

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЗАСУХА Андрій Анатолійович

УДК633.15: 631.82:620.952:662.636

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ТА ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ ПЕЛЕТ**

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


_____ Андрій ЗАСУХА

Науковий керівник

Сергій ВАХНІЙ,
доктор сільськогосподарських наук,
професор

Біла Церква 2025

АНОТАЦІЯ

Засуха А. А. Обґрунтування елементів технології вирощування кукурудзи на зерно та виробництва паливних пелет. 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, 2025.

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та практичне вирішення наукового завдання щодо процесів росту, розвитку та закономірностей формування врожайності і якості основної і побічної продукції кукурудзи, економічної і енергетичної ефективності елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. Обґрунтовано актуальність теми досліджень, її зв'язок із науковими програмами, планами, темами, наведено мету і завдання, що було досягнуто завдяки встановленню особливостей формування продуктивності кукурудзи залежно від застосування макро- і мікродобрив та десикантів і можливості виробництва паливних пелет з побічної продукції кукурудзи. Удосконалено елементи технології вирощування кукурудзи, як зернової і енергетичної культури. Набули подальшого розвитку питання щодо особливостей росту і розвитку рослин кукурудзи, формування врожайності та якості основної і побічної продукції кукурудзи залежно від використання макро- і мікродобрив та десикантів. Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці науково-практичних рекомендацій виробництву щодо збільшення урожайності зерна кукурудзи та використання побічної продукції для виробництва паливних пелет.

Виявлено, що лінійне збільшення висоти рослин кукурудзи відбувається до фази ВВСН 85, при цьому максимальні значення висоти рослин і прикріплення качана були на варіанті із застосуванням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ (д. р. на 1 га) та позакореневим підживленням мікродобривами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 225,9 см і 91,3 см.

Максимальні параметри площі листової поверхні посівів кукурудзи були отримані у фазу ВВСН 65 при застосовуванні мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ та позакореневого підживлення у фазі 3-4 листків Ікар Біго Рутс (0,5 л/га), повторно у фазі 4-5 листків Ікар Фосто (0,5 л/га) і у фазі 7-8 листків Ікар Зінто (0,5 л/га) – 50,3 тис. м²/га. Застосування мінеральних добрив забезпечувало збільшення площі листової поверхні кукурудзи на 4,3–15,8 %, фотосинтетичного потенціалу посівів на 4,2–12,6 % і чистої продуктивності фотосинтезу на 3,0–14,3 %, а мікродобрив на 1,3–4,3 %; 1,1–3,8 %; 1,1–6,9 %, порівняно з контролем.

Встановлено, що застосування мінеральних добрив сприяє зменшенню вмісту сухої речовини в рослинах кукурудзи і в окремих органах. Не відмічено впливу мікродобрив на вміст сухої речовини у рослинах кукурудзи та її структурних елементах (стеблах, листках, обгортках і стрижнях качана та зерні). Вміст сухої речовини становив у зерні 62,0–64,0 %, листках – 35,9–38,0 %, обгортках і стрижнях качана – 32,1–35,4 %, стеблі – 25,0–28,0 %.

Доведено, що в загальній структурі рослини, на стебло припадає 40,4%, зерно – 36,5%, листки – 14,6 %, обгортки і стрижень качана – 4,8 % та волоть – 3,7 %. Найкращі умови для формування зернової структури врожаю кукурудзи були на варіанті із внесенням перед сівбою $N_{90}P_{70}K_{70}$ та позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га), що забезпечило максимальні значення довжини качана (17,7 см), діаметра качана (4,6 см), кількість зерен з качана (489,3 шт.), масу зерна з качана (141,2 г), масу 1000 зерен (287,2 г), масу рослини кукурудзи (512,2 г), качана з зерном (169,1 г), стебла (231,5 г), листків (89,5 г) та волоті (22,1 г).

Максимальна урожайність зерна та побічної продукції кукурудзи отримана на варіанті із використанням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ у поєднанні із позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 9,41 і 13,72 т/га. Застосування мінеральних добрив дозволяє підвищити урожайність зерна на 11,3–18,8 %, побічної продукції кукурудзи на 15,2–22,1 %, а мікродобрив на 3,5–6,5 % і 5,8–9,8 %, порівняно із контрольними варіантами.

