує засвоєння інших поживних елементів із ґрунту, зокрема азоту, калію та магнію, і позитивно впливає на харчові та технологічні властивості рослинницької продукції [28]. Належне забезпечення фосфором сприяє збільшенню частки генеративних органів у загальній біомасі рослин [231].

Високий рівень забезпечення кукурудзи фосфором є особливо важливим на початкових етапах її росту та розвитку. Дефіцит фосфору зазвичай проявляється на ранніх стадіях розвитку кукурудзи, коли концентрація фосфору в ґрунті є недостатньою для задоволення високих потреб у фосфорі молодих рослин або коли вони не можуть засвоїти достатню кількість фосфору, особливо в умовах холодної весни [196]. У подальшому фосфор має надходити до рослин у критичний період інтенсивного росту, який розпочинається за 15–20 днів до цвітіння і триває певний час після нього. Крім того, потреба у фосфорі зберігається і наприкінці вегетації, у фазах формування та наливу зерна. Оптимальне забезпечення цим елементом сприяє розвитку потужної кореневої системи та підвищує посухостійкість рослин [63].

Фосфор легко взаємодіє з різними сполуками в ґрунті, переходячи у зв'язані форми, що знижує його доступність для рослин. За низького рівня рН ґрунту вільні іони заліза та алюмінію зв'язують фосфор, обмежуючи його надходження до кореневої системи. У вапнякових ґрунтах із високим рН доступність цього елемента також зменшується через утворення нерозчинних сполук із кальцієм [192]. Вміст доступного фосфору в ґрунті має позитивний зв'язок із його концентрацією в зерні, хоча можлива значна варіабельність

цього показника від багатьох факторів [142]. Важливу роль у засвоєнні фосфору з ґрунту відіграє добре розвинена коренева система кукурудзи, яка здатна швидко й інтенсивно поглинати поживні речовини [2].

При вирощуванні кукурудзи доцільно застосовувати агроприйоми, що передбачають бактеризацію насіння та позакореневу обробку рослин упродовж вегетації препаратом «Поліміксобактерин». Такий підхід сприяє інтенсивнішому засвоєнню фосфору рослинами, підвищує його вміст у листостебловій масі та зерні, а також збільшує винесення цього елемента з урожаєм, що свідчить про зростання ефективності фосфорного живлення кукурудзи [121].

Позакореневе внесення фосфорних добрив може підвищити ефективність їх використання та зменшити потребу у ґрунтовому внесенні. У 2002–2003 роках було проведено дев'ять дослідів для визначення ефективності норм позакореневого внесення фосфору: 0, 2, 4 та 8 кг/га. Встановлено, що обробка на стадії викидання волоті покращувала концентрацію фосфору в рослинах і зерні кукурудзи. Найвищі показники врожайності та вмісту фосфору забезпечувала норма 8 кг/га, яка перевищувала ефект від менших доз. Отримані результати свідчать, що позакореневе внесення фосфору є ефективним інструментом управління фосфорним живленням кукурудзи за умови правильного вибору фази розвитку та норми внесення [179].

Калій є важливим елементом живлення, необхідним для процесів фотосинтезу, транспорту вуглеводів, синтезу білків, а також для підвищення стійкості рослин до хвороб і несприятливих умов навколишнього середовища. Він характеризується високою рухливістю та багатофункціональністю, оскільки прямо й опосередковано бере участь майже в усіх біохімічних і фізіологічних процесах рослинного організму. Крім того, калій регулює водний режим рослин, сприяє накопиченню та переміщенню цукрів, підвищує стійкість до ураження хворобами, посухи та заморозків [1].

Оптимальне внесення калійних добрив сприяє також підвищенню вмісту азоту в зерні та покращує його засвоєння рослинами. У ґрунтовому розчині

доступною для рослин є лише незначна частка загального калію (менше 2 %) у формі розчинного калію [99]. Потреба у калії є специфічною, тому норми його внесення визначаються трьома основними факторами: результатами агрохімічного аналізу вмісту калію в ґрунті, запланованим рівнем урожайності та катіонообмінною ємністю ґрунту. На поглинання калію рослинами також можуть негативно впливати підвищена засоленість ґрунту та надлишок азоту в ґрунтовому розчині [127].

J. R. Neskman та ін. [190] повідомили, що вміст калію у зерні кукурудзи позитивно корелює із рівнем урожайності. Хоча дефіцит калію не завжди візуально помітний і може маскуватися іншими симптомами стресу культури, калій має бути доступним для рослини кукурудзи вже на ранніх етапах для оптимального розвитку, оскільки понад 70 % загальної потреби в калії відбувається до фази викидання волоті [196].

Bundy і Andraski [158] зазначили, що ймовірність збільшення врожайності кукурудзи при застосуванні калійних добрив вища на ґрунтах із вмістом калію в ґрунті нижче 140 мг/кг. Стартове калійне добриво виявляється особливо важливим за умов мінімального обробітку ґрунту [265].

Мікродобрива є важливим резервом підвищення врожайності зернових культур та поліпшення якості продукції. Їх нестача часто обмежує ріст і розвиток рослин, що призводить до зниження врожайності та погіршення якості сільськогосподарської продукції. Незважаючи на те, що мікроелементи (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co, Ni та інші) застосовуються у відносно невеликих кількостях під час вирощування кукурудзи, їх значення не поступається ролі макроелементів (N, P, K, S). Вони є важливими для фізіологічних процесів мінерального живлення цієї культури. Усі реакції синтезу та перетворення речовин у клітинах рослин відбуваються за участю ферментів, складовою частиною яких виступають саме мікроелементи [248]. Мікроелементи, задіяні в ключових біохімічних процесах, активізують фотосинтез у рослин, сприяють скороченню періоду їх досягання, підвищують рівень урожайності та

покращують якість продукції. Крім того, вони зміцнюють стійкість рослин до дії несприятливих чинників довкілля [184, 233].

Основним джерелом мікроелементів для рослин є ґрунт, однак не всі ґрунтові умови здатні повною мірою забезпечити потреби культур у цих елементах. Доступність більшості мікроелементів у значній мірі визначається рівнем рН ґрунту. Загалом, зі зміною рН проблема їх дефіциту для рослин посилюється. Встановлено, що на кислих ґрунтах підвищується доступність більшості мікроелементів для рослин, за винятком молібдену. Натомість у нейтральних і слабколужних ґрунтах спостерігається протилежна закономірність: засвоєння молібдену зростає, тоді як доступність таких елементів, як залізо, марганець і цинк зменшується [79]. Надмірне внесення азотних і фосфорних добрив може спричинити дефіцит міді [218].

Такі мікроелементи, як цинк, марганець, мідь, бор і молібден відіграють ключову роль у функціонуванні ферментів, утворенні хлорофілу та перебігу обмінних процесів у рослинах. Їх нестача може спричинити уповільнення росту, зниження інтенсивності фотосинтезу й, як наслідок, падіння врожайності. Позакореневе застосування різних поєднань мікродобрив сприяє швидкому засвоєнню поживних речовин і їх ефективному надходженню до рослин, особливо в критичні фази розвитку [104,202]. Особливо важливим є позакореневе підживлення макро- та мікродобривами в умовах посухи, коли через дефіцит ґрунтової вологи ускладнюється надходження елементів живлення з кореневої системи до надземної частини рослин [197].

Серед мікроелементів найчастіше дефіцит у посівах кукурудзи в усьому світі спостерігається щодо цинку, а також, у меншій мірі, бору. Недостатня забезпеченість цинком є однією з ключових проблем мінерального живлення рослин, оскільки його доступні форми в більшості ґрунтів перебувають на низькому рівні [136]. Цинк бере участь у процесах азотного метаболізму та сприяє утворенню амінокислоти триптофану, яка виконує функцію регулятора росту рослин. Крім того, цей елемент входить до складу ферментних систем, що контролюють обмін вуглеводів, жирів і фосфору, а також беруть участь у

синтезі вітамінів. Засвоєння цинку рослинами може суттєво знижуватися під впливом різних факторів: надмірного внесення фосфорних, калійних добрив, низької температури та ущільнення ґрунту, недостатнього вмісту органічної речовини [71]. Дефіцит цинку також суттєво залежить від способу внесення добрив, стрічкового або суцільного. Одним із ефективних способів усунення нестачі цинку є внесення невеликих його доз разом із насінням кукурудзи при сівбі [139].

Бор відіграє важливу роль у стимулюванні розвитку меристемних тканин надземних органів і кореневої системи рослин, а також забезпечує проростання пилку в пилкових трубках. Він підвищує фертильність пилку, що позитивно впливає на процеси формування плодів і сприяє збільшенню врожайності кукурудзи. Доступність бору для рослин може знижуватися за умов посухи, а також при підвищеному вмісті в ґрунті азоту, сполук кальцію та калію [131]. Зафіксовано зниження врожайності сухої маси кукурудзи при внесенні бору, а також накопичення його надлишкових кількостей у кореневій системі з проявами токсичності, особливо за умов дефіциту цинку [136]. Загалом взаємодія бору з цинком має антагоністичний ефект щодо концентрації елементів живлення та синергічний щодо впливу на рослини. За таких умов рекомендується підтримувати достатній рівень забезпечення цинком під час вирощування кукурудзи на ґрунтах із підвищеним вмістом бору, особливо тоді, коли доступність цинку є обмеженою [146].

Марганець покращує засвоєння рослинами мінеральних форм азоту, стимулює інтенсивність дихання, процеси фотосинтезу та розвиток кореневої системи. Разом з тим його доступність у ґрунті зменшується на легких піщаних ґрунтах, за високого вмісту органічної речовини, а також при підвищених концентраціях заліза, міді і цинку [102].

Мідь підвищує здатність рослин витримувати знижену температуру повітря, особливо на початкових етапах розвитку, а також підсилює їхню посухо- та жаростійкість. Крім того, цей елемент бере участь у регуляції обміну вуглеводів і білків у рослинному організмі [107].

Сірка є важливим елементом, роль якого у рослинах надзвичайно важлива, адже вона входить до складу амінокислот та бере участь у формуванні хлорофілу. Сірка відіграє ключову роль у збалансованому живленні для отримання високих урожаїв та якісної продукції кукурудзи [25]. До причин нестачі сірки відносять інтенсивне застосування добрив, що не містять цього елемента, активне землеробство, винос поживних речовин із рослинними рештками та ерозійні процеси в ґрунті. Симптоми дефіциту сірки зазвичай проявляються на ранніх етапах росту культур, оскільки цей елемент легко вимивається дощовими водами та часто концентрується у нижніх горизонтах [191].

Існують повідомлення про значне підвищення врожайності при внесенні сірки, хоча дані суттєво відрізняються залежно від місця проведення досліджень. Внесення сірки у кількості до 30 кг/га підвищувало середню врожайність зерна кукурудзи на 22 %, порівняно з контролем без добрив [165]. В. J. Niehues та ін. [225] засвідчили збільшення виробництва сухої маси кукурудзи на ранніх стадіях, а також підвищення врожайності зерна та засвоєння поживних речовин при внесенні 11 кг/га сірки як стартового добрива. Khan та ін. [204] повідомили, що внесення сірки 60 кг/га значно підвищувало структуру врожайності, врожайність зерна та концентрацію цього елемента у тканинах кукурудзи.

Кальцій у значних кількостях є необхідним елементом для рослин, оскільки входить до складу їхньої структурної основи, зокрема клітинних стінок. Його нестача у сільськогосподарських ґрунтах трапляється порівняно рідко. Як правило, нейтральні та лужні ґрунти містять достатній запас цього елемента, тоді як дефіцит кальцію може виникати переважно на кислих ґрунтах. Зниження кислотності ґрунту шляхом вапнування зазвичай дозволяє забезпечити рослини, зокрема кукурудзу, необхідною кількістю кальцію. Крім того, підтримання оптимального рівня органічної речовини за рахунок внесення органічних добрив і рослинних решток сприяє збереженню кальцію та інших поживних елементів у доступній формі [250].

Магній входить до складу молекули хлорофілу, активує роботу ферментних систем і бере участь у процесах обміну вуглеводів у рослинах. Його нестача трапляється частіше, ніж дефіцит кальцію, однак у більшості ґрунтів магній не є головним фактором, що обмежує врожайність. При виявленні дефіциту магнію за зовнішніми ознаками або за результатами аналізу ґрунту чи рослинних тканин, нестачу можна усунути внесенням магнієвмісних добрив у ґрунт або шляхом позакореневого підживлення [55].

1.2. Продуктивність кукурудзи залежно від позакореневого підживлення мікродобривами

В умовах інтенсивного ведення сільського господарства рослини часто відчують дефіцит оптимальної кількості поживних речовин, особливо мікроелементів [219]. Нестачу мікроелементів можна ефективно усунути шляхом позакореневого підживлення рослин [171, 258]. Позакореневе внесення мікроелементів сприяє їх швидкому засвоєнню та ефективному використанню рослинами тому, що вони оперативно включаються в метаболічні процеси рослинного організму [153]. Технологічні інновації в аграрному виробництві, зокрема впровадження точного землеробства та сумішей макро- і мікродобрив, значно підвищують результативність позакореневого підживлення. Цей прийом є ефективною та привабливою альтернативою традиційному ґрунтовому внесенню добрив [269].

Завдяки подібності морфологічної будови тканин листка та кореня рослини здатні досить швидко засвоювати розчинені поживні елементи шляхом позакореневого застосування [216]. У певних випадках, добрива можна застосовувати одночасно з гербіцидами, щоб сприяти рослинам у подоланні можливого гербіцидного стресу [156]. Негативний вплив умов довкілля, зокрема ґрунтової та повітряної посухи, можна частково зменшити шляхом позакореневого внесення мікродобрив. За умов дефіциту вологи ефективність листового підживлення часто перевищує результативність застосування ґрунтових добрив [155].

Поживні елементи, які надходять у результаті позакореневого підживлення, швидко поглинаються та ефективно засвоюються рослинами. Дослідження свідчать, що азот, який надходить у формі сечовини, може бути повністю засвоєний листковою поверхнею рослин приблизно протягом чотирьох годин [234]. Безпосереднє позакореневе внесення фосфору підвищує ефективність його засвоєння рослинами та сприяє збільшенню його концентрації в зерні кукурудзи [223].

Висока продуктивність кукурудзи зафіксована за умов позакореневого внесення калію, порівняно з ґрунтовими та іншими способами удобрення. Листкове підживлення цинком активізує ферментативні антиоксидантні системи та фізіологічні захисні механізми рослин, що сприяє підвищенню їх стійкості до абіотичних стресів [133]. Позакореневе підживлення, застосоване у критичні фази розвитку рослин, зокрема під час цвітіння та наливу зерна, сприяє підвищенню вмісту вуглеводів і білків, рівня ліпідів, натури зерна, мінерального складу та маси зерна кукурудзи. Результативність такого підживлення визначається низкою чинників, серед яких строки внесення, склад і концентрація добрив, а також умови навколишнього середовища [254].

У науковій літературі описано окремі негативні наслідки позакореневого внесення мікродобрив, зокрема явище так званого «листяного опіку». Такий ефект може виникати у разі застосування препаратів поза рекомендованими фазами розвитку культури, а також за несприятливих погодних умов [138]. Крім того, до недоліків позакореневого внесення макро- та мікродобрив належать значні витрати, пов'язані з багаторазовим їх застосуванням, а також залежність ефективності такого внесення від погодних умов [203, 234]. Тривале застосування позакореневого добрива, що містить сірку, за умов вирощування кукурудзи в монокультурі призводило до помітного зниження вмісту цинку та марганцю в ґрунті. Це підкреслює важливість раціонального та сталого підходу до управління ґрунтовими ресурсами [143].

В умовах Правобережного Лісостепу України, за результатами трирічних досліджень встановлено, що застосування мікродобрив забезпечувало

формування високих показників урожайності зеленої та сухої маси у фазу молочно-воскової стиглості зерна на рівні 40,9–48,9 і 14,7–17,7 т/га, відповідно. Передпосівна обробка насіння препаратом YaraVita Terosyn NP+Zn (5 л/т) у поєднанні з позакореневим внесенням у фазі 3–5 листків YaraVita Maize Boost (4 л/га) забезпечувала приріст урожайності зеленої та сухої маси на 1,2–3,8%, порівняно з контролем. У варіанті з обробкою насіння YaraTera Tenso Cocktail (0,15 кг/т) та подальшим обприскуванням у фазі 3–5 листків YaraVita Kombiphos (3 л/га) приріст становив 1,5–4,2 %. Водночас достовірної різниці між другим і третім варіантами застосування мікродобрив не виявлено [87].

Згідно з результатами дослідження S. Ghazvineh і M.Yousefi [176] внесення калійних добрив шляхом позакореневого внесення мікроелементів, таких як залізо, цинк і марганець, не лише підвищує якість і врожайність кукурудзи, але й дає змогу зменшити загальні обсяги внесення добрив, що є важливим для економії ресурсів. Найвищу врожайність зерна було зафіксовано у варіанті внесення комплексного добрива у фазі цвітіння качана – 10649 кг/га.

У польових дослідженнях в Нігерії [201], комбінація добрив, що включала азот, фосфор, калій, магній та мікроелементи залізо, мідь та цинк забезпечило вищу урожайність, ніж одноразове внесення азоту, фосфору, калію та комбінації азот-фосфор, азот-калій та фосфор-калій. Врожайність сухої речовини збільшилася, порівняно з контролем після комплексного внесення азоту, фосфору, калію, магнію, заліза, міді та цинку. Ґрунти з високим вмістом органічної речовини (понад 3 %) потребували менших норм азоту для оптимального врожаю сухої речовини кукурудзи.

Поєднання основного внесення азотних добрив із позакореневим підживленням вважається найбільш ефективним способом забезпечення рослин азотом. Внесення половини норми азоту до сівби, а іншої частини шляхом позакореневого підживлення сприяло зростанню врожайності кукурудзи на 43 % у порівнянні з варіантом, де вся норма азотних добрив (100 кг/га) застосовувалась лише до сівби [193].

Використання комплексу препаратів у поєднанні з передпосівною обробкою насіння кукурудзи препаратом «Емістим С» забезпечило формування врожайності зеленої маси у фазі молочно-воскової стиглості зерна: у середньораннього гібрида – 82,4 т/га та у середньостиглого – 80,0 т/га. У фазі воскової стиглості ці показники трохи знижувалися і становили 82,1 та 78,1 т/га, відповідно [110].

Застосування поєднання регуляторів росту рослин і мікродобрих («Вимпел» разом із «Оракул мультикомплекс» та «Оракул біоцинк») у фазі 7–8 листків кукурудзи сприяє стабільному підвищенню польової схожості насіння, збільшенню посухо- та жаростійкості рослин у 1,5 разів, а також приросту врожайності зерна на 12,1–14,5 % у порівнянні з контрольним варіантом [119].

В Північному Степу України найвищу врожайність зерна кукурудзи забезпечило дворазове позакореневе підживлення посівів мікродобривом Аміно Ультра Кукурудза за вирощування гібридів ДКС 4712 і ДКС 5206 з густотою стояння рослин 60–65 тис./га (9,21–9,24 т/га), ДКС 4109 з густотою 70 тис./га (9,20 т/га) та ДКС 4391 з густотою 65–70 тис./га (9,18–9,19 т/га) [60].

Найвищі показники приросту сирі надземної маси кукурудзи спостерігалися за обробки посівів регуляторами росту «Сизам-Нано» та «Грейнактив-С». Урожайність зеленої маси залежно від фази розвитку становила: у ранньостиглих гібридів – 33,28–49,79 т/га, у середньоранніх – 35,4–50,73 т/га, у середньостиглих – 38,65–53,04 т/га, а у середньопізніх – 39,85–54,54 т/га [213].

С. М. Каленською та Р. В. Говенько [61] встановлено, що найвищий ефект від застосування добрива «Гумілін Стимул» у нормі 3 л/га спостерігався за умови одноразового підживлення кукурудзи у фазі 5–7 листків (ВВСН 15–17). За результатами трирічних досліджень урожайність зерна гібриду ЕС Конкорд у цьому варіанті становила 8,87 т/га, а у гібриду Астероїд – 8,56 т/га, що було вищим як порівняно з контролем, так і з іншими варіантами дослідів.

Використання комплексних мінеральних добрив Plantonit Frumentum і Plantonit Grain сприяло підвищенню продуктивності кукурудзи відповідно на

6,0 % та 5,4 % у порівнянні з варіантом, де застосовували лише $N_{60}P_{60}K_{60}$. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Plantonit Grain урожайність зерна зростала у ранньостиглих гібридів на 1,76 т/га, у середньоранніх на 2,11 т/га, а у середньостиглих на 1,96 т/га [43].

Найбільшу врожайність зерна кукурудзи в умовах Лісостепу України отримано за умови дворазового позакореневого підживлення комплексом препаратів Моноцинк + Біомаг + Вимпел у фазах 5–7 та 10–12 листків – 8,18 т/га. Приріст урожайності залежав також від схем позакореневого підживлення та групи стиглості гібрида і коливався в межах 0,72–1,50 т/га [101].

У дослідженнях, проведених в умовах Лівобережного Лісостепу України, встановлено позитивний вплив мікродобрих на продуктивність кукурудзи. Використання позакорневих підживлень водорозчинними препаратами «Нутрімікс», «Нутрібор» і «МікроМінераліс» на фоні основного мінерального живлення ($N_{158}P_{52}K_{52}$) забезпечувало істотне підвищення врожайності та покращення основних якісних показників зерна [54].

Позакореневе внесення магнію сприяло підвищенню ефективності фотосинтетичних процесів і накопиченню цукрів у листках кукурудзи до фази наливу зерна. При цьому відзначалося зниження транспірації та концентрації CO_2 . Додатково посилення антиоксидантної активності рослин зменшувало негативний вплив стресових факторів. Отримані дані свідчать про перспективність позакореневого застосування магнію, як ефективного елемента технології вирощування кукурудзи [245].

Польові дослідження, проведені в ґрунтово-кліматичних умовах Індії, засвідчили, що комбіноване позакореневе внесення цинку, заліза та бору істотно підвищує врожайність кукурудзи на 17–25 %. У середньому, за два роки рівень урожайності становив 6,85 т/га, тоді як у контрольному варіанті – 5,66 т/га. Окрім цього, відзначалося збільшення валового й чистого прибутку, а також покращення співвідношення витрат і доходів, що підтверджує економічну доцільність використання цих мікроелементів у системі удобрення кукурудзи [237].

У польовому досліді китайські вчені вивчали вплив позакореневих підживлень кукурудзи різними формами цинку (наночастинки ZnO, хітозанові комплекси Zn та ZnSO₄), а також комплексним розчином цинку, заліза, селену і азоту на накопичення мікроелементів у зерні. Найбільшу ефективність щодо підвищення вмісту цинку в зерні продемонструвало застосування ZnSO₄ у поєднанні з сечовиною. Водночас обробка комплексним розчином цинку, заліза, селену і азоту сприяло збільшенню вмісту цих елементів в зерні без негативного впливу на рівень урожайності [268].

1.3 Вплив регуляторів росту рослин на фізіологічні процеси та показники продуктивності кукурудзи

Зростання вартості мінеральних добрив для кукурудзи обмежує їх застосування, що стимулює пошук альтернативних, нетрадиційних джерел забезпечення рослин елементами живлення. Зокрема, все більшого поширення набуває використання біологічних, природних і синтетичних регуляторів росту, які є екологічно безпечними та дозволяють повніше реалізувати генетичний потенціал культури [262].

Регулятори росту рослин являють собою важливу групу біологічно активних сполук, які відіграють ключову роль у керуванні життєвими процесами рослинного організму. Вони забезпечують узгодженість фізіолого-біохімічних реакцій, сприяють ефективнішому використанню поживних речовин із ґрунту та добрив, активізують ріст надземної маси і кореневої системи, а також підвищують стійкість рослин до несприятливих факторів середовища, таких як посуха, температурні стреси та ураження хворобами. Завдяки їх дії оптимізується гормональний баланс, що, у свою чергу, позитивно впливає на інтенсивність фотосинтезу, дихання та загальний рівень продуктивності рослин [19, 152, 159].

За своєю природою регулятори росту це низькомолекулярні органічні речовини, які виконують функцію посередників між клітинами, тканинами та різними органами. Вони беруть участь у регуляції онтогенезу, впливаючи як на

фізіологічні, так і на морфологічні процеси розвитку, навіть у дуже малих концентраціях [120, 276]. Основною їх функцією є трансформація зовнішніх сигналів у внутрішньоклітинних біохімічних реакціях. Гормони, що синтезуються безпосередньо в рослині, називають ендогенними, тоді як ті, що вносяться людиною – екзогенними [24].

Класифікація регуляторів росту базується на їх походженні та механізмі дії. За походженням їх поділяють на природні та синтетичні. Природні регулятори, або фітогормони, включають ауксини, гібереліни, цитокініни, абсцизову кислоту, етилен та інші сполуки. Синтетичні аналоги отримують хімічним або мікробіологічним шляхом; вони здатні імітувати дію природних гормонів або впливати на їх синтез і функціонування, змінюючи гормональний баланс у рослинах [129]. До синтетичних регуляторів росту належать гумати, хлормекват хлорид, імуноцитифіт та інші препарати, які використовують для підвищення врожайності, зміцнення рослин і захисту від хвороб [270]. Вони можуть підвищувати ефективність використання добрив на 20–30 % і забезпечувати зростання продуктивності.

Регулятори росту, зокрема ауксини, гібереліни та цитокініни впливають на процеси поділу, подовження та диференціації клітин, забезпечуючи інтенсивніший розвиток кореневої системи, краще засвоєння елементів живлення та підвищення стійкості рослин до несприятливих умов довкілля. Використання регуляторів на основі природних фітогормонів сприяє зменшенню негативного впливу посухи, температурних коливань та інших стресових факторів, що в результаті забезпечує більш стабільні та високі врожаї [128, 148, 261]. Ефективність застосування регуляторів росту залежить від низки умов. По-перше, позитивний ефект проявляється лише за дефіциту власних гормонів у рослині. По-друге, важливою є чутливість тканин до цих речовин. По-третє, велике значення має концентрація: їх надлишок може викликати інгібуючий ефект [70].

Використання регуляторів росту рослин є одним із ефективних способів зменшення негативного впливу посухового стресу на фізіологічні процеси та

врожайність кукурудзи. Згідно з дослідженнями В. Noein і А. Soleymani [227], найбільш результативним варіантом у пом'якшенні наслідків посухи на фізіологію кукурудзи та її продуктивність було застосування комбінації 6-бензиладеніну, проліну та глютаміну.

За даними Н. Zhang та ін. [273], підвищення посухостійкості рослин за допомогою екзогенних регуляторів росту та мікроорганізмів є ефективним інструментом, однак їх генетичні та молекулярні механізми дії залишаються недостатньо вивченими. Встановлено, що такі підходи можуть покращувати фізіолого-біохімічні показники рослин і підвищувати стійкість до посухи, але це не завжди супроводжується зростанням урожайності. Зокрема, застосування абсцизової кислоти може підвищувати виживаність рослин, але водночас знижувати фотосинтез і продуктивність через закриття продихів та зменшення поглинання CO_2 . Мікроорганізми відіграють значну роль у формуванні посухостійкості, проте їх взаємодія з рослинами в польових умовах вивчена недостатньо.

Загалом регулятори росту, що сприяють покращенню формування зерна, стають важливим елементом сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур і підвищення їх урожайності [150]. Регулятори росту рослин сприяють реалізації генетичного потенціалу нових біотипів, підвищуючи ефективність використання зрошення, що, у свою чергу, збільшує економічну доцільність їх застосування [62]. Дослідження, проведені у 2022–2023 роках за різних режимів зрошення показали, що застосування регуляторів росту етефону + цикосел та діетиламіноетилгексаноату (DA-6), особливо у комбінованому варіанті (DG3), істотно підвищує продуктивність кукурудзи. Встановлено, що у варіанті досліду (DG3) підвищувалась вологість ґрунту, розвиток кореневої системи та поглинання елементів живлення, що сприяло збільшенню щільності коренів і їх об'єму у шарі 0–60 см. У результаті ефективність використання поливної води зростала на 55,7 %, а врожайність кукурудзи підвищувалася на 26,9 %. Також регулятори росту покращували

водний баланс рослин, знижували водний стрес і підвищували стійкість до вилягання [272].

Використання регуляторів росту рослин дає змогу скоротити норми внесення пестицидів приблизно на 20–25 % при збереженні їх захисного ефекту. Такі препарати також сприяють екологічній оптимізації агровиробництва та покращенню якості рослинної продукції. Зокрема, зменшується загальне пестицидне навантаження, послаблюється фітотоксичний вплив фунгіцидів, а також поліпшуються фізичні, хімічні й біологічні характеристики ґрунтів [80].

Використання регуляторів особливо актуальне для самозапильних ліній кукурудзи, які відзначаються низькою енергією проростання, слабким початковим ростом та підвищеною вразливістю до ураження шкідниками і хворобами [72].

У незрошуваних умовах доцільним є застосування біостимулятора Вермистим для досягнення максимальної виходу кормових одиниць і перетравного протеїну зеленої маси кукурудзи, що становить 9,6 т/га та 0,42 т/га, відповідно. Вирощування гібриду кукурудзи Інгульський забезпечувало найвищу врожайність зерна на рівні 4,7 т/га за умови використання регулятора росту Регоплант [239].

Дослідженнями Л. А. Козака та ін. [66] встановлено, що врожайність зерна кукурудзи істотно змінювалася залежно від погодних умов. У 2023 році вона становила 8,45–9,03 т/га, що було на 12,5–26,4 % вище, ніж у 2024 році, коли показники знизилися до 6,94–7,70 т/га. У середньому, за два роки досліджень найвищу врожайність зерна забезпечив гібрид РЖТ Дубліккс у варіанті із застосуванням регулятора росту Келпак (2,0 л/га) – 8,09 т/га.

За даними І. П. Сатановської [109], за обробки насіння та позакореневого внесення мікродобрив і регуляторів росту рослин урожайність зеленої маси кукурудзи у фазі воскової стиглості зерна у гібриду Білозірський 295 СВ досягала 82,1 т/га, а вихід сухої речовини 29,3 т/га. У гібриду Моніка 350 МВ ці показники становили 78,1 т/га та 29,0 т/га, відповідно.

В умовах Полісся України за десять років застосування препаратів Біогран і Поліміксобактерин на посівах кукурудзи було зафіксовано підвищення врожайності до 20 %. Ефективність дії цих біологічних засобів щодо збільшення урожайності культури без погіршення якості продукції в польових умовах становила 85–90 % [114].

Т. Марченко та ін. [212] встановлено, що застосування препарату Біоспектр БТ забезпечує найвищі показники врожайності зерна кукурудзи – 7,72 т/га. Використання препарату Біплан М також позитивно впливало на продуктивність, однак отримані результати були дещо нижчими – 7,58 т/га. Порівняно із варіантом без обробки, застосування Біоспектр БТ дало змогу підвищити врожайність на 0,72 т/га або 10,2 %, відносно контролю. У свою чергу, використання Біплан М забезпечило збільшення врожаю гібридів кукурудзи всіх груп стиглості (ФАО) на 0,58 т/га або 8,2 %.

В умовах Північного Степу України обробка насіння кукурудзи біологічними препаратами на основі хелатних сполук сприяла посиленню інтенсивності росту на початкових етапах розвитку та підвищенню врожайності зерна. Найбільшу ефективність відзначено при застосуванні комплексного мікробного препарату Біогран, а також мікроелементів Реастім-гумус і Реаком-С кукурудза [84].

Позакореневе підживлення препаратами Басфоліар 6–12–6 та Солюбора ДФ забезпечувало істотне підвищення врожайності кукурудзи, у межах 11–20 ц/га. Перше внесення проводили у нормі 3–5 л/га у фазі 3–5 листків, коли первинна коренева система ще слабо розвинена і не повністю забезпечує рослину поживними речовинами. Друге позакореневе підживлення також здійснюють у дозі 3–5 л/га у фазі 6–8 листків, що робить додаткове внесення елементів живлення ефективним [85].

Дослідження О. І. Цилюрик та І. М. Сологуб [126] свідчать, що ефективність регуляторів росту кукурудзи значною мірою залежить від погодних умов. Найбільший позитивний вплив вони проявляють в посушливі та помірно вологі роки (2020, 2022), коли їх застосування разом із

мікродобривами забезпечує відчутне підвищення врожайності. У надмірно вологий 2021 р. спостерігалось зниження продуктивності через значний розвиток вегетативної маси. Застосування регуляторів росту забезпечувало приріст урожайності, який варіював залежно від групи стиглості гібридів: від незначного (0,04–0,36 т/га; 0,64–7,6 %) до суттєвого (0,84–1,07 т/га; 16,5–18,4 %). Крім того, під їх впливом покращувалися структурні показники врожаю: маса зерна з качана зростала на 7,82–31,42 %, маса 1000 зернин на 2,5–18,81 %. Серед досліджуваних препаратів найбільш ефективними були Авангард ГроуАміно (1,5 л/га) та Авангард ГроуГумат (1,0 л/га).

У Китаї застосування регулятора росту Jindeli, який містить активні компоненти етефон і циклоцел, на посівах кукурудзи сприяло покращенню механічних властивостей рослин і підвищенню міцності стебел. Крім того, відзначалося збільшення вмісту геміцелюлози, целюлози та лігніну. Така обробка також підвищувала врожайність зерна на 26,6 %, а також сприяла збільшенню кількості зерен у ряду [140].

Дослідження ефективності застосування біопрепаратів Біогран і Мікрогумін для кукурудзи в системі біологічного та органічно-мінерального землеробства, проведене в умовах Волинської дослідної станції НААН України, показало, що врожайність зеленої маси кукурудзи зростала на 6,3 т/га, порівняно з контрольним варіантом [103].

У південних регіонах України використання біологічних регуляторів росту Грінактив-С і Сизам-Нано в умовах зрошення дало змогу зменшити потребу у засобах захисту рослин та підвищити їх стійкість до несприятливих факторів довкілля. Вирощування середньостиглих і середньопізніх гібридів кукурудзи Збруч, Каховський, ДН Гетера, Арабат із застосуванням інноваційних регуляторів росту та мікроелементів забезпечило отримання врожайності зерна на рівні 11,1–13,4 т/га на зрошуваних темно-каштанових ґрунтах [23].

Результати досліджень В.Noein і А.Soleymani [227] показали, що посуховий стрес істотно погіршує фізіологічний стан кукурудзи: знижуються

показники відносного вмісту води та елементи структури врожаю, а вміст проліну, як індикатор стресу, зростає. Водночас, застосування регуляторів росту покращувало фізіологічні параметри та продуктивність: вміст води підвищувався до 63,81 %, урожайність зеленої маси зростала від 80542 до 100263 кг/га, а біологічна врожайність від 49842 до 62277 кг/га. Незважаючи на те, що приріст врожайності зерна не був статистично суттєвим, він збільшився на 2500 кг/га, порівняно з контролем. Найбільш ефективною виявилася позакоренева обробка, що включала 6-бензиладенін, пролін і глутамін, за якої найбільше послаблювався негативний вплив посухи.

Застосування регуляторів росту у поєднанні з азотним живленням істотно впливає на продуктивність кукурудзи, в першу чергу через збільшення накопичення сухої речовини в листках. Найбільший ефект спостерігався за внесення азоту 90 кг/га, при цьому урожайність становила 87,42 г/рослину. Регулятори росту значно підвищували лише суху масу листків, тоді як вплив на стебло був несуттєвим, а взаємодія з азотом найбільше проявлялася саме в листках. Загалом із підвищенням рівня азотного живлення спостерігалось поступове зростання врожайності та інтенсивності засвоєння азоту різними органами рослин [230].

Польові дослідження, проведені Х. М. Zhou та ін. [277] із застосуванням стеблового введення регуляторів росту рослин протягом 42 днів у період наливу зерна кукурудзи, показали суттєві зміни у фізіології та продуктивності культури. Найбільш позитивний ефект виявлено за використання саліцилової кислоти, яка підвищувала врожайність зерна на 9 %, порівняно з контролем, тоді як етефон знижував урожайність на 11 %, а індоліл-оцтова кислота та абсцизова кислота не викликали помітних змін у фотосинтезі та продуктивності рослин.

П. Писаренко та ін. [239] встановили, що застосування регуляторів Регоплант і Вермістим суттєво підвищує продуктивність кукурудзи на силос, особливо за оптимальної густоти стояння рослин. Використання регуляторів забезпечувало підвищення врожайності зеленої маси до 59,3–64,7 т/га та вмісту

сухої речовини і протеїну. Встановлено, що Регоплант більш ефективний у зрошуваних умовах, тоді як Вермістим забезпечує стабільні результати за богарного вирощування. Інтегроване застосування регуляторів разом з оптимальною густотою посіву є важливим чинником підвищення врожайності та кормової цінності кукурудзи на силос.

Китайськими вченими [275] доведено, що застосування суміші регуляторів росту етефону та діетиламіноетилгексаноату (препарат EDАН) підвищує врожайність кукурудзи на 7,8–8,0 %, кількість зерен у качані на 2,9–4,0 %, а масу 1000 зерен на 3,3–5,1 %. Встановлено, що з підвищенням густоти стояння рослин зростає ризик вилягання, однак застосування EDАН підвищує стійкість рослин до вилягання. При цьому істотного впливу регулятора росту на якісні показники зерна (вміст білка, олії та крохмалю) не виявлено.

У польовому дослідженні, проведеному в регіоні Аттика (Греція), оцінювали ефективність 10 штамів бактеріальних регуляторів росту на посівах кукурудзи цукрової. Встановлено, що найбільше підвищення врожайності забезпечили *Bacillus mojavensis* (+16%), *Bacillus subtilis* (+13,8%), *Bacillus pumilus* (+11,8%) та *Bacillus pseudomycoides* (+9,8%), порівняно з контролем. Додатково штами *B. mojavensis*, *B. subtilis* і *B. pumilus* забезпечили підвищення вмісту білка та клітковини в зерні. Отримані результати свідчать, що застосування окремих штамів суттєво підвищує продуктивність кукурудзи та покращує якісні показники врожаю без впливу на морфологічні характеристики зерна [199]. Важливо, що бактерії, які стимулюють ріст рослин (PGPR), можуть по-різному впливати на різні види рослин: одні штами мають універсальний ефект, тоді як інші є специфічними до певних культур. Встановлено, що взаємодія між PGPR і рослинами ґрунтується на специфічних механізмах розпізнавання та симбіотичних зв'язках. Деякі бактерії не лише заселяють ризосферу та поверхню коренів, а й проникають у внутрішні тканини рослин, де продовжують стимулювати їхній ріст. Ефективність PGPR залежить від поєднання штаму бактерій і виду рослини, що визначає їхній стимулюючий потенціал [151].

Слід відмітити, що приблизно 70 % випробуваних регуляторів росту забезпечували реальне підвищення врожайності культури. Водночас близько 30 % препаратів не продемонстрували суттєвого ефекту, оскільки отриманий приріст перебував у межах статистичної похибки експерименту [22].

Комплексне застосування регуляторів росту рослин разом із мікродобривами є важливим елементом інтенсивних технологій вирощування кукурудзи. Такий підхід сприяє зростанню валового збору зерна, підвищенню економічної ефективності виробництва та покращенню фінансових результатів сільськогосподарських підприємств [77].

Висновки до розділу 1

Узагальнення літературних джерел свідчить, що застосування макро- і мікродобрив, а також регуляторів росту є важливим чинником формування продуктивності кукурудзи на силос, оскільки вони оптимізують живлення рослин, активізують фізіолого-біохімічні процеси та сприяють реалізації генетичного потенціалу сучасних гібридів. Водночас встановлено, що незважаючи на значний обсяг досліджень щодо вирощування кукурудзи як кормової культури, питання комплексного впливу мікродобрив і регуляторів росту на урожайність і якість зеленої маси (силосу) залишаються недостатньо вивченими. Тому, дослідження у цьому напрямі є необхідними для розроблення науково-обґрунтованих технологій, що забезпечить підвищення врожайності, якості продукції та ефективності вирощування кукурудзи на силос.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови зони проведення досліджень

Дослідження по дисертаційній роботі проводились в 2023–2025 рр. у СФГ «Чайка-2» Броварського району Київської області, розміщеному у зоні Лівобережного Лісостепу України. Поля господарства, де проводилися дослідження знаходяться за 12 км від селища Згурівка і за 74 км від районного центру м. Бровари.

Рельєф Київської області в цілому має виражений схил у напрямку до долини річки Дніпро, яка виступає головним регіональним водним басейном. Територія області розташована на стику різних тектонічних і геоморфологічних структур: північна частина лежить у межах Поліської низовини, південна та південно-західна частини підняті на Придніпровській височині (де абсолютні відмітки сягають близько 273 метрів над рівнем моря). Проте східна, Лівобережна частина Київської області, в межах якої просторово землі СФГ «Чайка-2», повністю належить до Придніпровської низовини [53].

Придніпровська низовина являє собою велику, злегка похилу на південний захід терасовану рівнину, яка формувалася протягом тривалого геологічного часу під спільним впливом алювіальної діяльності річкових систем та льодовикових процесів у період плейстоцену. Абсолютні висоти в цій частині регіону коливаються переважно в межах 80–150 метрів над рівнем моря. Її поверхня перекрита потужною товщею осадових відкладів палеогенового, неогенового та четвертинного віку, серед яких найвизначнішу ґрунтотворну роль відіграють леси та лесовидні суглинки [53].

Поверхня платоподібної рівнини Лівобережжя характеризується хвилястістю та густо пересічена річковими долинами, балками та ущелинами, які дренують територію. Заплавна частина Придніпровської низовини відрізняється практично повною відсутністю розвиненої ерозійної мережі,

наявністю специфічних безстічних западин, що сформувалися під дією еолових процесів після відступу льодовиків. До створення каскаду водосховищ рельєф заплави Дніпра був ще більш складним. Інші, більш давні тераси мають значно дужче виражене ерозійне розчленування, що поступово ускладнюється зі збільшенням геологічного віку рельєфу. Тривала дія поверхневих текучих вод приводила до формування великих яружно-балкових структур, які врізаються у вододільні плато. Землі господарства здебільшого розташовані на вищих надзаплавних терасах та вододільних плато.

Умови Броварського району характеризуються помірно-континентальним, м'яким, теплим кліматом із нерівномірним рівнем зволоження. Континентальність клімату має виражену тенденцію до поступового зростання при просуванні із заходу на схід по території області, що знаходить своє відображення у збільшенні річних та добових температурних амплітуд [105].

Температурний режим Броварського району характеризується вираженою сезонністю. Середня багаторічна температура повітря за рік становить $+6,9^{\circ}\text{C}$, з коливаннями середньорічних значень у різні роки від мінімальної $-6,3^{\circ}\text{C}$ до максимальної $+19,5^{\circ}\text{C}$ (хоча слід зазначити, що останні значення частіше описують середні максимуми та мінімуми теплого періоду або ж є наслідком екстремально теплих років у розрізі глобального потепління). Мінімальна температура була зафіксована на позначці -35°C , а максимальна піднімалася до $+39^{\circ}\text{C}$. Період із температурами понад $+10^{\circ}\text{C}$ триває 155–160 діб. Зима в регіоні тривала, але порівняно тепла і м'яка. Стабільний перехід середньодобової температури повітря через 0°C у бік зниження зазвичай фіксується наприкінці жовтня, що означає припинення активної осінньої вегетації озимих культур. Зворотний весняний перехід через 0°C відбувається на початку квітня, як правило, у першій його декаді. Незважаючи на відносну м'якість зими, для регіону характерним є різке коливання температури повітря взимку. Стійкий сніговий покрив утворюється в другій половині грудня і тримається, як правило до середини березня [106].

Літній період у регіоні теплий і достатньо вологий. Середня температура липня варіює від 19 до 24 °С. Проте, внаслідок глобальних змін клімату літні місяці дедалі частіше відзначаються періодами екстремальної спеки. Середній максимум у липні та серпні становить 26,0 °С, тоді як абсолютна максимальна денна температура може досягати катастрофічних для фізіологічних процесів рослин кукурудзи значень: +35,4 °С у липні та +39,1 °С у серпні.