Не виявлено різниці між різними десикантами за вологістю і урожайністю зерна і побічної продукції кукурудзи, а більш суттєвим був вплив строків проведення десикації посівів. За першого строку застосування десикантів (при вологості зерна 40%) відмічено зменшення вологості зерна і побічної продукції на 8,9–9,0 і 12,1–12,3 %, другого (при вологості зерна 30 %) на 6,9 і 5,7–5,9 %, третього (при вологості зерна 20 %) на 3,1–3,3 і 1,7–1,9 %, порівняно із контролем.

Найбільша урожайність зерна кукурудзи отримана за третього строку використання десикантів – 8,69–8,80 т/га, а побічної продукції за першого – 17,41–18,47 т/га. На урожайність зерна кукурудзи, в більшій мірі впливали строки десикації посівів (60,5 %) та десиканти (22,4 %), а урожайність побічної продукції на 62,3 % залежала від термінів її проведення і на 20,3 % від препаратів.

Зафіксовано, що застосування макро- та мікродобрив впливає на хімічний склад зерна, при цьому вміст крохмалю та жиру знижується на 0,19–1,28 % та 0,08–0,46 %, а вміст білку зростає на 0,19–0,59 %, порівняно з контрольним варіантом. Відмічено збільшення зольності рослин кукурудзи (без зерна) на 0,22–0,32 %, вмісту водню – 0,12–0,27 %, азоту – 0,09–0,16 %, сірки – 0,01 % та зменшення вмісту вуглецю на 0,19–0,46 %, а кисню – 0,04–0,06 %, на варіантах із внесенням мінеральних добрив. Не відмічено різниці за вмістом певних хімічних елементів залежно від дози мінеральних добрив.

Розрахунками підтверджено, що застосування мінеральних добрив дозволяє збільшити вихід паливних пелет на 13,9–23,3 %, а мікродобрив на 3,6–11,2 %, порівняно з варіантами без їх використання. Найвищі значення урожайності побічної продукції кукурудзи з перерахунком на 14 % вологість та розрахунковий вихід паливних пелет в досліді 1 отримано при використанні мінеральних добрив N₉₀P₇₀K₇₀ у поєднанні із позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 12,90 і 6,66 т/га.

Спостерігались суттєві коливання урожайності побічної продукції кукурудзи та виходу паливних пелет залежно від строку проведення десикації посівів та не відмічено достовірної різниці між десикантами. Максимальний вихід побічної продукції та паливних пелет отримано за третього строку застосування десикантів (за вологості зерна 20 %) – 8,03–8,73 і 4,73–5,15 т/га.

За даними лабораторних аналізів експериментальних зразків встановлено, що паливні характеристики паливних пелет з кукурудзи відповідають нормативним значенням і допускаються до використання, як твердого палива. Дещо кращі фізико-механічні і енергетичні показники мають стрижні качана кукурудзи, порівняно з цілою рослиною (без зерна).

Максимальні показники умовно чистого прибутку, рівня рентабельності та коефіцієнта енергетичної ефективності при вирощуванні кукурудзи на зерно та при виробництві паливних пелет з побічної продукції кукурудзи в досліді 1 отримано на варіанті з внесенням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ до сівби кукурудзи і наступному використанні для позакореневого підживлення мікродобрив Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто – 43592,7 і 30647,4 грн/га, 106,1 і 328,9 % та 3,32 і 6,62. В досліді 2 найвищі значення цих показників були за третього строку проведення десикації (при вологості зерна 20%) – 39492,2–39662,4 і 23450,6–23891,6 грн/га, 99,5–105,0 і 325,6–341,7 % та 3,36–3,38 і 6,11–6,22.

Ключові слова: кукурудза, зерно, побічна продукція, мінеральні добрива, мікродобрива, десиканти, позакореневе підживлення, паливні пелети, урожайність, ефективність

ANNOTATION

Zasukha A. A. Substantiation of technology elements for the cultivation of corn for grain and production of fuel pellets. Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 – Agronomy (20 Agricultural Sciences and Food) – Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, 2025.

The dissertation presents a theoretical generalisation and a practical solution to the scientific problem of the growth, development, and patterns of yield and quality formation in both primary and secondary corn products, as well as the economic and energy efficiency of cultivation technology elements under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The relevance of the research topic, its connection with scientific programmes, plans, and priorities is substantiated, and the aim and objectives are outlined. These were achieved by determining the peculiarities of corn productivity formation depending on the application of macro- and microfertilizer and desiccants, as well as assessing the feasibility of producing fuel pellets from corn by-products.

The study refined elements of the technology for cultivating corn as both a grain and an energy crop. Further developments were made regarding the specificities of corn plant growth and development, as well as the formation of yield and quality in primary and secondary products under varying applications of macro- and microfertilizer and desiccants.

The practical significance of the findings lies in the development of scientific and practical recommendations aimed at increasing corn grain yield and optimising the utilisation of by-products for fuel pellet production.

It was established that a linear increase in corn plant height continues until the BBCH 85 growth stage, with the highest plant and ear attachment heights recorded in the variant with the application of mineral fertilisers $N_{90}P_{70}K_{70}$ (a.i. per ha) combined

with foliar application of the microfertilizer Ikar Bigo Roots (0.5 l/ha), Ikar Fosto (0.5 l/ha), and Ikar Zinto (0.5 l/ha), reaching 225.9 cm and 91.3 cm, respectively.

The best parameters for the leaf surface area of corn crops were recorded at the BBCH 65 growth stage with the application of mineral fertilisers $N_{90}P_{70}K_{70}$ and foliar spraying of Ikar Bigo Roots (0.5 l/ha) + Ikar Fosto (0.5 l/ha) + Ikar Zinto (0.5 l/ha), reaching 50.3 thousand m^2/ha . The use of mineral fertilisers increased the leaf area of corn by 4.3–15.8%, the photosynthetic potential of crops by 4.2–12.6%, and the net photosynthetic productivity by 3.0–14.3%, while microfertilizer contributed increases of 1.3–4.3%, 1.1–3.8%, and 1.1–6.9%, respectively, compared to the control.

It was established that the application of mineral fertilisers reduced the dry matter content in corn plants and individual organs. However, microfertilizer had no significant effect on the dry matter content of corn plants or its structural components (stems, leaves, cob wrappers and cores, and grain). The dry matter content ranged from 62.0% to 64.0% in grain, 35.9% to 38.0% in leaves, 32.1% to 35.4% in cob wrappers and cores, and 25.0% to 28.0% in stems.

The study confirmed that, within the overall plant structure, the stem accounted for 40.4%, grain for 36.5%, leaves for 14.6%, cob wrappers and stalk for 4.8%, and the panicle for 3.7%. The most favourable conditions for grain formation were observed in the variant with the application of $N_{90}P_{70}K_{70}$ before sowing, followed by foliar feeding with Ikar Bigo Roots (0.5 l/ha) + Ikar Fosto (0.5 l/ha) + Ikar Zinto (0.5 l/ha), which resulted in the highest values for cob length (17.7 cm), cob diameter (4.6 cm), number of kernels per cob (489.3), grain weight per cob (141.2 g), weight of 1,000 kernels (287.2 g), total plant weight (512.2 g), cob with grain (169.1 g), stem (231.5 g), leaves (89.5 g), and panicle (22.1 g).

The highest grain and by-product yields of corn were obtained in the variant with the application of mineral fertilisers $N_{90}P_{70}K_{70}$ in combination with foliar spraying of Ikar Bigo Roots (0.5 l/ha) + Ikar Fosto (0.5 l/ha) + Ikar Zinto (0.5 l/ha), reaching 9.41 t/ha and 13.72 t/ha, respectively. The use of mineral fertilisers increased grain yield by 11.3–18.8% and by-product yield by 15.2–22.1%, while microfertilizer

contributed increases of 3.5–6.5% and 5.8–9.8%, respectively, compared to the control variants.

No significant differences were found between the various desiccants in terms of moisture content and yield of grain and by-products; however, the timing of desiccation had a more pronounced effect. When desiccants were applied at the first stage (40% grain moisture content), grain and by-product moisture content decreased by 8.9–9.0% and 12.1–12.3%, respectively. At the second stage (30% grain moisture content), reductions of 6.9% and 5.7–5.9% were observed, while at the third stage (20% grain moisture content), the decreases were 3.1–3.3% and 1.7–1.9% compared to the control.