Гідрологічний та атмосферний баланс зволоження відіграє вирішальну роль у формуванні врожаю кукурудзи. Середньорічна кількість опадів у регіоні становить 500–600 мм. За показниками гідротермічного режиму, коефіцієнт зволоження оцінюється на рівні 1,3. Це теоретично відносить територію Броварського району до зони достатнього зволоження, однак реальний агрономічний ефект залежить від річного розподілу цих опадів. Основна кількість опадів, близько 55 %, припадає на теплий період року. Вони випадають переважно у вигляді регіональних або зливових дощів улітку. Зливовий характер опадів часто призводить до того, що значна частина вологи не встигає інфільтруватися в ґрунт і втрачається на поверхневий стік.

Умовною межею між природними зонами Полісся та Лісостепу у Броварському районі є залізниця Київ-Ніжин. На північ від цієї межі переважають дерново-слабопідзолисті та дерново-середньопідзолисті оглеєні ґрунти, а у долині Десни – дернові ґрунти. На південь від цієї межі значна частина ґрунтів ясно-сірі та сірі лісові, трапляються дерново-підзолисті та лучно-чорноземні солонцюваті [18].

Формування ґрунтового покриву в околицях селища Згурівка відбувалося в перехідних умовах екотону Лісостепу. Історично на цих рівнинних територіях домінувала лучно-степова багаторічна трав'яниста рослинність, яка щорічно залишала в ґрунті величезну кількість кореневих залишків та надземної біомаси, створюючи передумови для накопичення гумусу. Ключовим фактором, що визначив напрямок ґрунтоутворення, стала материнська порода. Основною підстилаючою та материнською породою в цьому мікрорегіоні є леси та лесовидні суглинки.

Ґрунтовий покрив району характеризується великими площами гідроморфних і полугідроморфних ґрунтів, в значній мірі засолених. Переважає група чорноземів та лучно-чорноземних ґрунтів (85,4 %). По вмісту гумусу чорноземи діляться на малогумусні (3,2 %) при супісчаному механічному складі і 4,5 % – легкосуглинкові і слабогумусні [130].

На полях СФГ «Чайка-2» найбільш поширеним ґрунтом виступають чорноземи типові малогумусні глибокі середньосуглинкові на карбонатному лесі. Мінеральна тверда фаза орного шару (0–30 см) цих ґрунтів складається з 37 % фізичної глини та 63 % піску. Гранулометричний склад є відносно однорідним по всьому профілю. Наявність 37 % фізичної глини забезпечує високу поглинальну здатність ґрунту (здатність утримувати елементи живлення та воду), тоді як 63 % піщаних і пилюватих часток створюють достатню некапілярну пористість для швидкого проникнення води та аерації кореневої системи кукурудзи. Щільність ґрунту (об'ємна маса) в орному шарі коливається в межах 1,15–1,26 г/см³, що забезпечує мінімальний механічний опір для росту корінців на початковому етапі вегетації і водночас достатній контакт ґрунтових агрегатів із насінням для набухання та проростання. Щільність твердої мінеральної фази становить близько 2,55–2,62 г/см³. Важливою гідрофізичною константою є вологість стійкого в'янення (ВСВ), яка становить 10,5 %.

Оцінка агрохімічних показників ґрунту дослідної ділянки базується на результатах комплексних аналізів ґрунтових зразків, репрезентативно відібраних з орного шару на глибині 0–30 см. Загалом, чорнозем типовий малогумусний глибокий середньосуглинковий характеризується слабокислою реакцією ґрунтового розчину, високим вмістом лужногідролізованого азоту, обмінного калію і рухомих сполук фосфору (табл. 2.1). Вміст гумусу 3,28 % свідчить про те, що ґрунт знаходиться на нижній межі малогумусних або навіть переходить у категорію слабогумусних (до 4 %). Це вказує на помітну втрату органічної речовини (дегуміфікацію) внаслідок довготривалого інтенсивного

землеробства, частого обробітку ґрунту та відчуження поживних решток з поля.

Таблиця 2.1

Агрохімічні показники ґрунту дослідної ділянки (0–30 см)

Гумус, % (за Тюрнімом)	Азот легкогідролізних сполук, мг/кг (за Корнфілдом)	Рухомі сполуки, мг/кг ґрунту (за Кірсановим)		рН сол.
		Фосфору	калію	
3,28	131,5	120,7	105,6	5,96

Високий вміст легкогідролізних сполук азоту (131,5 мг/кг) створює сприятливу базу для стартового росту рослин кукурудзи, хоча для отримання високих врожаїв інтенсивних гібридів все одно буде потрібне додаткове азотне підживлення у критичні фази росту. Рівень вмісту фосфору (120,7 мг/кг) класифікується, як дуже високий показник забезпеченості цим елементом. Це є наслідком багаторічного систематичного внесення високих доз фосфорних мінеральних добрив. Вміст калію (105,6 мг/кг) свідчить про достатній рівень забезпеченості ґрунту цим елементом. Калій відіграє критичну роль у регуляції водного балансу клітин рослин.

2.2. Погодні умови в роки досліджень

Аналіз погодних умов вегетаційного періоду кукурудзи (травень–вересень) у 2023–2025 рр. проводили з використанням даних Броварського метеопосту (м. Бровари). На рисунках 2.1 та 2.2 наведено кількість опадів та середньомісячні температури повітря по місяцях в роки досліджень.

У 2023 році розподіл опадів мав вкрай нерівномірний характер та відмічено підвищення температури під час вегетаційного періоду кукурудзи, порівняно з багаторічною нормою. У травні спостерігався дефіцит вологи,

оскільки випало лише 24,9 мм опадів, що майже вдвічі менше за багаторічну норму (43,7 мм) за середньомісячної температури 15,5 °С.

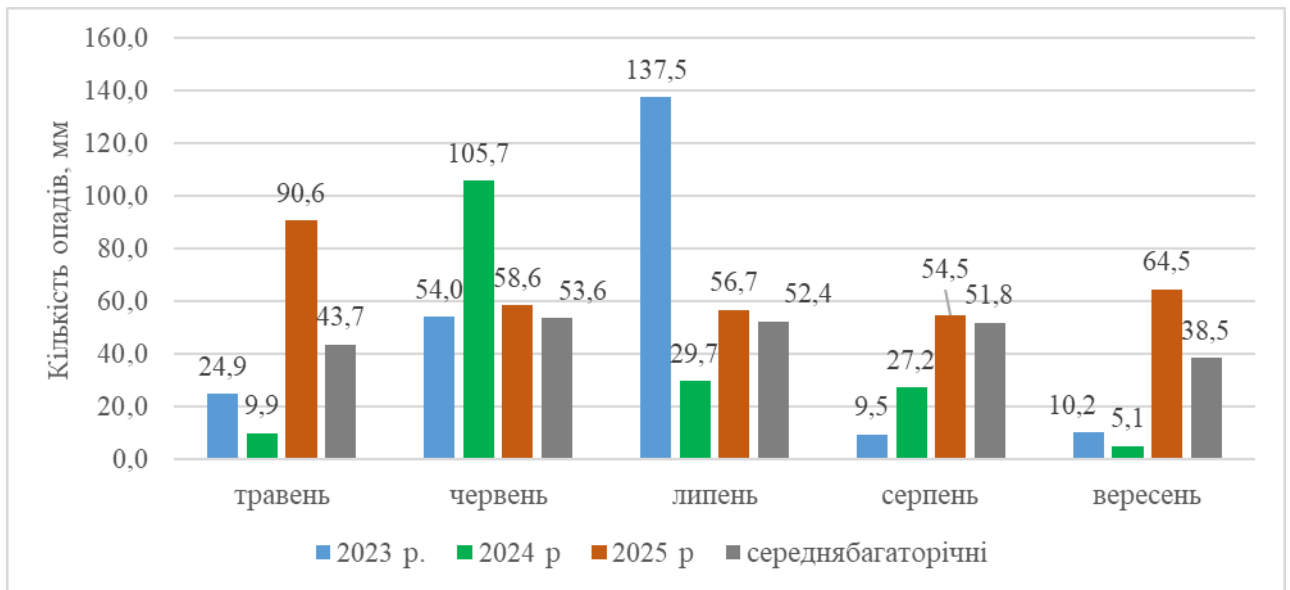


Рис. 2.1. Кількість опадів за період вегетації кукурудзи, мм (за даними Броварського метеопосту)

У червні ситуація дещо стабілізувалася і кількість опадів та температура повітря (54,0 мм і 19,6 °С) практично відповідали середньобагаторічним значенням. Липень відзначився надлишком вологи (137,5 мм), що більш ніж у два з половиною рази перевищило норму (52,4 мм). Температура повітря становила 21,3 °С. У серпні та вересні спостерігалась посуха: у серпні зафіксовано лише 9,5 мм опадів (за норми 51,8 мм), а у вересні показник склав лише 10,2 мм (за норми 38,5 мм). Температура повітря в ці місяці перевищувала багаторічні значення та становила 23,3 °С і 18,2 °С.

Встановлено, що 2024 р. виявився найбільш посушливим серед досліджуваних років із значним дефіцитом опадів на початку та в кінці вегетації кукурудзи. Травень був надзвичайно сухим, із показником опадів 9,9 мм та температурою вищою за норму на 1,2 °С (15,9 °С). Однак, у червні пройшли інтенсивні дощі (105,7 мм опадів), що майже вдвічі перевищує середньобагаторічний показник (53,6 мм) із середньомісячною температурою 21,6 °С.

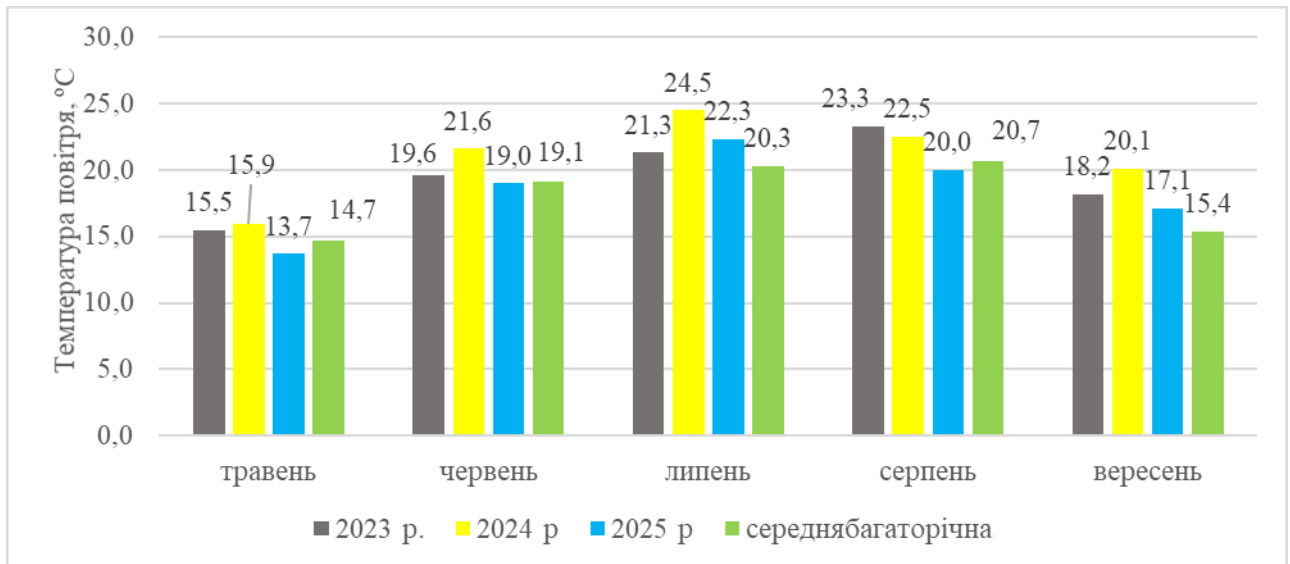


Рис. 2.2. Середньомісячна температура повітря за період вегетації кукурудзи, °С Кількість опадів за період вегетації кукурудзи, мм (за даними Броварського метеопосту)

Наступні місяці відзначались значним дефіцитом опадів: у липні випало 29,7 мм, серпні – 27,2 мм, а у вересні лише 5,1 мм. Відповідно, температура повітря в ці місяці становила 24,5, 22,5 і 20,1 °С за багаторічних значень 20,3, 20,7 і 15,4 °С.

На відміну від попереднього року, 2025 р. характеризувався стабільним і інколи надлишковим зволоженням та помірним температурним режимом з певними коливаннями протягом усього вегетаційного періоду кукурудзи. У травні кількість опадів склала 90,6 мм, що більше, ніж удвічі перевищило середню багаторічну (43,7 мм). Середньомісячна температура склала 13,7 °С.

У червні рівень зволоження залишався високим і становив 58,6 мм, що відповідало нормативним значенням. На рівні багаторічних показників була і температура повітря цього місяця (19,0 °С). Липень та серпень також продемонстрували показники, що дещо перевищували середні багаторічні значення: 56,7 мм у липні при нормі 52,4 мм та 54,5 мм у серпні при нормі 51,8 мм. Температура повітря становила 22,3 і 20,0 °С. Завершився вегетаційний період вологим і теплим вереснем, в якому випало 64,5 мм опадів із температурою 17,1 °С, що значно більше за багаторічні показники (38,5 мм і 15,4 °С).

Аналіз гідротермічного коефіцієнта (ГТК) дозволяє простежити нерівномірність зволоження як між різними роками, так і впродовж одного вегетаційного сезону. У 2023 р. гідротермічний коефіцієнт у травні становив лише 0,5, що значно нижче за середньобаторічні значення 1,3 (рис. 2.3).

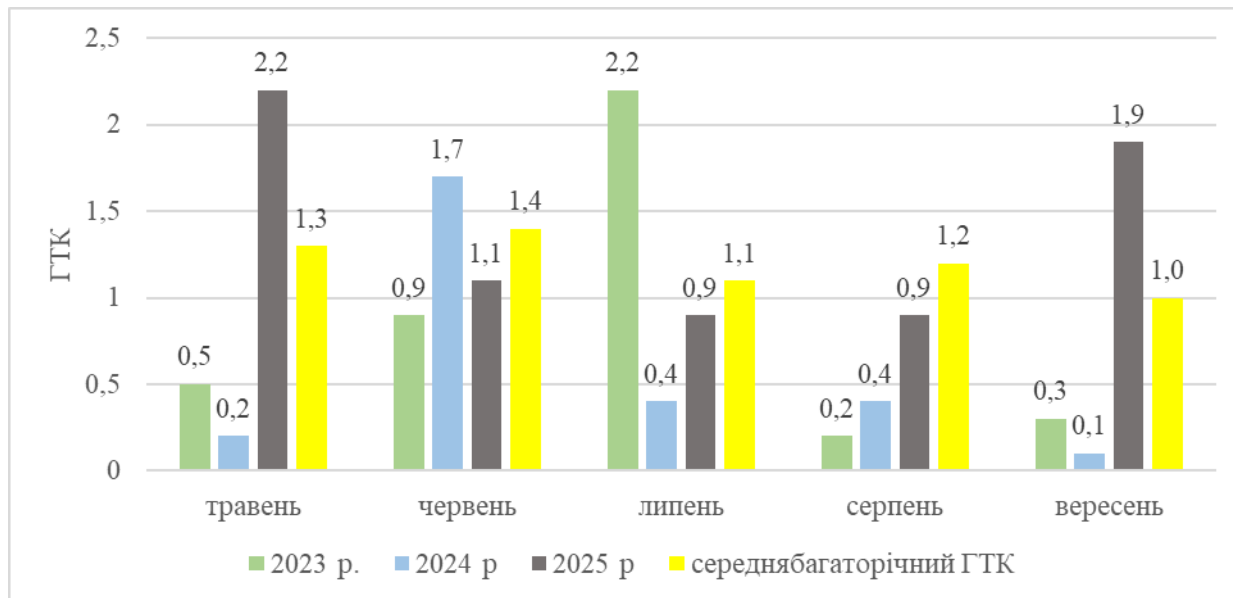


Рис. 2.3. Гідротермічний коефіцієнт за період вегетації кукурудзи

У червні ситуація дещо покращилася, проте показник у 0,9 все ще не досягав багаторічного значення 1,4, що вказує на недостатнє зволоження на етапі інтенсивного росту рослин кукурудзи. Липень відзначився різкою зміною погодних умов та надмірною кількістю опадів, унаслідок чого ГТК зріс до 2,2, що вдвічі перевищило норму (1,1). Однак, друга половина вегетації та період дозрівання кукурудзи проходили в умовах посухи: у серпні ГТК становив 0,2, а у вересні лише 0,3.

Метеорологічні умови 2024 р. виявилися ще більш посушливими та стресовими для кукурудзи. Травень характеризувався екстремальною посухою з ГТК – 0,2. Єдиним місяцем із достатнім і навіть надмірним зволоженням став червень, коли коефіцієнт досяг 1,7, перевищивши багаторічний показник 1,4. Починаючи з липня, встановився тривалий і посушливий період: в липні і серпні ГТК становив 0,4, що є критично низьким показником. Вересень став найсухішим місяцем за всі роки досліджень із показником 0,1, що створювало вкрай несприятливі умови для формування продуктивності культури.

Погодні умови 2025 року суттєво відрізнялися від попередніх двох років і характеризувалися значно кращим вологозабезпеченням. Травень був надмірно вологим (2,2), що значно перевищувало середньобаторічну норму 1,3. У червні зволоження наблизилося до оптимального (1,1). Липень і серпень відзначалися стабільним показником ГТК (0,9), що поступалося багаторічним значенням 1,1 та 1,2, відповідно. У вересні спостерігалось високе значення показника ГТК (1,9), що майже вдвічі перевищило норму 1,0.

Отже, за показниками опадів, температури повітря та ГТК встановлено, що найкращі умови для росту та розвитку гібридів кукурудзи були у 2025 р. і менш сприятливими у 2023 р. В 2024 р. кліматичні фактори негативно вплинули на ріст, розвиток і продуктивність кукурудзи.

2.3. Схема та методика проведення досліджень

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили в 2023–2025 рр. у СФГ «Чайка-2» Броварського району Київської області (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Схема польового досліду

Фактор А. Гібриди кукурудзи	Фактор В. Мікродобрива та регулятори росту рослин
КВС Гендальф (ФАО 250)	1. Контроль (обприскування водою)
	2. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Біогумат (1 л/га)+ Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи
	3. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи
КВС Інтелігенс (ФАО 380)	4. Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га)+ Фотосинтез (1 л/га) Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи

Розміщення варіантів у дослідах – систематичне послідовне. Повторність досліду – чотириразова. Посівна площа ділянки – 30 м², облікова – 25,2 м². Дослідження проводили згідно методичних рекомендацій [51, 82, 86].

При проведенні досліджень виконувалися наступні обліки та аналізи:

- висоту рослин визначали у відповідні фази росту та розвитку рослин кукурудзи замірами 10 рослин, у двох несуміжних повтореннях. Висоту рослин вимірювали від появи 7 листка (ВВСН 17) до фази воскової стиглості зерна (ВВСН 85). Вимірювання проводили від поверхні ґрунту до самого довгого листка, після фази викидання волоті – від поверхні ґрунту до верхньої кінцівки волоті.

- визначення площі листкової поверхні рослин, фотосинтетичного потенціалу посіву та чистої продуктивності фотосинтезу кукурудзи проводили згідно методичних рекомендацій [100].

- площу листкової поверхні визначали добутком ширини на довжину і перевідний коефіцієнт (0,75) та наступним переведенням на 1 га (2.1):

$$S = k \times l \times n \quad (2.1)$$

де S – площа листа, см²;

k – середній поправочний коефіцієнт, рівний 0,75;

l – довжина листа, см;

n – ширина листа у найширшому місці, см.

- фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП) визначали за формулою 2.2:

$$\Phi\Pi = \frac{L_1 + L_2}{2 \times 1000} \times T \quad (2.2)$$

де, ФП – фотосинтетичний потенціал посіву, млн. м²·діб/га;

L₁, L₂ – зміна площі листової поверхні в часі, тис.м²/га;

T – тривалість періоду, діб;

- чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) визначали за фазами розвитку рослин діленням приросту фітомаси за певний проміжок часу на середню площу листя за формулою 2.3:

$$\text{ЧПФ} = \frac{2 \times (B_1 - B_2)}{n \times (L_1 + L_2)} \quad (2.3)$$

де, ЧПФ– чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² за добу;

B1 і B2 – суха маса рослин у кінці і на початку облікового періоду, г;

L1 і L2 – площа листкової поверхні на початку та у кінці облікового періоду, м²;

n – кількість днів за період.

– вміст сухої речовини визначали шляхом відбирання рослин масою до 1 кг у фази BBCH 75–77, BBCH 81–83 і BBCH 85, після чого їх ретельно подрібнювали і з цього зразка відбирали 2 наважки по 10 г кожна, які висушували до абсолютно сухої маси в сушильній шафі за температури +105 °С, з перерахунком відповідно до формули 2.4 на 1 га:

$$C_p = \frac{100 \times M_2}{M_1} \quad (2.4)$$

де: C_p – вміст сухої речовини, %;

M₂ – маса наважки після висушування, г;

– M₁–маса наважки до висушування, г.

– масу рослин кукурудзи та структурних елементів (листіків, стебел, волоті, качана з зерном) визначали перед збиранням;

– відбір зразків кукурудзи для визначення хімічного складу проводили перед збиранням у фазу воскової стиглості зерна (BBCH 85). Визначення хімічних показників якості зеленої маси гібридів кукурудзи проводили в лабораторії «AVA GROUP» (м. Київ), яка є партнером «Eurofins Agro» (Нідерланди) за системою NIRS – Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (спектроскопія ближнього інфрачервоного випромінювання). Цей аналітичний метод використовує ближнє інфрачервоне світло для створення спектра поглинання світла зразком. Цей спектр порівнюється з еталонними спектрами зразків із відомим складом, які знаходяться у базі даних NIRS;

– валову енергію сухої речовини зеленої маси кукурудзи визначали за формулою (МДж/кг) [50]:

$$BE = SP \times 23,9 + CJ \times 39,8 + BEP \times 17,2 + CK \times 17,2 \quad (2.5)$$

де, СП – вміст сирого протеїну;

СЖ – вміст сирого жиру;

БЕР – безазотових екстрактивні речовини;

СК – вміст сирогої клітковини.

– вміст безазотових екстрактивних речовин (БЕР) (%суху речовину)

визначали розрахунковим методом за рівнянням:

$$BEP = 100 - (СП + СЖ + СК + СЗ) \quad (2.6)$$

де, СЗ – вміст сирогої золи;

– обмінну енергію сухої речовини зеленої маси кукурудзи визначали за вмістом сирих речовин за рівнянням Аксельсона (МДж/кг) [68]:

$$OE = 0,73 \times BE \times (1 - K \times 1,05) \quad (2.7)$$

де, К – кількість клітковини в 1 кг сухої речовини, кг;

0,73 – коефіцієнт обмінності;

1,05 – коефіцієнт депресивної дії клітковини.

– оцінка енергетичної та протеїнової поживності кормів в системі NEL передбачає, що 57–60 % обмінної енергії використовується для продукції молока та визначається за формулою 2.8 (МДж/кг):

$$NEL = 0,6 \times OE \quad (2.8)$$

– за 1 енергетичну кормову одиницю (ЕКО) прийнято вважати вміст в кормі 10000 кДж або 10 МДж обмінної енергії. Поживність об'ємистих кормів для жуйних тварин в ЕКО за обмінною енергією вище, ніж у вівсяних кормових одиницях, а концентрованих кормів і коренебульбоплодів – вище для свиней [50];

– збирання кукурудзи проводили відбором зразків у фази ВВСН 75–77 і ВВСН 81–83 з захисних рядків ділянок та збиранням облікових ділянок у фазі ВВСН 85. Облік урожайності зеленої маси визначали зважуванням рослин із облікової ділянки з наступним перерахунком на один гектар;

– економічну оцінку досліджуваних елементів технології кукурудзи проводили згідно технологічних карт та методичних рекомендацій [108] за цінами на кінець 2025 р.

– енергетичну ефективність досліджуваних елементів технології вирощування обраховували за методикою [81]. Енергетичну ефективність виробництва вирощування кукурудзи розраховували за коефіцієнтом енергетичної ефективності (K_{ee}), як відношення енергетичної цінності продукту до кількості енергії, затраченої на його виробництво та вираженої як безрозмірний коефіцієнт [207]:

$$K_{ee} = \frac{E_v}{E_{pro}} \quad (2.9)$$

де, K_{ee} – індекс енергетичної ефективності виробництва кукурудзи на силос

E_v – вихід загальної енергії з урожаєм, ГДж/га

E_{pro} – витрати сукупної енергії на вирощування культури, ГДж/га;

– математичну обробку отриманих результатів проводили методом дисперсійного аналізу за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel і Statistica 12.0.

2.4. Характеристика гібридів кукурудзи, мікродобрив та регуляторів росту рослин

КВС Гендальф внесений в державний реєстр в 2020 році. Оригінатор – КВС ЗААТ СЕ. Тривалість періоду вегетації складає 112–117 діб. Вихід зерна при обмолоті – 78,9–81,6 %. Вміст білка – 10–8,6 %. Вміст крохмалю – 70,6–72,3 %. Стійкість до посухи 5–9 балів. Стійкість до вилягання 8–9 балів. Стійкість до пухирчастої сажки 7–9 балів. Стійкість проти стеблової гнилі 8–9 балів. Стійкість до кукурудзяного метелика 5–6 балів. Стійкість до гельмінтоспоріозу 7–9 балів. Рекомендована зона для вирощування Лісостеп, Полісся, Степ. Напрямок використання зерновий. Група стиглості середньоранній. Урожайність: Степ – 5.62 т/га, Лісостеп – 9,02 т/га, Полісся –

8.52 т/га. Середня висота рослини (по зонах): Степ – 252,3 см, Лісостеп – 257,3 см, Полісся – 267,3 см. Тривалість періоду вегетації – 112-117 діб.

КВС Інтелігенс внесений в державний реєстр в 2020 році. Оригінатор – КВС ЗААТ СЕ. Тривалість періоду вегетації складає 115–125 діб. Вихід зерна при обмолоті – 82,4–84,1 %. Вміст білка – 8,3–9,9 %. Вміст крохмалю – 71,9–73,5 %. Стійкість до посухи 6–9 балів. Стійкість до вилягання 9 балів. Стійкість до пухирчастої сажки 7–9 балів. Стійкість проти стеблової гнилі 9 балів. Стійкість до кукурудзяного метелика 5–8 балів. Стійкість до гельмінтоспоріозу 7–9 балів. Рекомендована зона для вирощування Лісостеп, Полісся, Степ. Напрямок використання – зерновий. Група стиглості – середньостиглий. Урожайність: Степ – 6.55 т/га, Лісостеп – 10.38 т/га, Полісся – 8.3 т/га. Середня висота рослини (по зонах): Степ – 261.7 см, Лісостеп – 259 см, Полісся – 247.6 см. Тривалість періоду вегетації – 115-125 діб.

Мікродобрива і регулятори росту, які використовувалися в дослідях включені до «Переліку пестицидів та агрохімікатів дозволених до використання в Україні» [49].

Радікс. Виробник: ТОВ НВК Євроагрогруп (Україна). Plantonit Radix – рідке добриво для стимуляції росту та розвитку кореневої системи рослин. Стимулює ріст та розвиток кореневої системи, сприяє утворенню корневих волосків, збільшує довжину корінців та площі кореневої системи, підвищує морозостійкість, холодостійкість, посухостійкість і жаростійкість за допомогою натуральних фітогормонів та амінокислот. Добриво забезпечує найсильнішу стійкість до різного роду стресів, особливо посухи. Збалансований склад спеціально розроблений для активного впливу діючих речовин на рослину. Радікс допомагає на найважливіших етапах розвитку рослини. Основні елементи складу це - фосфор та фітогормони, які забезпечують швидкий ріст та стресостійкість. Склад : Протеїнові поліпептиди (8 %), Вітамінний комплекс В1, В6, D, Н, РРГІФ кислоти (5%), амінокислоти (4г/л), Фітогормони (4г/л), Бетаїн (1000ppm/л), Хітозан (100ppm/л), ПАР (3%),

N (100г/л), P₂O₅ (250г/л), K₂O (60г/л), MgO (70г/л), SO₃ (20г/л), B (5г/л), Fe (20г/л), Mn (40г/л), Cu (30г/л), Zn (20г/л), Mo (0,1г/л) [64].

Енерджі. Виробник: ТОВ НВК Євроагрогруп (Україна). Plantonit Energy – це енергетичне добриво для набору вегетативної маси та підвищення стійкості рослин до стресових ситуацій. Збалансований склад дає можливість не нашкодити рослині, а тільки допомогти поглинути поживні речовини. Дія та вплив добрива: підвищує стійкість рослин до стресових ситуацій, посилює ростові процеси, збільшує вироблення хлорофілу, збільшує цукристість, вміст вітамінів стимулює обмін речовин в рослині, долає гербіцидний стрес, значно знижує накопичення нітратів. Добриво в своєму складі має елементи, які стимулюють рослину до посилення ростових процесів, тим самим забезпечуючи її всіма необхідними речовинами в цей період. Склад: Протеїнові поліпептиди (11 %), Вітамінний комплекс B1, B6, D, H, PP (0,04 %), ГІФ кислоти (7 %), амінокислоти (20 г/л), фітогормони (2 г/л), бетаїн (2000 ppm/л), хітозан (200 ppm/л), ПАР (3%), N (200 г/л), P₂O₅ (50 г/л), K₂O (50 г/л), MgO (100 г/л), SO₃ (35 г/л), B (5 г/л), Fe (20 г/л), Mn (45 г/л), Cu (30 г/л), Zn (20 г/л), Mo (0,1 г/л) [64].

Фотосинтез. Виробник: ТОВ НВК Євроагрогруп (Україна). Plantonit Photosynthesis – добриво, що забезпечує рослини основними поживними речовинами, необхідними для оптимальної роботи фотосинтетичного апарату. Дія та вплив добрива: стимулює процес фотосинтезу, підходить для всіх сільськогосподарських культур, допомагає оптимізувати живлення рослини, стимулює процес зростання і розвиток рослини. Включає в себе макро- і мікроелементи необхідні для організму рослин. Недолік будь-якого елементу живлення дає збій в метаболізмі рослин, тому необхідно проводити профілактику нестачі макро- і мікроелементів. Склад добрива допомагає оптимізувати живлення рослин. Дане добриво найкраще використовувати в профілактичних цілях при дефіциті елементів живлення для всіх сільськогосподарських культур. Склад: ГІФ кислоти (2 %), амінокислоти (2 г/л), фітогормони (1 г/л), бетаїн (1000 ppm/л), хітозан (100

ppm/л), ПАР (3%), N (200 г/л), P₂O₅ (30 г/л), K₂O (30 г/л), MgO (100 г/л), SO₃ (100 г/л), B (5 г/л), Fe (20 г/л), Mn (30 г/л), Cu (30 г/л), Zn (10 г/л), Mo (0,15 г/л) [64].

Лінамін. Виробник: ТОВ НВК Євроагрогруп (Україна). Plantonit LinAmin – комплексний антистресовий препарат для підвищення стійкості рослин до пошкоджень низькими температурами. Використовуються в якості кріопротектора перед можливими заморозками, для виведення зі стресу і відновлення активної вегетації. Також використовуються в якості антистресового препарату для підвищення стійкості рослин до посухи і пошкоджень високими температурами, стимуляції коренеутворення, покращення кількості та якості врожаю. В якості стимулятора покращує розвиток кореневої системи, підвищує кількість і якість плодів. Дія та вплив добрива: підсилює стійкість до захворювань і весняних заморозків, стимулює рослини в період цвітіння і утворення зав'язі, допомагає формуванню статі у квітки, сприяючи закладці жіночих квіток, знижує транспірацію в умовах посухи, покращує охолодження рослин у спеку, утворює додатковий бар'єр проти шкідників і хвороб, укріплює стінки клітин, покращує проростання пилка та процесу запилення. Склад: L-амінокислоти (200 г/л), азот (100 г/л), вітамінний комплекс B1, B6, D, H, PP (0,04 %) [64].

Цинк. Виробник: ТОВ НВК Євроагрогруп (Україна). Plantonit Zn – рідке добриво для профілактики та дефіциту нестачі цинку в рослинах. Цинк, який міститься в добриві, бере участь у важливих ферментативних процесах, колообігу азоту і необхідний для синтезу триптофану (стимулятору росту). Дія та вплив добрива: активізує дію ферментів, поліпшується запилення, бере участь у фотосинтезі, оптимізує дихання рослин, сприяє перетворенню крохмалю та азоту, допомагає збільшити загальний вміст вуглеводів, крохмалю та білкових речовин, стимулює вегетативний ріст, посилює стійкість рослин до несприятливих умов вегетації. Склад: ГІФ кислоти (3 %), амінокислоти (2 г/л), фітогормони (2 г/л), бетаїн (1000 ppm/л), хітозан (100 ppm/л), ПАР (3 %), N (60 г/л), MgO (5 г/л), SO₃ (15 г/л), Zn (110 г/л) [64].

Біогумат. Виробник: ТОВ НВК Євроагрогруп (Україна). Plantonit BioGumate – комплексний природно-енергетичний препарат контактної системної дії для підсилення росту, розвитку та підвищення врожайності рослин. Використовується для обробки насіння і для позакореневої обробки рослин. Дія та вплив добрива: повноцінно підживлює рослину, посилює діяльність корисної мікрофлори, стимулює розвинення кореневої системи, активує ріст та розвиток рослини, підвищує стійкість с/г культур до збудників захворювань, підвищує якість продукції. Склад: ГІФ кислоти (10 %), амінокислоти (2 г/л), фітогормони (2 г/л), бетаїн (1000 ppm/л), хітозан (100 ppm/л), ПАР (3 %), N (20 г/л), MgO (15 г/л), SO₃ (10 г/л), Fe (5 г/л), Mn (2 г/л), Cu (1 г/л), Zn (2 г/л) [64].

Турбоазот. Виробник: ТОВ НВК Євроагрогруп (Україна). Азотне добриво з відмінним поглинальними властивостями, направлене на забезпечення високої врожайності і якості продукції. Містить у своєму складі три форми азоту: нітратний, амонійний і амідний, які забезпечують швидке і пролонговане живлення рослин. Нітратна форма – активує синтез цитокініну та позитивно впливає на засвоєння макро- і мікроелементів. Амонійна форма – контролює ріст стебла, підвищує рівень цукрів та є складовою амінокислот, білків, хлорофілу і фітогормонів. Амідна форма у вигляді сечовини з мінімальним вмістом біуретів (<0,005%) впливає на зменшення концентрації нітратів у рослинах та швидше засвоюється листковою поверхнею. За участі карбонових кислот і амінокислот, в ряді хімічних перетворень, синтезується хлорофіл. Дія та вплив мікродобрива: підвищує якість врожаю, низька фітотоксичність і ймовірність опіків. Покращує ріст і розвиток культур, дозволяє відкоригувати дефіцит азоту, містить збалансоване поєднання різних форм азоту та сірки, що дозволяє зберегти необхідне співвідношення N:S та покращує засвоєння. Має у своєму складі фізіологічно активні речовини, які стимулюють ростові процеси та допомагають рослині протистояти стресовим чинникам. Склад: вітамінний комплекс B1, B6, D, H, PP (0,08 %), карбонові кислоти (1 г/л), ПАР (1 %), амінокислоти (2 г/л), N (400 г/л), SO₃ (20 г/л) [64].

2.5. Технологія вирощування кукурудзи в досліді

Технологія вирощування кукурудзи на силос загальноприйнята для Лівобережного Лісостепу України, крім прийомів, які були поставлені на вивчення. Попередником був ячмінь ярий. Після його збирання проведено дискування стерні дисковою бороною БДН-1,3 на глибину 6-8 см для подрібнення пожнивних залишків попередника. Оранку здійснювали двокорпусним плугом ПЛН-2-20 на глибину 25–27 см. Основну частину мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$) вносили восени під оранку поділяночно у вигляді комплексного добрива нітроамофоски. Решту азотних добрив (N_{30}) застосовували весною перед передпосівною культивацією у вигляді аміачної селітри.

Передпосівний обробіток ґрунту проводили навесні агрегатом «Європак» на глибину 4-5 см для створення посівного ложа та закриття вологи. Насіння кукурудзи було оброблене протруйниками Круїзер і Максим XL. Враховуючи погодно-кліматичні умови, сівбу проводили сівалкою точного висіву на глибину 4-5 см із шириною міжрядь 70 см у такі строки: у 2023 році – 2 травня, у 2024 – 24 квітня, а у 2025 році – 28 квітня. Норма висіву становила 78 тисяч шт/га. Після сівби поле прикочували кільчасто-шпоровими котками.

Для позакореневого підживлення мікродобривами та регуляторами росту, відповідно схеми дослідів, використовували акумуляторний ранцевий обприскувач з витратою робочого розчину 200 л/га. Захист від бур'янів на дослідних ділянках забезпечувався внесенням гербіциду Елюміс (1,5 л/га) (мезотріоном 75 г/л та нікосульфурон 30 г/л) у фазі 3-5 листків кукурудзи. Для контролю шкідників перед викиданням волоті, посіви обробляли інсектицидом Ампліго (0,2 л/га) (хлорантраніліпрол 100 г/л та лямбда-цигалотрин 50 г/л) разом з фунгіцидом Амістар Екстра (0,5 л/га) (азоксистробін 200 г/л та ципроконазол 80 г/л).

Збирання кукурудзи на силос здійснювали поділяночно вручну, у фазі воскової стиглості зерна. Спочатку проводили зрізування рослин та зважування

зеленої маси з облікової площі, після чого відібрані зразки подрібнювали на стаціонарному електричному кормоподрібнювачі до фракції 10–15 мм.

Висновки з розділу 2

1. Дослідження за темою дисертаційної роботи проведені в умовах Лівобережного Лісостепу на чорноземі типовому малогумусному глибокому середньосуглинковому, які за умови застосування науково обґрунтованих агротехнологій здатні забезпечувати стабільну врожайність кукурудзи.

2. Методологія та схема досліду розроблялися відповідно до поставлених завдань, базуючись на принципах об'єктивності, комплексності та практичного значення.

3. Кліматичні показники у роки досліджень суттєво відхилялися від середньобаторічних значень, але це дало змогу всебічно проаналізувати дію досліджуваних чинників на продуктивність кукурудзи на силос.

4. У досліді вирощували середньоранній гібрид кукурудзи КВС КВС Гендальф (ФАО 250) і середньостиглий КВС КВС Інтелігенс (ФАО 380), що занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Досліджувані мікродобрива і регулятори росту включені до «Переліку пестицидів та агрохімікатів дозволених до використання в Україні» і дозволені для застосування на кукурудзі.

5. Агротехніка вирощування кукурудзи на силос, крім факторів що вивчалися, була загальноприйнятою для умов Лівобережного Лісостепу України.

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ДОСЛІДЖУВАНИХ ФАКТОРІВ

3.1. Висота рослин кукурудзи за фазами росту і розвитку

В умовах інтенсифікації аграрного виробництва, управління ростовими процесами кукурудзи за допомогою екзогенних факторів є важливим завданням. Застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин є інструментом оптимізації умов живлення та фітогормонального стану рослин. Мікроелементи, беручи активну участь в окисно-відновних процесах і роботі ферментативних систем, покращують засвоєння основних елементів живлення, а регулятори росту стимулюють процеси поділу та розтягнення клітин меристематичних тканин. Комплексна їх дія впливає на інтенсивність лінійного росту стебла, особливо в критичні фази.

Дані, отримані І. П. Сатановською [110] свідчать про високу ефективність сумісного використання передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень. Максимальний приріст стебла кукурудзи відмічено у фазу молочно-воскової стиглості зерна: у гібрида Білозірський 295 СВ він становив 24,8 см, а у Моніка 350 МВ – 22,7 см. Це також позитивно вплинуло на розвиток листкового апарату. Найбільшу площу листкової поверхні зафіксовано у гібрида Білозірський 295 СВ – 64,9 тис. м²/га, Моніка 350 МВ – 63,9 тис. м²/га. Порівняно з контролем, ці показники виявилися вищими на 34,4 % та 27,5 %, відповідно.

У ході експериментів, проведених в умовах Правобережного Лісостепу України виявлено, що висота рослин кукурудзи зростала до досягнення фази воскової стиглості зерна (ВВСН 85). Максимальні показники висоти було зафіксовано при внесенні комплексу мінеральних добрив N₉₀P₇₀K₇₀ разом із обробкою мікродобривами (Ікар Біго Рутс, Ікар Фосто та Ікар Зінто)– 225,9 см. Найвищі показники площі листкової поверхні спостерігалися у фазу цвітіння волотей (ВВСН 65) на ділянках із мінеральним живленням (N₉₀P₇₀K₇₀) у

поєднанні з триразовим позакореневим підживленням: у фазі 3–4 листків застосовували Ікар Біго Рутс (0,5 л/га), у фазі 4–5 листків – Ікар Фосто (0,5 л/га), а у фазі 7–8 листків – Ікар Зінто (0,5 л/га) – 50,3 тис. м²/га. Аналіз структури рослин показав, що найбільшу частку займає стебло – 40,4 %, дещо менше припадає на зерно – 36,5 %, тоді як листки становлять 14,6 %, обгортки качана та стрижень – 4,8 %, а волоть – 3,7 % від загальної маси рослини[56].

Застосування наночастинок оксиду цинку (ZnO-NP) трьома способами: дражуванням насіння, позакореневим підживленням та внесенням у ґрунт сприяло підвищенню загального засвоєння фосфору рослинами кукурудзи. Однак лише позакореневе внесення забезпечило суттєвий приріст вегетативних показників кукурудзи: висота рослин збільшилася на 6–11 %, а накопичення біомаси зросло на 16–20 %, порівняно з контролем [260]. Крім того, на фоні позакореневої обробки встановлено прискорення проростання насіння та незначне (2 %) збільшення висоти стебла, відносно варіанту із дражуванням. Водночас саме метод дражування насіння забезпечив найбільш відчутне зростання врожайності культури [137].

За результатами досліджень, проведених у зоні Правобережного Лісостепу України, виявлено, що максимальних значень висота рослин кукурудзи досягала у фазі воскової стиглості зерна. Для середньостиглих гібридів цей показник коливався в межах 222,0–249,0 см, а у середньоранніх він становив 212,7–236,7 см. Найменшу висоту зафіксовано у гібрида Амарос (212,7 см) на контрольному варіанті без застосування добрив. Найвищі рослини відзначено у гібрида Каріфолс (249,0 см) за умови внесення повного мінерального удобрення (N₁₂₀P₉₀K₉₀) у поєднанні з передпосівною обробкою насіння препаратом YaraVita Teprosyn NP+Zn (5 л/т) та позакореневим підживленням YaraVita Maize Boost (4 л/га) у фазі 3–5 листків [91].

Висота рослин є одним із найважливіших біометричних показників, який безпосередньо визначає архітектоніку посіву та загальний обсяг накопиченої надземної вегетативної маси. При вирощуванні кукурудзи на силос, цей показник набуває першочергового значення, оскільки від інтенсивності

лінійного росту стебла та формування потужного листкового апарату значною мірою залежить врожайність зеленої маси. Динаміка наростання лінійних розмірів кукурудзи впродовж вегетації є гетерохронною і тісно пов'язана з проходженням ключових фаз онтогенезу. Моніторинг висоти рослин на різних етапах органогенезу дозволяє об'єктивно оцінити темпи ростових процесів, адаптивність рослин, а також ефективність застосованих агротехнічних заходів.

Метеорологічні умови років досліджень мали важливий вплив на показники висоти рослин кукурудзи. Найвищі рослини у обох гібридів відмічені в найбільш сприятливому для вегетативного росту 2025 р. – 225,8 і 230,5 см у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс (Додатки А1–А3). А мінімальні показники зафіксовано у 2024 р. – 215,2 см і 219,7 см, відповідно. Незважаючи на коливання висоти по роках, вплив досліджуваних факторів залишався стабільним: гібрид КВС Інтелігенс переважав КВС Гендальф за висотою, а внесення мікродобрив та регуляторів росту, особливо у четвертому варіанті позакореневого підживлення, стабільно забезпечувало приріст цього показника, порівняно з контролем. Збільшення висоти рослин відбувалося до воскової стиглості зерна (ВВСН 85), що підтверджується і даними інших дослідників [75, 93, 117, 125, 188].