The highest corn grain yield (8.69–8.80 t/ha) was recorded at the third stage of desiccant application, while the highest by-product yield (17.41–18.47 t/ha) was obtained at the first stage. Grain yield was primarily influenced by the timing of desiccation (60.5%) and the type of desiccant used (22.4 %), whereas by-product yield was affected by desiccation timing (62.3 %) and desiccants (20.3 %).

It was observed that the application of macro- and microfertilizer influenced the chemical composition of the grain, leading to a reduction in starch and fat content by 0.19–1.28 % and 0.0–0.46 %, respectively, alongside an increase in protein content by 0.19–0.59 % compared to the control variant. Additionally, an increase in the ash content of corn plants (excluding grain) by 0.22–0.32 %, hydrogen by 0.12–0.27 %, nitrogen by 0.09–0.16 %, and sulphur by 0.01 % was recorded, while carbon content decreased by 0.19–0.46 % and oxygen by 0.04–0.06 % in the variants with mineral fertilisers. No significant differences in the content of specific chemical elements were observed depending on the fertiliser dosage.

Calculations have confirmed that the application of mineral fertilisers can increase fuel pellet yield by 13.9–23.3 %, while microfertilizer contribute to an increase of 3.6–11.2 % compared to the variants without their use. The highest yields of corn by-products, recalculated at 14% moisture content, and the corresponding calculated pellet yield in Experiment 1 were obtained with the application of mineral fertilisers $N_{90}P_{70}K_{70}$ in combination with foliar spraying of Ikar Bigo Roots (0.5 l/ha)

+ Ikar Fosto (0.5 l/ha) + Ikar Zinto (0.5 l/ha), reaching 12.90 t/ha and 6.66 t/ha, respectively.

Significant fluctuations in the yield of corn by-products and fuel pellets were observed depending on the timing of crop desiccation, while no substantial differences were found between the desiccants used. The highest yields of by-products and pellets were recorded at the third stage of desiccant application (at 20 % grain moisture), amounting to 8.03–8.73 t/ha and 4.73–5.15 t/ha, respectively.

Laboratory analyses of experimental samples confirmed that the fuel characteristics of corn pellets meet standard values and are suitable for use as solid fuel. Corn cob cores demonstrated slightly superior physical, mechanical, and energy properties compared to the whole plant (excluding grain).

The highest indicators of conditional net profit, profitability level, and energy efficiency coefficient in corn cultivation for grain and pellet production from corn by-products in Experiment 1 were obtained in the variant with the application of mineral fertilisers $N_{90}P_{70}K_{70}$ before sowing, followed by foliar application of microfertilizer Ikar Bigo Roots + Ikar Fosto + Ikar Zinto, achieving values of 43,592.7 and 30,647.4 UAH/ha, 106.1% and 328.9%, and efficiency coefficients of 3.32 and 6.62, respectively. In Experiment 2, the highest values for these indicators were recorded at the third stage of desiccation (at 20% grain moisture), reaching 39,492.2–39,662.4 and 23,450.6–23,891.6 UAH/ha, 99.5–105.0% and 325.6–341.7%, with energy efficiency coefficients of 3.36–3.38 and 6.11–6.22.

Keywords: *corn, grain, by-products, mineral fertilisers, micronutrient fertilisers, desiccants, foliar application, fuel pellets, yield, efficiency*

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових виданнях, включених до переліку фахових видань

України:

1. Засуха А.А. Зміна біометричних показників рослин кукурудзи залежно від застосування добрив та регуляторів росту рослин. *Аграрні інновації*. 2023. № 22. С.46–54. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.8>
2. 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. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.6> (планування та проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання статті, частка участі–60 %)
3. Засуха А.А. Вплив десикантів на вологість, урожайність зерна та побічної продукції кукурудзи. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9. С. 235–246. DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.24>
4. **Засуха А.А.**, Вахній С.П. Особливості формування урожайності, якісних показників зерна і побічної продукції кукурудзи та розрахунковий вихід паливних пелет залежно від елементів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 41–52. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.6> (планування та проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання статті, частка участі – 50 %)

Матеріали наукових конференцій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Засуха А.А. Формування площі листкової поверхні рослин кукурудзи за різних доз мінеральних добрив. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві», м. Біла Церква, 21 жовтня 2021 р., БНАУ, С. 8–9.
6. **Засуха А.А.**, Козак Л.А., Качан Л.М. Використання побічної

продукції кукурудзи для виробництва паливних брикетів. Матеріали Міжнародної науково–практичної конференції *«Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети»*, м. Одеса, 30 вересня 2022, ІКОСГ НААН, С. 192–195. (авторство 45 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)

7. **Засуха А.А.,** Вахній С.П., Козак Л. А. Вплив регуляторів росту та мікродобрих на площу листкової поверхні рослин кукурудзи. Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції *«Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети»*, м. Одеса, 24 березня 2023 р., ІКОСГ НААН, С. 246–248. (авторство 50 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)

8. **Засуха А.А.,** Козак Л. А. Післяжнивні залишки кукурудзи як джерело енергії. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів *«Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур»*, с. Центральне, 21 квітня 2023 р., МП НААН, С. 50. (авторство 60 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)

9. **Засуха А.А.,** Вахній С.П., Козак Л. А. Динаміка проходження фаз росту і розвитку рослин гібридами кукурудзи під впливом макро- і мікрокродобрих та регуляторів росту рослин. Матеріали міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова *«Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення»*, м. Дніпро, 12–13 жовтня 2023 р., ДУ ІЗГ НААН, С. 121–122. (авторство 40 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)

10. **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. (авторство 60%, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)

11. Вахній С.П., **Засуха А.А.**, Павліченко К.В., Німенко С.С. Формування висоти рослин і прикріплення качана у рослин кукурудзи під впливом макро- і мікродобрих. Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта», м. Полтава, 15–16 травня 2024 року, ПДАУ, С. 195–197. *(авторство 30%, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

12. **Засуха А. А.**, Качан Л. М., Німенко С. С. Економічна оцінка виробництва пелет з побічної продукції кукурудзи за різних варіантів десикації посівів. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку», м. Київ, 8 жовтня 2024 р., Український інститут експертизи сортів рослин, С. 91–93. *(авторство 40 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

13. **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. *(авторство 30 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних одиниць і термінів.....	15
ВСТУП.....	16
РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ.....	23
1.1. Значення кукурудзи як продовольчої культури та перспективи використання побічної продукції в біоенергетиці.....	23
1.2. Використання макро і мікроелементів у системі удобрення кукурудзи.....	30
1.3 Значення десикації у технології вирощування сільськогосподарських культур.....	40
Висновки до розділу 1.....	45
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ....	46
2.1.Ґрунтово-кліматичні умови зони проведення досліджень.....	46
2.2. Погодні умови в роки досліджень.....	48
2.3. Схема та методика проведення досліджень.....	53
2.4. Характеристика гібриду кукурудзи, мікродобрих та десикантів...	58
2.5.Агротехніка вирощування кукурудзи в дослідках.....	62
Висновки до розділу 2.....	63
РОЗДІЛ 3.РІСТ, РОЗВИТОК ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ МАКРО- І МІКРОДОБРИВ.....	65
3.1. Морфобіологічні особливості рослин кукурудзи залежно від досліджуваних факторів.....	65
3.2. Фотосинтетичні показники посівів кукурудзи.....	73
3.3.Динаміка накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи....	80
3.4. Елементи структури врожаю кукурудзи.....	85
3.5. Урожайність основної та побічної продукції.....	91
Висновки до розділу 3.....	98
РОЗДІЛ 4. ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ДЕСИКАЦІЇ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ.....	102
4.1. Вологість зерна і побічної продукції кукурудзи.....	102
4.2. Урожайність основної та побічної продукції кукурудзи.....	106
Висновки до розділу 4.....	110
РОЗДІЛ 5.ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА ТА ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ КУКУРУДЗИ ТА РОЗРАХУНКОВИЙ ВИХІД ПАЛИВНИХ ПЕЛЕТ.....	113
5.1. Вміст протеїну, жиру та крохмалю в зерні кукурудзи залежно від застосування макро- і мікродобрих.....	113

	14
5.2. Якісні показники побічної продукції кукурудзи.....	118
5.3. Розрахунковий вихід паливних пелет із побічної продукції кукурудзи.....	122
Висновки до розділу 5.....	129
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ЯК ЗЕРНОВОЇ І ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ.....	132
6.1. Економічна ефективність.....	132
6.2. Енергетична ефективність.....	140
Висновки до розділу 6.....	148
ВИСНОВКИ.....	150
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	154
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	155
ДОДАТКИ.....	188