В середньому, за три роки досліджень встановлено, що на початковому етапі вегетації (ВВСН 17-18) різниця за висотою рослин між варіантами дослідів з внесенням мікродобрив та регуляторів росту рослин та контролем була незначною і знаходилася в межах математичної достовірності (табл. 3.1).

На варіантах з внесенням препаратів, висота рослин була вищою за контроль у фазу цвітіння волотей (ВВСН 65) на 1,9–2,9 см, а у фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85) на 2,5–3,6 см. Найвищі показники висоти рослин гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс зафіксовано у четвертому варіанті дослідів у фазі ВВСН 85 (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) –

218,0 і 222,8 см, відповідно. Це вказує про високу ефективність комбінованого використання вказаних препаратів для стимулювання зростання лінійних розмірів рослин кукурудзи.

Таблиця 3.1

Динаміка зміни висоти рослин гібридів кукурудзи (середнє за 2023–2025 рр.), см

Гібриди кукурудзи (А)	Мікродобри́в а та регулятори росту рослин (В)*	7-8 листків (ВВСН 17-18)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 75-77)	Молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81-83)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	38,5	208,6	215,3	215,6	215,8
	2	39,0	210,1	217,8	218,0	218,2
	3	39,0	211,3	218,0	218,2	218,5
	4	39,1	210,8	217,5	217,8	218,0
КВС Інтелігенс	1	41,2	211,4	218,4	218,7	219,0
	2	41,3	213,2	221,4	221,6	221,7
	3	41,1	213,5	221,0	221,4	221,6
	4	41,3	214,0	222,5	222,7	222,8
НІР ₀₅	А	1,1	1,8	2,0	2,2	2,3
	В	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
	АВ	1,4	2,1	2,4	2,5	2,7

*Примітка. Тут і далі в таблицях. 1.Контроль (обприскування водою) 2. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи 3. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи 4. Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи

У розрізі фактор А (гібриди) КВС Інтелігенс демонстрував вищі показники висоти рослин, порівняно з КВС Гендальф у всі періоди обліку, а у фазу ВВСН 85 різниця між гібридами становила 3,9–4,8 см, що є статистично достовірною (НІР₀₅ = 2,3 см).

За результатами дисперсійного аналізу встановлено частку участі кожного з досліджуваних факторів у формуванні висоти рослин кукурудзи (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Частка впливу досліджуваних факторів на висоту рослин кукурудзи

Аналіз отриманих даних свідчить, що домінуючий вплив на висоту рослин мали генетичні особливості гібрида (Фактор А). Їх частка у загальному формуванні цієї ознаки є найбільшою і становить 82,4 %. Це вказує на те, що висота рослин у досліді є переважно генетично детермінованою ознакою, яка найбільше залежить від біологічних властивостей конкретного гібрида (КВС Гендальф або КВС Інтелігенс). Вплив позакореневого підживлення мікродобривами та регуляторами росту (Фактор В) виявився значно меншим, проте також відігравав важливу роль, визначаючи 5,2 % мінливості висоти рослин. Частка спільної взаємодії досліджуваних факторів (А × В) становила 2,6 %. Це свідчить про наявність специфічної реакції окремих гібридів на внесення конкретних комбінацій препаратів, хоча цей вплив і не є визначальним. На інші неконтрольовані фактори (погодні умови років досліджень, родючість ґрунту, тощо) припадає 9,8 %.

Аналіз отриманих даних свідчить, що висота прикріплення качана є відносно стабільною сортовою морфологічною ознакою, яка визначається переважно генетичними особливостями досліджуваних гібридів кукурудзи (рис. 3.2). Вплив позакореневих підживлень мікродобривами та регуляторами росту на цей показник виявився мінімальним.

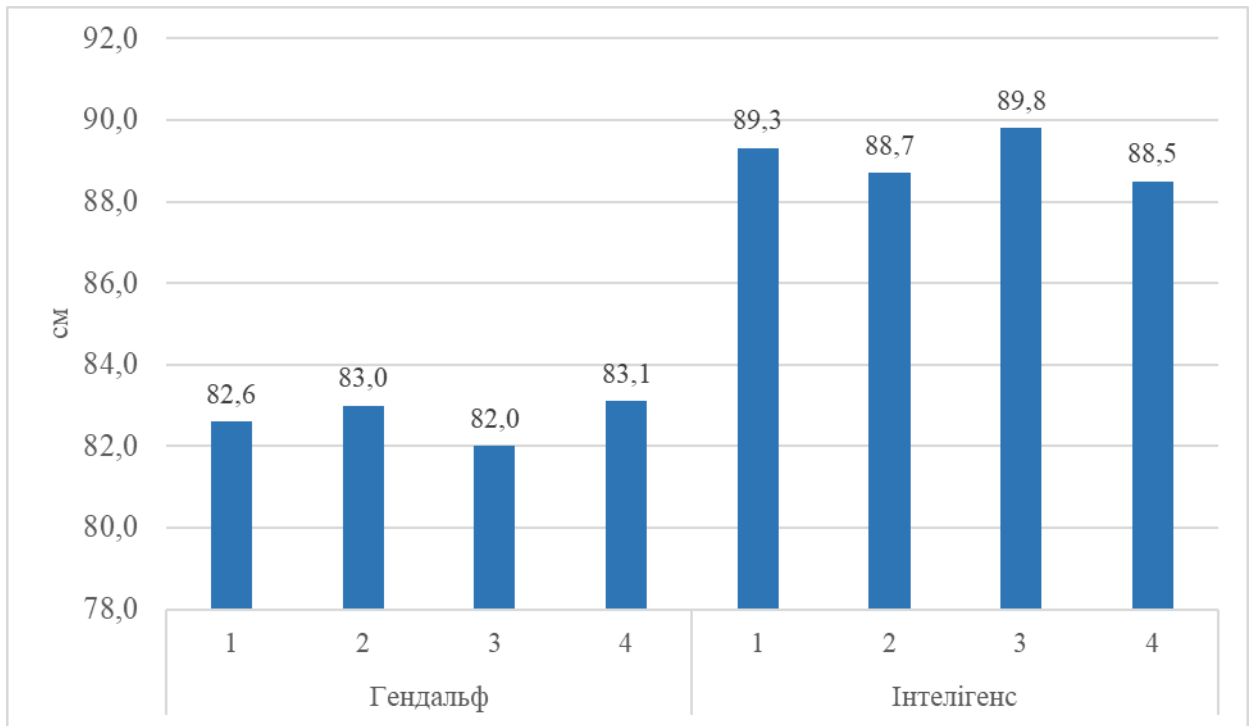


Рис. 3.2. Висота прикріплення качана у рослин гібридів кукурудзи (середнє за 2023–2025 рр.), см

По гібридах спостерігалася чітка закономірність: рослини КВС Інтелігенс характеризувалися значно вищим розташуванням качана на стеблі, порівняно з КВС Гендальф на всіх варіантах дослідів. На контрольному варіанті висота прикріплення качана у КВС Інтелігенс становила 90,3 см, тоді як у КВС Гендальф – 83,1 см. Застосування мікродобрив та регуляторів росту («Радікс», «Біогумат», «Енерджі», «Цинк», «Фотосинтез», «Лінамін», «Турбоазот») у фази 3-5 та 6-8 листків не мали суттєвого впливу на висоту закладання качанів. Зміни показників на рівні 0,2–0,4 см, порівняно з контролем є практично несуттєвими.

Отже, висота рослин кукурудзи визначається генетичними особливостями гібридів, але оптимізація живлення шляхом позакореневого внесення мікродобрив і регуляторів росту дозволяє здійснювати додаткове цілеспрямоване коригування цього показника. Позакореневе внесення мікродобрив та регуляторів росту практично не впливає на висоту закладання качанів кукурудзи.

3.2. Динаміка наростання площі листкової поверхні та продуктивність фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи

Формування потужного фотосинтетичного апарату є визначальним фактором у реалізації генетичного потенціалу врожайності сучасних гібридів кукурудзи. Площа листкової поверхні виступає ключовим біометричним індикатором фізіологічного стану рослин, оскільки від її оптимальних розмірів та тривалості активного функціонування, безпосередньо залежить інтенсивність засвоєння сонячної радіації, швидкість асиміляції вуглекислого газу та загальні обсяги синтезу пластичних речовин в процесі фотосинтезу. Мікродобрива та регулятори росту рослин не лише компенсують дефіцит елементів живлення в критичні фази органогенезу, а й оптимізують гормональний баланс, стимулюють поділ клітин та активізують вегетативний ріст.

Згідно результатів польових експериментів К. В. Павліченко [91], найбільшу площу листкової поверхні кукурудзи спостерігали у фазі цвітіння качанів у гібрида Каріфолс на фоні внесення $N_{120}P_{90}K_{90}$ та обробки мікродобривами YaraTera Tenso Cocktail і YaraVita Kombiphos. Вона досягла 49,0 тис. $m^2/га$ у фазу цвітіння волотей. Найменше значення цього показника (36,6 тис. $m^2/га$) зафіксовано у середньораннього гібрида Амарос без удобрення. У процесі подальшого розвитку посівів відбувалося закономірне зниження площі листя: у фазі молочної стиглості зерна вона зменшилась на 5,3 % порівняно з попереднім етапом, а до настання воскової стиглості скоротилося ще на 6,8 %.

В умовах Лісостепу України максимальні значення площі листкової поверхні (48,1 тис. $m^2/га$), фотосинтетичного потенціалу (2,34 тис. $m^2 \times діб/га$) та індексу листкової поверхні (ІЛП = 4,81) зафіксовано у гібрида кукурудзи РЖТ Елеккс при застосуванні регулятора росту Келпак (2,0 л/га). Ці показники перевищували значення на контролі на 5,8–23,1 %. На цьому варіанті сформувалися найкращі показники структури врожаю: кількість зерен з одного качана – 444,0 шт., а їх маса – 133,5 г. Водночас максимальну масу 1000 зерен

зафіксовано у гібрида РЖТ Дубліккс – 302,6 г [66]. Ефективність використання препарату Келпак на посівах кукурудзи підтверджується також у роботах інших науковців [181].

Обробка листків кукурудзи сульфатом цинку (ZnSO_4) сприяла суттєвому підвищенню вмісту цього елемента в зерні. Це свідчить про те, що позакореневе внесення цинку здатне активізувати фізіологічні процеси в листках, що, своєю чергою, призводить до збільшення концентрації хлорофілу [134]. Застосування магнієвих добрив позакореневим способом позитивно вплинуло на фотосинтетичний апарат кукурудзи: підвищилися показники асиміляції вуглецю та відкритості продихів, одночасно зменшилася концентрація CO_2 в міжклітинниках та інтенсивність випаровування води листовою поверхнею [266]. Позакореневе застосування молібдену активізує азотний обмін та процеси асиміляції вуглецю в рослинах кукурудзи [215], водночас обробка листової поверхні кукурудзи цеолітом сприяла підвищенню вмісту азоту на 10 %, що позитивно позначилося на коефіцієнтах засвоєння цього елемента кореневою системою [189]. Поєднання позакорневих обробок препаратами Amino Ultra або Plonvit забезпечило суттєве зростання врожайності зерна кукурудзи та поліпшення його якісних характеристик: вмісту білка, цинку та заліза [244].

Упродовж трирічного періоду досліджень (2010–2012 рр.) у Сербії встановлено, що позакореневе внесення азотних добрив разом із амінокислотними комплексами сприяло підвищенню основних біометричних показників кукурудзи: збільшилися маса рослин, висота стебла, індекс листової поверхні та врожайність зерна. Отримані результати засвідчують доцільність застосування таких підживлень у технології вирощування культури [156].

Позакореневе застосування кінетину та індоліл-3-оцтової кислоти сприяло підвищенню вмісту сухої речовини, врожайності зерна та концентрації хлорофілу в рослинах кукурудзи, вирощуваних на засолених ґрунтах [200]. Водночас, обробка аскорбіновою кислотою послаблювала негативний вплив

посушливих умов, що виявлялося в інтенсифікації ростових процесів, збільшенні біомаси та підвищенні фотосинтетичної активності культури [228].

Метеорологічні умови різних років досліджень відчутно вплинули на показники площі листової поверхні посівів кукурудзи: найвищі значення площі листової поверхні гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс отримані у 2025 р. – 39,52 і 43,44 тис. м²/га. Найменші показники зафіксовано у 2024 р. – 38,40 і 42,45 тис. м²/га, відповідно. А 2023 р. займав проміжне положення за цим показником (Додатки Б1–Б2). Незважаючи на коливання по роках, гібрид КВС Інтелігенс стабільно перевищував КВС Гендальф за площею листової поверхні, а застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин забезпечувало приріст цього показника, порівняно з контролем.

Площа листової поверхні посівів кукурудзи зростала від фази ВВСН 17–18 до цвітіння волотей (ВВСН 65), що є типовим для зміни фотосинтезуючої поверхні та підтверджується даними інших вчених [46, 48, 59, 74, 76, 224]. У наступні періоди обліків: молочної стиглості зерна (ВВСН 75–77), молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81–83) та воскової стиглості зерна (ВВСН 85) площа листової поверхні поступово зменшувалася внаслідок природного старіння листків, їх відмирання та зменшення фотосинтетично активної площі.

У фазі ВВСН 17–18 (7–8 листків) показники площі листової поверхні в обох гібридів залишалися відносно близькими, незалежно від позакоренових підживлень мікродобривами та регуляторами росту і були у межах 7,44–7,68 тис. м²/га (табл. 3.2). Це пояснюється тим, що на цьому етапі розвитку кукурудзи вплив препаратів ще був мінімальним, а деякі з них вносилися лише у цей період.

У фазу цвітіння волотей (ВВСН 65) рослини кукурудзи інтенсивно наросували вегетативну масу і ефективність застосування мікродобрив і регуляторів росту виявилася найвищою. Серед варіантів дослідів найвищі значення площі листової поверхні у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс отримано при застосуванні Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) +

Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи – 39,08 і 43,05 тис. м²/га, відповідно, що на 1,27 і 1,48 тис. м²/га перевищувало контроль.

Таблиця 3.2

Динаміка формування площі листкової поверхні посівів кукурудзи під впливом досліджуваних факторів (середнє за 2023–2025 рр.), тис. м²/га

Гібрид кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	7-8 листків (ВВСН 17-18)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 75-77)	Молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81-83)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	7,51	37,81	36,40	35,44	35,08
	2	7,52	38,74	37,34	36,61	36,27
	3	7,44	39,03	37,45	36,67	36,31
	4	7,48	39,08	37,41	36,71	36,33
КВС Інтелігенс	1	7,65	41,57	40,36	39,78	39,34
	2	7,64	42,70	41,31	40,64	40,31
	3	7,68	42,88	41,43	40,76	40,36
	4	7,65	43,05	41,60	40,85	40,40
НІР ₀₅	А	0,14	0,47	0,89	0,84	1,03
	В	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06
	АВ	0,21	0,58	1,02	0,94	1,07

Позитивний вплив позакоренових підживлень мікродобривами та регуляторами росту на площу листкової поверхні спостерігався також у фазі ВВСН 81-85, що свідчить про пролонговану дію досліджуваних препаратів.

Серед гібридів КВС Інтелігенс, у всі періоди вимірювань, мав більшу площу листкової поверхні, порівняно з КВС Гендальф. Так, у фазі ВВСН 85 цей показник у гібрида КВС Інтелігенс становив 40,40 тис. м²/га, а у КВС Гендальф – 36,33 тис. м²/га (4 варіант позакоренового підживлення). Різниця у 4,07 тис. м²/га перевищує НІР₀₅ для фактора А (1,03), що свідчить про статистично достовірну перевагу гібриду КВС Інтелігенс за цим показником.

За результатами дисперсійного аналізу було встановлено частку участі досліджуваних факторів у формуванні площі листкової поверхні рослин кукурудзи (рис. 3.3). Аналіз отриманих даних свідчить, що домінуючий вплив

на мінливість площі листової поверхні мали генетичні особливості гібрида (Фактор А), частка яких склала 77,6 %. Це чітко вказує на те, що інтенсивність розвитку асиміляційного апарату та площа листків значною мірою є генетично детермінованою ознакою, яка залежить насамперед від біологічних властивостей конкретного гібрида кукурудзи.



Рис. 3.3. Частка впливу досліджуваних факторів на площу листової поверхні кукурудзи

Вплив позакореневого підживлення мікродобривами та регуляторами росту рослин (Фактор В) визначав 7,5 % мінливості цієї ознаки. Це підтверджує, що цілеспрямоване їх використання є дієвим технологічним заходом, який дозволяє оптимізувати живлення рослин та стимулювати додаткове нарощування листової маси. Частка спільної взаємодії досліджуваних факторів (А × В) становила 4,8 %. Це свідчить про наявність індивідуальної реакції досліджуваних гібридів кукурудзи на певні варіанти позакореневого підживлення. На інші, неконтрольовані в досліді фактори (наприклад, погодні умови років досліджень, похибку досліду), припадає 10,1 % впливу.

Виявлена сильна пряма кореляційна залежність ($r = 0,94$) між площею листової поверхні та урожайністю зеленої маси кукурудзи у фазу молочно-воскової стиглості зерна. Збільшення площі листків від 35,44 до 40,85 тис. м²/га

супроводжується пропорційним зростанням урожайності зеленої маси від 42,8 до 48,5 т/га (рис. 3.4). Коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,88$), що вказує на те, що 88 % мінливості врожайності зеленої маси зумовлено саме зміною площі асиміляційного апарату.

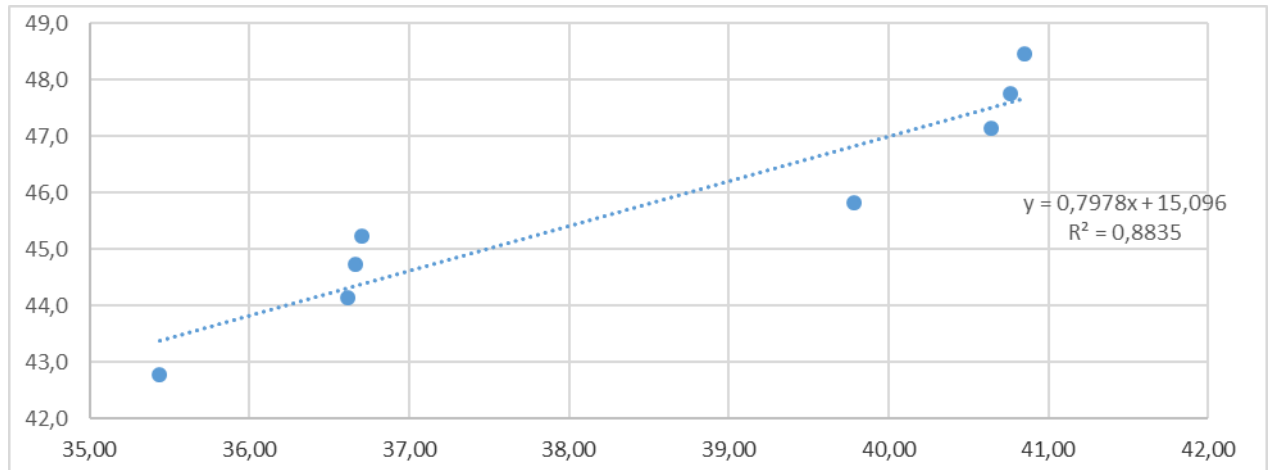


Рис. 3.4. Кореляційна залежність між урожайністю зеленої маси і площею листкової поверхні кукурудзи у фазу молочно-воскової стиглості зерна (BBCH 81-83)

Між площею листкової поверхні та вмістом сухої речовини у фазу молочної стиглості зерна встановлено дуже сильний прямий кореляційний зв'язок ($r = 0,99$) (рис. 3.5).

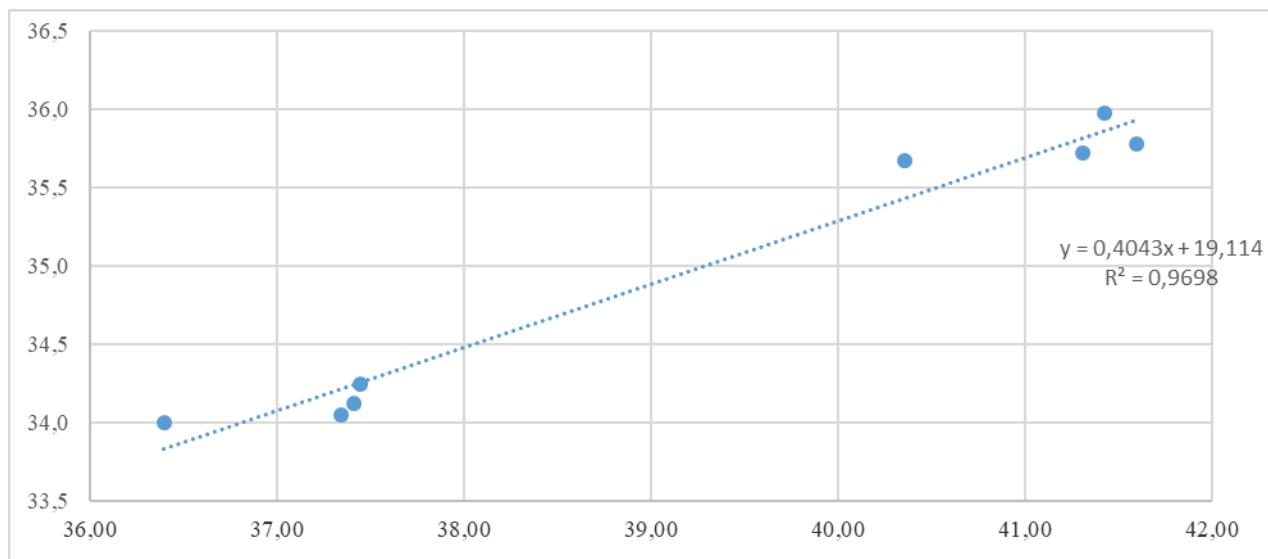


Рис. 3.5. Кореляційна залежність між вмістом сухої речовини і площею листкової поверхні кукурудзи у фазу молочної стиглості зерна (BBCH 75-77)

Зростання площі листкової поверхні з 36,40 до 41,60 тис. м²/га забезпечує інтенсивніше накопичення сухої речовини в межах від 35,44 до 40,85 %. Значення коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,99$ підтверджує, що накопичення сухої маси майже повністю визначається розміром сформованої листкової поверхні рослин.

Аналіз даних фотосинтетичного потенціалу посівів гібридів кукурудзи свідчить про позитивний вплив позакоренових підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин на цей показник. У обох досліджуваних гібридів спостерігається чітка тенденція до збільшення його значень, порівняно з контролем по всіх періодах обліків. Найбільші значення отримано у міжфазний період «цвітіння волотей-молочна стиглість зерна», що є періодом найвищої фотосинтетичної активності (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Фотосинтетичний потенціал посівів гібридів кукурудзи залежно від позакоренових підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин (середнє за 2023–2025 рр.), млн м²·діб/га

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	7-8 листків-цвітіння волотей	Цвітіння волотей-молочна стиглість зерна	Молочна-молочно-воскова стиглість зерна	Молочно-воскова-воскова стиглість зерна	7-8 листків-воскова стиглість зерна
КВС Гендальф	1	0,507	0,817	0,336	0,236	1,535
	2	0,517	0,838	0,346	0,244	1,578
	3	0,520	0,842	0,346	0,244	1,583
	4	0,521	0,842	0,346	0,244	1,591
КВС Інтелігенс	1	0,641	1,025	0,429	0,304	1,866
	2	0,655	1,051	0,438	0,311	1,904
	3	0,658	1,055	0,440	0,312	1,911
	4	0,660	1,059	0,441	0,312	1,920

Максимальні значення фотосинтетичного потенціалу посівів у обох гібридів кукурудзи отримано на четвертому варіанті досліді позакореневого застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) і за період 7-8 листків–воскова стиглість зерна становив 1,591 і 1,920 млн м²·діб/га. На контрольному варіанті ці показники складалі 1,535 і 1,866 млн м²·діб/га, відповідно.

Перевага четвертого варіанту досліді над другим і третім пояснюється кращою фізіологічно дією препаратів. Зокрема, за рахунок додаткового внесення препаратів Лінамін та Турбоазот на цьому варіанті, рослини кукурудзи отримали можливість для швидкого нарощування листкової маси на початкових етапах вегетації. Також оптимізований розподіл регуляторів росту між фазами розвитку кукурудзи дозволяє рослинам формувати велику площу листків та подовжити тривалість її активної роботи.

Визначення чистої продуктивності фотосинтезу є ключовим інструментом для оцінки ефективності роботи асиміляційного апарату рослин кукурудзи протягом вегетації. Цей показник відображає інтенсивність накопичення сухої речовини та дозволяє своєчасно коригувати технологію вирощування для максимальної реалізації генетичного потенціалу врожайності культури [124].

Встановлено, що найвищі значення чистої продуктивності фотосинтезу кукурудзи для обох гібридів були у фазу цвітіння волотей (ВВСН 65), після чого інтенсивність фотосинтезу знижується у фазах молочної (ВВСН 75-77) та молочно-воскової стиглості (ВВСН 81-83), а потім знову дещо зростає до воскової стиглості зерна (ВВСН 85). Застосування мікродобрив та регуляторів росту загалом забезпечило зростання цього показника, порівняно з контролем (табл. 3.4).

Найвищі показники отримано на четвертому варіанті досліді, який передбачав внесення препаратів Радікс, Лінамін, Турбоазот та Біогумат у фазі

3-5 листків, а також Енерджі, Фотосинтез, Цинк та Біогумат у фазі 6-8 листків. У гібрида КВС Гендальф показник чистої продуктивності фотосинтезу у фазу цвітіння волотей становив 9,281 г/м² за добу, а у КВС Інтелігенс – 9,429 г/м² за добу, тоді як на контролі – 9,269 і 9,348 г/м² за добу.

Таблиця 3.4

Чиста продуктивність фотосинтезу гібридів кукурудзи залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин (середнє за 2023–2025 рр.), г/м² за добу

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	7-8 листків (ВВСН 17-18)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 75-77)	Молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81-83)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	7,510	9,269	3,235	3,341	4,986
	2	7,502	9,081	3,155	3,245	5,201
	3	7,555	9,256	3,269	3,239	5,417
	4	7,533	9,281	3,321	3,238	5,551
КВС Інтелігенс	1	8,795	9,348	3,418	2,995	5,240
	2	8,803	9,338	3,405	2,929	5,616
	3	8,774	9,378	3,440	2,920	5,702
	4	8,795	9,429	3,474	2,911	5,765

Порівняння досліджуваних гібридів між собою вказує на суттєву перевагу гібрида КВС Інтелігенс за показником чистої продуктивності фотосинтезу на всіх етапах органогенезу. У фазі 7-8 листків (ВВСН 17-18), у КВС Інтелігенс ці показники були на рівні 8,774–8,803 г/м² за добу, тоді як у КВС Гендальф – 7,502–7,555 г/м² за добу. Ця перевага стабільно утримується під час цвітіння волотей (ВВСН 65) та молочної стиглості зерна (ВВСН 75-77). Винятком є лише фаза молочно-воскової стиглості (ВВСН 81-83), коли гібрид КВС Гендальф забезпечив вищі значення чистої продуктивності фотосинтезу 3,238–3,341 г/м² за добу і 2,911–2,995 г/м² за добу у КВС Інтелігенс.

3.3. Особливості накопичення сухої маси кукурудзи на силос за оптимізації умов живлення

Одним із показників, що визначає роботу фотосинтетичного апарату рослин є процес накопичення сухої маси [73]. Накопичення сухої біомаси рослинами залежить від того, наскільки ефективно використовується фотосинтетично активна радіація (ФАР), а також розмірів листкової поверхні та тривалості її активної роботи. Інтенсивність фотосинтезу визначає обсяг сухої речовини, що утворюється на одиниці площі. З огляду на це, ключовим є максимально продуктивне спрямування асимілятів на формування врожаю [34, 274].

Динаміка нагромадження та перерозподілу сухої біомаси й елементів живлення в рослинах кукурудзи визначається передусім гібридними особливостями та агротехнічними прийомами. Гібриди інтенсивного типу вирізняються підвищеною здатністю до засвоєння елементів живлення і нагромадження сухої речовини протягом усього вегетаційного періоду. Найбільш інтенсивно цей процес відбувається після фази цвітіння волотей [226, 240]. Американськими вченими було встановлено, що у гібридів кукурудзи були відмічені коливання вмісту сухої речовини, як в окремих частинах так в рослинах загалом [235].

Внесення основних елементів живлення (NPK) сприяє зростанню урожайності зеленої маси кукурудзи в межах 11,4–21,0 %, а сухої речовини – на 11,4–17,0 %, відносно варіантів без добрив. Додаткове застосування мікроелементів дозволяє збільшити ці показники на 1,4–3,6 % та 1,2–3,9 %, відповідно. Водночас чіткої закономірності щодо впливу макро- та мікродобрив на накопичення сухої речовини у досліджуваних гібридів кукурудзи не спостерігалось [184].

Дослідженнями проведеними в Правобережному Лісостепу України встановлено, що залежно від фази стиглості зерна вміст сухої речовини в рослинах кукурудзи становив 31,5–39,9 %[87]. Вміст сухої речовини в різних органах кукурудзи коливалася: у зерні він становив 58,6–63,4 %, у листках –

34,8–37,1 %, в обгортках качана – 31,0–34,2 %. Найнижчий рівень зафіксовано у стеблах – 22,9–25,3 %. Серед усіх досліджуваних гібридів найвищим вмістом сухої речовини вирізнявся Богатир (39,2 %), тоді як в Амарос, КВС 381 та Каріфолс цей показник становив 37,1, 38,8 і 38,4 %, відповідно. Кореляційний аналіз показав наявність середнього ступеня зв'язку між накопиченням сухої речовини в листках і стеблах ($r=0,70$), тісного – між листками та зерном ($r=0,82$). Особливо високою виявилася залежність між вмістом сухої речовини у стеблах та зерні ($r=0,88$).

Подібні результати отримані А. А. Засухою та Л. А. Козаком [58], в яких не зафіксовано впливу мікродобрив на вміст сухої речовини в рослинах кукурудзи, а також в окремих її структурних частинах – стеблах, листках, обгортках, стрижнях качанів та зерні. Діапазон значень цього показника становив: у зерні – 62,0–64,0 %, листках – 35,9–38,0 %, обгортках зі стрижнями – 32,1–35,4 %, стеблах – 25,0–28,0 %. Найвищу врожайність сухої маси побічної продукції отримано за варіантом із застосуванням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ та проведенням позакоренових підживлень комплексом мікродобрив Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 4,26 т/га.

У досліді з вирощування кукурудзи на силос, передпосівна обробка насіння та позакореневе підживлення препаратом Емістим С у комбінації з Еколистом багатокomпонентним забезпечили вихід сухої речовини на рівні 29,3 т/га у гібрида середньоранньої групи та 29,0 т/га – у середньостиглого. Це перевищило показники, отримані за внесення азотних добрив (N_{135}) на 2,1–5,8 % [111].

Найменше накопичення сухої маси кукурудзи в умовах Півдня України було на посівах ранньостиглих гібридів, оброблених мікродобривом Нутрімікс – 20,46–20,63 т/га. А максимальне накопичення сухої маси відзначено у фазі молочної стиглості в середньопізнього гібрида Чонгар за використання комплексного мікродобрива Аватар-1 – 21,83 т/га. Застосування препарату

Аватар-1 сприяло зростанню цього показника на 6,9–7,1 %, а Нутріміксу на 6,0–6,2 %, відносно контролю[78].

Тривалість періоду нагромадження сухої речовини рослинами кукурудзи визначається передусім інтенсивністю лінійного росту рослин, генетичними особливостями гібридів та рівнем фотосинтетичного потенціалу. Чим активніше відбуваються ростові процеси, тим швидше формується асиміляційний апарат, підвищується фотосинтетична активність і зростає врожайність культури [163].

За даними І. А. Ciampitti та ін. [162], накопичення сухої речовини у стеблах триває до початку дозрівання зерна, тоді як у качанах цей процес не припиняється до настання повної стиглості. Найвищі темпи приросту сухої речовини за добу припадають на період від завершення цвітіння до фази молочно-воскової стиглості зерна. Оптимальним для збирання кукурудзи на силос вважається період, коли вміст сухої речовини в рослині досягає 30–35 %. Максимальна врожайність зерна формується за вмісту сухих речовин на рівні 60–64 %.

Аналіз отриманих нами даних свідчить, що вміст сухої речовини в окремих частинах та в цілому по рослині кукурудзи у фазу молочної стиглості зерна (ВВСН 75–77) залежить, як від біологічних особливостей досліджуваних гібридів, так і від застосування мікродобрих та регуляторів росту. Найбільший вміст сухої речовини був у зерні – 52,1–53,6 %, у стеблах він становить 21,2–22,4 %, листках 30,2–31,4 % та в обгортках і стрижнях качана – 28,2–29,5 % (табл. 3.5). Вміст сухої речовини в цілому по рослині кукурудзи коливається в межах від 33,0 % до 34,2 %.

Гібрид КВС Інтелігенс характеризується вищим вмістом сухої речовини в усіх органах та рослині, порівняно з КВС Гендальф. На контрольному варіанті, вміст сухої речовини у рослині у гібрида КВС Інтелігенс становить 33,9 %, що на 0,9 % перевищує показник гібрида КВС Гендальф (33,0 %) ($HP_{05}=0,4$). Вегетативні органи гібрида КВС Інтелігенс також мають вищі

показники вмісту сухої речовини на 0,7 % у стеблах та на 0,7 % у листках, порівняно з КВС Гендальф.

Таблиця 3.5

Вміст сухої речовини в окремих частинах та рослинах кукурудзи у фазу молочної стиглості зерна (ВВСН 75–77) (середнє за 2023–2025 рр.), %

Гібриди кукурудзи (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)	Стебло	Листки	Обгортки і стрижень качана	Зерно	У рослині
КВС Гендальф	1	21,2	30,2	28,2	52,4	33,0
	2	21,4	30,4	28,2	52,3	33,1
	3	21,6	30,8	28,4	52,3	33,3
	4	21,6	30,4	28,4	52,1	33,1
КВС Інтелігенс	1	21,9	30,9	29,3	53,5	33,9
	2	22,3	31,2	29,5	53,4	34,1
	3	22,4	31,4	29,5	53,6	34,2
	4	22,3	31,0	29,2	53,4	34,0
НІР ₀₅ , для	А	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
	В	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3
	АВ	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7

Застосування мікродобрів та регуляторів росту по-різному впливало на накопичення сухої речовини в окремих частинах кукурудзи. Найбільші значення цього показника отримано на третьому варіанті досліду (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи). Так, у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс вміст сухої речовини у стеблах зріс до 21,6 і 22,4 %, а в листках до 30,8 і 31,4 %, порівняно з контролем. В цілому у рослині цей варіант забезпечив максимальні значення: 33,3 % у КВС Гендальф та 34,2 % у КВС Інтелігенс. Але слід вказати на відсутність достовірної різниці між другим і четвертим варіантами досліду (НІР₀₅ для стебел і листків = 0,2, для всієї рослини = 0,3).

На відміну від вегетативних органів, застосування мікродобрів та регуляторів росту не призвело до достовірного збільшення вмісту сухої речовини в зерні, а в окремих варіантах спостерігалось навіть незначне його

зниження. Так, у гібрида КВС Гендальф на четвертому варіанті досліді вміст сухої речовини у зерні знизився до 52,1 %. У гібрида КВС Інтелігенс цей показник був на рівні 53,4–53,6 % при показнику на контролі 53,5 %. Отримані нами дані співпадають із результатами інших вчених, які також вказують на відсутність впливу мікродобрив на вміст сухої речовини в рослинах кукурудзи [52, 94, 123].

У фазу молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81–83) найбільша частка сухої речовини була у зерні – 56,7–58,7 % (табл. 3.6). У вегетативних органах цей показник є нижчим: у листках він коливається в межах 34,1–35,3 %, в обгортках і стрижні качана – 31,0–32,3 %, а найменше сухої речовини міститься у стеблах – 23,2–24,7 %. Вміст сухої речовини в цілому по рослині варіює від 36,3 до 37,8 %.

Таблиця 3.6

Вміст сухої речовини в окремих частинах та рослинах кукурудзи у фазу молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81–83) (середнє за 2023–2025 рр.), %

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Стебло	Листки	Обгортки і стрижень качана	Зерно	У рослині
КВС Гендальф	1	23,2	34,2	31,2	56,7	36,3
	2	23,7	34,3	31,0	57,0	36,5
	3	23,7	34,4	31,4	57,1	36,7
	4	23,5	34,1	31,2	57,0	36,5
КВС Інтелігенс	1	24,4	35,0	32,0	58,4	37,5
	2	24,5	35,1	32,1	58,6	37,6
	3	24,7	35,3	32,3	58,7	37,8
	4	24,5	35,2	32,2	58,4	37,6
НІР ₀₅ , для	А	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5
	В	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
	АВ	0,6	0,6	0,7	0,9	0,8

Порівняно з попереднім періодом обліків (ВВСН 75–77), у фазу молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81–83) відмічено збільшення вмісту сухої

речовини в рослинах кукурудзи на 3,3–3,6 %, стеблах – 1,9–2,3 %, листках – 3,6–4,2 %, обгортках і стрижнях качана – 2,6–3,0 %, зерні – 4,3–5,1 %.

Як і в попередній період, гібрид КВС Інтелігенс характеризується вищим вмістом сухої речовини, порівняно з КВС Гендальф. Так, на контрольному варіанті без обробки, вміст сухої речовини у рослині у КВС Інтелігенс становить 37,5 %, що на 1,2 % більше, ніж у гібрида КВС Гендальф (36,3 %). Подібна перевага гібрида КВС Інтелігенс простежується і щодо вмісту сухої речовини в зерні, листках та стеблах.

Аналіз впливу застосування мікродобрив та регуляторів росту показує, що їх використання сприяє підвищенню вмісту сухої речовини, порівняно з контролем. Але достовірної різниці між самими варіантами із застосуванням мікродобрив і регуляторів росту не відмічається. Різниця у показниках між другим, третім та четвертим варіантами підживлення знаходиться в межах похибки досліду та не перевищує значень критерію достовірності HP_{05} . Це свідчить про те, що всі досліджені варіанти застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин мають однаковий рівень впливу на фізіологічні процеси накопичення сухих речовин у фазу молочно-воскової стиглості зерна.

Незважаючи на відсутність статистично достовірної різниці між варіантами підживлення, в абсолютних значеннях кращим варіантом досліду є третій (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи). У гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс вміст сухої речовини у рослині становив при цьому 36,7 та 37,8 %, зерні – 57,1 та 58,7 %, листках – 34,4 та 35,3 %, стеблi – 23,7 та 24,7 %.

У фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85) вміст сухої речовини у досліджуваних гібридів кукурудзи коливався в межах від 39,3 % до 40,7 % (табл. 3.7). Загалом, найбільший вміст сухої речовини відмічено у зерні – 61,2–62,7 %, в листках він становив 36,2–38,1 %, обгортках і стрижні качана 33,5–34,6 %, стеблi – 26,2–27,5 %.

Таблиця 3.7

Вміст сухої речовини в окремих частинах та рослинах кукурудзи у фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85) (середнє за 2023–2025 рр.), %

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Стебло	Листки	Обгортки стрижень качана	Зерно	У рослині
КВС Гендальф	1	26,2	36,2	33,5	61,2	39,3
	2	26,4	36,5	33,6	61,4	39,5
	3	26,5	36,7	33,7	61,5	39,6
	4	26,3	36,7	33,7	61,4	39,5
КВС Інтелігенс	1	27,4	37,8	34,3	62,5	40,5
	2	27,3	38,0	34,5	62,7	40,6
	3	27,5	38,1	34,6	62,7	40,7
	4	27,3	38,0	34,5	62,6	40,6
НІР ₀₅ , для	А	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5
	В	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2
	АВ	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8

У фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85), вміст сухої речовини в рослинах був вищим в середньому на 6,4 % (у діапазоні від 6,1 до 6,7 %), порівняно з молочною стиглістю зерна (ВВСН 75–77) і на 3,0 % (у діапазоні від 2,7 до 3,3 %), порівняно з молочно-восковою стиглістю зерна (ВВСН 81–83).

Як і в попередні періоди обліків, гібрид КВС Інтелігенс має вищий вміст сухої речовини в усіх органах та рослині кукурудзи, порівняно з КВС Гендальф. Різниця за цим показником між ними складала 1,0–1,3 %. Інші вчені також відмічають, що зростання ФАО у гібридів кукурудзи зумовлює збільшення вмісту сухої речовини в різних частинах рослини, найбільше у зерні, листках та качанах[34]. Частка вегетативних частин рослин (листіків, стебла і волоті) кукурудзи та вміст сухої речовини в них зростають зі збільшенням групи стиглості відповідних гібридів[249].

Не виявлено впливу мікродобрів та регуляторів росту рослин на вміст сухої речовини в окремих органах та рослинах кукурудзи. Спостерігаються тенденції до збільшення цього показника на третьому варіанті дослідів (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи та

Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи). Так, у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс вміст сухої речовини у рослині становив при цьому 39,6 і 40,7 %. А на другому і четвертому варіантах 39,5 і 4,6 %.

Дещо вищі показники вмісту сухої речовини на третьому варіанті пояснюються кращим поєднанням застосованих препаратів. Застосування препарату Фотосинтез у фазі 3-5 листків та Лінамін у фазі 6-8 листків забезпечувало краще накопичення сухої речовини у вегетативних органах, зокрема в листках (36,7 та 38,1 %). Це накопичення сухої речовини у вегетативній масі відповідно і сприяло кращому наливу зерна та пропорційному підвищенню загального вмісту сухої речовини у всій рослині.

Аналіз даних свідчить про стабільну динаміку накопичення сухої речовини в рослинах кукурудзи від молочної до воскової стиглості зерна. З переходом від фази ВВСН 75-77 до фази ВВСН 85 показники закономірно зростають (рис. 3.6). Так, у фазу ВВСН 75-77 у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс показники становлять 33,1 і 34,1 %, у фазу ВВСН 81-83 вони зростають до 36,5 і 37,6 %. Максимальних значень накопичення сухої речовини отримано у фазу воскової стиглості ВВСН 85 – 39,5 і 40,6 %.