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

% – відсоток

°C – градус Цельсія

ВВСН – міжнародна шкала росту та розвитку рослин

га – гектар

ГДж – гігаджоуль

грн – гривня

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

д. р. – діюча речовина

N – азот

K – калій

P – фосфор

K_{ee} – коефіцієнт енергетичної ефективності

K_c – коефіцієнт суттєвості відхилень

МДж – мегаджоуль

млн – мільйон

НІР₀₅ – найменша істотна різниця

н. е. – нафтовий еквівалент

ПП – побічна продукція

р – рік

СР – суха речовина

т – тонна

тис – тисяча

ЄС – Європейський Союз

ФПП – фотосинтетичний потенціал посіву

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

шт – штук

ВСТУП

Кукурудза (*Zea mays* L.) вирощується у світі майже на 100 млн. га з валовим виробництвом більше 1000 млн. т. Згідно прогнозів, в найближчі роки світовий ринок переробки кукурудзи зерна зросте на 25 % і до 2026 р. досягне рівня 1,19 млрд. т [146]. До 2028 р. очікується зростання середньої світової врожайності кукурудзи на 14 % від показників 2016–2018 рр., а до 2050 р. попит на кукурудзу подвоїться в країнах, що розвиваються і вона стане культурою з найвищою урожайністю в світі [190, 253]. Україна у 2024 р. за посівними площами (3,938 млн. га) та валовими зборами зерна (27,2 млн. т) кукурудзи займала сьоме місце у світі [140].

В Україні кукурудза входить до трійки найбільш поширених сільськогосподарських культур після пшениці і соняшнику та з кожним роком її посівні площі збільшується. Але розміщення кукурудзи за природно-економічними зонами України не повною мірою забезпечує ефективне використання біокліматичного і економічного потенціалу для нарощування виробництва зерна. Що, відповідно, зумовлює необхідність подальшого вдосконалення розміщення цієї культури в окремих регіонах країни [211]. В той же час, кукурудза все більше використовується в якості відновлюваної сировини для виробництва різних видів біопалив і є досить важливою енергетичною культурою. Побічна продукція кукурудзи може бути використана, як сировина для виробництва твердого біопалива, біоетанолу другого покоління та біогазу [71, 90, 124, 148, 157, 214].

Актуальність теми. Вирощування кукурудзи на зерно відіграє стабілізуючу роль у зерновиробництві України, і в несприятливій для інших зернових культур роки, її врожайність є порівняно стабільною [36, 89]. Технологія вирощування кукурудзи повинна враховувати ґрунтово-кліматичні особливості регіону, що дозволяє найбільш повно використовувати сприятливі та послаблювати абіотичні стресові фактори навколишнього середовища. До

важливих переваг кукурудзи відноситься також можливість її тривалого збирання та відсутність вилягання, навіть за високих норм внесених добрив [88].

Для досягнення високих врожаїв зерна кукурудзи важливе значення має пошук та впровадження сучасних ефективних елементів технології вирощування. Подальше підвищення продуктивності можливе за рахунок комплексу умов, до яких належить використання гібридів кукурудзи, застосування макро- та мікродобрив та десикація посівів [50].

Переробка відходів виробництва, як функціональна ознака підвищення ефективності виробництва в ЄС посідає особливе місце за обсягами діяльності і соціально-економічному значенню в системі економічного розвитку. Таким чином, відходи виробництва набувають статусу побічної продукції з можливістю подальшого використання, а їх втрата сприяє зниженню ефективності виробництва на підприємстві чи галузі загалом [141]. Потенціал побічної продукції кукурудзи на зерно в Україні загалом становить 4,18 млн. т на рік або 40 % від теоретичного потенціалу виробництва [19]. Це вказує на велике значення відходів і залишків даної культури, як альтернативного палива. Проте, застосування побічної продукції кукурудзи як твердого палива не набуло широкого поширення на сьогоднішній день, адже її збирання пов'язане з певними труднощами технологічного процесу та непопулярністю аграрних видів біомаси як палива [20]. В основному, побічна продукція кукурудзи залишається на полі і заробляється у ґрунт. Також, інколи ця продукція спалюється на полях, що спричиняє негативні наслідки для навколишнього середовища [289].