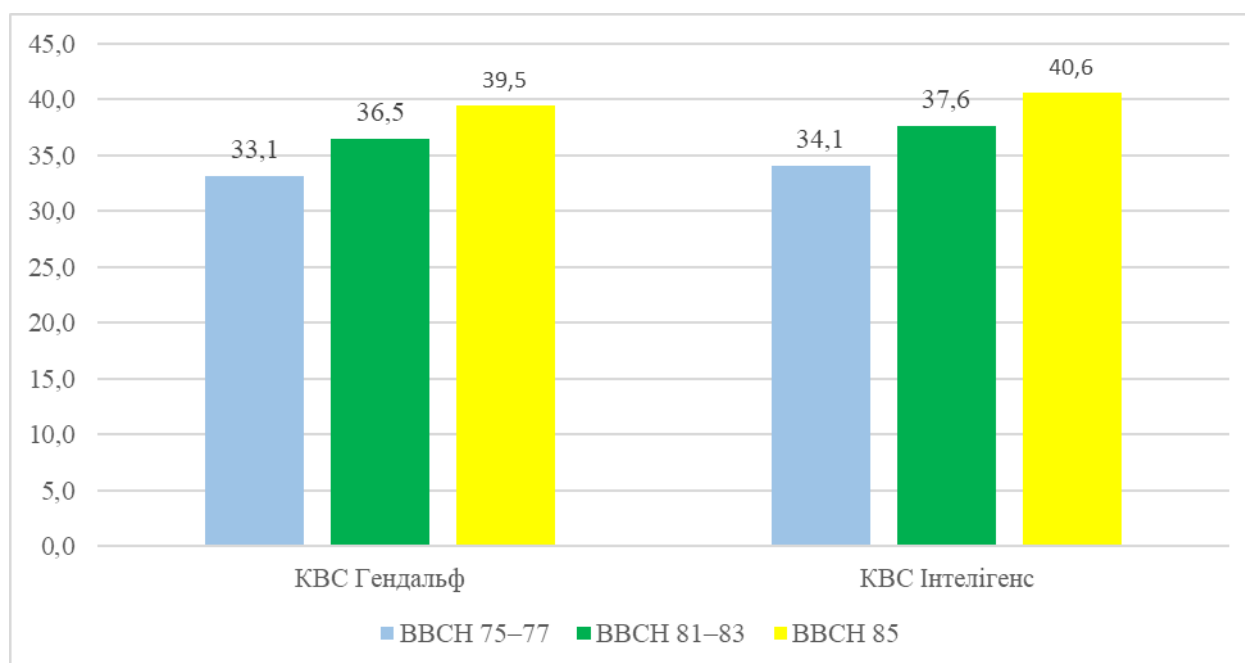


Рис. 3.6. Вміст сухої речовини в рослинах кукурудзи залежно від фази стиглості зерна (середнє за 2023–2025 рр.), %

Нами виявлено високий кореляційний зв'язок між вмістом сухої речовини в цілій рослині та в зерні ($r=0,95$), обгортках і стрижнях качана ($r=0,93$), листках ($r=0,93$) і стеблі ($r=0,90$) (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Кореляційний взаємозв'язок між вмістом сухої речовини в рослині кукурудзи та окремих її органах у фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85)

Показник	Стебло	Листки	Обгортки і стрижень качана	Зерно	Рослина
Стебло	—	0,76	0,86	0,72	0,90
Листки	0,76	—	0,68	0,84	0,93
Обгортки і стрижень качана	0,86	0,68	—	0,98	0,93
Зерно	0,72	0,84	0,98	—	0,95
Рослина	0,90	0,93	0,93	0,95	—

Вміст сухої речовини в листках тісно пов'язаний зі стеблом ($r=0,76$) та із зерном ($r=0,84$). Також виявлено високий рівень зв'язку між вмістом сухої речовини в стеблі та обгортками і стрижнем качана ($r=0,86$), а також між стеблом та зерном ($r=0,72$). Найвищий рівень прямої кореляції серед окремих органів у цю фазу зафіксовано між зерном та обгортками і стрижнем качана ($r=0,98$). Отримані нами показники є близькими до результатів інших дослідників і підтверджують загальні закономірності. Зокрема, ці дані співпадають з результатами, отриманими М. Б. Грабовським та К. В. Павліченко [34] та І. П. Сатановською [111].

Аналіз результатів досліджень дозволив визначити частку впливу кожного з досліджуваних факторів на формування вмісту сухої речовини в рослинах кукурудзи. Встановлено, що ключову роль у накопиченні сухої маси відіграють генетичні особливості вирощуваних рослин (72,4 %) (рис. 3.7).



Рис. 3.7. Частка впливу досліджуваних факторів на вміст сухої речовини у рослинах кукурудзи, %

Це свідчить про те, що біологічний потенціал та вибір гібрида є визначальною умовою для досягнення максимальних показників вмісту сухої речовини. Вплив мікродобрів та регуляторів росту (фактор В) виявився значно меншим – 5,7 %. Взаємодія цих двох факторів, тобто сумісний вплив конкретного гібрида та системи позакореневого підживлення (фактор $A \times B$), зумовлює зміну досліджуваного показника на 3,6 %. Варто відзначити, що значна частка впливу (18,3 %) припадає на інші неконтрольовані або невраховані в межах даного дисперсійного аналізу фактори. До яких належать погодно-кліматичні умови та ґрунтові відмінності дослідної ділянки. Таким чином, накопичення сухої речовини переважно детермінується генетичними особливостями, а позакореневі обробки виконують додаткову функцію.

Встановлено, що урожайність сухої речовини у фазу ВВСН 63–65 була найвищою на четвертому варіанті досліду (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) – 8,6 і 9,4 т/га, що на 0,6 і 0,4 т/га більше контролю, відповідно у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс (табл. 3.9). У фазі ВВСН 75–77 (молочна стиглість зерна) урожайність сухої речовини була вищою на 84,2–93,1 %, порівняно з фазою ВВСН 63–65, що пояснюється формуванням та

інтенсивним розвитком качана. На другому варіанті використання мікродобрих та регуляторів росту рослин приріст урожайності становив 0,5 т/га, третьому – 0,8–0,9 т/га, четвертому – 0,8–1,0 т/га, відносно контролю.

Таблиця 3.9

Динаміка зміни урожайності сухої маси кукурудзи залежно від позакоренових підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин (середнє за 2023–2025 рр.), т/га

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Фази росту і розвитку рослин			
		викидання волоті (ВВСН 63–65)	молочна стиглість зерна (ВВСН 75–77)	молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81–83)	воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	8,0	13,5	15,5	15,8
	2	8,4	14,0	16,1	16,4
	3	8,4	14,3	16,4	16,9
	4	8,6	14,3	16,5	17,0
КВС Інтелігенс	1	9,0	14,9	17,2	17,8
	2	9,3	15,4	17,7	18,3
	3	9,4	15,8	18,0	18,6
	4	9,4	15,9	18,2	18,8
НІР ₀₅ , для	A	0,7	0,8	1,2	1,5
	B	0,2	0,2	0,3	0,2
	AB	1,0	1,2	1,5	1,8

У фазу ВВСН 81–83 (молочно-воскова стиглість зерна) гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс урожайність сухої речовини становила на другому варіанті – 16,1 і 17,2 т/га, на третьому – 16,4 і 18,0 т/га і четвертому – 16,5 і 18,2 т/га, що на 0,5–1,0 т/га більше контролю.

У фазу ВВСН 85 (воскова стиглість зерна) урожайність сухої речовини мала максимальні значення. У гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс на контролі вона складала 15,8 і 17,8 т/га, при застосуванні другого варіанту позакоренових підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин вона зростала до 16,4 і 18,3 т/га. Найбільшу урожайність сухої речовини 16,9 і 17,0 та 18,6 і 18,8 т/га забезпечили третій і четвертий варіанти дослідів. Варто

відмітити, що збільшення урожайності сухої маси під впливом препаратів відбувалося переважно за рахунок зростання урожайності загальної зеленої маси рослин, в той час, як суттєвої різниці за відсотковим вмістом сухої речовини між самими варіантами підживлень не спостерігалось. Так, на другому варіанті досліду (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) у досліджуваних гібридів урожайність сухої маси зростала у фазу (ВВСН 85) на 0,6 і 0,5 т/га, а вміст сухої речовини лише на 0,2 і 0,1 %, порівняно з контролем.

Виявлено вплив метеорологічних умов року досліджень на формування урожайності сухої маси кукурудзи. Так, у 2023 р. у гібрида КВС Гендальф ці показники, в середньому становили у фазу ВВСН 63–65 – 8,6 т/га, ВВСН 75–77 – 14,5 т/га, ВВСН 81–83 – 16,6 т/га, ВВСН 85 – 17,7 т/га. У гібрида КВС Інтелігенс – 9,3, 16,0, 18,6 і 19,7 т/га, відповідно (Додаток В1).

Умови 2024 року виявилися несприятливими для формування сухої маси кукурудзи, що відобразилося у значно нижчих показниках. У гібрида КВС Гендальф урожайність у фазу воскової стиглості становила 12,7 т/га, а у КВС Інтелігенс 13,7 т/га (Додаток В2). Тобто, продуктивність культури, залежно від періодів обліків, була меншою на 9,3–31,5 %, порівняно з попереднім роком.

Найбільш сприятливим для вирощування кукурудзи та формування урожайності сухої маси виявився 2025 р., у якому було досягнуто максимальних показників за весь період досліджень. У фазу воскової стиглості зерна, гібрид КВС Гендальф забезпечив урожайність на рівні 19,3 т/га, а КВС Інтелігенс – 21,7 т/га (Додаток В3).

Аналіз даних свідчить про наявність тісного позитивного кореляційного взаємозв'язку між урожайністю сухої маси кукурудзи та сумою температур та кількістю опадів. При цьому, вплив кількості опадів на формування урожайності сухої маси є вищим, порівняно із впливом суми температур. У фази ВВСН 75-77 і ВВСН 81-83 зв'язок між урожайністю сухої маси та кількістю опадів відзначається як високий ($r=0,92$ і $r=0,94$) (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Кореляційний взаємозв'язок між урожайністю сухої маси кукурудзи (СМ) та сумою температур (Т) і кількістю опадів (Ко)

Показник	Урожайність СМ ВВСН 75–77	Урожайність СМ ВВСН 81–83	Урожайність СМ ВВСН 85	Т	Ко
Урожайність СМ ВВСН 75–77	–	–	–	0,84	0,92
Урожайність СМ ВВСН 81–83	–	–	–	0,86	0,94
Урожайність СМ ВВСН 85	–	–	–	0,77	0,83
Т	0,84	0,86	0,77	–	0,41
Ко	0,92	0,94	0,83	0,41	–

Це вказує на високу потребу рослин кукурудзи у волозасезбепеченні саме на цих етапах. У фазу ВВСН 85 взаємозв'язок цих показників дещо послаблюється, проте залишається на високому рівні ($r=0,83$). Кореляційний зв'язок між урожайністю сухої маси та сумою температур у фазу ВВСН 75-77 становить 0,84, у фазу ВВСН 81-83 $r=0,86$ а у фазу ВВСН 85 $r=0,77$. Варто також відмітити наявність помірного кореляційного зв'язку між сумою температур та кількістю опадів ($r=0,41$).

Встановлено, що у формуванні урожайності сухої маси кукурудзи вирішальну роль відіграють генетичні особливості гібридів (фактор А) – 76,1 % (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Частка впливу факторів на урожайність сухої маси кукурудзи, %

Це свідчить про те, що правильний підбір гібрида є ключовою передумовою для отримання максимальної урожайності сухої маси. Вплив застосування мікродобрих та регуляторів росту (фактор В) виявився значно меншим – 5,6 %. Сумісна дія або взаємодія цих двох досліджуваних факторів ($A \times B$) зумовлює зміну показника урожайності на 3,0 %. Варто зазначити, що вагома частка впливу (15,3 %) припадає на інші фактори. Таким чином, формування урожайності сухої маси кукурудзи переважно визначається генетичними властивостями гібридів.

Висновки до розділу 3

1. Збільшення висоти рослин кукурудзи відбувалося впродовж всього вегетаційного періоду, до фази воскової стиглості зерна (ВВСН 85), а площі листової поверхні до фази цвітіння волотей (ВВСН 65). Оптимальні умови для формування максимальної висоти рослин та асиміляційної поверхні посівів кукурудзи у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс отримано на третьому (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) і четвертому варіантах застосування мікродобрих і регуляторів росту (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи).

2. Встановлено, що гібрид КВС Інтелігенс стабільно формував потужніший листовий апарат, порівняно з гібридом КВС Гендальф. Важливим технологічним заходом інтенсифікації ростових процесів кукурудзи виявилось позакореневе застосування мікродобрих та регуляторів росту. Найвищу ефективність забезпечив четвертий варіант дослідів. У фазу цвітіння волотей (ВВСН 65) було зафіксовано максимальні показники площі листової поверхні – 39,08 тис. м²/га у гібрида КВС Гендальф та 43,05 тис. м²/га у КВС Інтелігенс.

3. Виявлено, що у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс найвищі показники фотосинтетичного потенціалу отримано в міжфазний період цвітіння волотей–молочна стиглість зерна – 0,842 та 1,059 млн $\text{м}^2 \cdot \text{діб/га}$ на четвертому варіанті досліду (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи). Максимальні значення чистої продуктивності фотосинтезу зафіксовано у фазу цвітіння волотей, на цьому ж варіанті– 9,281 та 9,429 г/м^2 за добу, відповідно.

4. Встановлено, що найвищий вміст сухої речовини у фазі ВВСН 75–77, ВВСН 81–83 і ВВСН 85 був у гібриду кукурудзи КВС Інтелігенс – 34,1 , 37,6 і 40,6 %, а у гібриду КВС Гендальф цей показник становив 33,1, 36,5 і 39,5 %, відповідно. У фазу ВВСН 85 (воскова стиглість зерна) вміст сухої речовини в рослинах кукурудзи досягав максимальних значень і був вищим на 6,4 %, порівняно з молочною стиглістю зерна (ВВСН 75–77) та на 3,0 %, порівняно з молочно-восковою стиглістю (ВВСН 81–83).

5. У фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85) у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс найбільший вміст сухої речовини був у зерні: 61,2–61,5 % і 62,5–62,7 %. У листках цей показник становив 36,2–36,7 % і 37,8–38,1 %, а в обгортках і стрижнях качана – 33,5–33,7 % і 34,3–34,6 %. Найменші значення були відмічені у стеблі кукурудзи – 26,2–26,5 % і 27,3–27,5 %. Не виявлено впливу мікродобрив та регуляторів росту рослин на вміст сухої речовини в окремих органах та рослинах кукурудзи. Спостерігаються тенденції до збільшення цього показника при використанні препаратів Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи. Встановлено, що важливу роль у накопиченні сухої речовини та урожайності сухої маси відіграють генетичні особливості гібридів (72,4 і 76,1 %), тоді як вплив мікродобрив та регуляторів росту є незначним (5,7 і 5,6 %).

6. Максимальна урожайність сухої маси у гібридів кукурудзи КВС Гендальф і КВС Інтелігенс отримано на четвертому варіанті досліді (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків) у фазу ВВСН 85 – 17,0 і 18,8 т/га. При цьому достовірної статистичної різниці з другим і третім варіантом досліді не виявлено.

Основні положення дисертації викладені в наукових працях [4, 6, 11, 12, 13, 15, 16, 31, 183].

РОЗДІЛ 4

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ І ЯКОСТІ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ПІД ВПЛИВОМ МІКРОДОБРІВ І РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ

4.1. Структура врожаю гібридів кукурудзи

Вивчення складових урожайності кукурудзи на силос має важливе значення тому, що її якість і поживність залежать від елементів структури рослини. Застосування мікродобрив та регуляторів росту дозволяє цілеспрямовано оптимізувати співвідношення вегетативних і генеративних органів, збільшити частку качана, стебла та листя. Крім того, ці препарати регулюють темпи накопичення сухої речовини до оптимальних для якісного силосування 28–35 %, покращують біометричні показники рослин та стимулюють розвиток потужного листового апарату для покращення фотосинтезу. Наукові дослідження показали, що ефективність регуляторів росту рослин, як правило, зростає в роки з несприятливими погодними умовами [36, 122].

Дослідженнями, проведеними в Правобережному Лісостепу України встановлено, що у фазі молочно-воскової стиглості зерна відмічено максимальні показники індивідуальної продуктивності рослини кукурудзи. Внесення добрив сприяло істотному зростанню маси рослин кукурудзи, яка перевищувала контрольні показники на 8,3–36,1 %. У варіанті без удобрення маса однієї рослини у гібридів становила: Товтрянський 188 СВ – 0,72 кг, Білозірський 295 СВ – 0,83 кг, Моніка 350 МВ – 0,91 кг, Бистриця 400 МВ – 0,97 кг. Застосування мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{40}K_{40}$ забезпечувало приріст на 8,3–14,6 %, підвищення норми до $N_{80}P_{60}K_{60}$ на 15,4–26,4 %, тоді як максимальна доза $N_{100}P_{80}K_{80}$ зумовлювала найбільше збільшення маси рослин – на 23,0–36,1 %, порівняно з контролем [37].

Встановлено, що у фазі викидання волоті у середньостиглого гібриду Моніка 350 МВ, маса стебла становила 0,42–0,56 кг, що відповідало 76,36–78,87 % від загальної маси рослини. У період молочної стиглості зерна, з формуванням качанів, частка стебла в структурі індивідуальної продуктивності зменшувалась і становила 0,33–0,41 кг, або 43,37–44,09 %. У фазі молочно-воскової стиглості маса стебла коливалась у межах 0,35–0,43 кг (41,76–42,17 %). У фазі воскової стиглості спостерігалось подальше зниження цього показника до 0,31–0,39 кг, що становило 38,27–39,00 %. Застосування мінеральних добрив у дозах від N_{90} до N_{135} сприяло збільшенню маси рослин на 0,04–0,11 кг, тоді як у фазі викидання волоті приріст досягав 0,30 кг[113].

Результатами експериментів, проведеними К. В. Павліченко [90] встановлено, що використання макродобрив $N_{90}P_{60}K_{60}$ і $N_{120}P_{90}K_{90}$ сприяє зростанню загальної маси рослин кукурудзи на 12,7–30,8 %, а застосування мікродобрив Yara забезпечує додатковий приріст на рівні 0,7–2,8 % у порівнянні з неудобреними варіантами. Під дією макродобрив спостерігається незначне зменшення частки листків і стебел у структурі рослини на 0,3–0,8 %, тоді як мікродобрива знижують ці показники на 0,1–0,3 %. Відмічено підвищення частки зерна у загальній масі рослин: на 0,3–1,2 % за внесення макродобрив і на 0,1–0,3 % при використанні мікродобрив. Найбільший вплив макродобрив проявлявся на формування зерна (41,3 %) та стебла (38,6 %), тоді як дія мікродобрив була найбільш помітною для збільшення маси зерна (9,5 %). Розвиток листового апарату та качана значною мірою визначався генетичними особливостями гібридів.

Формування врожайності зеленої маси кукурудзи значною мірою визначається висотою рослин, а також співвідношенням листків, стебел і качанів у її структурі. Під час вегетаційного періоду, особливо на етапах активного листоутворення, частка листків і стебел у загальній масі поступово зростає. З початком формування качанів у процесі росту кукурудзи їх частка також збільшується в загальній біомасі рослини [110].

За даними наших досліджень, в середньому за три роки у фазі цвітіння волотей (ВВСН 65) у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс маса стебла й листків становила 314,9–320,5 і 122,1–127,6 г та 350,2–355,9 і 127,6–132,1 г, відповідно. Маса волоті в обох гібридів була відносно стабільною та складала 20,7–20,9 г у гібрида КВС Гендальф і 21,7–22,0 г для гібрида КВС Інтелігенс (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Маса рослини кукурудзи та її окремих частин залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту у фазу цвітіння волоті (ВВСН 65)(середнє за 2023–2025 рр.), г

Гібриди кукурудзи (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)	Стебло	Листки	Качан з зерном	Волоть	Вся рослина
КВС Гендальф	1	314,9	122,1	—	20,9	457,9
	2	318,5	126,3	—	20,7	465,5
	3	318,9	127,1	—	20,8	466,8
	4	320,5	127,6	—	20,7	468,8
КВС Інтелігенс	1	350,2	127,6	—	21,9	499,7
	2	354,3	130,4	—	21,9	506,6
	3	355,1	131,2	—	22,0	508,3
	4	355,9	132,1	—	21,7	509,7
НІР ₀₅	А	2,7	2,1		0,6	4,7
	В	0,4	0,3		0,1	0,7
	АВ	3,2	2,4		0,8	5,5

Позакореневі підживлення мікродобривами та регуляторами росту найбільше впливали на збільшення маси листків – на 3,4–4,5 % і 2,2–3,5 % у гібридів КВС Гендальф КВС і Інтелігенс, порівняно з контролем. Маса всієї рослини кукурудзи зростала на 1,7–2,4 % та 1,4–2,0 %, при цьому маса стебла збільшувалася на 1,1–1,8 % і 1,2–1,6 %. Не відмічено суттєвого впливу досліджуваних препаратів на масу волоті, показники якої залишалися на рівні контрольного варіанта.

Найвищі значення маси стебла, листків і загалом рослин у гібридів кукурудзи КВС Гендальф і КВС Інтелігенс отримано на четвертому варіанті

досліді (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи): 320,5, 127,6 і 468,8 г та 355,9, 132,1 і 509,7 г, відповідно.

У фазу молочної стиглості зерна (ВВСН 75-77), в структурі рослин кукурудзи з'являється жіночий генеративний орган – качан. У гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс максимальна маса качана з зерном отримана на четвертому варіанті досліді – 261,7 та 279,9 г, що на 2,7 і 1,9 % більше, порівняно з контролем (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Маса рослини кукурудзи та її окремих частин залежно від застосування мікродобрих та регуляторів росту у фазу молочної стиглості зерна (ВВСН 75-77) (середнє за 2023–2025 рр.), г

Гібриди кукурудзи (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)	Стебло	Листки	Качан з зерном	Волоть	Вся рослина
КВС Гендальф	1	311,7	138,1	254,8	19,6	724,2
	2	314,8	140,3	258,2	19,6	732,9
	3	315,3	139,7	259,2	19,7	733,9
	4	316,0	140,3	261,7	19,6	737,6
КВС Інтелігенс	1	341,2	143,6	274,8	20,6	780,3
	2	343,8	145,1	278,2	20,8	787,9
	3	344,3	145,8	279,1	20,9	790,2
	4	345,2	146,7	279,9	20,8	792,7
НІР ₀₅	А	3,0	2,1	3,7	0,6	5,2
	В	0,3	0,4	0,5	0,1	0,4
	АВ	3,4	2,6	4,6	0,9	6,3

Загальна маса всієї рослини кукурудзи на цьому варіанті становила 737,6 г для гібрида КВС Гендальф та 792,7 г для КВС Інтелігенс, перевищивши показники контролю на 1,9 і 1,6 %, відповідно. Маса стебла та листків зросла на 1,4 і 1,2 % та 1,6 і 2,2 %, відносно контролю на цьому варіанті досліді. А маса волоті майже не залежала від обробки препаратами і становила 19,6 г та 20,8 г.

Порівняно з попередньою фазою (ВВСН 65), спостерігається інтенсивний приріст біомаси, в першу чергу за рахунок генеративних органів у досліджуваних гібридів на 58–62,3 %. Маса листків, порівняно з фазою цвітіння також збільшилася на 11,6 і 14,3 %. При цьому, маса стебла майже не мала суттєвого приросту і залишилася практично на рівні попередньої обліку (з коливаннями в межах 0,3–1,3 %), що пояснюється переправленням рослиною кукурудзи основних органічних речовин на формування генеративних органів (качана).

У фазу молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81–83), при застосуванні мікродобрив та регуляторів загальна маса рослин гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс зростала на 1,1–1,6 % і 0,8–1,2 %, відносно контрольних ділянок (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Маса рослини кукурудзи та її окремих частин залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту у фазу молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81-83) (середнє за 2023–2025 рр.), г

Гібриди кукурудзи (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)	Стебло	Листки	Качан з зерном	Волоть	Вся рослина
КВС Гендальф	1	309,3	139,2	331,5	19,2	799,3
	2	313,0	141,2	334,6	19,4	808,1
	3	313,5	141,5	335,7	19,5	810,2
	4	314,2	141,8	336,6	19,4	812,0
КВС Інтелігенс	1	337,8	145,7	354,9	20,4	858,8
	2	340,3	147,0	358,1	20,3	865,6
	3	340,7	147,8	358,5	20,5	867,6
	4	341,2	148,3	359,1	20,4	869,0
НІР ₀₅	А	4,1	3,5	5,2	0,3	6,3
	В	0,4	0,5	0,4	0,2	0,7
	АВ	5,0	4,4	5,7	0,6	7,4

Максимальні значення маси рослин досліджуваних гібридів були отримані на четвертому варіанті досліду (застосування препаратів Радікс, Лінамін, Турбоазот і Біогумат у фазі 3-5 листків, та Енерджі, Фотосинтез, Цинк

і Біогумат у фазі 6-8 листків) – 812,0 г та 869,0 г, відповідно. Маса стебла та листків становила 314,2 і 141,8 г та 341,2 і 148,3 г, що вище контролю на 1,0–1,6 % та 1,8–1,9 %. Це свідчить про завершення активного вегетативного росту рослин кукурудзи і перерозподілу асимілянтів у репродуктивні органи.

Порівняно з попередньою фазою молочної стиглості зерна (ВВСН 75-77), спостерігається помірне наростання біомаси, яке відбувається переважно за рахунок наливу качана. Так, загальна маса рослини на четвертому варіанті досліді у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс зросла на 10,1 % і 9,6 %, а маса качана на 28,6 % та 28,3 %, відповідно.

У фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85) відмічено зменшення маси рослин кукурудзи та її структурних елементів, порівняно з попереднім періодом обліків, що є закономірним наслідком втрати вологи під час дозрівання та відмирання листків. У гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс найвищі показники маси всієї рослини зафіксовано на четвертому варіанті досліді – 809,3 і 861,1 г, що вище контролю на 1,7 і 1,0 % (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Маса рослини кукурудзи та її окремих частин залежно від застосування мікродобрих та регуляторів росту у фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85) (середнє за 2023–2025 рр.), г

Гібриди кукурудзи (А)	Мікродобрих та регулятори росту рослин (В)	Стебло	Листки	Качан з зерном	Волоть	Вся рослина
КВС Гендальф	1	304,9	132,1	340,2	18,8	796,0
	2	307,9	134,5	343,4	18,8	804,6
	3	308,9	135,3	344,2	18,5	806,9
	4	309,7	135,7	345,2	18,7	809,3
КВС Інтелігенс	1	333,6	138,7	360,3	19,8	852,3
	2	336,1	140,0	362,1	19,6	857,9
	3	336,7	140,5	362,9	19,9	860,0
	4	336,8	141,1	363,4	19,8	861,1
НІР ₀₅	А	3,2	4,0	6,2	0,2	5,8
	В	0,5	0,6	0,5	0,1	0,6
	АВ	4,3	4,7	7,0	0,5	6,5

Маса качана із зерном становила 345,2 г і 363,4 г, маса стебла і листків – 309,7 та 135,7 г і 336,8 та 141,1 г, перевищивши контроль на 1,5 і 0,9 %, 1,6 і 2,7 % та 1,0 і 1,7 %, відповідно. Маса волоті не залежала від застосування препаратів і становила в середньому 18,7 і 19,7 г.

Порівняно з попередньою фазою молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81-83), чітко простежується тенденція до зниження загальної маси рослини на 0,5–0,9 %. Найбільше зменшення маси відмічено у листків на 4,3 і 4,8 % та стебла на 1,4 і 1,3 %. При цьому маса качана з зерном зросла на 1,2–2,5 %, порівняно з попереднім періодом обліків.

Аналіз даних, щодо зміни маси окремих частин та всієї рослини кукурудзи за роками досліджень (2023–2025 рр.) демонструє чітку їх залежність від погодних умов вегетаційного періоду (Додаток Г1–Г6). Найсприятливішим виявився 2025 р., протягом якого рослини сформували найбільшу біомасу. А у 2024 р. відмічено суттєве зниження маси вегетативних і генеративних органів, що свідчить про сильний вплив абіотичних факторів. Слід відмітити вплив мікродобрих та регуляторів росту на стійкість рослин кукурудзи до несприятливих умов в 2024 р. Застосування препаратів дозволило суттєво пом'якшити наслідки їх негативного впливу та отримати вищі показники, порівняно з контролем. Тобто, краще забезпечення елементами живлення рослин кукурудзи, допомогло їм краще протистояти стресу, а також стимулювало збереження та розвиток вегетативних і генеративних органів також підвищуючи загальний адаптивний потенціал кукурудзи в екстремальних умовах.

У фазу цвітіння волоті (ВВСН 65), основну частку в структурі рослини у гібридів кукурудзи КВС Гендальф і КВС Інтелігенс займає стебло – 68,5 і 69,9 %, що свідчить про активний розвиток вегетативної біомаси в цей період (рис. 4.1). Така висока частка стебла є типовою для фази розвитку до початку наливу зерна і суттєво впливає на загальний об'єм накопиченої маси кукурудзи. Частка листків у загальній структурі рослини досліджуваних гібридів становила 27,1 % та 25,8 %. Незначне переважання листової маси у гібрида

КВС Гендальф свідчить про його більш розвинену асиміляційну поверхню, що відіграє ключову роль у забезпеченні рослини пластичними речовинами. Частка волоті була практично однаковою в обох гібридів – 4,5 і 4,3 %.

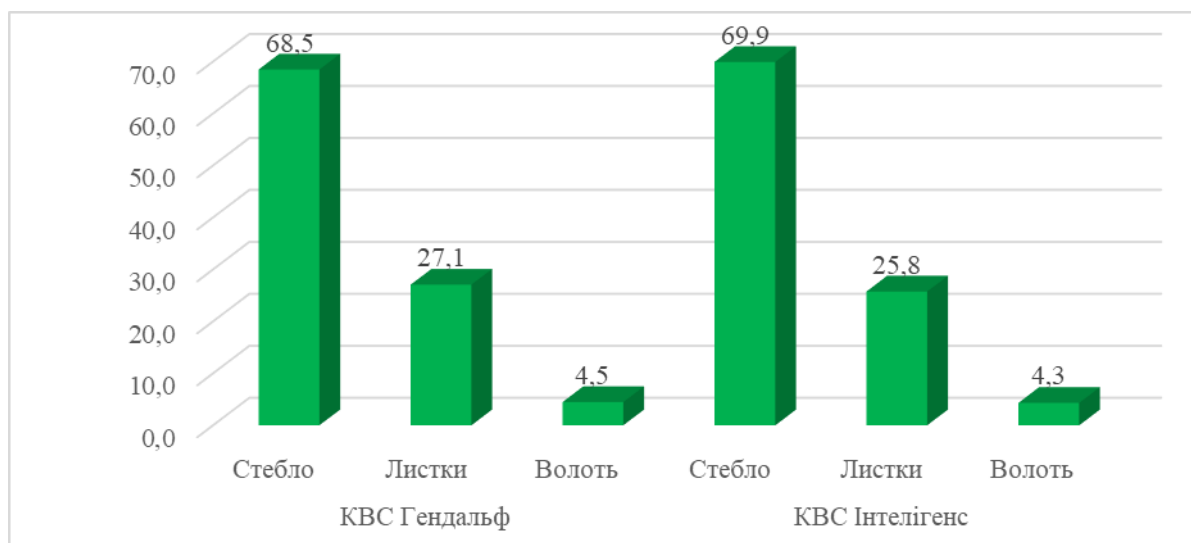


Рис. 4.1. Частка окремих органів кукурудзи в загальній структурі рослини у фазу цвітіння волоті (BBCH 65), %

У фазу молочної стиглості зерна (BBCH 75-77), у гібрида КВС Гендальф і КВС Інтелігенс відбувається зменшення частки стебла у загальній біомасі до 43,0 і 43,6 % (рис. 4.2).

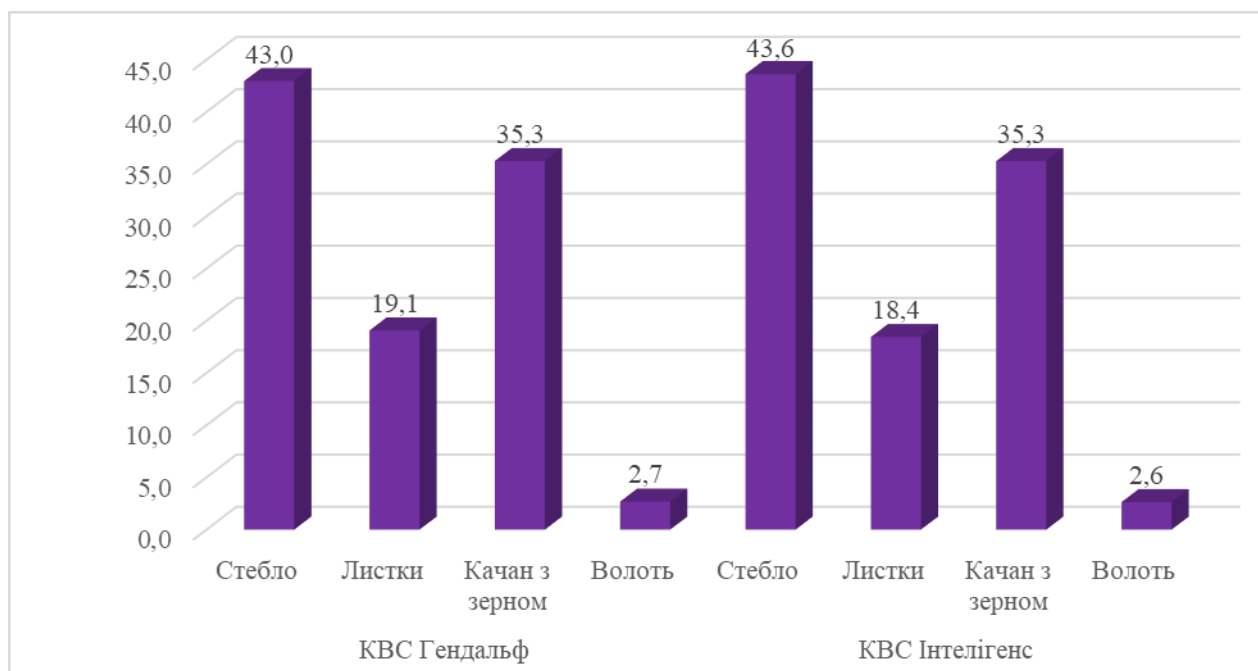


Рис. 4.2. Частка окремих органів кукурудзи в загальній структурі рослини у фазу молочної стиглості зерна (BBCH 75-77), %

Частка листків і волоті також зменшується до 19,1 і 18,4 % та 2,6 і 2,7 %. Зниження частки стебла і листків повністю компенсується стрімким розвитком качана, частка якого в структурі рослини складає 35,3 %.

У фазу молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81-83), частка вегетативних органів рослин кукурудзи продовжує зменшуватися за рахунок збільшення частки генеративних. Так, частка стебла і листків у загальній структурі біомаси гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс скоротилася і становила 38,7 і 39,3 % та 17,5 і 17,0 % (рис. 4.3). Збільшення частки качана становило 6,0–6,1 %, порівняно з попереднім періодом обліків до 41,4 і 41,3 %.

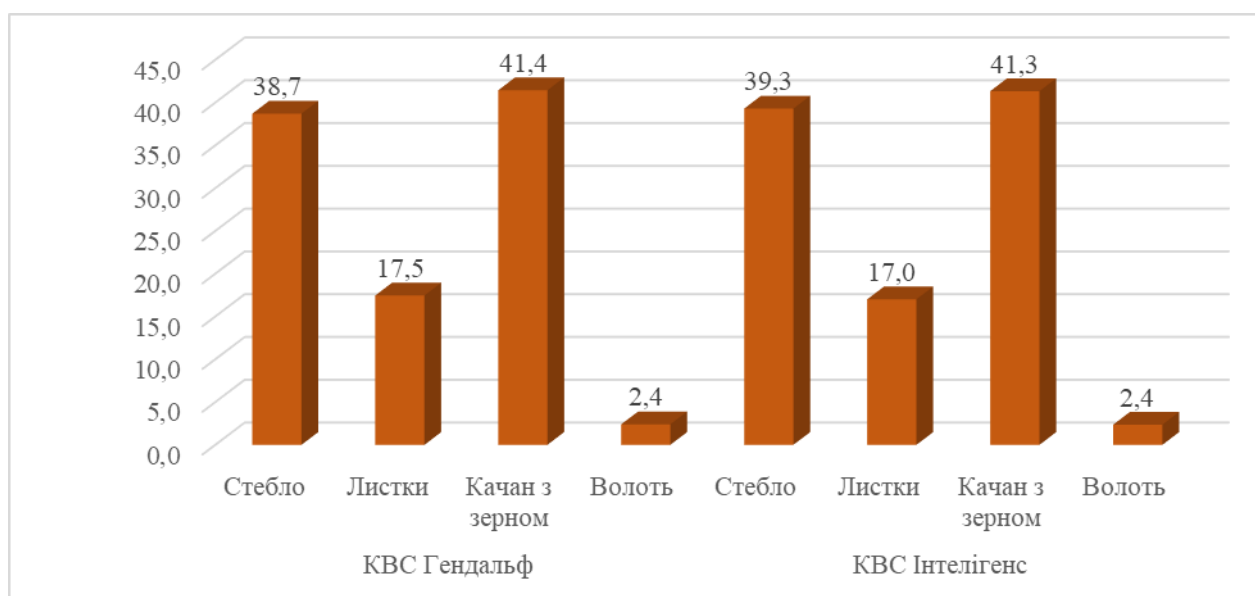


Рис. 4.3. Частка окремих органів кукурудзи в загальній структурі рослини у фазу молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81-83), %

У фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85), структура рослин змінюється і завершується активний перерозподіл маси від вегетативних до генеративних органів. Найбільшу частку у структурі рослин гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс займає качан із зерном – 42,7 і 42,3 %, відповідно (рис. 4.4). Частка стебла і листків зменшується і складає 38,3 і 39,1 % та 16,7 і 16,3 %, відповідно. Частка волоті скорочується до 2,3 % у обох гібридів, що підтверджує повне завершення її функціональної активності. Зазначені структурні зміни вказують на те, що наприкінці вегетації рослини кукурудзи переміщують органічні

речовини з листків та стебла у зерно, забезпечуючи формування високоенергетичної маси, оптимальної для заготівлі якісного силосу.

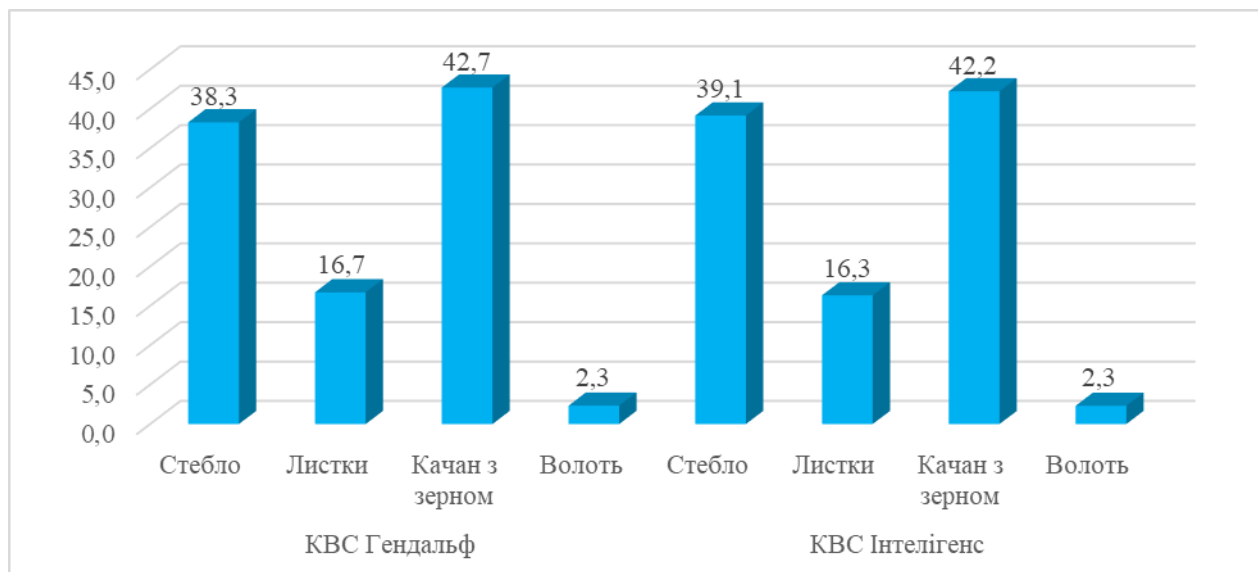


Рис. 4.4. Частка окремих органів кукурудзи в загальній структурі рослини у фазу воскової стиглості зерна (BBCH 85), %

У фазу воскової стиглості зерна (BBCH 85) структура рослин суттєво змінюється і відбувається перерозподіл маси від вегетативних до генеративних органів. Найбільшу частку у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс на цьому етапі займає качан із зерном – 42,3 і 42,2%. Частка стебла зменшується більш ніж удвічі, порівняно з фазою цвітіння до 38,6 і 39,3 %, що відображає процеси висихання вегетативної маси. Листки займають 16,7 % (КВС Гендальф) і 16,2 % (КВС Інтелігенс) від загальної маси, що свідчить про часткове відмирання листкової поверхні внаслідок фізіологічного старіння. Частка волоті зменшилася до 2,3 % у обох гібридів, що підтверджує завершення її функціональної активності.

Аналіз частки впливу факторів на формування структурних елементів урожаю кукурудзи показує, що визначальну роль відіграють генетичні особливості рослин фактор (А) – 75,6 % (рис. 4.5).

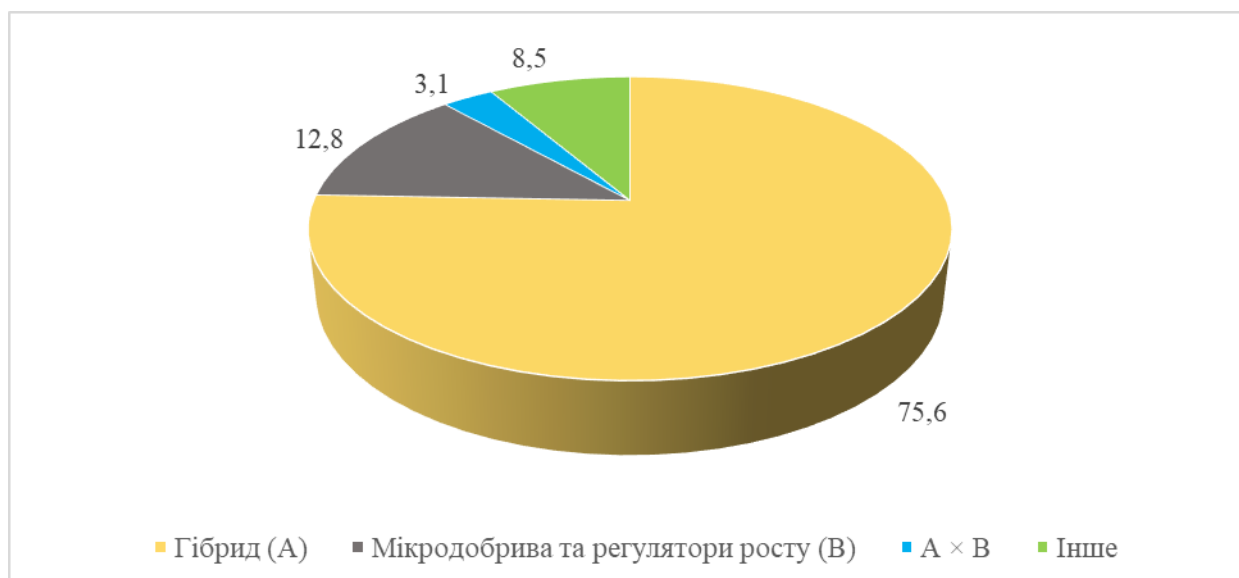


Рис. 4.5. Частка впливу факторів на формування структурних елементів урожаю кукурудзи

На фактор В (мікродобрива та регулятори росту) припадає 12,8 %, що підтверджує їх ефективність використання для оптимізації структури врожаю кукурудзи. Взаємодія цих двох факторів ($A \times B$) має вплив на рівні 3,1 %, що свідчить про подібну реакцію різних гібридів на застосовані препарати. На інші, невраховані в досліді фактори, припадає 8,5 %.

4.2. Урожайність зеленої маси кукурудзи

Сучасне аграрне виробництво постійно перебуває в пошуку шляхів підвищення продуктивності кукурудзи, яка є основною сільськогосподарською культурою для отримання високопоживної силосної маси. Ефективне вирішення забезпечення рослин кукурудзи елементами живлення можливе за рахунок фізіологічного управління метаболізмом під час вегетації, при цьому важлива роль належить комплексному використанню мікродобрив та регуляторів росту. Тому застосування їх у технології вирощування кукурудзи дозволяє не лише збільшити кількісні показники врожайності зеленої маси, але й покращити її якісні характеристики.

За результатами проведених досліджень доведено, що найвищі показники урожайності зеленої маси кукурудзи протягом усіх років спостережень отримано у фазі ВВСН 81–83 (молочно-воскова стиглість зерна).

А у фазі BBCH 85 (воскова стиглість зерна) спостерігалось зниження цього показника на 2,1–13,8 %. Це пояснюється фізіологічним процесом відтоку пластичних речовин від листя та стебел безпосередньо до качана, що призводить до зменшення частки вегетативних органів у загальній структурі рослини. Виявлена тенденція цілком узгоджується з даними інших науковців, які також наголошують на тому, що етап BBCH 81–83 є найбільш сприятливим терміном для збирання культури на силос, оскільки забезпечує оптимальний баланс між урожайністю та якісними характеристиками [87, 98, 184, 222].

Аналіз отриманих даних свідчить, що погодні умови 2023 р. були відносно сприятливими для росту і розвитку кукурудзи. Більша частина опадів випала в червні і липні, а у серпні і вересні відмічалась їх нестача. Температура повітря була вищою на 1,3–2,5 °С, порівняно з багаторічними даними. Урожайність зеленої маси у фазу BBCH 81–83 у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс була в межах 43,8–46,8 т/га, і 47,9–50,7 т/га (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Урожайність зеленої маси гібридів кукурудзи у 2023 р., т/га

Гібрид кукурудзи (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)	Молочна стиглість зерна (BBCH 75–77)	Молочно-воскова стиглість зерна (BBCH 81–83)	Воскова стиглість зерна (BBCH 85)
КВС Гендальф	1	42,3	43,8	43,1
	2	43,6	45,4	44,8
	3	44,2	46,2	45,5
	4	44,7	46,8	46,0
КВС Інтелігенс	1	45,6	47,9	47,0
	2	47,0	49,2	48,5
	3	47,5	49,8	49,0
	4	48,3	50,7	49,9
НІР ₀₅ , для	А	1,5	1,8	1,7
	В	0,3	0,4	0,3
	АВ	1,7	2,2	2,0

Порівняння цих двох гібридів загалом вказує на вищий потенціал продуктивності у КВС Інтелігенс на всіх етапах обліку та варіантах досліду. Позакореневе застосування мікродобрив та регуляторів росту мало позитивний

вплив на ростові процеси, порівняно з контрольним варіантом, де проводилося лише обприскування водою. Найвищу ефективність та максимальну прибавку врожаю забезпечив четвертий варіант дослід, який передбачав внесення препаратів Радікс (1 л/га), Лінамін (1 л/га), Турбоазот (1 л/га) та Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків, з наступним застосуванням препаратів Енерджі (1 л/га), Фотосинтез (1 л/га), Цинк (1 л/га) та Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи. Другий та третій варіанти також сприяли достовірному збільшенню врожайності зеленої маси відносно контролю, але поступалися четвертому варіанту. Оцінка статистичної достовірності за допомогою найменшої істотної різниці (HP_{05}) підтверджує, що отримані відхилення є статистично значними між варіантами дослід, як по фактору А так і фактору В.

Метеорологічні умови 2024 р. характеризувалися підвищеним температурним режимом та дефіцитом опадів, що вплинуло на формування мінімальної урожайності зеленої маси за фазами росту і розвитку рослин кукурудзи. Порівняно зі сприятливим 2023 р., стресові погодні умови призвели до суттєвого зниження продуктивності, зокрема у фазу молочно-воскової стиглості (ВВСН 81–83) у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс на 17,4–23,9 % (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Урожайність зеленої маси гібридів кукурудзи у 2024 р., т/га

Гібрид кукурудзи (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 75–77)	Молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81–83)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	34,5	36,2	31,2
	2	35,6	36,9	32,0
	3	36,0	37,1	32,5
	4	36,3	37,2	32,7
КВС Інтелігенс	1	36,1	37,0	33,0
	2	37,0	37,8	33,7
	3	37,3	38,3	34,0
	4	37,5	38,6	34,2
HP_{05} , для	А	1,2	1,3	1,3
	В	0,2	0,2	0,3
	АВ	1,4	1,5	1,5

Відповідно, у цей період обліків урожайність зеленої маси у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс становила 36,2–37,2 т/га і 37,0–38,6 т/га, що відповідало мінімальним значенням за роки досліджень.

В цей рік, вплив мікродобрив та регуляторів росту рослин на продуктивність кукурудзи був не таким значним. Проте, аналіз даних таблиці вказує на певні закономірності формування врожаю залежно від досліджуваних факторів цього року. Позакореневе застосування мікродобрив та регуляторів росту забезпечило позитивну динаміку продуктивності відносно контрольного варіанта. Найвищі показники врожайності зеленої маси були отримані у фазу ВВСН 81–83 на четвертому варіанті досліду (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс – 37,2 і 38,6 т/га, тоді як на контролі ці показники становили 36,2 та 37,0 т/га, відповідно. На другому (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) і третьому варіантах досліду (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) урожайність зеленої маси у фазу ВВСН 81–83 становила 36,9 і 37,1 та 37,8 і 38,6 т/га. Показник НІР₀₅ вказує на відсутність достовірної різниці між третім і четвертим варіантами досліду із застосуванням мікродобрив та регуляторів росту.

Умови вегетаційного періоду 2025 р. були найбільш сприятливими для росту і розвитку рослин гібридів кукурудзи та відзначалися оптимальним забезпеченням температур та опадів по місяцях, що дозволило повністю реалізувати їх генетичний потенціал та отримати найвищу урожайність зеленої маси, порівняно з попередніми роками досліджень. Так у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс урожайність зеленої маси складала у фазу ВВСН 75–77 – 46,2–48,9 і 50,1–54,5 т/га, у фазу ВВСН 81–83 і 48,3–51,7 і 52,6–56,1 т/га і у фазу ВВСН 85–46,7 і 50,5 і 51,6–54,7 т/га, відповідно (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Урожайність зеленої маси гібридів кукурудзи у 2025 р., т/га

Гібрид кукурудзи (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 75–77)	Молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81–83)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	46,2	48,3	46,7
	2	47,8	50,1	47,9
	3	48,4	50,9	50,0
	4	48,9	51,7	50,5
КВС Інтелігенс	1	50,1	52,6	51,6
	2	51,7	54,4	53,1
	3	53,9	55,2	54,1
	4	54,5	56,1	54,7
НІР ₀₅ , для	А	1,6	1,9	1,6
	В	0,4	0,5	0,3
	АВ	2,0	2,3	2,1

Порівняння урожайності зеленої маси в 2025 р. із попереднім роком свідчить про її збільшення у досліджуваних гібридів у фазу ВВСН 81–83 на 33,4–39,0 і 42,2–45,3 %, а у фазу воскової стиглості (ВВСН 85) на 49,7–54,4 і 56,4–59,9 %.

Максимальна урожайність зеленої маси, як і у попередні роки, у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс отримана у фазу молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81–83) на четвертому варіанті досліді, який передбачав внесення препаратів Радікс, Лінамін, Турбоазот та Біогумат у фазі 3-5 листків, а також препаратів Енерджі, Фотосинтез, Цинк та Біогумат у фазі 6-8 листків – 51,7 і 56,1 т/га. Статистична обробка даних підтверджує достовірність отриманих результатів, вказуючи, що відхилення за фактором А (гібрид) становили 1,6–1,9 т/га, а за фактором В (мікродобрива та регулятори росту рослин) – 0,3–0,5 т/га, що робить вплив обох факторів статистично достовірними. Тобто встановлена перевага в урожайності зеленої маси на четвертому варіанті, порівняно з третім та другим.

Узагальнення результатів польових експериментів за три роки вказують, що продуктивність гібридів КВС Гендальф та КВС Інтелігенс залежить від позакореневого підживлення мікродобривами та регуляторами росту рослин. У

фазу молочної стиглості зерна (фаза BBCH 75–77) він був у межах 41,0–43,3 і 43,9–46,8 т/га (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Урожайність зеленої маси гібридів кукурудзи (середнє за 2023–2025 рр.), т/га

Гібрид кукурудзи (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)	Молочна стиглість зерна (BBCH 75–77)	Молочно-воскова стиглість зерна (BBCH 81–83)	Воскова стиглість зерна (BBCH 85)
КВС Гендальф	1	41,0	42,8	40,3
	2	42,3	44,1	41,6
	3	42,9	44,7	42,7
	4	43,3	45,2	43,1
КВС Інтелігенс	1	43,9	45,8	43,9
	2	45,2	47,1	45,1
	3	46,2	47,8	45,7
	4	46,8	48,5	46,3
НІР ₀₅ , для	А	1,8	1,7	1,9
	В	0,3	0,4	0,4
	АВ	2,1	2,2	2,4

У фазу молочно-воскової стиглості зерна (BBCH 81–83) спостерігались найвищі показники урожайності зеленої маси – 42,8–45,2 і 45,8–48,5 т/га, а у фазу воскової стиглості зерна (BBCH 85) фіксувалося її зменшення до 40,3–43,1 т/га і 43,9–46,3 т/га, відповідно.

Середньостиглий гібрид КВС Інтелігенс перевищував за урожайністю зерна середньоранній КВС Гендальф на 6,8–9,2 %, незалежно від періоду обліку. Найвищу ефективність забезпечив четвертий варіант дослідження використання мікродобрив і регуляторів росту рослин (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) 43,1–45,2 і 46,3–48,5 т/га, відповідно у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс. Це було більше, ніж на контрольному варіанті на 2,3–2,7 та 2,4–3,0 т/га для вказаних гібридів. Дещо нижчі значення урожайності зеленої маси кукурудзи отримано на третьому варіанті (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи,

Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) – 42,7–44,7 і 45,7–47,8 т/га, що дозволило перевищити показники контролю на 1,8–2,3 і 2,0–2,5 т/га. Розраховані значення найменшої істотної різниці засвідчують статистичну достовірність отриманих даних за фактором А (гібрид) на рівні 1,7–1,9 т/га та ефективність позакореневих обробок мікродобривами і біостимуляторами (фактор В) в межах 0,3–0,4 т/га.

Встановлено, що визначальним фактором у реалізації продуктивного потенціалу кукурудзи в досліді є генетична складова, а саме індивідуальні особливості гібрида, частка впливу якого становить абсолютну більшість – 65,7% (рис. 4.6).

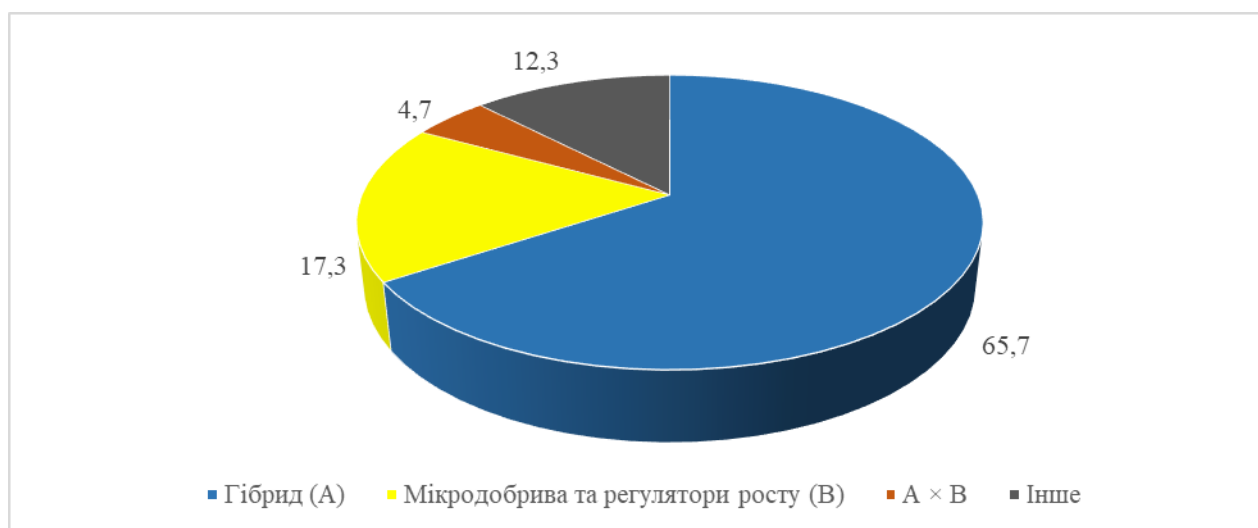


Рис. 4.6. Частка впливу факторів на формування урожайності зеленої маси кукурудзи

Другим за вагомістю фактором виявилось застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин – 17,3 %, що підтверджує значну ефективність оптимізації живлення рослин за рахунок застосування мікродобрив і регуляторів росту. Взаємодія цих факторів, або специфічна реакція досліджуваних генотипів на застосовані препарати забезпечує 4,7 %. На частку інших, неконтрольованих у досліді чинників, куди можуть входити погодні умови чи неоднорідність ґрунтового покриття, припадає 12,3 %.

Кореляційним аналізом встановлено високий рівень взаємозв'язку між урожайністю зеленої маси кукурудзи у фазу воскової стиглості зерна та сумою опадів і середньою температурою повітря за вегетаційний період $r=0,86$ при

коефіцієнті детермінації 0,74 (рис. 4.7). Це вказує на те, що мінливість формування величини врожаю зеленої маси на 73,9 % визначається кількістю опадів протягом онтогенезу культури.

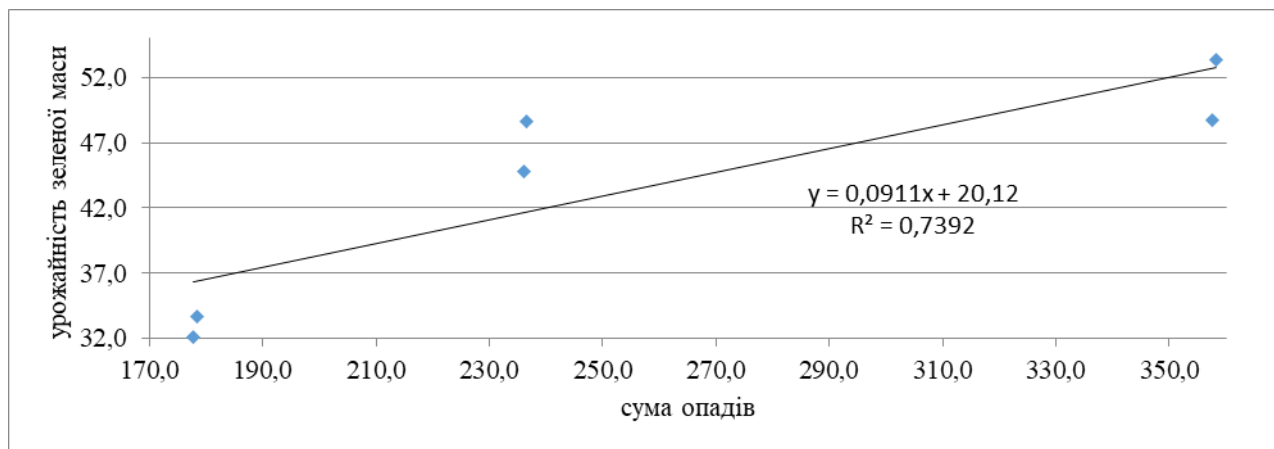


Рис. 4.7. Кореляційна залежність між сумою опадів за вегетаційний період кукурудзи і урожайністю зеленої маси у фазу воскової стиглості зерна

Взаємозв'язок між урожайністю зеленої маси гібридів кукурудзи та середньою температурою повітря за вегетаційний період мав виражений обернено пропорційний характер ($r=-0,85$) (рис. 4.8).

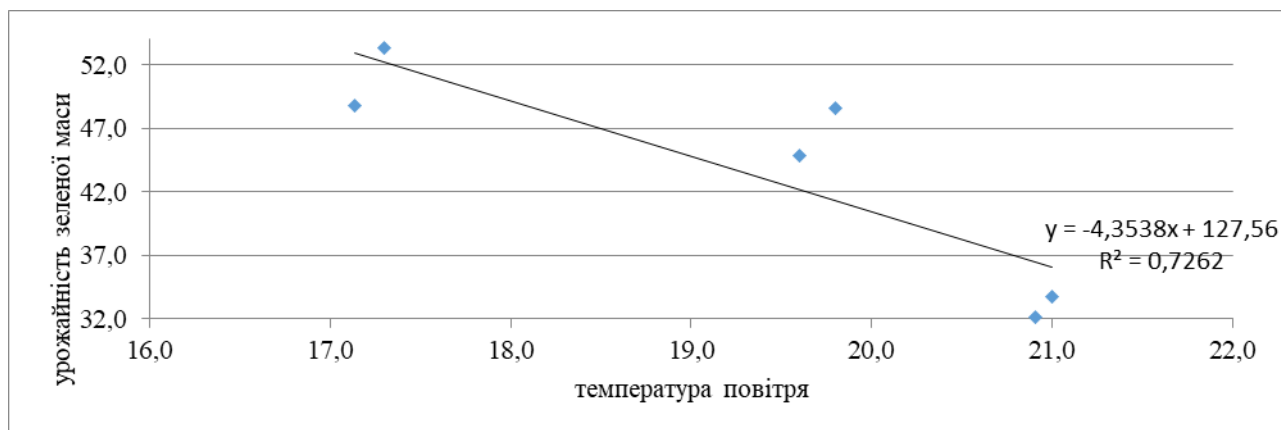


Рис. 4.8. Кореляційна залежність між середньою температурою повітря за вегетаційний період кукурудзи і урожайністю зеленої маси у фазу воскової стиглості зерна

Це свідчить про те, що зростання температурних показників призводить до закономірного зниження продуктивності надземної маси культури. Розрахований коефіцієнт детермінації склав 0,72, тобто формування величини урожайності зеленої маси досліджуваних гібридів на 72,6 % визначалося саме

впливом температурного режиму, тоді як решта мінливості показників залежала від інших супутніх факторів вирощування.

4.3. Якісний склад та оцінка кормової якості зеленої маси кукурудзи

4.3.1. Якісні показники зеленої маси кукурудзи

Визначення якісних показників зеленої маси кукурудзи та готового силосу є важливим, адже від цього безпосередньо залежить ефективність балансування раціонів, продуктивність тварин та загальна рентабельність тваринницької ферми. Тому важливо максимально підвищити поживну цінність кукурудзи на силос за рахунок впровадження сучасних технологічних рішень. Це дає змогу виробляти високоякісний силос із цілої рослини кукурудзи або окремих її фракцій (наприклад, класичне подрібнення, снєплаж, топлаж) залежно від якісних характеристик [20, 89, 172].

Експериментальні дані, одержані в умовах Південного Степу України, підтверджують вплив генотипових особливостей, передпосівної підготовки насіння та листового підживлення рослин рідкими багатокомпонентними мікродобривами і фітогормонами на продуктивність кукурудзи. Встановлено, що максимальне накопичення ліпідів отримано за внесення препарату Наномікс. Цей агротехнічний прийом сприяє зростанню вмісту протеїну на 0,47 %, проте супроводжується зниженням вмісту крохмалю. Найвищий вміст крохмалю забезпечує комбіноване використання регуляторів Сизам-Нано і Грейнактив-С – 69,42 % [27].

Дані польових експериментів, проведених в ґрунтово-кліматичних умовах Правобережного Лісостепу України, підтверджують, що застосування макро- та мікроелементів сприяє зростанню вмісту крохмалю, сирого протеїну та целюлози у зеленій масі кукурудзи, порівняно з контрольними ділянками. Поряд із позитивною динамікою підвищення вмісту вказаних речовин, застосування цих добрив зумовлює зменшення вмісту клітковини. Середньостиглі гібриди КВС 381 та Каріфолс мають вищий вміст крохмалю, жирів і сирого протеїну, порівняно з середньоранніми гібридами Амарос та

Богатир[184]. Але за даними Л. Шинкарук і В. Лихочвор, підвищення рівня мінерального живлення сприяє збільшенню вмісту білка в зерні кукурудзи та впливає на зниження вмісту крохмалю та жиру[253].

Дослідження ефективності застосування ріст регулюючих препаратів Авангард Гроу Аміно та Авангард Гроу Гумат на посівах кукурудзи в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу України підтверджують формування позитивної динаміки накопичення поживних речовин. Зокрема, відмічається збільшення вмісту сирого протеїну на 6,42–8,4 %, а також зростання вмісту сирого жиру на 3,53–4,71 %, порівняно з контрольними варіантами [262].

Продуктивність сухої маси з цілої рослини кукурудзи, а також вміст крохмалю і сухої речовини зростають у процесі змін фаз стиглості зерна кукурудзи, у той час як вміст сирого протеїну, водорозчинних вуглеводів і нейтрально-детергентної клітковини знижувався при застосуванні азотних добрив [147].

Застосування азотного живлення нормою N_{300} та N_{200} зумовлює зменшення вмісту кислотно-детергентної і нейтрально-детергентної клітковини, паралельно збільшуючи вміст сирого протеїну в зразках кукурудзи, порівняно з варіантами без внесення добрив [208].

Комплексне застосування передпосівної підготовки насіннєвого матеріалу кукурудзи стимулятором росту та листового внесення препаратів Емістим С і Еколист багатокomпонентний зумовило зменшення вмісту сирогої клітковини у зеленій масі: з 26,73 % до 24,03 % у середньораннього гібрида та з 28,18 % до 25,08 % у середньостиглого гібрида. Вміст сирого жиру і сирого протеїну в обох досліджуваних гібридів збільшувався відносно контролю, у той час як вміст сирогої золи зростав несуттєво. Використання ріст регулюючих речовин у листове підживлення оптимізувало якісні показники гібридів кукурудзи. Максимальні значення збору кормових одиниць (22,85 т/га для гібрида Білозірський 295 СВ і 22,24 т/га для Моніка 350 МВ) та виходу сирого протеїну (2,30 та 2,21 т/га відповідно) відмічено на ділянках, де проводилась обробка насіння Емістим С та Еколист багатокomпонентний з наступним їх

позакореневим внесенням [109]. Встановлено, що у рослинах середньостигих гібридів кукурудзи Крабас, Карпатіс і КВС Акустика був вищим вміст крохмалю, сирого протеїну та жиру, порівняно з середньоранніми формами[88].

Дані лабораторних досліджень свідчать, що рівень сирого протеїну у вегетативній масі кукурудзи змінювався під впливом як генетичних особливостей гібридів, так і позакореневого внесення препаратів. Порівнюючи досліджувані гібриди, слід відмітити, що КВС Інтелігенс характеризувався вищими показниками сирого протеїну – 8,98 %, порівняно з КВС Гендальф – 7,48 % (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

Хімічний склад зеленої маси гібридів кукурудзи у фазу ВВСН 85 (середнє за 2023–2024 рр.), % абсолютно сухої речовини

Гібрид	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Сирий протеїн	Сирий жир	Сира клітковина	Сира зола	Крохмаль	Целюлоза	БЕР
КВС Гендальф	1	7,27	2,23	24,78	4,56	33,21	27,33	61,16
	2	7,39	2,27	25,44	4,51	33,78	27,75	60,69
	3	7,68	2,32	25,47	4,62	34,20	27,86	59,91
	4	7,57	2,36	25,26	4,60	34,11	27,98	60,21
КВС Інтелігенс	1	8,64	2,44	23,92	4,42	34,92	28,34	60,58
	2	8,97	2,49	24,48	4,50	35,67	28,87	59,76
	3	9,23	2,51	24,62	4,48	35,88	29,06	59,16
	4	9,08	2,54	24,51	4,53	35,71	29,23	59,34

Найбільший вміст сирого протеїну у обох гібридів був зафіксований на ділянках третього варіанту застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8

листіків кукурудзи) – 7,68 % і 9,23 %, відповідно. На контрольних ділянках ці показники були найнижчими і складали 7,27 і 8,64 %.

Оцінка вмісту сирого жиру показала його закономірне зростання при застосуванні мікродобрів та регуляторів росту рослин, відносно контролю. Гібрид КВС Інтелігенс мав дещо вищий вміст жирів (2,50 %), порівняно з КВС Гендальф (2,30 %). Максимальне накопичення жиру було відмічене при застосуванні четвертого варіанту (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) – 2,36 і 2,54 %. При цьому суттєвої різниці за цим показником між варіантами із застосуванням мікродобрів і регуляторів росту не спостерігалось. Збільшення вмісту жиру в зеленій масі кукурудзи можна пояснити інтенсифікацією обмінних процесів у рослинах під дією мікроелементів та фітогормонів, що беруть участь у формуванні мембранних структур та синтезі жирних кислот.

Аналіз накопичення сирої клітковини продемонстрував, що на контрольних ділянках її вміст становив у гібридів КВС Гендальф та у КВС Інтелігенс 24,78 і 23,92 %. Застосування мікродобрів і регуляторів росту рослин сприяло збільшенню цього показника на 0,36–0,70 %. Але не відмічено достовірної різниці між 2–4 варіантами досліду. Дещо вищі значення цього показника фіксувалися на другому та третьому варіантах – 25,44 і 24,28 % та 25,47 і 24,62 %. Це свідчить про те, що позакореневі підживлення мікродобривами і регуляторами росту сприяють активнішому розвитку вегетативних органів рослин та утворенню більш міцної і щільної структури стебла.

Не відмічено впливу мікродобрів та регуляторів росту рослин на вміст сирої золи в зеленій масі кукурудзи. У гібрида КВС Гендальф цей показник варіював від 4,51 % на другому варіанті до 4,62 % на третьому, а у гібрида КВС Інтелігенс в діапазоні від 4,42 % на контролі до 4,53 % на четвертому варіанті. Це свідчить про те, що загальний рівень золи у зеленій масі кукурудзи є

відносно стабільною ознакою, який мало змінюється під дією мікродобрив та регуляторів росту.

Більш суттєвим був вплив позакореневих підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин на вміст крохмалю. У гібрида КВС Інтелігенс ці показники становили в середньому 35,55 %, а у КВС Гендальф – 33,83 %. Найвищий рівень вмісту крохмалю отриманий на третьому варіанті дослідів (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) – 34,20 і 35,88 %. Підвищення вмісту крохмалю в зеленій масі кукурудзи становило 0,57–0,99 %, порівняно з контролем, що вказує на ефективну стимуляцію процесів вуглеводного обміну та кращий відтік асимілянтів у зерно під час його формування, завдяки комплексній дії застосованих мікродобрив та регуляторів росту.

Показник вмісту целюлози також продемонстрував тенденцію до зростання при використанні мікродобрив та регуляторів росту. У гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс на контролі він становив 27,33 і 28,34 %, а максимальні значення були зафіксовані на ділянках із застосуванням четвертого варіанту дослідів (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) – 27,98 і 29,23 %, що на 0,65 і 0,89 % більше. Підвищення рівня целюлози в зеленій масі кукурудзи під дією мікродобрив і регуляторів росту зумовлене активацією ферментів, що беруть участь у біосинтезі клітинної стінки, зокрема завдяки дії цинку та бору, які сприяють накопиченню целюлозних компонентів у листках і стеблах рослини.

Оцінюючи вміст безазотових екстрактивних речовин (БЕР), можна помітити обернену залежність. Найвищі значення цього показника у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс були отримані на контролі – 61,16 % і 60,58 %. Зі збільшенням вмісту протеїну, жиру та структурних вуглеводів у рослинах, відносний вміст безазотових екстрактивних речовин закономірно знижувався,

досягаючи свого мінімуму на третьому варіанті досліду (59,91 і 59,16 %). Зменшення вмісту БЕР при застосуванні мікродобрих та регуляторів росту варто розцінювати як позитивне явище, що вказує на якісне покращення кормової цінності зеленої маси кукурудзи. При цьому, незважаючи на зменшення загального вмісту БЕР, концентрація крохмалю як головного джерела енергії зростає.

У зеленій масі кукурудзи гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс вміст оцтової кислоти становив 16,0–17,2 г/кг та 18,2–19,6 г/кг, з максимальними значеннями у четвертому та третьому варіантах досліду. Вплив мікродобрих і регуляторів росту на цей показник був несуттєвим і вміст оцтової кислоти переважно визначався генетичними особливостями гібридів (рис. 4.9, Додатки Д1–Д2).

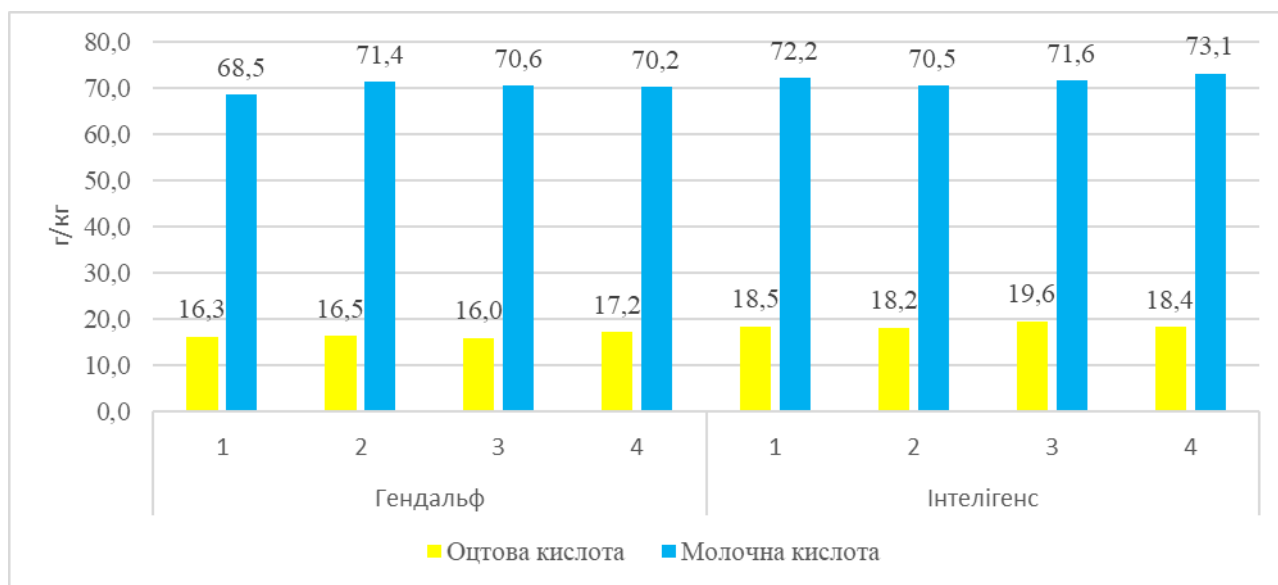


Рис. 4.9. Вміст оцтової і молочної кислоти в зеленій масі кукурудзи (середнє за 2023–2024 рр.), г/кг

У зеленій масі гібридів КВС Гендальф та КВС Інтелігенс вміст молочної кислоти становив 68,5–71,4 г/кг і 70,5–73,1 г/кг, що вказує на високу ферментативну її якість. Використання мікродобрих і регуляторів росту не спричинило змін цього показника, порівняно з контролем.

Дослідження А. Baghdadi та ін. [149] виявили статистично достовірну ($P \leq 0,01$) взаємодію між передпосівною обробкою насіннєвого матеріалу кукурудзи

мікродобривами та застосуванням азотних добрив і вмістом вуглеводів, сирого протеїну, кислотно-детергентної клітковини і сирі золи в рослинних зразках. Найбільш ефективним варіантом виявилось застосування препарату Рерко для обробки насіння на фоні внесення 240 кг/га азотних добрив.

Аналіз отриманих результатів дозволив виявити наявність кореляційних зв'язків між накопиченням різних поживних речовин у зеленій масі кукурудзи. Висока пряма залежність зафіксована між вмістом сирого протеїну та крохмалю ($r = 0,98$) (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

Кореляційні залежності між вмістом поживних речовин у зеленій масі кукурудзи

Показники	Сирий жир	Сира клітковина	Сира зола	Крохмаль	Целюлоза	БЕР
Сирий протеїн	0,97	-0,70	-0,60	0,98	0,96	-0,78
Сирий жир	—	-0,60	-0,47	0,98	0,98	-0,83
Сира клітковина	—	—	0,86	-0,57	-0,53	0,10
Сира зола	—	—	—	-0,49	-0,44	0,05
Крохмаль	—	—	—	—	0,98	-0,86
БЕР					—	—

Аналогічна висока позитивна кореляція прослідковується між вмістом сирого протеїну і сирого жиру ($r = 0,97$), а також між вмістом протеїну та целюлози ($r = 0,96$). Вміст сирого жиру в рослинах також має тісний прямий зв'язок із рівнем крохмалю та целюлози ($r = 0,98$ для обох показників). Протилежна, обернена залежність відмічається при накопиченні сирого жиру та сирі клітковини ($r = -0,60$). Крім цього, вміст сирі клітковини негативно корелює з вмістом сирого протеїну ($r = -0,70$) та крохмалю ($r = -0,57$). Обернено пропорційний зв'язок виявлено між вмістом крохмалю і БЕР ($r = -0,86$), оскільки синтез цього основного енергетичного компонента закономірно знижує відносну частку інших вуглеводів. Також прослідковується висока

зворотна кореляція показника БЕР із вмістом сирого жиру ($r = -0,83$) та сирого протеїну ($r = -0,78$).

Результати дисперсійного аналізу підтверджують, що для всіх досліджуваних показників якості зеленої маси домінуючим фактором є генетичний потенціал гібрида, який формує від 47,7 % до 49,5 % загального впливу (рис. 4.10 а, б, в, г).

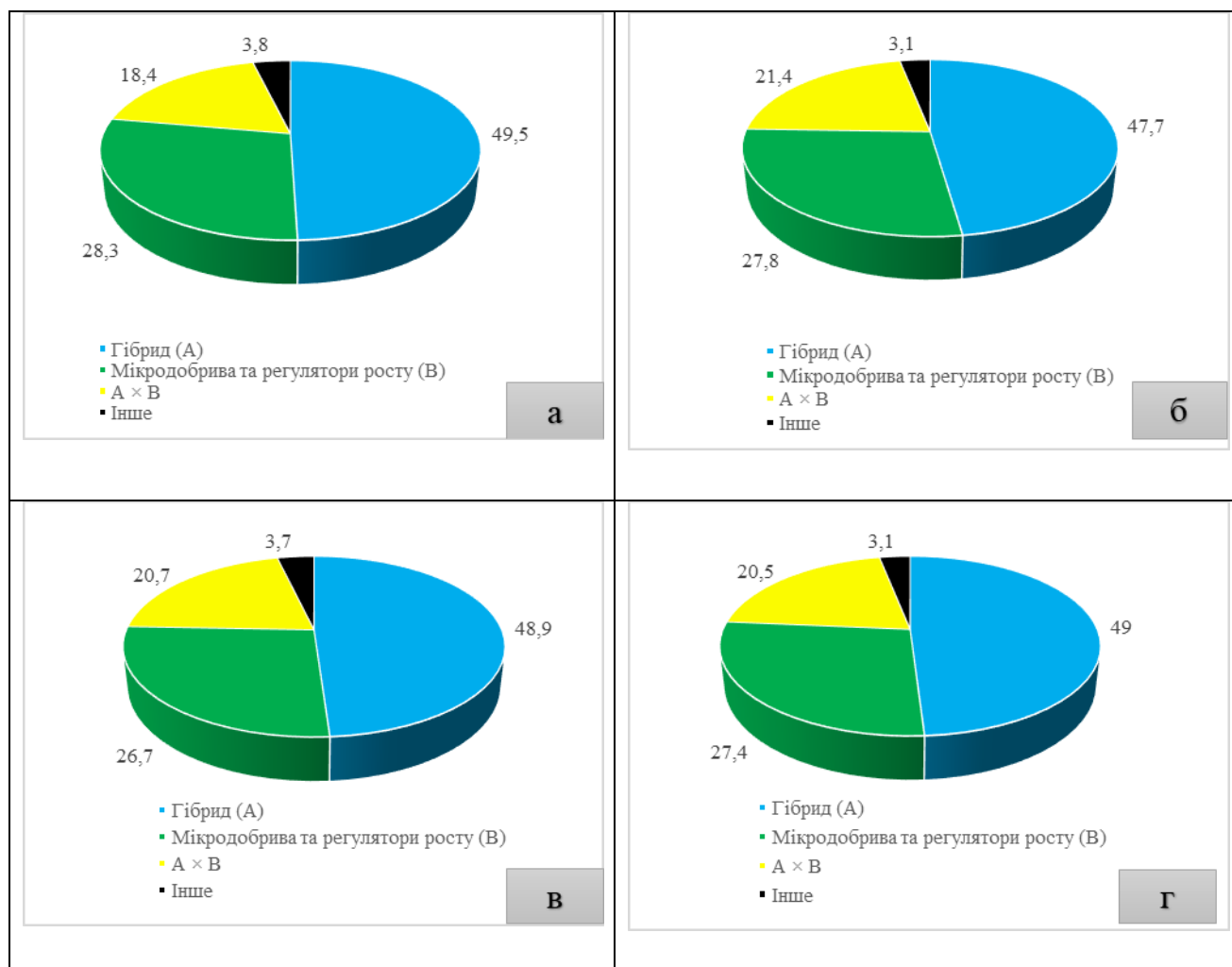


Рис. 4.10. Частка впливу факторів на вміст сирого протеїну (а), клітковини (б), крохмалю (в) і БЕР (г) в зеленій масі кукурудзи

Застосування мікродобрив та регуляторів росту виступає другим за впливом фактором (26,7 до 28,3 %). Також суттєвою є частка впливу взаємодії цих факторів ($A \times B$), яка коливається від 18,4 % до 21,4 %, що вказує на специфічну та індивідуальну реакцію гібридів кукурудзи на застосовані схеми позакореневого підживлення. Вплив інших неконтрольованих факторів залишається мінімальним і не перевищує 3,8 %.

4.3.2. Оцінка кормової якості зеленої маси гібридів кукурудзи

Кукурудза серед інших кормових культур вирізняється тим, що протягом онтогенезу вона здатна збільшувати вміст сухої речовини без втрати її кормової цінності. Найбільше сухої речовини міститься у качанах і її вміст поступово зростає в процесі наливу та дозрівання зерна. При цьому у листостебловій масі її вміст є найменшим, що пояснюється функцією стебла, як основного провідника води і відповідно низьким вмістом сухої речовини [26, 65, 96].

При заготівлі силосу з надмірно вологої рослинної маси відбуваються значні втрати поживних речовин разом із соком. Обсяг цих втрат залежить від рівня вологості та виду культури, а також від ступеня подрібнення й ущільнення силосної маси [221]. Дослідження показали, що з 1 тони зеленої маси кукурудзи при вологості понад 85 % можна отримати 250–450 кг соку, при 80–85 % – 140–230 кг, а при 75–80 % – 20–140 кг. Якщо ж вологість рослини знижується до 70% виділення соку практично не відбувається [210].

Тому, зменшення вологості сировини для силосування є одним із ключових способів скорочення втрат поживних речовин. Важливим критерієм якості корму виступає його поживність, яка визначається комплексом показників: вмістом обмінної енергії, сирого протеїну, перетравного протеїну, сирого жиру, клітковини, кислотно- та нейтрально-детергентної клітковини, сирого золи, безазотових екстрактивних речовин і вітамінів. Поживна цінність зеленої маси кукурудзи визначається її хімічним складом, який формується під впливом комплексу біотичних і абіотичних чинників навколишнього середовища [173, 209].

Важливим показником рослинних кормів є їх енергетична цінність, яка оцінюється за вмістом валової та обмінної енергії, нетто-енергії лактації (NEL), кількістю кормових одиниць (КО) та енергетичних кормових одиниць (ЕКО). Енергетична поживність зеленої маси кукурудзи формувалася під впливом як генотипових особливостей рослин, так і позакореневого застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин. Найнижчий рівень валової енергії у

обох досліджуваних гібридів отримано на контрольних ділянках – 18,57 і 18,84 МДж/кг (табл. 4.11).

Таблиця 4.11

Енергетична цінність зеленої маси гібридів кукурудзи у фазу воскової стиглості зерна (середнє за 2023–2025 рр.), на 1 кг сухої речовини

Гібрид	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Валова енергія, МДж	Обмінна енергія, МДж	NEL, МДж	Кормових одиниць (КО)	Енергетичних кормових одиниць (ЕКО)
КВС Гендальф	1	18,57	10,37	6,22	0,75	1,04
	2	18,68	10,52	6,31	0,77	1,05
	3	18,83	10,57	6,34	0,78	1,06
	4	18,78	10,54	6,33	0,78	1,05
КВС Інтелігенс	1	18,84	10,69	6,41	0,78	1,07
	2	19,00	10,75	6,45	0,79	1,08
	3	19,12	10,88	6,53	0,80	1,09
	4	19,08	10,89	6,53	0,80	1,09

Застосування мікродобрив та регуляторів росту сприяло підвищенню цього показника на 1,11–1,85 % і максимальних значень було досягнуто на третьому варіанті досліді (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) – 18,83 МДж/кг та 19,12 МДж/кг, відповідно. Це пояснюється впливом досліджуваних препаратів, які інтенсифікують процеси фотосинтезу, покращують засвоєння елементів живлення та сприяють посиленому накопиченню вуглеводних сполук у тканинах рослин.

У кормовиробництві поряд із визначенням валової енергії важливе значення має показник обмінної енергії, тієї частини сумарної енергії корму, яка реально засвоюється організмом тварин і використовується для підтримання життєвих функцій, росту та відтворення. Для коректної оцінки

енергетичної поживності кормів її розрахунок здійснюють на 1 кг абсолютно сухої речовини, адже вода, що міститься у рослинній масі, не має енергетичної цінності для тварин [109].

Показник обмінної енергії у гібрида КВС Гендальф варіював у діапазоні від 10,37 МДж/кг на контролі до 10,57 МДж/кг на третьому варіанті досліду, а у КВС Інтелігенс в межах від 10,69 до 10,89 МДж/кг. Позакореневі підживлення мікродобривами та регуляторами росту рослин забезпечили приріст обмінної енергії на рівні 0,15–0,20 МДж/кг, порівняно з контролем. Найбільшу ефективність у підвищення обмінної енергії продемонстрували варіанти досліду, на яких застосовували препарати для оптимізації ферментативних процесів (Фотосинтез, Енерджі)) та покращення азотного обміну (Турбоазот), що дозволило максимально розкрити енергетичний потенціал досліджуваних гібридів.

За даними L. Chornolata та ін. [161], показник обмінної енергії у біомасі гібридів кукурудзи силосного та силосно-зернового напрямів практично не відрізняється, навіть незважаючи на нижчий вміст протеїну в силосних генотипів. Водночас поживна й біологічна цінність гібридів на силос є вищою завдяки підвищеному вмісту легкогідролізованих вуглеводів. У структурі вуглеводного комплексу цих генотипів спостерігається специфічний перерозподіл: збільшується частка геміцелюлози при одночасному зменшенні кількості целюлози, порівняно з силосно-зерновими гібридами.

Однією з сучасних систем енергетичної і білкової оцінки якості корму, а також потреби дійних корів в енергії та протеїні є система NEL (у перекладі з німецької Netto Energie Lactation – нетто енергія лактації). Дана система визначає ту частину валової енергії (ВЕ) корму, яку корови використовують на виробництво молока і яка може бути відкладена у вигляді запасу жиру. Кількість NEL в кормі залежить від вмісту в ньому обмінної енергії, а також від ступеня її використання [50].

Аналіз накопичення нетто енергії лактації (NEL) показав, що у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс на контрольних ділянках він становив 6,22 і

6,41 МДж/кг. Проведення позакореневих підживлень мікродобривами та регуляторами росту сприяли підвищенню показників NEL до 6,31–6,34 МДж/кг і до 6,45–6,53 МДж/кг, відповідно у першого і другого гібридів. Позитивний вплив рістрегулюючих препаратів на цей показник пов'язаний із формуванням більш сприятливого співвідношення протеїну та вуглеводів у рослинах, а також зі зниженням вмісту тих фракцій клітковини, що найважче перетравлюються шлунково-кишковим трактом жуйних. При цьому суттєвої різниці у значеннях чистої енергії лактації між різними варіантами внесення мікродобрив не спостерігалось.

Комплексне застосування мікроелементів і регуляторів росту підвищує не лише загальний вихід біомаси, але й сприяє підвищенню вмісту сухої речовини, яка безпосередньо корелює із вмістом кормових одиниць та енергетичних кормових одиниць. Згідно з отриманими результатами, використання досліджуваних препаратів забезпечило незначне, але стабільне підвищення вмісту кормових одиниць на 0,02–0,03 та енергетичних кормових одиниць на 0,01–0,02, порівняно з контролем. Порівнюючи досліджувані генотипи між собою, можна зробити висновок, що гібрид КВС Інтелігенс переважає КВС Гендальф за всіма досліджуваними енергетичними характеристиками.

Застосування мікродобрив та регуляторів росту забезпечило збільшення виходу кормових одиниць (табл. 4.12). Найкращим варіантом досліду за цим показником у обох гібридів виявився четвертий – 11,63 і 13,42 т/га, що більше контролю на 6,8 і 5,5%. Інші варіанти позакореневих підживлень також показали позитивну динаміку відносно контролю, проте їх ефективність була дещо нижчою.