У дослідженнях ряду вчених Г. Господаренка, В. Паламарчука, Я. Гадзало, Г. Калетніка, В. Кириченка, Г. Гелетуки, М. Грабовського, Г. Голуба, М. Роїка, Б. Дзюбецького, В. Черчеля, В. Курило, О. Шпичака, Б. Федорченка, А. Дороніна, Ю. Пашенка, М. Бахмата, О. Климчука, С. Кухарця, В. Камінського, В. Мойсієнко, О. Рибалки, К. Павліченка та інших проведено аналіз технологій вирощування кукурудзи на зерно та можливості використання побічної продукції як альтернативного палива, але відсутній

комплексний підхід до впливу елементів технології на формування кількісних і якісних показників основної і побічної продукції.

Тому, дослідження з вивчення впливу макро- і мікродобрих та десикантів на продуктивність основної і побічної продукції кукурудзи і можливість виробництва паливних пелет є актуальними та перспективними завданнями для аграрного та енергетичного сектору України та мають наукове і практичне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконані впродовж 2022–2024 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) та «Агротехнічне та екологічне обґрунтування елементів технології вирощування зернових і зернобобових культур в Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0122U202065).

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень було встановлення особливостей формування продуктивності кукурудзи та розрахункового виходу паливних пелет з побічної продукції залежно від застосування макро- і мікродобрих та десикантів в умовах Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- дослідити особливості біометричних показників рослин та залежності формування асиміляційної поверхні рослин і фотосинтетичної продуктивності кукурудзи при використанні макро- і мікродобрих;
- виявити вплив макро- і мікродобрих на накопичення сухої речовини в окремих органах рослин кукурудзи та на показники структури врожаю основної і побічної продукції;
- встановити рівень продуктивності основної і побічної продукції кукурудзи залежно від забезпеченості елементами живлення;
- з'ясувати вплив десикантів на вологість і урожайність основної і

побічної продукції кукурудзи;

- проаналізувати зміну якісних показників зерна і рослин кукурудзи під впливом макро- і мікродобрів;
- науково обґрунтувати вплив досліджуваних факторів на розрахунковий вихід паливних пелет з побічної продукції кукурудзи та можливості їх використання як твердого палива;
- провести економічну та енергетичну оцінку ефективності застосування макро- і мікродобрів та десикантів при вирощуванні кукурудзи як зернової та енергетичної культури.

Об'єкт дослідження – процеси росту та розвитку рослин, формування врожайності та якості основної (зерна) і побічної продукції кукурудзи залежно від застосування макро- і мікродобрів в умовах Правобережного Лісостепу України.

Предмет дослідження – кукурудза, макро- та мікродобрива, десиканти, урожайність і якісні показники основної і побічної продукції, розрахунковий вихід паливних пелет, індекс урожайності, 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 та елементів технології на об'єкт досліджень; вимірювальний – для визначення біометричних показників рослин та вологості зерна; лабораторний – здійснення біохімічних аналізів якості зерна та рослин; розрахункового – для визначення площі асиміляційної поверхні, фотосинтетичних показників, виходу паливних пелет; порівняльно-розрахункового – визначення економічної та енергетичної ефективності елементів технології; методи математичної статистики – дисперсійний, регресійний та кореляційний – для визначення вірогідності різниць між досліджуваними факторами.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у встановленні впливу макро- і мікродобрив та десикантів на процеси росту, розвитку рослин та формування урожайності і якості основної і побічної продукції кукурудзи та розрахунковий вихід паливних пелет з побічної продукції в умовах Правобережного Лісостепу України.

Вперше в умовах Правобережного Лісостепу України науково обґрунтовано можливість отримання паливних пелет із побічної продукції кукурудзи. Визначено можливість отримувати високу продуктивність основної і побічної продукції кукурудзи з високими показниками якості у різні за погодними умовами роки залежно від використання макро- і мікродобрив. Доведено суттєве зменшення вологості зерна і рослин кукурудзи під впливом десикантів. Розраховано кореляційно-регресійні залежності продуктивності основної і побічної продукції кукурудзи з біометричними, фотосинтетичними та енергетичними показниками. Обґрунтовано економічну і енергетичну ефективність вирощування кукурудзи для отримання зерна та виробництва паливних пелет.

Удосконалено елементи технології вирощування кукурудзи як зернової і енергетичної культури за рахунок застосування макро- і мікродобрив та десикантів.