Оцінюючи вихід сирого протеїну з гектара, слід відмітити дещо іншу тенденцію. Максимальні значення цього показника у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс були зафіксовані на третьому варіанті досліду – 1,39 і 1,72 т/га, що вище контролю на 11,2 і 12,4 %.

Таблиця 4.12

Вихід кормових одиниць та сирого протеїну з урожаєм зеленої маси гібридів кукурудзи, т/га на абсолютно суху речовину

Мікродобрива та регулятори росту рослин	Вихід кормових одиниць		Вихід сирого протеїну	
	КВС Гендальф	КВС Інтелігенс	КВС Гендальф	КВС Інтелігенс
1	10,89	12,72	1,25	1,53
2	11,22	13,08	1,32	1,64
3	11,52	13,25	1,39	1,72
4	11,63	13,42	1,38	1,71

На четвертому варіанті показники виходу сирого протеїну були максимально наближеними до третього (1,38 та 1,71 т/га, відповідно), але саме третя схема позакореневого застосування препаратів виявилася більш ефективною.

Забезпеченість кормової одиниці сирим протеїном є важливим показником збалансованості корму, який свідчить про вміст білка на одиницю енергетичної цінності. Цей показник прямо впливає на ефективність годівлі жуйних тварин, особливо у періоди високої продуктивності (лактації, інтенсивного росту) [115].

Максимальну забезпеченість 1 кормової одиниці сирим протеїном у зеленій масі обох досліджуваних гібридів кукурудзи було зафіксовано на третьому варіанті досліду, що включав внесення препаратів Радікс (1 л/га), Біогумат (1 л/га) і Фотосинтез (1 л/га) у фазу 3-5 листків, з подальшим обприскуванням комплексами Енерджі (1 л/га), Лінамін (1 л/га) та Цинк (1 л/га) у фазу 6-8 листків (рис. 4.11). Застосування цього варіанту позакорневих підживлень мікродобривами і регуляторами росту дозволило досягти найвищих значень даного показника у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс

– 77,03 і 92,58 г, що вище контролю на 5,6 і 6,8 %. На другому і четвертому варіантах дослідів приріст відносно контролю становив 1,20 і 3,31 г та 3,01 і 4,41 г або 1,6 і 3,8 г та 4,1 і 5,1 г.

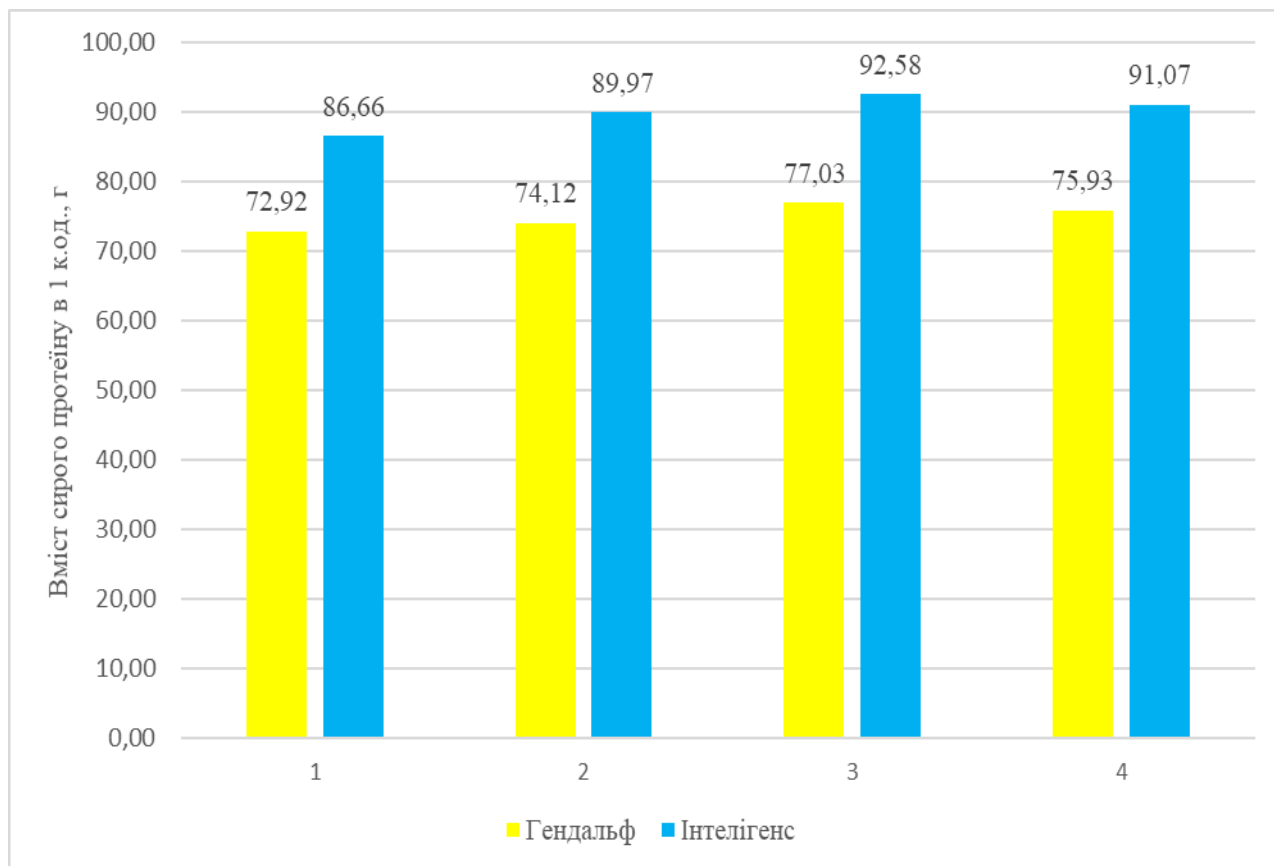


Рис. 4.11. **Забезпеченість 1 кормової одиниці сирим протеїном (г) у гібридів кукурудзи**

Придатність зеленої маси кукурудзи до силосування визначається вмістом у ній цукру, який забезпечує інтенсивність молочнокислого бродіння та рН середовища. Аналіз даних свідчить, що концентрація цукрів у сухій речовині гібрида КВС Гендальф коливалася в межах 10,61–10,97 %, тоді як у гібрида КВС Інтелігенс цей показник становив 10,81–11,27 % у фазу ВВСН 85 (табл. 4.13).

Найвищі значення отримано на третьому варіанті дослідів – 10,97 і 11,27%, відповідно у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс, що вище контролю на 1,5 і 1,3 %.

Таблиця 4.13

Придатність зеленої маси гібридів кукурудзи до силосування

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Цукор, % в сухій речовині	Буферна ємність (Бє), % молочної кислоти в сухій речовині	Відношення цукру/буферної ємності
КВС Гендальф	1	10,81	2,18	4,96
	2	10,61	2,22	4,78
	3	10,97	2,30	4,76
	4	10,76	2,27	4,74
КВС Інтелігенс	1	11,12	2,59	4,29
	2	10,81	2,69	4,02
	3	11,27	2,77	4,07
	4	11,07	2,72	4,06

Окрім достатньої кількості цукрів, важливим для якісного силосування має буферна ємність рослинної маси, яка визначає її здатність протистояти зниженню рівня рН під час бродіння. У зеленій масі гібрида КВС Гендальф показники буферної ємності варіювали від 2,18 до 2,30 % молочної кислоти в перерахунку на абсолютно суху речовину. У гібрида КВС Інтелігенс була вища буферна ємність, яка знаходилася в діапазоні 2,59–2,77 %, що вказує на його дещо вищу стійкість до швидкого підкислення силосної маси.

Для комплексної оцінки технологічної придатності сировини до консервування використовують інтегральний показник – відношення масової частки цукру до буферної ємності. Вважається, що для забезпечення оптимальних умов молочнокислого бродіння цей коефіцієнт повинен бути не меншим за 4,0. У зеленій масі гібрида КВС Гендальф вказане співвідношення знаходилося в межах 4,74–4,96, а у гібрида КВС Інтелігенс, через його підвищену буферну ємність, це відношення виявилось меншим і коливалось від 4,02 до 4,29. Ці показники відповідають нормативним вимогам і гарантують стабільний перебіг процесу силосування для обох досліджуваних гібридів.

Висновки до розділу 4

1. Застосування мікродобрив та регуляторів росту забезпечило достовірне збільшення маси структурних елементів рослин кукурудзи у всі періоди обліків. Найвищі показники маси рослини і качана із зерном, у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс отримано на четвертому варіанті досліду (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) у фазу воскової стиглості – 809,3 і 861,1 г та 345,2 і 363,4 г, відповідно. Залежно від періоду обліку, застосування мікродобрив та регуляторів росту дозволило збільшити масу рослин на 0,6–2,4 %, масу стебла на 0,7–1,8 %, масу листків на 0,9–4,5 %, масу качана з зерном на 0,5–2,7 %, порівняно з контролем.

2. Протягом вегетації кукурудзи відмічено інтенсивний перерозподіл біомаси від вегетативних органів до генеративних. У фазу цвітіння волоті (ВВСН 65) більша частка маси припадала на стебло (68,5–69,9 %) та листки (25,8–27,1 %). А у фазі воскової стиглості зерна (ВВСН 85) їх маса скоротилася до 38,3–39,1 % та 16,3–16,7 %, відповідно. При цьому максимальну частку в структурі рослини зайняв качан із зерном – 42,3–42,7 %. Формування такої структури рослин кукурудзи в досліді на 75,6 % визначається генетичними особливостями гібридів і на 12,8 % впливом мікродобрив та регуляторів росту.

3. Застосування мікродобрив та регуляторів росту забезпечує підвищення продуктивності кукурудзи, при цьому максимальні показники врожайності обох гібридів формуються на четвертому варіанті досліду (Радікс 1 л/га, Лінамін 1 л/га, Турбоазот 1 л/га, Біогумат 0,5 л/га у фазі 3-5 листків; Енерджі 1 л/га, Фотосинтез 1 л/га, Цинк 1 л/га, Біогумат 0,5 л/га у фазі 6-8 листків). У фазу молочно-воскової стиглості (ВВСН 81–83), в середньому за три роки досліджень урожайність зеленої маси гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс становили 45,2 і 48,5 т/га, що вище контролю на 2,4 та 2,7 т/га, відповідно. Середньостиглий гібрид КВС Інтелігенс перевищував середньоранній КВС Гендальф за продуктивністю на 6,8–9,2 %.

4. Реалізація генетичного потенціалу гібридів та ефективність застосованих препаратів значною мірою лімітуються погодними умовами, про що свідчить коливання врожайності в межах 36,2–38,6 т/га у посушливому 2024 р. та від 51,7 до 56,1 т/га за сприятливого вологозабезпечення у 2025 р. Кореляційним аналізом встановлено високий прямий зв'язок між урожайністю зеленої маси та сумою опадів за вегетацію ($r=0,86$) та обернено пропорційну залежність з середньою температурою повітря ($r=-0,85$), що свідчить про високу залежність урожайності культури від погодних факторів. Дані дисперсійного аналізу свідчать, що на формування врожайності зеленої маси найбільше впливає генотип (65,7 %), мікродобрива і регулятори росту (17,3 %), взаємодія – 4,7 %.

5. Застосування мікродобрив та регуляторів росту має важливий вплив на хімічний склад зеленої маси кукурудзи, забезпечуючи накопичення сирого протеїну, крохмалю, целюлози та сирі клітковини, при цьому істотно не впливаючи на вміст сирі золи та забезпечуючи лише незначний приріст сирого жиру. Найвищі показники якості формуються за використання третього та четвертого варіантів позакореневих підживлень. У гібрида КВС Інтелігенс відмічено вищий вміст сирого протеїну, сирого жиру, сирі клітковини, крохмалю і целюлози в зеленій масі, порівняно з гібридом КВС Гендальф. Застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин сприяло помірному підвищенню вмісту оцтової кислоти та більш активнішому накопиченню молочної кислоти в зеленій масі кукурудзи. Встановлено тісні позитивні кореляційні зв'язки між накопиченням сирого протеїну і крохмалю ($r = 0,98$), протеїну і жиру ($r = 0,97$), а також жиру з крохмалем та целюлозою ($r = 0,98$).

6. Позакореневі підживлення мікродобривами та регуляторами росту підвищують енергетичну цінність зеленої маси кукурудзи у фазу воскової стиглості. Максимальні значення валової енергії (18,78–19,12 МДж/кг), обмінної енергії (10,54–10,89 МДж/кг) та чистої енергії лактації (6,33–6,53 МДж/кг) у обох гібридів отримано на третьому і четвертому варіантах дослідів. При цьому приріст загальних та енергетичних кормових одиниць залишається

незначним і становить лише 0,01–0,02, порівняно з контролем. За комплексом енергетичних характеристик зеленої маси гібрид КВС Інтелігенс є більш продуктивнішим за КВС Гендальф, що робить його використання більш доцільним при годівлі тварин.

7. Оцінка технологічної придатності зеленої маси кукурудзи до силосування показує, що гібрид КВС Гендальф характеризується оптимальнішим співвідношенням цукру до буферної ємності, що створює сприятливі умови для молочнокислого бродіння та накопичення молочної кислоти. Гібрид КВС Інтелігенс має підвищену буферну ємність, тому відношення цукру до буферної ємності у нього є нижчим, що хоча і відповідає технологічним нормам, але вимагає ретельнішого контролю ферментаційного процесу під час заготівлі силосу.

Основні положення дисертації викладені в наукових працях [3, 5, 6, 7, 9, 10, 14, 15 17, 30, 183].

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА І БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МІКРОДОБРІВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ

5.1. Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи на силос

Економічна оцінка технологій вирощування сільськогосподарських культур є ключовим елементом раціонального господарювання, оскільки дозволяє визначити витрати, доходи та прибутковість виробництва. У сучасних умовах підвищення вартості матеріальних ресурсів, палива, добрив і засобів захисту рослин, а також змін кліматичних умов, аналіз економічної ефективності стає необхідним для прийняття обґрунтованих рішень щодо вибору технологій, оптимізації витрат та підвищення рентабельності сільськогосподарських культур [45, 83, 92]. Підвищення ресурсо- та енергоємності інтенсивних технологій свідчить про розвиток техніко-технологічного рівня аграрного сектору України. В рослинництві це відображається у вартості застосованих засобів інтенсифікації на одиницю продукції [95].

Економічна оцінка вирощування гібридів кукурудзи на силос включає аналіз собівартості, а також доходу від реалізації продукції. Високопродуктивні гібриди з інтенсивними технологіями вирощування забезпечують вищу врожайність зеленої маси, що сприяє зниженню питомих витрат на одиницю корму та підвищенню економічної ефективності. Крім того, врахування факторів адаптивності та стійкості гібридів до стресових умов дозволяє зменшити ризики фінансових втрат і підвищити стабільність економічної ефективності аграрного виробництва.

Ключовим фактором підвищення економічної ефективності кукурудзи є не тільки використання прогресивних високопродуктивних гібридів, а й застосування спеціалізованих технологічних методів, що дозволяють повністю

реалізувати їхні генетичні можливості [45, 238]. Комплексне впровадження ефективних технологічних елементів забезпечує не тільки високий урожай кукурудзи, але й зниження її собівартості. При цьому безпідставне використання певних операцій може зробити продукцію надто дорогою та спричинити суттєві збитки [69].

Однією з ключових причин впровадження мікродобрив у технології вирощування кукурудзи є їхня висока економічна доцільність і можливість економії ресурсів. Хоча мікродобрива потребують певних фінансових витрат, їх застосування здатне значно підвищити рівень рентабельності виробництва. Це забезпечується завдяки комплексному впливу: збільшенню врожайності, покращенню якісних показників зерна, зменшенню негативного впливу несприятливих погодних факторів та оптимізації системи живлення рослин у цілому [144, 175, 254].

Згідно М. В. Степаненко [116], при вирощуванні гібриду кукурудзи СИ Зефір із внесенням добрив N_{40} перед сівбою та застосуванням мікродобрива Вуксал Р Мах досягається максимальна врожайність зерна (11,61 т/га), вихід біоетанолу (5,134 тис. л/га) та високі економічні показники ефективності (134,4–199,1 %). Слід відзначити, що використання кукурудзи, як сировини для виробництва біоетанолу є більш економічно вигідним, порівняно з вирощуванням на зернофуражні цілі, оскільки рівень рентабельності при такому напрямі застосування виявився на 54,1–65,3 % вищим.

Результатами досліджень V. Falan та ін. [168] виявлено, що основну частку витрат при вирощуванні кукурудзи становили мінеральні добрива (26,1 %), а найменшу амортизаційні видатки (1,2 %). Спостерігалось подорожчання пестицидів і одночасне зниження вартості добрив, що вказує на проблеми зі шкідниками, хворобами та бур'янами, ймовірно вплинувши на врожайність. Фінансовий результат був позитивним у всі роки, середній коефіцієнт рентабельності становив 1,72, з максимумом у 2015 р. (2,00) та мінімумом у 2016 р. (1,40). Ці показники підтверджують стабільність і економічну ефективність виробництва кукурудзяного силосу.

Результати досліджень П. Т. Колісніченко та ін. [67] підтверджують наявність прямої залежності між рівнем урожайності зерна кукурудзи та ступенем інтенсифікації агротехнологічних заходів, зокрема внесенням мінеральних і мікродобрих, а також застосуванням засобів захисту рослин. Збільшення врожайності культури майже на 90 %, відносно контрольного варіанта свідчить про високу результативність комплексного використання добрив NPK, сульфату амонію, карбаміду та сучасних препаратів, зокрема Мастер Пауер, Агрітокс Турбо і Найс Цинк.

Встановлено, що економічна результативність технології вирощування кукурудзи визначається рівнем її інтенсивності та зумовлюється реакцією культури як на окремі агротехнічні заходи, так і на їх узгоджене поєднання в межах цілісної технологічної системи. Підвищення ефективності виробництва зерна кукурудзи можливе завдяки впровадженню сучасних адаптованих високопродуктивних гібридів і вдосконаленню ключових елементів технології вирощування. Доведено, що одним із визначальних критеріїв ефективності застосування мінеральних добрив є їх окупність урожаєм зерна. Різниця у витратах на добрива між інтенсивною та екстенсивною технологіями становить 16 % [39, 132].

Рівень рентабельності вирощування кукурудзи за різних систем удобрення та обробітку коливався від 68,9 % до 195,5 %. Найвищу прибутковість для зерна забезпечувало триразове внесення дигестату (основне удобрення, передпосівне та підживлення) для таких гібридів: Амарос (ФАО 230) – 130,7 %, Р 8754 (ФАО 240) – 118,5 %, Бігбіт (ФАО 290) – 150,3 %, Богатир (ФАО 290) – 191,6 % [232].

В наших дослідженнях найбільшу частку у структурі витрат при вирощуванні кукурудзи на силос займають мінеральні добрива – 28,8 % (рис. 5.1). Цей показник є домінуючим, що свідчить про високу ресурсоемність забезпечення рослин основними елементами живлення. Друге місце за витратами становить пальне – 19,1 %. Такий показник відповідає технології вирощування кукурудзи на силос, яка передбачає використання важкої

сільськогосподарської техніки на всіх етапах, від підготовки ґрунту до збирання та транспортування зеленої маси. На засоби захисту рослин припадає 16,5 %. Це свідчить про те, що хімічний контроль шкідливих організмів в агрофітоценозі кукурудзи потребує значних фінансових вкладень, що є необхідною умовою для збереження врожаю.



Рис. 5.1. Структура економічних витрат при вирощуванні кукурудзи на силос

Витрати на оплату праці становлять 15,6 %. Це підтверджує, що процес вирощування та заготівлі силосу з кукурудзи потребує залучення кваліфікованого людського ресурсу для управління технікою та виконання інших агротехнічних операцій. Частка витрат на насіннєвий матеріал дорівнює 9,4 %. Витрати на мікродобрива і регулятори росту займають 7,1 %, що свідчить про важливість застосування листового підживлення для стимуляції розвитку рослин і отримання додаткового врожаю.

Аналізуючи показник вартості зеленої маси кукурудзи за 2023–2025 рр. можна відмітити, що у гібрида КВС Гендальф і КВС Інтелігенс на контролі вона становила 64533,3 і 70186,7 грн/га, на другому варіанті дослідів вона зросла на 3,06 і 2,81%, на третьому – на 5,79 і 4,18 %, а найкращий результат отримано на четвертому варіанті із показниками 68906,7 і 74026,7 грн/га, що перевищує контроль на 6,78 і 5,47 % (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування кукурудзи на силос залежно від застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин(середнє за 2023–2025 рр.)

Гібриди	Мікродобрива та регулятори росту рослин*	Урожайність, т/га	Вартість продукції, грн/га	Витрати на вирощування, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
КВС Гендальф	1	40,3	64533,3	28546,2	35987,1	126,1
	2	41,6	66506,7	29394,6	37112,1	126,3
	3	42,7	68266,7	29458,5	38808,2	131,7
	4	43,1	68906,7	29496,2	39410,5	133,6
КВС Інтелігенс	1	43,9	70186,7	29023,4	41163,3	141,8
	2	45,1	72160,0	29832,9	42327,1	141,9
	3	45,7	73120,0	29939,8	43180,2	144,2
	4	46,3	74026,7	29975,7	44051,0	147,0

*Примітка. 1.Контроль (обприскування водою) 2. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи 3. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи 4. Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи

Аналіз витрат на вирощування демонструє їх закономірне збільшення при застосуванні мікродобрив і регуляторів росту рослин на 2,79–3,33 %, порівняно з контролем.

Показник умовно чистого прибутку є одним із найбільш важливих для оцінки загальної економічної ефективності вирощування культур. У гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс на контрольному варіанті він становив 35987,1 і 41163,3 грн/га. На другому варіанті дослідів він зростає на 3,13 і 2,83 %, третьому – на 7,84 і 4,90 %, четвертому – на 9,51 і 7,02 %.

Оцінка рівня рентабельності дозволяє зрозуміти загальну ефективність вкладених коштів у відсотковому вираженні. Максимальну ефективність

інвестицій продемонстрував четвертий варіант досліду із показниками 133,6 і 147,0 %, що забезпечило перевищення контролю на 5,95 і 3,67 %.

На основі аналізу економічних показників найбільш ефективним виявився четвертий варіант досліду (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи), який забезпечує найвищі обсяги виробленої продукції у грошовому еквіваленті, формує максимальний чистий прибуток та рівень рентабельності.

5.2. Біоенергетична оцінка застосування мікродобрив і регуляторів росту при вирощуванні кукурудзи на силос

Показники енергетичної ефективності у виробництві кукурудзи можуть істотно різнитися, що зумовлено змінами в технологічних підходах промислового виробництва, а також більш детальними й точними дослідженнями щодо використання енергії в різних сферах життєдіяльності та виробничої діяльності людства [170].

У межах мікроекономічного підходу, аналіз накопиченого енергоспоживання та ефективності виробництва застосовується для оцінки рівня управління на підприємствах, зокрема й у сільському господарстві. Проте, результати оцінки економічних методів управління часто виявляються неточними, оскільки встановлені ціни не завжди відповідають реальній вартості продукції чи витратам енергії [47]. Тому, дедалі більшого значення набуває методика визначення енерговитрат та енергоефективності на основі показників, виражених у стандартних енергетичних одиницях, що забезпечує можливість їх порівняння незалежно від місця, часу чи цінових співвідношень [35]. З огляду на зростання енергоспоживання здійснюється пошук нових технологій вирощування кукурудзи, удосконалюються наявні методи та збільшується частка відновлюваних ресурсів у загальному енергетичному балансі [278].

Вирощування кукурудзи супроводжується значними енергетичними витратами, тому необхідно проводити дослідження, спрямовані на підвищення ефективності використання енергії у виробництві цієї культури. Енергоефективність доцільно визначати як співвідношення енергетичної цінності отриманої біомаси (накопиченої енергії, що міститься в урожаю) до сукупних енергетичних витрат, необхідних для її формування [246].

В умовах Правобережного Лісостепу України найбільші показники виходу енергії отримано в гібрида кукурудзи Каріфолс при застосуванні $N_{120}P_{90}K_{90}$ у поєднанні з передпосівною обробкою насіння YaraTera Tenso Cocktail (0,15 кг/т) й обприскуванням кукурудзи у фазі 3–5 листків YaraVita Kombiphos (3 л/га) –207,5 ГДж/га [35].

В дослідженнях І. П. Сатановської [112] встановлено, що найвищі показники енергетичного коефіцієнта були зафіксовані у гібридів Білозірський 295 СВ та Моніка 350 МВ — відповідно 12,12 і 12,00, а біоенергетичного коефіцієнта – 7,10 та 7,08. При цьому витрати енергії залишалися низькими (39,34 і 39,31 ГДж) у варіанті передпосівної обробки насіння в поєднанні з позакореневим підживленням Емістим С та багатокомпонентним Еколист. Такий підхід забезпечив накопичення валової енергії в урожаї на рівні 476,76 та 471,62 ГДж/га.

А. А. Засухою та ін. [57] доведено, що найвищі значення коефіцієнта енергетичної ефективності як при вирощуванні кукурудзи на зерно, так і при виробництві пелет отримано за умови внесення мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ у поєднанні з мікродобривами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га), Ікар Фосто (0,5 л/га) та Ікар Зінто (0,5 л/га), відповідно 3,32 і 6,62. Використання макродобрив у технології вирощування кукурудзи на зерно забезпечує приріст коефіцієнта енергоефективності на 0,23–0,29, а при виробництві паливних пелет – на 0,62–0,86. Застосування мікродобрив підвищує цей показник на 0,07–0,15 та 0,22–0,61, відповідно.

За даними А. Konieczna та ін. [206], при вирощуванні кукурудзи на силос найбільша частка енергетичних витрат припадає на використання матеріалів та

сировини, що в середньому становить 53,7 %. Серед цих витрат провідне місце займають добрива. Подібні результати отримані J.Gorzelay та ін. [182], W. Budzyński та ін. [157] та S. P. Komleh [205], які стверджують, що у структурі енергетичних витрат на виробництво кукурудзи на силос найбільша частка припадає на використання матеріалів та сировини – 56 %, техніки (42 %) та/або хімічних добрив (28 %). Найменший відсоток витрат був пов'язаний із людською працею, яка складала лише 0,6–0,9 %. За даними українських вчених [21] в структурі енергетичних витрат при вирощуванні кукурудзи на зерно найбільшу частку становлять мінеральні добрива (48,2 %), пальне (18,3 %) та технічні засоби (17,0 %).

За результатами проведених розрахунків встановлено, що найбільшу частку у загальному обсязі енергетичних витрат при вирощуванні кукурудзи на силос займають мінеральні добрива – 33,6 % (рис. 5.2). Це свідчить про те, що їх виробництво, транспортування та внесення потребує найбільших енергозатрат, порівняно з іншими складовими технології.



Рис. 5.2. Структура енергетичних витрат при вирощуванні кукурудзи на силос

Другим за вагомістю чинником є пальне, частка якого становить 27,5 %. Такий високий показник є цілком закономірним, оскільки вирощування та збирання кукурудзи на силос передбачає виконання великої кількості

механізованих польових робіт. Енергетична оцінка затрат технічних засобів оцінюється у 20,1 %. Тому, добрива, паливе та техніка в сукупності формують абсолютну більшість усіх енергетичних вкладень – 81,2 %. Значно меншу, але все ж помітну частку займають засоби захисту рослин – 7,4 %. Майже на такому ж рівні знаходяться витрати енергії на мікродобрива і регулятори росту – 6,8 %. Ці показники відображають енергоємність інтенсивних технологій, спрямованих на збереження врожаю та стимуляцію розвитку рослин. Найменш енергозатратними елементами виявилися насіннєвий матеріал (2,0 %) та затрати праці (1,1 %). Додатково виділено категорію інших витрат, на яку припадає 1,5 %. Тому заходи з оптимізації енергозбереження при вирощуванні кукурудзи на силос мають бути спрямовані на раціональне використання мінеральних добрив, паливно-мастильних матеріалів та сільськогосподарської техніки.

У середньому за 2023–2025 рр. енергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи залежала від позакоренових підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Енергетична ефективність застосування мікродобрив та регуляторів росту при вирощуванні кукурудзи на силос (середнє за 2023–2025 рр.)

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Вихід загальної енергії з урожаєм, ГДж/га	Витрати сукупної енергії на вирощування, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності, K_{ee}
КВС Гендальф	1	242,0	46,8	5,2
	2	282,7	49,8	5,7
	3	307,2	50,1	6,1
	4	323,0	50,6	6,4
КВС Інтелігенс	1	267,6	48,6	5,5
	2	306,7	51,7	5,9
	3	324,5	52,2	6,2
	4	351,6	52,7	6,7

У гібрида КВС Гендальф вихід загальної енергії становив на контролі 242,0 ГДж/га та збільшився до 307,2 і 323,0 ГДж/га на третьому і четвертому варіантах досліду, що більше на 65,2 і 81,0 ГДж/га, відповідно. При цьому витрати сукупної енергії підвищилися лише з 46,8 до 50,1 і 50,6 ГДж/га, що не перевищує 8,2 % приросту. Завдяки цьому коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) збільшився із 5,2 до 6,1 і 6,4, що свідчить про високу окупність енергетичних витрат внаслідок застосування мікродобрив та регуляторів росту.

Гібрид КВС Інтелігенс мав вищі показники енергетичної продуктивності. Вихід енергії збільшився від 267,6 ГДж/га на контролі до 324,5 і 351,6 ГДж/га у 3 і 4 варіантах досліду. При цьому витрати енергії зросли з 48,6 до 52,2 і 52,7 ГДж/га, що зумовило підвищення коефіцієнту енергетичної ефективності (K_{ee}) з 5,5 до 6,2 і 6,7.

Найменша енергетична ефективність була на контролі (K_{ee} 5,2–5,5). Використання комплексу Радікс + Біогумат у фазі 3–5 листків і Енерджі + Біогумат + Цинк у фазі 6–8 листків (другий варіант досліду) забезпечило приріст K_{ee} до 5,7–5,9, або на 7–10 %. Найвищі значення спостерігали у четвертому варіанті (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) – 6,4 і 6,7.

Тому можна зробити висновок, що впровадження сучасних мікродобрив та регуляторів росту в технологію вирощування кукурудзи на силос є доцільним заходом, що забезпечує суттєву оптимізацію енергетичного балансу. Такий підхід гарантує підвищення загального коефіцієнта енергоефективності за рахунок максимізації виходу енергії з урожаєм при мінімальному зростанні сукупних витрат.

Висновки до розділу 5

1. Найбільшу частку у структурі економічних витрат на вирощування кукурудзи на силос займають мінеральні добрива, на які припадає 28,8 %. Друге місце займає пальне – 19,1 %. Також значні фінансові вкладення необхідні для придбання засобів захисту рослин (16,5 %) та на оплату праці (15,6 %). Менш витратними є насіннєвий матеріал (9,4 %) та мікродобрива з регуляторами росту (7,1 %).

2. З точки зору економічної ефективності найкращим варіантом виявилось вирощування гібриду КВС Інтелігенс із застосуванням препаратів Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи. Це забезпечує найвищу рентабельність – 147,0 % та умовно чистий прибуток – 44051,0 грн/га, що суттєво перевершує показники гібрида КВС Гендальф на цьому варіанті – 133,6 % і 39410,5 грн/га.

3. У загальному обсязі енергетичних витрат переважають мінеральні добрива (33,6 %), пальне (27,5 %) та затрати на технічні засоби (20,1 %), які разом формують 81,2 % від усіх енергетичних вкладень технології вирощування кукурудзи на силос. Енерговитрати на засоби захисту рослин становлять 7,4 %, мікродобрива і регулятори росту – 6,8 %.

4. Максимальний вихід енергії з урожаєм при мінімальному зростанні сукупних енергетичних витрат отримано у гібрида КВС Інтелігенс на четвертому варіанті досліджу. Це забезпечило найбільший вихід загальної енергії – 351,6 ГДж/га та найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (К_е) – 6,7. У гібрида КВС Гендальф на цьому ж варіанті вказані показники становили 323,0 ГДж/га і 6,4.

Основні положення дисертації викладені в наукових працях [3, 6, 8].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі узагальнення результатів польових і лабораторних досліджень науково обґрунтовано процеси росту, розвитку рослин та закономірності формування продуктивності та якості зеленої маси гібридів кукурудзи на силос залежно від застосування мікродобрих та регуляторів росту рослин в умовах Лівобережного Лісостепу України.

1. Встановлено, що збільшення висоти рослин кукурудзи відбувалося впродовж всього вегетаційного періоду до фази воскової стиглості зерна. Оптимальні умови для формування максимальної висоти рослин у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс, порівняно з контролем, забезпечили третій (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) та четвертий (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи) варіанти підживлення мікродобривами та регуляторами росту.

2. Оптимальні умови для формування максимальної асиміляційної поверхні посівів кукурудзи та фотосинтетичних показників забезпечили третій і четвертий варіанти дослідів. Максимальну площу листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чисту продуктивність фотосинтезу у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс зафіксовано у фазу цвітіння волотей на четвертому варіанті дослідів: 39,08 і 43,05 тис. м²/га; 0,842 і 1,059 млн. м²·діб/га та 9,281–9,429 г/м² за добу, відповідно.

3. З'ясовано, що максимальний вміст сухої речовини в рослинах досягався у фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85), причому генетичні особливості гібридів відігравали вирішальну роль у її накопиченні (72,4 і 76,1%), а вплив мікродобрих та регуляторів росту є незначним (5,7 і 5,6 %). У цей період найбільший вміст сухої речовини був в зерні (61,2–62,7 %), а

найменшим у стеблі (26,2–27,5 %). Гібрид КВС Інтелігенс мав вищий вміст сухої речовини у всі фази розвитку, порівняно з гібридом КВС Гендальфна 1,0–1,1 % у всі фази розвитку. Не виявлено впливу мікродобрив та регуляторів росту рослин на вміст сухої речовини в окремих органах та рослинах кукурудзи. Спостерігалася лише тенденція до збільшення цього показника на третьому варіанті дослідів.

4. Доведено, що застосування мікродобрив і регуляторів росту забезпечує підвищення врожайності сухої маси, порівняно з контролем на 0,6–1,2 т/га в залежності від гібрида і періоду обліків. Максимальні показники (17,0 і 18,8 т/га) у досліджуваних гібридів отримано на четвертому варіанті дослідів, однак різниця з другим і третім варіантами була статистично недостовірною, що свідчить про близьку ефективність цих систем підживлення.

5. Визначено, що застосування мікродобрив та регуляторів росту забезпечило достовірне збільшення маси структурних елементів рослин, порівняно з контролем: маси рослини на 0,6–2,4 %, стебла на 0,7–1,8 %, листків на 0,9–4,5 %, качана з зерном на 0,5–2,7 %. Найвищі показники маси рослини і качана у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс відмічено на четвертому варіанті дослідів у фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85) – 809,3 і 861,1 г та 345,2 і 363,4 г, відповідно. У цю фазу максимальну частку в структурі рослини займав качан із зерном – 42,3–42,7 %.

6. Застосування мікродобрив та регуляторів росту забезпечує підвищення врожайності зеленої маси кукурудзи, порівняно з контролем. При цьому, максимальні показники врожайності обох гібридів формуються на четвертому варіанті дослідів у фазу молочно-воскової стиглості (ВВСН 81–83) – 45,2 і 48,5 т/га, відповідно у гібридів КВС Гендальф і КВС Інтелігенс. Середньостиглий гібрид КВС Інтелігенс перевищував середньоранній КВС Гендальф за продуктивністю на 6,8–9,2 %.

7. Реалізація генетичного потенціалу гібридів та ефективність застосованих препаратів значною мірою лімітуються погодними умовами. Урожайність зеленої маси коливалась в межах від 36,2–38,6 т/га у 2024 р. до

51,7–56,1 т/га у 2025 р. Кореляційним аналізом встановлено високий прямий зв'язок між урожайністю зеленої маси та сумою опадів за вегетацію ($r=0,86$) та обернено пропорційну залежність з середньою температурою повітря ($r=-0,85$). Врожайність зеленої маси кукурудзи в досліді найбільше залежить від генотипу (65,7 %), мікродобрив і регуляторів росту (17,3 %), а їх взаємодія становить 4,7 %.

8. Відмічено позитивний вплив застосування мікродобрив та регуляторів росту на хімічний склад зеленої маси кукурудзи, забезпечуючи накопичення сирого протеїну, крохмалю, целюлози та сирій клітковини, порівняно з контролем. При цьому істотно не впливаючи на вміст сирій золи та забезпечуючи лише незначний приріст сирого жиру. Найвищі показники якості зеленої маси кукурудзи формуються за використання третього та четвертого варіантів позакореневих підживлень. При цьому гібрид КВС Інтелігенс характеризується вищим вмістом сирого протеїну, сирого жиру, сирій клітковини, крохмалю і целюлози, порівняно з гібридом КВС Гендальф. Встановлено тісні позитивні кореляційні зв'язки між накопиченням сирого протеїну і крохмалю ($r = 0,98$), протеїну і жиру ($r = 0,97$), а також жиру з крохмалем та целюлозою ($r = 0,98$).

9. Позакореневі підживлення мікродобривами та регуляторами росту підвищують енергетичну цінність зеленої маси кукурудзи у фазу воскової стиглості. Максимальні значення валової енергії (18,78–19,12 МДж/кг), обмінної енергії (10,54–10,89 МДж/кг) та чистої енергії лактації (6,33–6,53 МДж/кг) у обох гібридів отримано на третьому і четвертому варіантах досліді. При цьому приріст загальних та енергетичних кормових одиниць залишається незначним і становить лише 0,01–0,02, порівняно з контролем.

10. Досліджено технологічну придатність зеленої маси кукурудзи до силосування, за результатами якої гібрид КВС Гендальф має оптимальніше співвідношення цукру до буферної ємності, що створює сприятливі умови для молочнокислого бродіння. Гібрид КВС Інтелігенс має підвищену буферну ємність, тому відношення цукру до буферної ємності у нього є нижчим, що

хоча і відповідає технологічним нормам, але потребує ретельнішого контролю процесу ферментації під час заготівлі силосу.

11. Доведено, що всі варіанти із застосуванням мікродобрив та регуляторів росту рослин перевищують контроль за економічними показниками. Максимальні значення рентабельності (147,0 %) і умовно чистого прибутку (44051 грн/га) отримано у гібриду КВС Інтелігенс на четвертому варіанті дослідів. Найбільшу частку у структурі економічних витрат на вирощування кукурудзи на силос займають мінеральні добрива (28,8 %), паливо (19,1 %), засоби захисту рослин (16,5 %) та оплата праці (15,6 %). На мікродобрива і регулятори росту припадає лише 7,1 % витрат.

12. Підтверджено, що максимальний вихід загальної енергії з врожаєм (351,6 ГДж/га) та найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (6,7) отримано у гібрида КВС Інтелігенс на четвертому варіанті дослідів. У гібрида КВС Гендальф на цьому ж варіанті вказані показники становили 323,0 ГДж/га і 6,4. У загальному обсязі енергетичних витрат на мікродобрива і регулятори росту припадало лише 6,8 %, що підтверджує їх високу енергетичну окупність.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Лівобережного Лісостепу України при вирощуванні кукурудзи на силос рекомендується висівати середньостиглий гібрид КВС Інтелігенс (ФАО 380) із застосуванням препаратів Радікс (1 л/га), Лінамін (1 л/га), Турбоазот (1 л/га) і Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи та Енерджі (1 л/га), Фотосинтез (1 л/га), Цинк (1 л/га) і Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Асанішвілі Н. М. Оптимізація мінерального живлення гібридів кукурудзи на основі рослинної діагностики. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. №11(3). 22–32.
2. Асанішвілі Н. М., Буслаєва Н. Г., Шляхтурова С. П. Вплив агрохімічного навантаження на забезпеченість рослин елементами живлення та врожайність кукурудзи в Лісостепу. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*. 2020. №32. С. 9–19.
3. Басюк П. Л., Грабовський М. Б. Агроенергетична оцінка продуктивності кукурудзи при застосуванні мікродобрих і регуляторів росту. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 20–29.
4. Басюк П. Л., Грабовський М. Б. Вплив мікродобрих та регуляторів росту на зміну біометричних показників рослин кукурудзи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 78(1). С. 7–22.
5. Басюк П. Л., Грабовський М. Б. Вплив мікродобрих та регуляторів росту на якісні показники зеленої маси кукурудзи. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 13. С. 241–253.
6. Басюк П. Л., Грабовський М. Б. Застосування добрив Плантоніт в технології вирощування кукурудзи. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур», с. Центральне, 21 квітня 2023 р., С. 14.
7. Басюк П. Л., Грабовський М. Б., Качан Л. М., Павліченко К. В. Особливості формування урожайності зеленої маси кукурудзи на силос в 2024 році. Збірник матеріалів науково–практичної конференції «Наукові читання до 100-річчя від дня народження Філіп'єва Івана Давидовича – видатного вченого у галузі агрохімії та ґрунтознавства», присвяченої пам'яті доктора с.-г. наук,

професора, Заслуженого діяча науки і техніки України, Філіп'єва Івана Давидовича, 20 вересня 2024 р., Одеса, ІКОСГ НААН, С. 139–141.

8. Басюк П. Л., Грабовський М. Б., Качан Л. М., Павліченко К. В., Степаненко М. В. Енергетична ефективність вирощування кукурудзи на силос. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків, 28 листопада 2025 р., Державний біотехнологічний університет, С. 46–48.

9. Басюк П. Л., Грабовський М. Б., Козак Л. А., Лабунський І. В., Железняк В. В. Вплив мікродобрив та регуляторів росту на урожайність сухої речовини кукурудзи. Збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції *«Агроекологічна безпека і раціональне землекористування зони Полісся»*, м. Житомир, 23 квітня 2025 року, ІСГП НААН, С. 13–15.

10. Басюк П. Л., Грабовський М. Б., Мостипан О. В., Павліченко К. В. Визначення придатності зеленої маси гібридів кукурудзи до силосування залежно від застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції *«Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення»*, Ломжа – Миколаїв, 6 грудня 2024 року, Видавництво: MANS w Łomży, С. 25–27.
<https://doi.org/10.58246/SREC7881>

11. Басюк П.Л., Грабовський М. Б., Козак Л.А., Качан Л.М. Зміна фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин. Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції : *«Хімія, біотехнологія, екологія та освіта»*, м. Полтава, 15-16 травня 2024 року, Полтава, ПДАУ, С. 214–217.

12. Басюк П.Л., Грабовський М. Б., Козак Л.А., Качан Л.М. Тривалість вегетаційного періоду у гібридів кукурудзи залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів *«Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур»* присвячена 60-річчю реєстрації сорту-шедевр пшениці м'якої озимої Миронівська 808, с. Центральне, 19 квітня 2024 р., МПП ім. Ремесла, С. 24–25.

13. Басюк П.Л., Грабовський М. Б., Павліченко К.В., Степаненко М.В. Фотосинтетична активність посівів кукурудзи під впливом елементів технології вирощування. Збірник матеріалів IV Міжнародної науково–практичної конференції *«Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети»*, 12 вересня 2025 року, м. Одеса, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, С. 96–98.

14. Басюк П.Л., Грабовський М.Б. Динаміка зміни вмісту та урожайності сухої речовини у рослинах кукурудзи у разі застосування мікродобрів та регуляторів росту. *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 8–17.

15. Басюк П.Л., Грабовський М.Б., Городецький О.С. Застосування мікродобрів при вирощуванні кукурудзи на силос. Збірник матеріалів Міжнародної науково–практичної конференції молодих вчених, присвяченої до Дня науки в Україні *«Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України»*, м. Одеса, 18–19 травня 2023 р., С. 22–25.

16. Басюк П.Л., Грабовський М.Б., Козак Л.А., Качан Л.М., Павліченко К.В. Формування площі листової поверхні кукурудзи залежно від елементів технології вирощування. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції *«Ротмістровські читання частина 1: технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату»*, смт. Хлібодарське, 28 березня 2025 року, Одеська ДСДС ІКОСГ НААН, С. 99–102.

17. Басюк П.Л., Грабовський М.Б., Павліченко К.В., Німенко С.С., Мандриш О.Ю., Железняк В.В. Динаміка зміни вмісту сухої речовини у рослинах кукурудзи при застосуванні мікродобрів та регуляторів росту. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції *«Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур»*, м. Полтава, 31 березня 2025 року, ПДАУ, С. 41–44.

18. Броварський район: фізико-географічна характеристика. [Електронний ресурс]. <http://donas.in.ua/pryroda/brovarskyj-rajon-fizyko-heohrafichna-harakterystyka.html> (дата доступу 20.01.2026)
19. Василенко М. Г., Стадник А. П., Душко П. М., Драга М. Я. В., Кічігіна О. О., Зацарінна Ю. О., Перець С. В. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин. *Агроекологічний журнал*. 2018. №1. С. 96–101.
20. Вахній С. П., Грабовський М. Б., Панченко Т. В., Козак Л. А., Павліченко К. В. Якісні показники основної і побічної продукції кукурудзи при використанні мінеральних добрив та регуляторів росту рослин. матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 30-річчю членства України в Міжнародному союзі з охорони нових сортів рослин (UPOV) «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку», 3 листопада 2025 р., м. Київ, Український інститут експертизи сортів рослин, С. 61–63.
21. Вахній С.П., Засуха А.А. Вплив добрив та регуляторів росту рослин на продуктивність основної і побічної продукції кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 44–55.
22. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Гож О. А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від стимуляторів росту та мікродобрив в умовах зрошення. *Вісник аграрної науки*. 2016. №7. С. 17–21.
23. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Коковіхін С. В., Писаренко П. В., Біляєва І. М., Найдьонов В. Г., Андрієнко І. О. Інноваційні технології вирощування кукурудзи на зрошуваних землях півдня України: монографія. Херсон: Грінь ДС.2017, 327 с.
24. Волкогон В. В., Волкогон М. В., Дімова С. Б. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / за ред. В. В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 463 с.
25. Гарбар Л. А., Васьківський Б. С. Вплив елементів живлення на формування зон продуктивності кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2025. №32. С. 32–39.

26. Гетман Н. Я. Формування врожаю кукурудзи залежно від густоти стояння рослин за мінерального фону живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 2 (33). С. 55–65.

27. Гож О. А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від мікродобрив та регуляторів росту на зрошуваних землях півдня України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Херсонський державний аграрний університет. Херсон, 2016. 20 с.

28. Городній М. М., Мельник С. І., Маліновський А. С. Агрохімія. Київ : Алефа, 2003. 778 с.

29. Грабовський М. Б. Формування продуктивності сорго цукрового як біоенергетичної культури залежно від рівня мінерального живлення. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 99, С.30–39.

30. Грабовський М. Б., Басюк П. Л., Мандриш О. Ю., Железняк В. В., Козак Л. А. Вплив мікродобрив та регуляторів росту на масу рослин кукурудзи та їх структурних елементів. Збірник матеріалів Міжнародної науково–практичної конференції «*Адаптація агровиробництва до змін клімату та ґрунтової родючості*», 9 жовтня 2025 року, Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція ІКОСГ НААН України, С. 106–109.

31. Грабовський М. Б., Басюк П. Л., Павліченко К. В., Німенко С. С. Вплив мікродобрив та регуляторів росту рослин на зміну висоти рослин кукурудзи. Матеріали Міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Григорія Родіоновича Пікуша: «*Сучасні технологічні аспекти виробництва зерна та переробки сільськогосподарської продукції*», м. Дніпро 20–21 березня 2024 р., Дніпро, ДУ ІЗК НААН, С. 52–53.

32. Грабовський М. Б., Городецький О.С., Павліченко К.В. Формування продуктивності кукурудзи на силос залежно від рівня мінерального живлення. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «*Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, лісовому та садово-парковому господарстві*», Біла Церква, 30 жовтня 2020 р. С. 3–4.

33. Грабовський М. Б., Грабовська Т. О., Яценко С. А. Застосування препарату Ентеронормін у посівах кукурудзи. *АгроТерра*. 2020. № 1(8). С. 49–56.
34. Грабовський М. Б., Павліченко К. В. Накопичення сухої маси рослинами кукурудзи залежно від удобрення та позакореневого підживлення. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів, молодих учених та спеціалістів. Харків, 3 грудня 2021 року, С. 26–27.
35. Грабовський М. Б., Павліченко К. В., Козак Л. А., Качан Л. М. Енергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи для виробництва біогазу за використання макро- і мікродобрих. *Зернові культури*. 2022. №1. С. 100–107.
36. Грабовський М., Козак Л., Городецький О., Качан Л. Вплив системи удобрення на елементи структури врожаю кукурудзи. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників, м. Умань, 23 травня 2024 р., УНУС, С. 18–21.
37. Грабовський М.Б. Агротехнологічне обґрунтування вирощування кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 «Рослинництво». ДУ Інститут зернових культур. 2019, 425 с.
38. Грабовський М.Б. Гібриди кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2011. №4 (203). С. 12–20.
39. Грабовський М.Б. Економічна та біоенергетична ефективність вирощування сорго цукрового та кукурудзи як біоенергетичних культур за різного рівня мінерального живлення. *Зернові культури*. 2018. Том 2. № 2, С. 294–300.
40. Грабовський М.Б. Особливості технології вирощування кукурудзи як сировини для виробництва біогазу. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Т. 10. №1. С. 12–17.
41. Грабовський М.Б. Удобрення кукурудзи: на часі економія. *The Ukrainian Farmer*, січень 2015. С. 56–57.

42. Грабовський М.Б. Урожайність кукурудзи на силос залежно від рівня мінерального живлення в умовах Центрального Лісостепу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. №7. С. 49–53.
43. Грабовський М.Б., Вахній С.П., Лозінський М.В., Панченко Т.В., Басюк П.Л. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від застосування комплексних мінеральних добрив. *Агробіологія*. 2021. №2. С. 33–42.
44. Грабовський М.Б., Грабовська Т.О., Городецький О.С., Курило В.Л. Формування продуктивності кукурудзи на силос залежно від фону мінерального живлення. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 71. С. 37–40.
45. Грабовський М.Б., Козак Л.А., Лозінський М. В., Городецький О.С., Степаненко М. В. Економічна оцінка елементів технології вирощування кукурудзи для отримання зерна і біоетанолу. *Зрошуване землеробство*. 2024. Вип. 82. С. 20–25.
46. Грабовський М.Б., Козак Л.А., Павліченко К.В. Зміна фотосинтетичних показників посівів кукурудзи під впливом макро і мікро добрив. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «*Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку*», Біла Церква, 4-5 березня 2021 р., С. 187–189.
47. Грабовський М.Б. Економічна і енергетична ефективність технологічних заходів при вирощуванні кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, технічний та агроекологічний аспекти: [колективна монографія]. Полтава: Астроя. 2019. С. 380–385.
48. Дацько О.М. Рослинні пробіотики: вплив на рослини в умовах стресу. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2021. № 1 (43). С. 10–18.
49. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні. [Електронний ресурс].

<https://eco.gov.ua/registers/perelik-pesticidiv-i-agrohimikativ-dozvolениh-dlya-vikoristannya> (Дата звернення: 25.12.2025).

50. Дехтяр Ю. Ф. Годівля тварин і технологія кормів : курс лекцій. Миколаїв : МНАУ, 2014. 129 с.

51. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник у 2 книгах. Книга 1. Теоретичні аспекти дослідної справи/за ред. А.О.Рожкова. Харків : Майдан, 2016, 316 с.

52. Дроздов С. Є., Дроздова О. В. Якість, хімічний склад та поживна цінність силосів сумісних посівів кукурудзи та сорго. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. 2019. №121. С. 95–103.

53. Екологічний паспорт Київської області. 2022. 200 с.

54. Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 4. С. 63–65.

55. Жуйков О. Г., Давиденко І. А. Позакореневе підживлення кукурудзи мікродобривами—дієвий елемент технології чи «тренд»? *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 136. Частина 1. С.116–124.

56. Засуха А.А. Зміна біометричних показників рослин кукурудзи залежно від застосування добрив та регуляторів росту рослин. *Аграрні інновації*. 2023. № 22. С. 46–54.

57. Засуха А.А., Вахній С.П., Козак Л. А., Городецький О.С. Якісні показники та енергетична цінність побічної продукції кукурудзи. Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: стратегії стійкості сільськогосподарського сектору під час війни та у післявоєнний період», Львів-Оброшине, 19 листопада 2024 р., ІСГКР НААН, С.33–35.

58. Засуха А.А., Козак Л.А. Накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи під впливом удобрення та регуляторів росту рослин. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в

агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві», м. Біла Церква, 26 жовтня 2023 року, БНАУ, С.44–46.

59. Іванишин О.С. Площа асиміляційної поверхні листків та урожайність гібридів кукурудзи залежно від удобрення в умовах Лісостепу Західного. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 112. С. 77–81.

60. Іванів М. О., Сидякіна О. В., Гамула Є. А. Вплив густоти рослин та позакоренових підживлень мікродобривами на врожайність гібридів кукурудзи марки ДЕКАЛБ в умовах Північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 31. С. 59–66.

61. Каленська С. М., Говенько Р. В. Продуктивність кукурудзи залежно від забезпечення тепловими одиницями та живлення різними видами азотних добрив. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. Вип. 30. С. 33–43.

62. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Свистунов Ю. В., Антал Т. В. Вплив передпосівної обробки насіння та посівів комплексними регуляторами росту рослин на урожайність гібридів кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2025. №29. С. 59–65.

63. Каленська С. М., Таран В. Г., Данилів П. О. Особливості формування урожайності гібридів кукурудзи залежно від удобрення, густоти стояння рослин та погодних умов. *Таврійський науковий вісник*. 2018. №101. Р. 42–49.

64. Каталог добрив і ад'ювантів ТОВ «Євроагрогруп». Київ. 2025, 50 с.

65. Козак Л.А., Грабовський М.Б., Качан Л.М., Городецький О.С., Павліченко К.В. Зміна хімічного складу зерна кукурудзи залежно від системи удобрення. Матеріали доповідей міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології виробництва, логістики та переробки продукції рослинництва» присвяченої 110-річчю від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Лесика Бориса Васильовича, м. Київ, 2-3 червня 2025 року, НУБіП України, С. 114–116.

66. Козак Л.А., Грабовський М.Б., Качан Л.М., Павліченко К.В., Німенко С.С. Ефективність застосування регуляторів росту при вирощуванні кукурудзи на зерно за контрастних умов навколишнього середовища. *Таврійський науковий вісник*. 2025. №142. Ч. 1. С. 124–136.
67. Колісніченко П. Т., Карбівська У. М., Шеленко Д. І., Сас Л. С., Баланюк С. І. Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно та організація забезпечення виробників продукції тваринництва концентрованими кормами в умовах західного регіону. *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону*. 2025. Вип. 21. Т.2. С. 11–22.
68. Костенко В. М., Панько В. В., Сироватко К. М. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин. Частина І “Хімічний склад, оцінка поживності та якості кормів”. Вінниця : РВВ ВДАУ, 2008. 141 с.
69. Костецький Я. І. Статистичний аналіз витрат виробництва і собівартості продукції в аграрному секторі. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. 2012. Вип. 5. Т. 2. С. 145–150.
70. Кравченко Л. О. Регулятори росту в умовах інтенсифікації виробництва. *Наукові основи ведення зернового господарства*. 1994. С. 185–192.
71. Кунах В. А. Біотехнологія рослин для поліпшення умов життя людини. *Biotechnologia Acta*. 2008. №1(1). С. 28–39.
72. Лавриненко Ю. О., Гож О. А. Ефективність стимуляторів росту та мікродобрив на посівах гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах зрошення на півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2015. №64. С. 14–20.
73. Лавриненко Ю.О., Міщенко С.В., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Кобизєва Л.Н., Грабовський М.Б. Фотосинтетичні показники гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву і обробітку біопрепаратами за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. №12. С. 41–47.
74. Лавриненко Ю.О., Рубан В.Б. Динаміка листової поверхні рослин кукурудзи та фотосинтетичні показники посівів при краплинному способі

поливу в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 4. С. 122–128.

75. Мазур В. А., Циганська О. І., Шевченко Н. В. Висота рослин кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 8. С. 5–13.

76. Мазур В.А., Шевченко Н.В. Формування площі листкової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10. № 1–2. С. 108–114.

77. Маренич М. М., Гангур В. В., Попова К. М., Ляшенко В. В., Кабак Ю. І. Ефективність гумінових стимуляторів за умови передпосівної обробки насіння зернових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. Вип. 3. С. 70–78.

78. Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О., Пілярська О.О., Забара П.П., Хоменко Т.М., Михайленко І.В. Динаміка накопичення сирої та сухої надземної біомаси гібридами кукурудзи за краплинного зрошення. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 71. С. 108–114.

79. Марчук І. У., Макаренко В. М., Розстальний В. Є., Савчук А. В. Добрива та їх використання. Київ : Дія, 2002. 256 с.

80. Медведев В. В. Нульовий обробіток ґрунту в Європейських країнах. Харків: ТОВ «ЕДЕНА», 2010. 202 с.

81. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай. 1988, 206 с.

82. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою: методичні рекомендації / за ред. Є.М. Лебідя. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.

83. Михаленко І. В. Економічна та енергетична оцінка технології вирощування гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник*. 2013. №84. С. 77–85.

84. Морозов О. В., Гамаюнова В. В., Сидоренко О. І., Пічура В. І. Еколого-агромеліоративний моніторинг зрошуваних земель: Моделювання і прогнозування. Монографія. Херсон: ЛТ-Офіс.2010, 256 с.
85. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України /За ред. С.А. Балюка, М.І. Ромещенко. Київ : Аграрна наука, 2009. 624 с.
86. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. Єщенко В. О. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.
87. Павліченко К. В., Грабовський М. Б. Урожайність зеленої і сухої маси гібридів кукурудзи та вихід біогазу залежно від застосування макро- і мікродобрів. *Зрошуване землеробство*. 2022. Вип. 77. С. 79–85.
88. Павліченко К. В., Грабовський М. Б., Німенко С. С. Оцінка гібридів кукурудзи за якісними показниками зеленої маси. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «*Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*», с. Центральне, 19 квітня 2024 р., МПП ім. В. Я. Ремесла. С. 124.
89. Павліченко К. В., Грабовський М. Б., Панченко Т. В., Лозінський М. В., Німенко С. С. Вплив макро- і мікродобрів на показники якості вегетативної маси рослин кукурудзи та розрахунковий вихід біометану. *Зернові культури*. 2025. №2. С. 251–261.
90. Павліченко К.В. Формування елементів структури врожаю гібридами кукурудзи на силос під впливом макро і мікродобрів. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 77–84.
91. Павліченко К.В., Грабовський М.Б. Формування біометричних показників та накопичення сирової надземної маси гібридами кукурудзи під впливом макро- і мікродобрів. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 123. С. 98–111.
92. Паламарчук В. Д. Економічна оцінка гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. Вип. 12. С. 18–27.

93. Паламарчук, В. Д. Вплив позакореневих підживлень на лінійні розміри рослин кукурудзи. *Науковий вісник НУБІП. Серія: Агрономія*. 2018. № 286. С. 231–244.
94. Паламарчук В. Д., Демчук Б. С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 60–76.
95. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та еколого безпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 372 с.
96. Паламарчук В. Д., Скакун М. В. Вирощування силосної кукурудзи для виробництва біогазу та отримання дигестату. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 2 (37). С. 13–26.
97. Панченко Т., Грабовський М. Агропромисловий сектор України в умовах повномасштабної війни та глобальних змін клімату. *Агробізнес Сьогодні*. 2025. №7(545). С. 20–21.
98. Панченко Т., Новохацький М., Грабовський М., Козак Л., Правдива Л. Комплексна оцінка впливу основного обробітку ґрунту й удобрення на елементи структури, врожайність зерна і зеленої маси кукурудзи. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2023. Вип. 33 (47). С. 78–93.
99. Пасічник Н. А., Степанко А. В. Калійне живлення рослин кукурудзи за різних систем застосування добрив. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2016. №235. Р. 204–209.
100. Петерсон Н.В., Черномирдіна Т.О., Куриляк Є.К. Практикум з фізіології рослин: навчальний посібник. Київ: УСГА, 1993. С. 76–80.
101. Поліщук М. І., Паламарчук О. Д. Вплив позакореневих підживлень на продуктивність гібридів кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. №.4. С. 102–109.

102. Пономаренко С. П., Циганкова В. А., Блюм Я. Б., Галкін А. П. Новий напрямок у рослинництві—застосування природних полікомпонентних регуляторів росту рослин з біозахисним ефектом. *Наука та інновації*. 2013. №9(5). С. 69–77.
103. Попова Л. В. Вивчення впливу регуляторів росту на урожайність озимої пшениці, при різних способах їх застосування, в умовах Комітернівського району Одеської області. *Аграрний вісник Причорномор'я. Сільськогосподарські науки*. 2015. Вип. 76. С. 59–64.
104. Приседський Ю. Г., Лихолат Ю. В. Адаптація рослин до антропогенних чинників. Підручник. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 98 с.
105. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Київської області у 2021. Київ: КОДА. 2022. 212 с.
106. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Київської області у 2023. Київ: КОДА. 2024. 240 с.
107. Рудишин С.Д. Основи біотехнології рослин. Вінниця, 1998. С. 22–37.
108. Саблук П. Т. Технології та нормативи витрати на вирощування кормових культур /за ред. П. Т. Саблука, Д. І. Мазоренка. Київ: ННЦІАВ, 2009. 756 с.
109. Сатановська І. П. Використання регуляторів росту та хелатних добрив при формуванні продуктивності різностиглих гібридів кукурудзи на силос. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 76. С. 218–224.
110. Сатановська І. П. Вплив обробки насіння та позакореневих підживлень на біометричні показники рослин кукурудзи. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 75. С. 62–67.
111. Сатановська І. П. Накопичення сухої речовини середньостиглого гібрида кукурудзи Моніка 350 МВ залежно від впливу метеорологічних факторів. Матеріали VII Міжнародної конференції «Кормовиробництво в умовах глобальних економічних відносин та прогнозованих змін клімату», м. Вінниця, 24–25 вересня 2013 р, С. 52–53.

112. Сатановська І. П. Оцінка моделей технологій вирощування кукурудзи на силос гібридів Моніка 350 МВ і Білозірський 295 СВ. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. Вип. 3 (73). С. 155–161.
113. Сатановська І. П. Формування продуктивності різностиглих гібридів кукурудзи на силос залежно від удобрення в умовах Лісостепу правобережного : автореф. дис.... канд. с.-г. наук : 06.01.12. Вінниця, 2014. 20 с.
114. Скок С. В. Використання біологічних технологій вирощування сільськогосподарських культур для підвищення еколого-економічної ефективності аграрного виробництва. *Таврійський науковий вісник*. 2022. №128. С. 403–411.
115. Скоромна О. І., Кулик М. Ф., Разанова О. П., Голубенко Т. Л. Нові принципи оцінки кормів. Монографія. Вінниця: Видавництво ТОВ" ДРУК-ПЛЮС". 2024, 178 с.
116. Степаненко М. В. Економічна оцінка вирощування кукурудзи на біоетанол залежно від системи удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 158–164.
117. Степаненко М. В., Грабовський М. Б. Вплив системи удобрення на лінійні розміри рослин кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2023. №21. С. 104–109.
118. Танчик С. П., Центило Л. В. Особливості удобрення кукурудзи за її вирощування на чорноземі типовому в Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2017. №269. С. 74–83.
119. Ткаліч Ю. І., Циліурік О. І., Козечко В. І. Оптимізація застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин у посівах кукурудзи Північного Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 4 (46). С. 20–25.
120. Ткачук О. О. Екологічна безпека та перспективи застосування регуляторів росту рослин. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2014. №3. С.41–44.

121. Токмакова Л. М., Трепач А. О., Шевченко Л. А. Ефективність фосфорного живлення рослин кукурудзи за дії Поліміксобактерину. *Scientific Progress & Innovations*. 2019. №. 1. С. 73–80.
122. Уманець Н. О., Гуляєв Б. І. Фізіологічні особливості та стійкість генотипів кукурудзи до дії стресових чинників. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. 2001. Т. 1. С. 340–355.
123. Ушкаренко В. О., Лиховид П. В. Загальний вміст цукрів і сухої речовини в зерні кукурудзи цукрової на початку його молочно-воскової стиглості залежно від агротехнології. *Таврійський науковий вісник*. 2016. №96. С. 119–123.
124. Фурман В. М., Мороз О. С., Люсак А. В., Савицький В. М. Моніторинг ефективності використання добрив при вирощуванні кукурудзи на зелену масу. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering* 2025. №1(109). С. 153–165.
125. Циков В. С., Дудка М. І., Шевченко О. М., Носов С. С. Ефективність застосування макро-і мікродобрив при вирощуванні кукурудзи. *Зерновікультури*. 2017. № 1. С. 75–79.
126. Цилюрик О. І., Сологуб І. М. Ефективність стимуляторів росту рослин на кукурудзі в Північному Степу. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 130. С. 259–268.
127. Чабан В. І., Клявзо С. П., Подобед О. Ю. Вміст хімічних елементів в рослинах кукурудзи та оцінка мінерального живлення. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. №7. С. 27–32.
128. Шевчук О. А., Голунова Л. А., Ткачук О. О., Шевчук В. В., Криклива С. Д. Перспективи застосування синтетичних регуляторів росту інгібіторного типу у рослинництві та їх екологічна безпека. *Корми і кормовиробництво*. 2017. № 84. С. 86–90.
129. Шевчук О.А., Кришталь О.О., Шевчук В.В. Екологічна безпека та перспективи застосування синтетичних регуляторів росту у рослинництві. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2014. №1. С. 34–39.

130. Шило Л. Г., Костюченко М. В., Чаплінський М. П. Зміна стану родючості ґрунтів Згурівського району Київської області. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Моніторинг ґрунтів як невід’ємна частина моніторингу довкілля», м. Київ, 23–25 липня 2019 р., ДУ Інститут охорони ґрунтів України, С. 52–54.

131. Шкатула Ю. М., Сторожук Ю. В. Вплив позакореневих підживлень на біоенергетичну продуктивність кукурудзи на зерно. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 3 (26). С. 87–101.

132. Ящук Т. С., Солян М. Я., Довгань О. М. Економічна ефективність вирощування кукурудзи в умовах Західного Лісостепу України. *Інноваційна економіка*. 2025. №1. С. 227–238.

133. Abdel-Sattar M., Makhasha E., Al-Obeed R. S. Conventional and nano-zinc foliar spray strategies to improve the physico-chemical properties and nutritional and antioxidant compounds of timor mango fruits under abiotic stress. *Horticulturae*. 2024. №10. 1096.

134. Abou El-Enin M. M., Sheha A. M., El-Serafy R. S., Ali O. A., Saudy H. S., Shaaban A. Foliage-sprayed nano-chitosan-loaded nitrogen boosts yield potentials, competitive ability, and profitability of intercropped maize-soybean. *International Journal of Plant Production*. 2023. №17(3). P. 517–542.

135. Adiaha M. S., Agba O. A., Attoe E. E., Ojikpong T. O., Kekong M. A., Obio A., Undie U. L. Effect of maize (*Zea mays* L.) on human development and the future of man-maize survival: A review. *World Scientific News*. 2016. №59. P. 52–62.

136. Adiloglu A., Adiloglu S. The effect of boron (B) application on the growth and nutrient contents of maize in zinc (Zn) deficiency. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 2006. №2(1). P.1–4.

137. Ali A., Hussain M., Habib H. S., Kiani T. T., Anees M. A., Rahman M. A. Foliar spray surpasses soil application of potassium for maize production under rainfed conditions. *Turk. J. Field Crops*. 2016. №21. P. 36–43.

138. Ali M. A., Abbas A., Awan S. I., Jabran K., Gardezi S. D. A. Correlated response of various morpho-physiological characters with grain yield in sorghum landraces at different growth phases. *J. Anim. Plant Sci.* 2011. №21. P. 671–679.
139. Ali M. F., Ammar A., Bilal S., Ali U., Huma N., Adnan M. Mitigating zinc deficiency in plants and soils through agronomic techniques: A review. *J Environ Agric Sci.* 2021. №23(1&2). P. 1–10.
140. Ali S., Li Z., Zhang X., Xi Y., Shaik M. R., Khan M. How do novel plant growth regulators and cultivation models strategies affect mechanical strength, lodging resistance and maize productivity in semi-arid regions? *Agricultural Water Management.* 2024. №295. 108790.
141. Allen M. S., Coors J. G., Roth G. W. Corn silage. *Silage science and technology.* 2003. Vol. 42. P. 547–608.
142. Andraski T. W., Bundy L. G. Relationships between phosphorus levels in soil and in runoff from corn production systems. *Journal of Environmental Quality.* 2003. №32(1). P. 310–316.
143. Anees M. A., Abid A., Shakoar U., Farooq A., Hasnain Z., Hussain A. Foliar applied potassium and zinc enhances growth and yield performance of maize under rainfed conditions. *Int. J. Agric. Biol.* 2016. №18. P.1025–1032.
144. Anitha K. V., Kadalli G. G. Effect of soil and foliar application of micronutrients mixture on economics of maize (*Zea mays*) in Alfisols. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 2019. Vol. 8 (6). P. 306–310.
145. Araújo K. G., Villela S. D. J., Leonel F. D. P., Costa P. M., Fernandes L. D. O., Tamy W. P., Andrade V. R. Yield and quality of silage of maize hybrids. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 2012. Vol. 41. P. 1539–1544.
146. Aref F. Application of different levels of zinc and boron on concentration and uptake of zinc and boron in the corn grain. *Journal of American Science.* 2010. №6(5). P. 100–106.
147. Arriola K. G., Kim S. C., Huisden C. M., Adesogan A. T. Stay-green ranking and maturity of corn hybrids: Effects on dry matter yield, nutritional value,

fermentation characteristics, and aerobic stability of silage hybrids in Florida. *Journal of Dairy Science*. 2012. Vol. 95. № 2. P. 964–974.

148. Awasthi S., Chauhan R., Srivastava S. The importance of beneficial and essential trace and ultratrace elements in plant nutrition, growth, and stress tolerance. In *Plant nutrition and food security in the era of climate change*. Academic Press, 2022. pp. 27–46.

149. Baghdadi A., Balazadeh M., Kashani A., Golzardi F., Gholamhoseini M., Mehrnia M. Effect of pre-sowing and nitrogen application on forage quality of silage corn. *Agronomy Research*. 2017. Vol. 15. № 1. P. 11–23.

150. Bailey-Serres J., Parker J. E., Ainsworth E. A., Oldroyd G. E., Schroeder J. I. Genetic strategies for improving crop yields. *Nature*. 2019. №575(7781). P. 109–118.

151. Batista B. D., Lacava P. T., Ferrari A., Teixeira-Silva N. S., Bonatelli M. L., Tsui S., Quecine M. C. Screening of tropically derived, multi-trait plant growth-promoting rhizobacteria and evaluation of corn and soybean colonization ability. *Microbiological research*. 2018. №206. P. 33–42.

152. Bhatla S. C., Lal M. A. Plant growth regulators: an overview. *Plant physiology, development and metabolism*. 2023. P. 391–398.

153. Bindraban P. S., Dimkpa C., Nagarajan L., Roy A., Rabbinge R. Revisiting fertilisers and fertilisation strategies for improved nutrient uptake by plants. *Biol Fertil Soils*. 2015. №51. P. 897–911.

154. Bojtor C., Mousavi S. M. N., Illés Á., Golzardi F., Széles A., Szabó A., Marton C. L. Nutrient composition analysis of maize hybrids affected by different nitrogen fertilisation systems. *Plants*. 2022. №11(12). 1593.

155. Brankov M., Simić M., Dolijanović Ž., Rajković M., Mandić V., Dragičević V. The response of maize lines to foliar fertilizing. *Agriculture*. 2020. №10(9). 365.

156. Brankov M., Simic M., Mesarovic J., Kresovic B., Dragicevic V. Integrated effects of herbicides and foliar fertilizer on corn inbred line. *Chil. J. Agric. Res*. 2020. №80. P.50–60.

157. Budzyński W., Szempliński W., Parzonka A., Sałek T. Rolnicza, energetyczna i ekonomiczna efektywność produkcji biomasy wybranych gatunków roślin z przeznaczeniem na biogaz. In *Modelowe kompleksy agroenergetyczne: Technologie pozyskania i kondycjonowania biomasy rolniczej i wodnej dla biogazowni i zgazowarki*; Gołaszewski, J., Ed.; Wydawnictwo UWM: Olsztynie, Poland, 2014. pp. 11–282.
158. Bundy L.G. Andraski T.W. Site-specific factors affecting corn response to starter fertilizer. *Journal of Production Agriculture*. 1999. №12. P. 664–670.
159. Carlos E., Lerma T. A., Martínez J. M. Phytohormones and plant growth regulators a review. *J Sci with Technol Appl*. 2021. №10. P. 27–65.
160. Chao X. Silage corn: An environmentally friendly feed option for sustainable animal husbandry. *Geographical Research Bulletin*. 2023. №2. P. 211–214.
161. Chornolata L., Zdor L., Lykhach S., Honchar L. Features of the carbohydrate composition of the silage corn hybrids green mass. *Feeds and Feed Production*. 2025. №99. P. 171–180.
162. Ciampitti I. A., Murrell S. T., Camberato J. J., Tuinstra M., Xia Y., Friedemann P., Vyn T. J. Physiological dynamics of maize nitrogen uptake and partitioning in response to plant density and nitrogen stress factors: II. Reproductive phase. *Crop Science*. 2013. №53(6). P. 2588–2602.
163. Ciarkowska K., Sołek-Podwika K., Filipek Mazur B., Tabak M. Comparative effects of lignite-derived humic acids and FYM on soil properties and vegetable yield. *Geoderma*. 2017. №30(1). P. 85–92.
164. Coors J. G., Carter P. R., Hunter R. B. “Silage corn,” in *Specialty corns*. Editor A. R. Hallauer (Boca Raton, FL: CRC Press), 1994. P. 305–340.
165. Dwivedi S.K., Singh R.S., Dwivedi K.N. Effect of sulphur and zinc nutrition on yield and quality of maize in Typic ustochrept soil of Kanpur. *Journal of Indian Society of Soil Science*. 2002. №50. P. 70–74.
166. Erenstein O. The evolving maize sector in Asia: Challenges and opportunities. *Journal of New Seeds*. 2010. Vol. 11. P. 1–15.

167. Erenstein O., Jaleta M., Sonder K., Mottaleb K., Prasanna B. M. Global maize production, consumption and trade: Trends and R&D implications. *Food Secur.* 2022. №14. P. 1295–1319.
168. Falan, V., Mujčinović, A., & Bećirović, E. Production and economic indicators of corn silage production in Bosnia and Herzegovina. *Journal on Processing and Energy in Agriculture.* 2021. №25(2). P. 64–68.
169. FAOStat. FAO. 2025. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/faostat> (дата звернення 11.02.2026).
170. Fathollahi H., Mousavi-Avval S.H., Akram A., Rafiee S. Comparative energy, economic, and environmental analyses of forage production systems for dairy farming. *J. Clean. Prod.* 2018. №182. P. 852–862.
171. Fernandez V., Brown P. H. From plant surface to plant metabolism: The uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Front. Plant Sci.* 2013. №4. 289.
172. Ferraretto L. F., Shaver R. D., Luck B. D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. *Journal of Dairy Science.* 2018. Vol. 101. № 5. P. 3937–3951.
173. Ferreira G., Brown A. N. Environmental factors affecting corn quality for silage production. *Advances in silage production and utilization.* 2016. P. 39–51.
174. García-Chávez I., Meraz-Romero E., Castelán-Ortega O., Zaragoza-Esparza J., Osorio Avalos J., Robles Jiménez L. E., González-Ronquillo M. Corn silage, a systematic review of the quality and yield in different regions around the world. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria.* 2022. №23(3). e2547.
175. Ghaffari A., Ali A., Tahir M., Waseem M., Ayub M., Iqbal A., Mohsin A. U. Influence of integrated nutrients on growth, yield and quality of maize (*Zea mays* L.). *American Journal of Plant Sciences.* 2011. Vol. 2. P. 63–69.
176. Ghazvineh S., Yousefi M. Study the effect of micronutrient application on yield and yield components of maize. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences.* 2012. №12(2). P. 144–147.
177. Gheith E. M. S., El-Badry O. Z., Lamloom S. F., Ali H. M., Siddiqui M. H., Ghareeb R. Y., Kandil E. E. Maize (*Zea mays* L.) productivity and nitrogen use

efficiency in response to nitrogen application levels and time. *Frontiers in Plant Science*. 2022. №13. 941343.

178. Gheysari M., Mirlatifi S.M. Bannayan M., Homaei M., Hoogenboom G. Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. *Agric. Water Manag.* 2009. 96. pp. 809–821.

179. Girma K., Martin K. L., Freeman K. W., Mosali J., Teal R. K., Raun William R., Arnall D. B. Determination of optimum rate and growth stage for foliar-applied phosphorus in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2007. №38(9–10). P. 1137–1154.

180. Gong L. S., Qu S. J., Huang G. M., Guo Y. L., Zhang M. C., Li Z. H., Duan L. S. Improving maize grain yield by formulating plant growth regulator strategies in North China. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. №20(2). P. 622–632.

181. Gorlach B. M., Henningsen J. N., Mackens J. T., Mühling K. H. Evaluation of maize growth following early season foliar P supply of various fertilizer formulations and in relation to nutritional status. *Agronomy*. 2021. №11. 727.

182. Gorzelany J., Puchalski C., Malach M. Ocena kosztów i nakładów energetycznych w produkcji kukurydzy na ziarno i kiszonkę. *Inż. Roln.* 2011. №8. P. 135–141.

183. Grabovskyi M., Basyuk P., Zhelezniak V., Mandrysh O., Labunskyi I. Assessment of the application of plant growth regulators in maize cultivation for grain under different climatic scenarios. Proceedings of the Second International Research-to-Practice Conference «*Climate Services: Science and Education*», Odesa, 16-18 April 2025, Odesa I. I. Mechnikov National University, P. 25–27.

184. Grabovskyi M., Kucheruk P., Pavlichenko K., Roubík H. Influence of macronutrients and micronutrients on maize hybrids for biogas production. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. №30. P.70022–70038.

185. Grabovskyi, M., Lozinskyi, M., Grabovska, T. Roubík H. Green mass to biogas in Ukraine – bioenergy potential of corn and sweet sorghum. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2023. 13, 3309–3317.
186. Griesheim K. L., Mulvaney R. L., Smith T. J., Hertzberger A. J. Nitrogen-15 evaluation of fertilizer placement at planting for corn production. *Soil Science Society of America Journal*. 2023. №87(2). pp. 309–323.
187. Grote U., Fasse A., Nguyen T. T., Erenstein O. Food security and the dynamics of wheat and maize value chains in Africa and Asia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021. Vol. 4. 617009.
188. Gyenes-Hegyi, Z., Pok I., Kizmus L. Plant height and height of the main ear in maize (*Zea mays* L.) at different locations and different plant densities. *Acta agronomica hungarica*. 20025. №0(1). P. 75–84.
189. Harish M. N., Choudhary A. K., Bhupenchandra I., Dass A., Rajanna G. A., Singh V. K., Bhutia T. L. Double zero-tillage and Foliar-P nutrition coupled with bio-inoculants enhance physiological photosynthetic characteristics and resilience to nutritional and environmental stresses in maize–wheat rotation. *Front. Plant Sci*. 2022. №13. 959541.
190. Heckman J.R., Sims J.T., Beegle D.B., Coale F.J., Herbert S.J., Bruulsema T.W., Bamka W.J. Nutrients removal by corn grain harvest. *Agronomy Journal*. 2003. №95. P. 587– 591.
191. Hitsuda K., Yamada M., Klepker D. Sulfur requirement of eight crops at early stages of growth. *Agronomy Journal*. 2005. №97. P. 155–159.
192. Ibrikci H., Ryan J., Ulger A. C., Buyuk G., Cakir B., Korkmaz K., Konuskan O. Maintenance of phosphorus fertilizer and residual phosphorus effect on corn production. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2005. №72(3). P. 279–286.
193. Islam M. N., Paul R. K., Anwar T. M. K., Mian M. A. K. Effects of foliar application of N fertilizer on grain yield of maize. *Thai Journal of Agriculture Science*. 1996. № 29. P. 323–328.

194. Javed A., Ali E., Afzal K. B., Osman A., Riaz S. Soil fertility: Factors affecting soil fertility, and biodiversity responsible for soil fertility. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 2022. №12(1). P. 21–33.
195. Jiang Y., Whalen J. K. Plasticity of maize (*Zea mays*) roots depends on water content in nitrogen fertilized soil. *Plant Growth Regulation*. 2025. №105(1). P. 17–27.
196. Johnston A. M., Dowbenko R. Essential elements in corn. In: S. Bittman and C. G. Kowalenko (eds.) *Advances in Silage Corn Management*. Pacific Field Corn Association, Agassiz, BC, Canada, 2004. pp. 23–27.
197. Karlen D. L., Camp C. R., Zublena J. P. Plant density, distribution, and fertilizer effects on yield and quality of irrigated corn silage. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 1985. № 16(1). P. 55–70.
198. Karnatam K. S., Mythri B., Un Nisa W., Sharma H., Meena T. K., Rana P., Sandhu S. Silage maize as a potent candidate for sustainable animal husbandry development—perspectives and strategies for genetic enhancement. *Frontiers in Genetics*. 2023. №14. 1150132.
199. Katsenios N., Andreou V., Sparangis P., Djordjevic N., Giannoglou M., Chanioti S., Efthimiadou A. Assessment of plant growth promoting bacteria strains on growth, yield and quality of sweet corn. *Scientific Reports*. 2022. №12(1). 11598.
200. Kaya C., Tuna A. L., Okant A. M. Effect of foliar applied kinetin and indole acetic acid on maize plants grown under saline conditions. *Turk. J. Agric. For.* 2010. 34.
201. Kayode G. O., Agboola A. A. Investigation on the use of macro-and micro-nutrients to improve maize yield in South Western Nigeria. *Fertilizer research*. 1983. №4(3). P. 211–221.
202. Kaur H., Kaur H., Srivastava S. The beneficial roles of trace and ultra trace elements in plants. *Plant Growth Regulation*. 2023. №100(2). P. 219–236.
203. Khan A. Z., Jan A., Shah Z., Ahmad B., Khalil S. K., Ali A., Nawaz A. Foliar application of nitrogen at different growth stages influences the phenology, growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Soil Environ.* 2013. №32. P. 135–140.

204. Khan M.J., Khan M.H., Khattak R.A., Jan M.T. Response of maize to different levels of sulphur. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2006. №37. P. 41–51.
205. Komleh S. P., Keyhani A., Rafiee S. H., Sefeedpary P. Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. *Energy*. 2011. №36(5). P. 3335–3341.
206. Konieczna A., Roman K., Roman M., Śliwiński D., Roman M. Energy efficiency of maize production technology: Evidence from Polish farms. *Energies*. 2020. №14(1). 170.
207. Kuś J. Efektywność energetyczna produkcji biopa liw płynnych. *Więś Jutra*. 2002. Vol. 9. pp. 8–10.
208. Lamptey S., Yeboah S., Li L. Response of maize forage yield and quality to nitrogen fertilization and harvest time in semi-arid Northwest China. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*. 2018. Vol. 1. № 2. P. 1–10.
209. Lucio-Ruiz F., Joaquin-Cancino S., Godina-Rodríguez J. E., Garay-Martínez J. R. Yield and chemical composition of forage and silage of native maize under irrigated semi-arid conditions. *Agrociencia*. 2023. №57(4). P. 1–11.
210. Mahanna B., Chase L. E. Practical applications and solutions to silage problems. *Silage science and technology*. 2003. №42. P. 855–895.
211. Mandić V., Bijelić Z., Krnjaja V., Simić A., Petričević M., Mičić N., Caro P. V. Effect of harvesting time on forage yield and quality of maize. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2018. Vol. 34. № 3. P. 345–353.
212. Marchenko T., Dzham M., Bazylenko Y., Mishchenko S. The effectiveness of biological preparations for the protection of different FAO groups maize hybrids in the Northern Steppe of Ukraine. *Modern Phytomorphology*. 2024. Vol.19. P.78–82.
213. Marchenko T., Vozhegova R., Lavrynenko Y., Zabara P. Biometric Indicators of lines – parents of maize hybrids of different FAO groups depending on biological treatment on irrigation. *Plant Breeding and Seed Production*. 2021. № 119. P.135–146.

214. Marschner P. Mineral nutrition of higher plants / 3rd ed. Elsevier Ltd., Berlin/Heidelberg, Germany. 2012. Электронный ресурс: <https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants> (дата доступа 21.02.2026).
215. Martínez-Cuesta N., Carciochi W., Sainz-Rozas H., Salvagiotti F., Colazo J. C., Wyngaard N., Barbieri P. Effect of zinc application strategies on maize grain yield and zinc concentration in malisons. *J. Plant Nutr.* 2021. №44. 4.
216. Martinka M., Vaculík M., Lux A. Plant cell responses to cadmium and zinc. in applied plant cell biology: cellular tools and approaches for plant biotechnology, Springer, Berlin/Heidelberg, Germany. 2014. pp. 209–246.
217. Marzi M., Shahbazi K., Kharazi N., Rezaei M. The influence of organic amendment source on carbon and nitrogen mineralization in different soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 2020. №20(1). P.177–191.
218. Mehrotra N. K., Khanna V. K., Agarwala S. C. Soil-sodicity-induced zinc deficiency in maize. *Plant and soil.* 1986. T. 92. №. 1. p. 63–71.
219. Meisner C., Welch R. Making a greener revolution: A nutrient delivery system for food production to address malnutrition through crop science. *Plant Prod. Sci.* 2005. №8. 326–329.
220. Mihrete T. B., Mihretu F. B. Crop diversification for ensuring sustainable agriculture, risk management and food security. *Global Challenges.* 2025. №9(2). 2400267
221. Muck R. E., Kung Jr L., Collins, M. Silage production. *Forages: The science of grassland agriculture.* 2020. №2. P. 767–787.
222. Neumann M., Venancio B. J., Horst E. H., Cristo F. B., Petkowicz K., Pontarolo G. B., Martins M. B. A. Corn hybrid silage quality according to harvesting time. *Semina. Ciências Agrárias.* 2020. V. 41. № 2. p. 369–382.
223. Ngigi P. B., Lachat C., Masinde P. W., Du Laing G. Agronomic biofortification of maize and beans in Kenya through selenium fertilization. *Env. Geochem. Health.* 2019. №41. P. 2577–2591.

224. Nie S., Wang C., Dong P., Xi X. Estimating leaf area index of maize using airborne full-waveform lidar data. *Remote Sensing Letters*. 2016. №7(2). P.111–120.
225. Niehues B. J., Lamond R.E., Godsey C.B., Olsen C.J. Starter nitrogen fertilizer management for continuous no-till corn production. *Agronomy Journal*. 2004. №96. P. 1412–1418.
226. Ning P., Li S., Yu P., Zhang Y., Li C. Post-silking accumulation and partitioning of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium in maize varieties differing in leaf longevity. *Field Crops Research*. 2013. № 144. P. 19–27.
227. Noein B., Soleymani A. Corn (*Zea mays* L.) physiology and yield affected by plant growth regulators under drought stress. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2022. №41(2). P. 672–681.
228. Noman A., Naheed F., Ali Q., Farid M., Rizwan M., Irshad M. K. Foliar application of ascorbate enhances the physiological and biochemical attributes of maize (*Zea mays* L.) cultivars under drought stress. *Arch. Agron. Soil Sci.* 2015. №61. P.1659–1672.
229. Nouri A., Lee J., Yoder D. C., Jagadamma S., Walker F. R., Yin X., Arelli P. Management duration controls the synergistic effect of tillage, cover crop, and nitrogen rate on cotton yield and yield stability. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2020. №301. 107007.
230. Otie V., Ping A., John N. M., Eneji A. E. Interactive effects of plant growth regulators and nitrogen on corn growth and nitrogen use efficiency. *Journal of Plant Nutrition*. 2016. №39(11). P. 1597–1609.
231. Palamarchuk V., Krychkovskyi V., Honcharuk I., Telekalo N. The modeling of the production process of high-starch corn hybrids of different maturity groups. *European Journal of Sustainable Development*. 2021. Vol. 10. № 1. p. 584–598.
232. Palamarchuk V., Lohosha R., Skakun M. Economic efficiency of maize cultivation using digestate in Ukraine. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2025. №11(4). P. 357–366.

233. Pandey R. Mineral nutrition of plants. In *Plant Biology and Biotechnology: Volume I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement*. New Delhi: Springer India. 2015. pp. 499–538.
234. Patil B., Chetan H. T. Foliar fertilization of nutrients; A review. *Marumegh*. 2018. №3. P. 49–53.
235. Perry Jr. L. J., Compton W. A. Serial measures of dry matter accumulation and forage quality of leaves, stalks, and ears of three corn hybrids. *Agronomy Journal*. 1977. №69(5). P. 751–755.
236. Poole N., Donovan J., Erenstein O. Agri-nutrition research: Revisiting the contribution of maize and wheat to human nutrition and health. *Food Policy*. 2021. Vol. 100. 101976.
237. Priya P., Ashoka P., Sarojani J. K., Guruprasad G. S. Effect of soil and foliar application of micro nutrients (Zn, Fe & B) on field performance of Maize (*Zea mays* L.) in Northern Karnataka. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020. Vol. 9 (6). P. 467–470.
238. Prymak I., Grabovskyi M., Voitovyk M., Fedoruk Y., Yezerkovska L., Panchenko O., Karaulna V., Obrazhyi S. Economic and energy efficiency of primary tillage and fertilisation systems in five-field crop rotation of the Right bank Forest steppe of Ukraine. *Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and rural development"*. 2024. Vol. 24. Issue 3. 717–726.
239. Pysarenko P., Zaiets S., Vasylenko R., Shcherbyna Z. Application of plant growth regulators on corn crops in the southern steppe of Ukraine. *Land Reclamation and Water Management*. 2025. №1. P. 89–97.
240. Qi W. Z., Chen X. L., Liu P., Liu H. H., Li G., Shao L. J., Zhao B. Characteristics of dry matter, accumulation and distribution of N, P and K of super-high-yield summer maize. *Plant Nutr. Fertil. Sci*. 2013. № 19. P. 26–36.
241. Rahimizadeh M., Kashani A., Zare-Feizabadi A., Koocheki A., Nassiri-Mahallati M. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. *Australian Journal of Crop Science*. 2010. № 3. pp. 89–93.

242. Ranum P., Peña-Rosas J. P., Garcia-Casal M. N. Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2014. Vol. 1312. P. 105–112.
243. Raun W.R., Johnson G.V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*. 1999. №91. P. 357–363.
244. Rehman R. Asif M., Cakmak I., Ozturk L. Differences in uptake and translocation of foliar-applied Zn in maize and wheat. *Plant Soil*. 2021. №462. P.235–244.
245. Rodrigues V. A., Crusciol C. A. C., Bossolani J. W., Moretti L. G., Portugal J. R., Mundt T. T., de Oliveira S. L., Garcia A., Calonego J. C., Lollato R. P. Magnesium foliar supplementation increases grain yield of soybean and maize by improving photosynthetic carbon metabolism and antioxidant metabolism. *Plants*. 2021. Vol. 10 (4). 797.
246. Roman K.K., Konieczna A. Evaluation of a different fertilisation in technology of corn for silage, sugar beet and meadow grasses production and their impact on the environment in Poland. *Afr. J. Agric. Res*. 2015. №10. P. 1351–1358.
247. Ruiz Diaz D.A., Hawkins J.A., Sawyer J.E., Lundvall J.P. Evaluation of in- season nitrogen management strategies for corn production. *Agronomy Journal*. 2008. №100. P.1711–1719.
248. Saquee F. S., Diakite S., Kavhiza N. J., Pakina E., Zargar M. The efficacy of micronutrient fertilizers on the yield formulation and quality of wheat grains. *Agronomy* 2023. №13(2). 566.
249. Schittenhelm S. Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity. *European Journal of Agronomy*. 2008. Vol. 29. P. 72–79.
250. Shareef R. S., Mamat A. S., Al-Shaheen M. R. The effect of soil pH, high-calcium compost and cadmium on some of growth characters in corn (*Zea mays* L.). *ARC J. Pharm. Sci*. 2019. №5(4). P. 2455–1538.

251. Shiferaw B., Prasanna B., Hellin J., Banziger M. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*. 2011. Vol. 3. P. 307–327.
252. Shuman L. M. Micronutrient fertilizers. In *Nutrient use in crop production*. CRC Press. 2017. pp. 165–195.
253. Shynkaruk L., Lykhochvor V. Influence of fertilization and foliar feeding on maize grain qualitative indicators. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11. № 6. P. 113–116.
254. Ssemugenze B., Ocwa A., Kuunya R., Gumisiriya C., Bojtor C., Nagy J., Illés Á. Enhancing maize production through timely nutrient supply: The role of foliar fertiliser application. *Agronomy*. 2025. №15(1). 176.
255. Stevens W.B., Hoeft R.G., Mulvaney R.L. Fate of nitrogen-15 in a long-term nitrogen rate study: I. Interactions with soil nitrogen. *Agronomy Journal*. 2005. №97. P. 1030–1045.
256. Struik P. C. An ideotype of forage maize for north-west Europe. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 1984. №32(2). P. 145–147.
257. Subedi K. D., Ma B. L. Corn crop production: growth, fertilization and yield. *Agriculture issues and policies*. 2009. P.1–84.
258. Tejada M., Rodríguez-Morgado B., Paneque P., Parrado J. Effects of foliar fertilization of a biostimulant obtained from chicken feathers on maize yield. *Eur. J. Agron.* 2018. №96. P.54–59.
259. Tenaillon M. I., Charcosset A. A European perspective on maize history. *Comptes Rendus. Biologies*. 2011. №334(3). P. 221–228.
260. Thakur P., Kumar P., Shukla A. K., Butail N. P., Sharma M., Kumar P., Sharma U. Quantitative, qualitative, and energy assessment of boron fertilization on maize production in north west himalayan region. *Int. J. Plant Prod.* 2023. №17. P. 165–176.
261. Tkalic Y. I., Tsyliuryk O. I., Kokhan A. V., Yevtushenko H. O., Gonzalez P. H. Efficacy of growth regulators for maize fields. *Agrology*. 2023. №6(4). pp. 97–103.

262. Tsyliuryk O., Izhboldin O., Sologub I. Efficiency of growth regulators in corn crops of the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. №26(10). P. 59–67.
263. Urbańczyk E., Sowa M., Simka W. Urea removal from aqueous solutions a review. *Journal of Applied Electrochemistry*. 2016. №46(10). P.1011–1029.
264. Vasileidas V. P., Sattin M., Otto S., Veres A., Pálincás Z., Ban R., Kiss J. Crop protection in European maize-based cropping systems: Current practices and recommendations for innovative Integrated Pest Management. *Agric. Syst.* 2011. №104. P.533–540.
265. Vetsch J. A., Randall G. W. Corn production as affected by tillage system and starter fertilizer. *Agronomy Journal*. 2002. №94(3). P. 532–540.
266. Viveiros J., Moretti L. G., Pacola M., Jacomassi L. M., de Souza F. M., Rodrigues V. A., Crusciol C. A. C. Foliar application of phosphoric acid mitigates oxidative stress induced by herbicides in soybean, maize, and cotton crops. *Plant Stress*. 2024. №13. 100543.
267. Wang Q., Li S., Li J., Huang D. The utilization and roles of nitrogen in plants. *Forests*. 2024. №15(7). 1191.
268. Xue Ya.-F., Li X.-J., Yan W., Miao Q., Zhang C.-Ya., Huang M. H., Sun J.-B., Qi S.-J., Ding Z.-H., Cui Z.-L. Biofortification of different maize cultivars with zinc, iron and selenium by foliar fertilizer applications. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. 1144514.
269. Yadav A., Yadav K. Challenges and Opportunities in Biofertilizer Commercialization. *SVOA Microbiol.* 2024. №5. P.1–14.
270. Yan H., Yang Z., Chen S., Wu J. Exploration and development of artificially synthesized plant growth regulators. *Advanced Agrochem*. 2024. №3(1). P. 47–56.
271. Yan M., Pan G., Lavallee J. M., Conant R. T. Rethinking sources of nitrogen to cereal crops. *Global change biology*. 2020. №26(1). P. 191–199.

272. Zhang H., Ali S., Chen Y., Yang L., Pang G., Assal M. E., Shaik M. R. Irrigation management practices with novel plant growth regulators improve root growth, root lodging resistance and maize productivity under semi-arid regions. *Field Crops Research*. 2025. №333, 110097.
273. Zhang H., Sun X., Dai M. Improving crop drought resistance with plant growth regulators and rhizobacteria: Mechanisms, applications, and perspectives. *Plant Communications*. 2022. №3(1). P. 1–15.
274. Zhang J. W., Jin L. B., Liu W., Dong S. T., Liu P. Effects of nitrogen application stage on grain yield and nitrogen use efficiency of high-yield summer maize. *Plant, Soil and Environment*. 2012. №58(5). P. 211–216.
275. Zhang Q., Zhang L., Evers J., van der Werf W., Zhang W., Duan L. Maize yield and quality in response to plant density and application of a novel plant growth regulator. *Field Crops Research*. 2014. №164. P. 82–89.
276. Zhang Y., Yun-Li L. I. U., Zi-Sen L. I. U., Fan H. A. N., Pan Y. A. N., Feng H. E., Zhen-Bin W. U. The research and application progress of plant growth regulators. *Acta Hydrobiologica Sinica*. 2022. №45(3). P. 700–708.
277. Zhou X. M., Mackenzie A. F., Madramootoo C. A., Smith D. L. Effects of stem-injected plant growth regulators, with or without sucrose, on grain production, biomass and photosynthetic activity of field-grown corn plants. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 1999. №183(2). P. 103–110.
278. Żygadło M., Madejski R. The conversion of biomass into energy in farm biogas plant. *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*. 2016. №18. P. 55–66.

ДОДАТКИ

Висота рослин гібридів кукурудзи у 2023 р., см

Гібриди кукурудзи (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)*	7-8 листіків (ВВСН 17-18)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 75-77)	Молочно- воскова стиглість зерна (ВВСН 81-83)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	40,4	211,4	218,1	218,7	219,0
	2	40,5	213,5	220,8	221,0	221,3
	3	40,8	214,8	221,1	221,5	221,7
	4	41,0	214,0	220,7	221,2	221,4
КВС Інтелігенс	1	43,2	213,8	221,0	221,6	221,9
	2	43,0	215,2	224,7	225,1	225,3
	3	43,5	215,8	224,0	224,5	224,6
	4	43,2	216,0	225,6	225,8	226,0
НІР ₀₅	А	0,8	1,6	1,8	2,0	2,0
	В	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2
	АВ	1,3	2,0	2,2	2,4	2,3

*Примітка. Тут і далі в таблицях. 1.Контроль (обприскування водою) 2. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи 3. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи 4. Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків кукурудзи

Висота рослин гібридів кукурудзи у 2024 р., см

Гібриди кукурудзи (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)	7-8 листіків (ВВСН 17-18)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 75-77)	Молочно- воскова стиглість зерна (ВВСН 81-83)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	36,5	205,8	212,4	212,5	212,8
	2	37,5	206,7	214,8	215,0	215,2
	3	37,2	207,7	215,0	215,1	215,2
	4	37,2	207,6	214,2	214,3	214,5
КВС Інтелігенс	1	39,1	209,0	215,7	215,8	216,0
	2	39,5	211,1	218,0	218,0	218,2
	3	38,6	211,2	218,0	218,3	218,5
	4	39,4	211,9	219,4	219,6	219,7
НІР ₀₅	А	1,1	1,0	1,4	1,5	1,7
	В	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
	АВ	1,2	1,3	1,4	1,8	1,7

Висота рослин гібридів кукурудзи у 2025 р., см

Гібриди кукурудзи (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)	7-8 листіків (ВВСН 17-18)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 75-77)	Молочно- воскова стиглість зерна (ВВСН 81-83)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	41,1	214,5	221,3	221,6	221,9
	2	41,3	217,2	224,3	224,6	224,8
	3	41,0	217,8	224,8	225,1	224,3
	4	41,2	218,0	225,2	225,5	225,8
КВС Інтелігенс	1	45,3	219,7	227,1	227,3	227,4
	2	45,2	222,6	229,1	229,3	229,5
	3	45,3	223,0	229,7	230,1	230,2
	4	45,2	223,5	230,2	230,3	230,5
НІР ₀₅	А	1,2	1,8	2,2	2,4	2,4
	В	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
	АВ	1,6	2,3	2,5	2,8	2,6

Додаток Б1

Динаміка зміни площі листкової поверхні посівів кукурудзи у 2023 р.,

тис. м²/га

Гібрид кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	7-8 листків (ВВСН 17-18)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 75-77)	Молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81-83)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	7,50	38,05	36,68	35,74	35,28
	2	7,52	38,87	37,43	36,88	36,45
	3	7,47	39,29	37,53	36,92	36,47
	4	7,50	39,33	37,46	36,94	36,48
КВС Інтелігенс	1	7,73	41,74	40,49	40,02	39,61
	2	7,70	42,97	41,52	40,76	40,51
	3	7,78	43,03	41,69	40,95	40,54
	4	7,75	43,27	41,83	41,08	40,57
НІР ₀₅	А	0,18	0,64	0,76	0,81	0,91
	В	0,06	0,04	0,03	0,04	0,05
	АВ	0,27	0,71	0,85	0,83	1,01

Додаток Б2

Динаміка зміни площі листкової поверхні посівів кукурудзи у 2024 р.,

тис. м²/га

Гібрид кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	7-8 листків (ВВСН 17-18)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 75-77)	Молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81-83)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	7,20	37,15	35,73	34,89	34,50
	2	7,20	38,20	36,91	35,98	35,59
	3	7,08	38,32	37,05	36,05	35,67
	4	7,13	38,40	37,06	36,11	35,69
КВС Інтелігенс	1	7,28	40,98	39,73	39,10	38,60
	2	7,26	42,03	40,61	40,08	39,61
	3	7,33	42,23	40,67	40,17	39,69
	4	7,28	42,45	40,85	40,20	39,72
НІР ₀₅	А	0,08	0,31	0,56	0,73	0,92
	В	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
	АВ	0,13	0,41	0,72	0,76	0,99

Додаток Б3

Динаміка зміни площі листкової поверхні посівів кукурудзи у 2025 р.,

тис. м²/га

Гібрид кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	7-8 листків (ВВСН 17-18)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 75-77)	Молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81-83)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	7,83	38,24	36,78	35,69	35,47
	2	7,85	39,14	37,69	36,98	36,76
	3	7,78	39,47	37,76	37,03	36,79
	4	7,80	39,52	37,72	37,07	36,81
КВС Інтелігенс	1	7,94	41,98	40,86	40,22	39,82
	2	7,96	43,11	41,80	41,09	40,82
	3	7,92	43,38	41,92	41,17	40,86
	4	7,92	43,44	42,11	41,27	40,90
НІР ₀₅	А	0,17	0,57	0,84	1,02	1,16
	В	0,02	0,05	0,06	0,06	0,05
	АВ	0,24	0,66	0,97	1,14	1,21

Додаток ВІ

Урожайність сухої маси кукурудзи залежно від позакорневих підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин у 2023 р., т/га

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Фази росту і розвитку рослин			
		викидання волоті (ВВСН 63–65)	молочна стиглість зерна (ВВСН 75–77)	молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81–83)	воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	8,3	14,0	15,9	16,9
	2	8,6	14,4	16,6	17,7
	3	8,6	14,7	16,9	18,0
	4	8,8	14,8	17,1	18,2
КВС Інтелігенс	1	9,0	15,5	17,9	19,0
	2	9,3	16,0	18,5	19,7
	3	9,4	16,3	18,8	20,0
	4	9,4	16,4	19,1	20,3
НІР ₀₅ , для	А	0,5	0,6	0,8	1,0
	В	0,2	0,3	0,2	0,1
	АВ	0,7	1,2	1,3	1,4

Додаток В2

Урожайність сухої маси кукурудзи залежно від позакоренових підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин у 2024 р., т/га

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Фази росту і розвитку рослин			
		викидання волоті (ВВСН 63–65)	молочна стиглість зерна (ВВСН 75–77)	молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81–83)	воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	7,4	11,4	13,1	12,3
	2	7,8	11,8	13,5	12,6
	3	7,8	12,0	13,6	12,9
	4	8,1	12,0	13,6	12,9
КВС Інтелігенс	1	8,8	12,2	13,9	13,4
	2	9,1	12,6	14,2	13,7
	3	9,2	12,8	14,5	13,8
	4	9,3	12,7	14,5	13,9
НІР ₀₅ , для	А	0,5	0,7	0,8	0,7
	В	0,2	0,1	0,1	0,3
	АВ	0,8	0,7	0,9	1,1

Додаток В3

Урожайність сухої маси кукурудзи залежно від позакореневих підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин у 2025 р., т/га

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Фази росту і розвитку рослин			
		викидання волоті (ВВСН 63–65)	молочна стиглість зерна (ВВСН 75–77)	молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81–83)	воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
КВС Гендальф	1	8,4	15,2	17,5	18,3
	2	8,7	15,8	18,3	18,9
	3	8,7	16,1	18,7	19,8
	4	8,8	16,2	18,8	20,0
КВС Інтелігенс	1	9,2	17,0	19,7	20,9
	2	9,5	17,6	20,4	21,6
	3	9,5	18,4	20,8	22,0
	4	9,6	18,5	21,1	22,2
НІР ₀₅ , для	А	0,5	0,5	0,8	0,7
	В	0,1	0,1	0,2	0,3
	АВ	0,8	0,7	1,1	1,2

Додаток ГІ

Зміна маси окремих частин та рослини кукурудзи за використання мікродобрив та регуляторів росту у 2023 р. (ВВСН 65, ВВСН 75-77), г

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Стебло	Листки	Качан з зерном	Волоть	Вся рослина
цвітіння волоті (ВВСН 65)						
КВС Гендальф	1	318,2	124,5	—	21,4	464,1
	2	322,4	128,8	—	21,2	472,4
	3	322,7	129,6	—	21,4	473,7
	4	325,0	130,6	—	21,2	476,8
КВС Інтелігенс	1	351,6	129,0	—	23,0	503,6
	2	354,4	131,5	—	22,3	508,2
	3	355,1	132,2	—	22,8	510,1
	4	355,6	133,0	—	22,0	510,6
НІР ₀₅		0,4	0,5	—	0,1	1,1
Молочна стиглість зерна (ВВСН 75-77)						
КВС Гендальф	1	314,3	140,3	254,8	20,2	729,6
	2	317,2	143,2	257,5	20,0	737,9
	3	318,0	141,8	258,4	20,4	738,6
	4	318,5	142,3	260,2	20,0	741,0
КВС Інтелігенс	1	342,8	146,1	277,8	21,4	788,1
	2	344,5	147,0	280,4	21,5	793,4
	3	345,0	148,1	281,4	21,8	796,3
	4	345,4	148,5	282,0	21,7	797,6
НІР ₀₅		0,5	0,4	1,2	0,2	1,5

Додаток Г2

Зміна маси окремих частин та рослини кукурудзи за використання мікродобрив та регуляторів росту у 2023 р. (ВВСН 81-83, ВВСН 85), г

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Стебло	Листки	Качан з зерном	Волоть	Вся рослина
Молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81-83)						
КВС Гендальф	1	312,4	144,4	329,4	19,7	805,9
	2	316,5	145,0	332,2	20,0	813,7
	3	316,8	145,4	334,0	20,1	816,3
	4	317,0	145,6	334,4	20,0	817,0
КВС Інтелігенс	1	339,1	148,7	344,1	21,2	853,1
	2	340,7	149,0	346,6	21,0	857,3
	3	341,0	150,2	346,8	21,2	859,2
	4	341,4	150,5	347,3	21,0	860,2
НІР ₀₅		0,4	0,3	0,6	0,1	1,3
Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)						
КВС Гендальф	1	309,7	137,0	336,1	19,0	801,8
	2	312,4	138,4	339,2	19,0	809,0
	3	313,8	138,9	339,4	18,8	810,9
	4	314,2	139,0	340,0	19,0	812,2
КВС Інтелігенс	1	335,1	142,6	360,2	20,0	857,9
	2	336,7	143,2	361,6	20,1	861,6
	3	337,5	143,5	362,0	20,6	863,6
	4	337,6	143,7	362,5	20,4	864,2
НІР ₀₅		0,8	0,4	1,5	0,2	1,8

Додаток ГЗ

Зміна маси окремих частин та рослини кукурудзи за використання мікродобрив та регуляторів росту у 2024 р. (ВВСН 65, ВВСН 75-77), г

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Стебло	Листки	Кочан з зерном	Волоть	Вся рослина
цвітіння волоті (ВВСН 65)						
КВС Гендальф	1	301,8	115,6	—	19,6	437,0
	2	304,4	119,8	—	19,5	443,7
	3	304,9	120,3	—	19,4	444,6
	4	305,0	120,7	—	19,0	444,7
КВС Інтелігенс	1	338,7	120,1	—	20,2	479,0
	2	342,8	122,4	—	20,5	485,7
	3	343,3	123,1	—	20,2	486,6
	4	344,0	123,6	—	20,0	487,6
НІР ₀₅		0,6	0,3	—	0,2	1,7
Молочна стиглість зерна (ВВСН 75-77)						
КВС Гендальф	1	298,4	128,1	242,1	18,1	686,7
	2	299,7	129,6	244,7	18,0	692,0
	3	300,0	128,4	245,5	18,2	692,1
	4	300,1	129,0	248,8	18,0	695,9
КВС Інтелігенс	1	332,7	132,5	262,5	18,7	746,4
	2	334,5	133,4	265,5	19,0	752,4
	3	335,0	134,0	266,0	19,3	754,3
	4	335,5	134,3	266,4	19,2	755,4
НІР ₀₅		0,6	0,3	0,9	0,1	2,0

Додаток Г4

Зміна маси окремих частин та рослини кукурудзи за використання мікродобрив та регуляторів росту у 2024 р. (ВВСН 81-83, ВВСН 85), г

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Стебло	Листки	Качан з зерном	Волоть	Вся рослина
Молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81-83)						
КВС Гендальф	1	296,1	130,5	313,0	18,0	757,6
	2	298,2	131,0	315,1	18,0	762,3
	3	298,8	131,2	316,0	18,3	764,3
	4	299,0	131,2	316,2	18,0	764,4
КВС Інтелігенс	1	329,1	137,3	358,1	18,8	843,3
	2	330,6	137,7	360,6	18,9	847,8
	3	331,0	138,7	361,0	19,4	850,1
	4	331,4	139,0	361,0	19,0	850,4
НІР ₀₅		0,5	0,4	1,2	0,3	2,2
Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)						
КВС Гендальф	1	292,6	123,4	324,0	17,8	757,8
	2	294,0	124,8	325,8	17,6	762,2
	3	294,9	125,0	326,4	17,3	763,6
	4	295,4	125,3	326,7	17,7	765,1
КВС Інтелігенс	1	325,4	128,7	348,2	18,9	821,2
	2	326,3	129,6	349,8	18,4	824,1
	3	326,5	130,1	350,2	18,8	825,6
	4	326,7	130,2	350,5	18,5	825,9
НІР ₀₅		0,6	0,5	1,4	0,2	2,6

Додаток Г5

Зміна маси окремих частин та рослини кукурудзи за використання мікродобрив та регуляторів росту у 2025 р. (ВВСН 65, ВВСН 75-77), г

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Стебло	Листки	Кочан з зерном	Володь	Вся рослина
цвітіння волоті (ВВСН 65)						
КВС Гендальф	1	324,6	126,2	—	21,7	472,5
	2	328,8	130,2	—	21,5	480,5
	3	329,2	131,3	—	21,6	482,1
	4	331,4	131,6	—	21,8	484,8
КВС Інтелігенс	1	360,4	133,6	—	22,4	516,4
	2	365,7	137,4	—	22,8	525,9
	3	366,8	138,4	—	23,0	528,2
	4	368,0	139,8	—	23,0	530,8
НІР ₀₅		0,7	0,4	—	0,3	1,8
Молочна стиглість зерна (ВВСН 75-77)						
КВС Гендальф	1	322,4	145,8	267,5	20,6	756,3
	2	327,6	148,2	272,4	20,7	768,9
	3	328,0	148,9	273,6	20,4	770,9
	4	329,4	149,7	276,0	20,9	776,0
КВС Інтелігенс	1	348,2	152,3	284,1	21,7	806,3
	2	352,3	155,0	288,7	21,9	817,9
	3	353,0	155,4	290,0	21,6	820,0
	4	354,7	157,3	291,4	21,6	825,0
НІР ₀₅		0,6	0,6	1,6	0,2	2,1

Додаток Г6

Зміна маси окремих частин та рослини кукурудзи за використання мікродобрив та регуляторів росту у 2025 р. (ВВСН 81-83, ВВСН 85), г

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Стебло	Листки	Качан з зерном	Волоть	Вся рослина
Молочно-воскова стиглість зерна (ВВСН 81-83)						
КВС Гендальф	1	319,4	142,8	352,1	20,0	834,3
	2	324,3	147,5	356,4	20,1	848,3
	3	325,0	148,0	357,0	20,0	850,0
	4	326,7	148,7	359,2	20,1	854,7
КВС Інтелігенс	1	345,2	151,2	362,4	21,2	880,0
	2	349,5	154,2	367,1	21,0	891,8
	3	350,0	154,6	367,8	21,0	893,4
	4	350,9	155,4	369,0	21,1	896,4
НІР ₀₅		0,5	0,5	2,0	0,2	1,9
Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)						
КВС Гендальф	1	312,5	136,0	360,4	19,6	828,5
	2	317,4	140,2	365,2	19,7	842,5
	3	318,0	142,0	366,7	19,5	846,2
	4	319,5	142,7	369,0	19,5	850,7
КВС Інтелігенс	1	340,2	144,8	372,4	20,5	877,9
	2	345,4	147,2	375,0	20,4	888,0
	3	346,0	148,0	376,5	20,4	890,9
	4	346,2	149,3	377,1	20,5	893,1
НІР ₀₅		0,6	0,7	1,8	0,3	2,2

Додаток Д1

Якісний склад зразка зеленої маси кукурудзи гібриду КВС Гендальф у 2023 р.



03039, Україна, м. Київ,
Голосіївський проспект, 42
+38 (067) 405 09 62
eurofins@ava-group.com.ua
https://avagroup.ua/

ВЕГЕТАТИВНА МАСА КУКУРУДЗИ

Номер зразка: 0000003475
Дата звіту: 07.09.2023
Дата відбору:
Дата закладки:
Господарство: СФГ "Чайка-2"
Дод. інформація: 09-2023-SO

ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ДОСЛІДЖУВАНОГО КОРМУ

Показники	Результат* о	Цільові значення	Середнє значення	Оптимально
Суша речовина, г/кг	330	320 - 360	335	
pH	3,6	3,8 - 4,2	4,0	
VOS (перетравна ОР), г/кг	730	700 - 750	735	
OEB	-17	-40 - -20	-30	
FOS (ферментативна ОР), г/кг	585	505 - 555	546	
OEB+ 2 год	6	-10 <	-	
FOSp+ 2 год, г/кг	212	240 - 285	227	
Структурна цінність	2,3	1,7 - 2	2,2	
Сира зола, г/кг	31	35 - 50	35	
Перетравність органічної речовини, %	74,1	73 - 82	78,3	
Сирий жир, г/кг	20	25 - 35	28	
Сира клітковина, г/кг	234	180 - 200	220	
КДЛ, г/кг	13	14 - 20	15	
КДК, г/кг	246	190 - 220	237	
НДК перетравна, % НДК	52,4	50 - 70	54,5	
НДК, г/кг	458	370 - 420	465	
Нерозщеплюваний в рубці крохмаль, г/кг	60	70 - 120	82	
Нерозщеплюваний в рубці крохмаль, %	24	20 - 34	29	
Крохмаль, г/кг	324	320 - 400	352	
Цукор, г/кг	24	10 - 30	22	
Загальний сирий протеїн, г/кг	70	80 - 90	87	
Сирий протеїн, г/кг	72	75 - 85	75	
NN3 фракція, % СП	11	< 6	9	
Обмінна енергія, МДж/кг	10.4	10,7 - 11,3	10,9	
DVE (метаболічний протеїн), г/кг	53	45 - 60	56	
VEVI (чиста енергія приросту)	988	950 - 1 030	973	
VEM (чиста енергія лактації)	992	920 - 1 000	987	

КИСЛОТИ

Показники	Результат* о	Цільові значення	Середнє значення	Оптимально
Оцтова кислота, г/кг	16	10 - 16	17	
Молочна кислота, г/кг	70	40 - 60	62	

* вміст у СР, якщо не зазначено інше

Примітка: This sample was tested in collaboration with Eurofins Agro Testing*, an agricultural laboratory for analytical services and decision support to transition to more sustainable farming practices. For more information visit www.eurofins-agro.com

Додаток Д2

Якісний склад зразка зеленої маси кукурудзи гібриду КВС Інтелігенс у 2024 р.



03039, Україна, м. Київ,
Голосіївський проспект, 42
+38 (067) 405 09 62
eurofins@ava-group.com.ua
<https://avagroup.ua/>

БІОМАСА КУКУРУДЗИ

Номер зразка: 0000002589
Дата звіту: 13.09.2024
Дата відбору:
Дата закладки:

Господарство: СФГ «Чайка-2»
Дод. інформація: 09-2024-SO

ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ДОСЛІДЖУВАНОГО КОРМУ

Показники	Результат*	Цільові значення	Середнє значення	Оптимально
Суша речовина, г/кг	310	320 - 360	314	
pH	3,6	3,8 - 4,2	4,1	
VOS (перетравна ОР), г/кг	688	700 - 750	690	
OEB	-32	-40 - -20	-26	
FOS (ферментативна ОР), г/кг	563	505 - 555	518	
OEB+ 2 год	16	-10 <	-	
FOSp+ 2 год, г/кг	232	240 - 285	223	
Структурна цінність	2,4	1,7 - 2	2,2	
Сира зола, г/кг	54	35 - 50	56	
Перетравність органічної речовини, %	72,4	73 - 82	74,8	
Сирий жир, г/кг	27,8	25 - 35	30	
Сира клітковина, г/кг	226	180 - 200	222	
КДЛ, г/кг	12	14 - 20	14	
КДК, г/кг	249	190 - 220	253	
НДК перетравна, % НДК	57,3	50 - 70	53,1	
НДК, г/кг	438	370 - 420	453	
Нерозщеплюваний в рубці крохмаль, г/кг	50	70 - 120	68	
Нерозщеплюваний в рубці крохмаль, %	17	20 - 34	26	
Крохмаль, г/кг	278	320 - 400	232	
Цукор, г/кг	13	10 - 30	18	
Загальний сирий протеїн, г/кг	86	80 - 90	82	
Сирий протеїн, г/кг	73	75 - 85	76	
ННЗ фракція, % СП	14	< 6	9	
Обмінна енергія, МДж/кг	10,2	10,7 - 11,3	10,5	
DVE (метаболічний протеїн), г/кг	56	45 - 60	43	
VEVI (чиста енергія приросту)	948	950 - 1 030	943	
VEM (чиста енергія лактації)	916	920 - 1 000	908	

КИСЛОТИ

Показники	Результат*	Цільові значення	Середнє значення	Оптимально
Оцтова кислота, г/кг	18	10 - 16	17	
Молочна кислота, г/кг	72	40 - 60	63	

* вміст у СР, якщо не зазначено інше

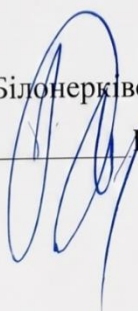
Примітка: This sample was tested in collaboration with Eurofins Agro Testing*: an agricultural laboratory for analytical services and decision support to transition to more sustainable farming practices. For more information visit www.eurofins-agro.com

АКТ
впровадження завершеної науково-технічного досягнення (НТД) як
результат закінченої науково-дослідної роботи (НДР)

1. **Назва НДР, що впроваджується:** вплив позакореневого підживлення кукурудзи мікродобривами і регуляторами росту рослини Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листків, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листків на якісний склад зеленої маси.
2. **Науково-дослідна установа (заклад вищої освіти) акою одержано НТД та запропоновано до впровадження, автори:** Білоцерківський національний аграрний університет, Басюк П.Л.
3. **Ким і коли прийнято рішення про впровадження НТД:** Вченою радою Агробіотехнологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету (протокол №8 від 14.04.25 р.)
4. **Назва господарства і його адреса, де проводиться впровадження:** СФГ Родина 2007 Київська обл. Броварський р-н. смт. Згурівка вул. Садова 1; 07600
5. **Рік і обсяг впровадження:** 2025 р., 63 га
6. **Отримано фактичний ефект від впровадження:** порівняно з прийнятою в господарстві технологією вирощування кукурудзи на силос зафіксовано збільшення вмісту спрого протеїну (на 0,65 %), сирій клітковини (на 0,58 %), целюлози (на 0,72 %) і крохмалю (на 0,88%).

Акт складено 10 жовтня 2025 року

Представник Білоцерківського НАУ
здобувач _____ Басюк П.Л.



Керівник господарства

_____ Мартишко Б.В.

АКТ

**впровадження завершеної науково-технічного досягнення (НТД) як
результат закінченої науково-дослідної роботи (НДР)**

- 1. Назва НДР, що впроваджується:** вплив позакореневого підживлення мікродобривами і регуляторами росту рослин на господарську і економічну ефективність вирощування кукурудзи на силос.
- 2. Науково-дослідна установа (заклад вищої освіти) якою одержано НТД та запропоновано до впровадження, автори:** Білоцерківський національний аграрний університет, Басюк П.Л.
- 3. Ким і коли прийнято рішення про впровадження НТД:** Вченою радою Агробіотехнологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету (протокол №8 від 14.04.25 р.)
- 4. Назва господарства і його адреса, де проводиться впровадження:**
ФГ Шанс-М Вінницька обл.
Жмеринський р-н. с. Слобода-Шаргородська 23505
- 5. Рік і обсяг впровадження:** 2025 р., 64 га
- 6. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиниці (га, голову, машину і т.п.) і на весь обсяг впровадження:** порівняно з прийнятою у господарстві технологією вирощування кукурудзи на силос, застосування мікродобрива і регуляторів росту рослин (Радікс, Лінамін, Турбоазот, Біогумат, Енерджі, Фотосинтез, Цинк) дозволяє збільшити урожайність зеленої маси на 3,7 г/га, що сприяє отриманню додаткового прибутку з усієї площі – 168128 грн в також покращує якісні показники силосу.

Акт складено 26 вересня 2025 року

Представник Білоцерківського НАУ
здобувач _____ Басюк П.Л.

Керівник Господарства
_____ Маслянюк Д.А.



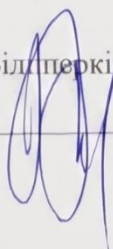
АКТ

**впровадження запершеної науково-технічного досягнення (НТД) як
результат закінченої науково-дослідної роботи (НДР)**

1. **Назва НДР, що впроваджується:** вирощування гібриду кукурудзи КВС Інтелігенс з позакореневим підживленням мікродобривами і регуляторами росту рослин.
2. **Науково-дослідна установа (заклад вищої освіти) якою одержано НТД та запропоновано до впровадження, автори:** Білоцерківський національний аграрний університет, Басюк П.Л.
3. **Ким і коли прийнято рішення про впровадження НТД:** Вченою радою Агробіотехнологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету (протокол №8 від 14.04.25 р.)
4. **Назва господарства і його адреса, яє проводиться впровадження:** ТОВ Богдан Агро Кіровоградська обл. Олександрівський р-н. смт. Приютівка пр-кт Дружби 9 кв.2 28020
5. **Рік і обсяг впровадження:** 2025 р., 48 га.
6. **Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиниці (га, голову, машину і т.п.) і на весь обсяг впровадження:** вирощування гібриду кукурудзи КВС Інтелігенс з позакореневим підживленнями мікродобривами і регуляторами росту рослин, забезпечує додатковий прибуток, 2100 грн/га або 100800 грн на всю площу.

Акт складено 8 жовтня 2025 року

Представник Білоцерківського НАУ
здобувач _____ Басюк П.Л.



Керівник господарства

Богдан В.В.

АКТ

**впровадження завершеної науково-технічного досягнення (НТД) як
результат закінченої науково-дослідної роботи (НДР)**

- 1. Назва НДР, що впроваджується:** вирощування гібриду кукурудзи КВС Інтелігене з позакоренням підживленням препаратами Радіке (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листків; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листків.
- 2. Науково-дослідна установа (заклад вищої освіти) якою одержано НТД та запропоновано до впровадження, автори:** Білоцерківський національний аграрний університет, Басюк П.Л.
- 3. Ким і коли прийнято рішення про впровадження НТД:** Вченою радою Агробіотехнологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету (протокол №8 від 14.04.25 р.)
- 4. Назва господарства і його адреса, де проводиться впровадження:** СФГ ФОРТУНА Київська обл. Броварський р-н. смт. Згурівка вул.Миру 15 07600
- 5. Рік і обсяг впровадження:** 2025 р., 83 га
- 6. Отримано фактичний економічний ефект під впровадження на одиницю (га, голову, машину і т.п.) і на весь обсяг впровадження:** проведення позакореневого підживлення кукурудзи мікродобривами і регуляторами росту рослин дозволило підвищити урожайність зеленої маси на 3,2 т/га (265,6 т з усієї площі). Не дозволяло отримати додаткового прибутку 185920 грн.

Акт складено 15 жовтня 2025 року

Представник Білоцерківського НАУ
здобувач _____ Басюк П.Л.



СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових виданнях, включених до переліку фахових видань

України:

1. **Басюк П.Л.,** Грабовський М.Б. Динаміка зміни вмісту та урожайності сухої речовини у рослинах кукурудзи у разі застосування мікродобрів та регуляторів росту. *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 8–17. doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-8-17 (аналіз і узагальнення результатів, написання статті, частка участі – 60 %)

2. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б. Вплив мікродобрів та регуляторів росту на зміну біометричних показників рослин кукурудзи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 78(1). С. 7–22. DOI:10.32636/01308521.2025-(78)-1-1 (планування та проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання статті, частка участі – 55 %)

3. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б. Вплив мікродобрів та регуляторів росту на якісні показники зеленої маси кукурудзи. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 13. С. 241–253. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.22> (аналіз і узагальнення результатів, написання статті, частка участі – 60 %)

4. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б. Агроенергетична оцінка продуктивності кукурудзи при застосуванні мікродобрів і регуляторів росту. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 20–29. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.3> (планування та проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання статті, частка участі – 50 %)

Матеріали наукових конференцій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б. Застосування добрив Плантоніт в технології вирощування кукурудзи. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур», с. Центральне, 21 квітня 2023 р., С. 14. *(авторство 55 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

6. **Басюк П.Л.,** Грабовський М.Б., Городецький О.С. Застосування мікродобрив при вирощуванні кукурудзи на силос. Збірник матеріалів Міжнародної науково–практичної конференції молодих вчених, присвяченої до Дня науки в Україні “Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України», м. Одеса, 18–19 травня 2023 р., С. 22–25. *(авторство 30%, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

7. Грабовський М. Б., **Басюк П. Л.,** Павліченко К. В., Німенко С. С. Вплив мікродобрив та регуляторів росту рослин на зміну висоти рослин кукурудзи. Матеріали Міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Григорія Родіоновича Пікуша : «Сучасні технологічні аспекти виробництва зерна та переробки сільськогосподарської продукції», м. Дніпро 20–21 березня 2024 р., Дніпро, ДУ ІЗК НААН, С. 52–53. *(авторство 30 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

8. **Басюк П.Л.,** Грабовський М. Б., Козак Л.А., Качан Л.М. Зміна фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин. Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції : «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта», м. Полтава, 15-16 травня 2024 року, Полтава, ПДАУ, С. 214-217.

(авторство 40 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)

9. **Басюк П.Л.,** Грабовський М. Б., Козак Л.А., Качан Л.М. Тривалість вегетаційного періоду у гібридів кукурудзи залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур» присвячена 60-річчю реєстрації сорту-шедевр пшениці м'якої озимої Миронівська 808, с. Центральне, 19 квітня 2024 р., МПІ ім. Ремесла, С. 24–25. *(авторство 40 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

10. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б., Качан Л. М., Павліченко К. В. Особливості формування урожайності зеленої маси кукурудзи на силос в 2024 році. Збірник матеріалів науково–практичної конференції «Наукові читання до 100-річчя від дня народження Філіп'єва Івана Давидовича – видатного вченого у галузі агрохімії та ґрунтознавства», присвяченої пам'яті доктора с.-г. наук, професора, Заслуженого діяча науки і техніки України, Філіп'єва Івана Давидовича, 20 вересня 2024 р., Одеса, ІКОСГ НААН, С. 139–141. *(авторство 45 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

11. **Басюк П. Л.,** Грабовський М. Б., Мостипан О. В., Павліченко К. В. Визначення придатності зеленої маси гібридів кукурудзи до силосування залежно від застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення», Ломжа – Миколаїв, 6 грудня 2024 року, Видавництво: MANS w Łomży, С. 25–27. <https://doi.org/10.58246/SREC7881> *(авторство 60 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

12. **Басюк П.Л.,** Грабовський М.Б., Козак Л.А., Качан Л.М., Павліченко К.В. Формування площі листової поверхні кукурудзи залежно від

елементів технології вирощування. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Ротмістровські читання частина 1: технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату», присвяченої до 130-річчя заснування Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції, смт Хлібодарське, 28 березня 2025 року, Одеська ДСДС ІКОСГ НААН, С. 99–102. *(авторство 45 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

13. **Басюк П.Л.**, Грабовський М.Б., Павліченко К.В., Німенко С.С., Мандриш О.Ю., Железняк В.В. Динаміка зміни вмісту сухої речовини у рослинах кукурудзи при застосуванні мікродобрих та регуляторів росту. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур», м. Полтава, 31 березня 2025 року, ПДАУ, С. 41–44. *(авторство 35 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

14. Grabovskyi M., **Basyuk P.**, Zhelezniak V., Mandrysh O., Labunskyi I. Assessment of the application of plant growth regulators in maize cultivation for grain under different climatic scenarios. Proceedings of the Second International Research-to-Practice Conference «Climate Services: Science and Education», Odesa, 16-18 April 2025, Odesa I. I. Mechnikov National University, P. 25–27. *(авторство 30 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

15. **Басюк П. Л.**, Грабовський М. Б., Козак Л. А., Лабунський І. В., Железняк В. В. Вплив мікродобрих та регуляторів росту на урожайність сухої речовини кукурудзи. Збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції «Агроекологічна безпека і раціональне землекористування зони Полісся», м. Житомир, 23 квітня 2025 року, ІСГП НААН, С. 13–15. *(авторство 40 %, проведено аналіз результатів, написання тез)*

16. **Басюк П.Л.**, Грабовський М. Б., Павліченко К.В., Степаненко М.В. Фотосинтетична активність посівів кукурудзи під впливом елементів технології вирощування. Збірник матеріалів IV Міжнародної науково–практичної конференції «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети», 12 вересня 2025 року, м. Одеса, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, С. 96–98. *(авторство 35 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

17. Грабовський М. Б., **Басюк П. Л.**, Мандриш О. Ю., Железняк В. В., Козак Л. А. Вплив мікродобрив та регуляторів росту на масу рослин кукурудзи та їх структурних елементів. Збірник матеріалів Міжнародної науково–практичної конференції «Адаптація агровиробництва до змін клімату та ґрунтової родючості», 9 жовтня 2025 року, Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція ІКОСГ НААН України, С. 106–109. *(авторство 35 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

18. **Басюк П. Л.**, Грабовський М. Б., Качан Л. М., Павліченко К. В., Степаненко М. В. Енергетична ефективність вирощування кукурудзи на силос. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків, 28 листопада 2025 р., Державний біотехнологічний університет, С. 46–48. *(авторство 40 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*