Набули подальшого розвитку питання щодо особливостей росту і розвитку рослин кукурудзи, формування врожайності та якості основної і побічної продукції кукурудзи залежно від макро- і мікродобрив та десикантів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці науково-практичних рекомендацій виробництву щодо збільшення урожайності зерна кукурудзи та використання побічної продукції для виробництва паливних пелет. За результатами проведених досліджень удосконалено технологію вирощування кукурудзи, що передбачає внесення мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ (д. р. на 1 га) перед сівбою, позакореневе підживлення мікродобривами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі 3-4 листків (ВВСН 13–14) + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі 4-5 листків (ВВСН 15–16) + Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі 7-8 листків (ВВСН 17–18), що

забезпечує врожайність основної і побічної продукції на рівні 9,41–13,72 т/га і вихід паливних пелет 6,66 т/га. Проведення десикації посівів препаратами Реглон Супер (3 л/га), Раундап Макс (3 л/га) і Баста (2 л/га) за 20 % вологості зерна дозволяє отримати ці показники в межах 8,69–8,80 і 12,34–12,72 та 4,73–5,15 т/га.

Удосконалені елементи технології вирощування кукурудзи було впроваджено у виробництво в господарствах Київської області на площі 330 га.

Основні положення дисертаційної роботи використано в освітньому процесі Білоцерківського національного аграрного університету для студентів спеціальності 201 «Агрономія» у навчальних дисциплінах «Інноваційні технології в рослинництві» і «Біоенергетичні культури».

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням здобувача. Автором, під керівництвом наукового керівника, розроблено програму і визначено мету, завдання досліджень відповідно до існуючих методик. Проведено аналіз і узагальнення вітчизняної і зарубіжної наукової літератури за темою дисертаційної роботи. Проведено польові та лабораторні експерименти, проаналізовано і узагальнено отримані дані, здійснено статистичну їх обробку, підготовлено матеріали конференцій та статті у фахових виданнях України. Обґрунтовано висновки й рекомендації виробництву та розроблено науково-практичні рекомендації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати досліджень було обговорено на засіданнях кафедри технологій в рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету (2022–2024 рр.); міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві», (м. Біла Церква, 21 жовтня 2021 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети», (м. Одеса, 30 вересня 2022 р.); II міжнародній науково-практичній конференції «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети», (м. Одеса, 24 березня 2023 р.); міжнародній науково-практичній

конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур», (с. Центральне, 21 квітня 2023 р.); міжнародній науковій конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова «Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення», (м. Дніпро, 12–13 жовтня 2023 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві», (м. Біла Церква, 26 жовтня 2023 р.); VIII міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта», (м. Полтава, 15–16 травня 2024 р.); VI міжнародній науково-практичній конференції «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку», (м. Київ, 8 жовтня 2024 р.); всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: стратегії стійкості сільськогосподарського сектору під час війни та у післявоєнний період», (с. Оброшине, 19 листопада 2024 р.).

Публікації результатів досліджень. Основні результати дисертації висвітлено у 4 фахових публікаціях, 9 працях апробаційного характеру в збірниках матеріалів науково-практичних конференцій.

Обсяг і структура дисертації. Дисертацію викладено на 214 сторінках комп'ютерного набору (з них основного тексту – 154 сторінок). Робота містить 32 таблиці, 29 рисунків та 24 додатків. Складається зі вступу, 6 розділів, висновків та рекомендацій виробництву. Список використаних джерел налічує 295 найменування, з яких 120 представлені латиницею.

РОЗДІЛ 1

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ

1.1. Значення кукурудзи як продовольчої культури та перспективи використання побічної продукції в біоенергетиці

Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією із провідних сільськогосподарських культур у світі. Поряд з пшеницею, рисом та іншими зерновими культурами, є важливою основою продукції для людей та тваринництва. По всьому світу врожайність зерна кукурудзи невідмінно зростає, що обумовлено застосуванням високопродуктивних нових гібридів та удосконаленням технології її вирощування [290]. Також підвищення врожайності зерна зв'язане зі зростанням потенціалу ефективності гібридів та їх адаптивності щодо різних факторів, особливо мінливих агроекологічних і стресових [92].

Кукурудза є однією з найпродуктивніших зернових культур у сучасному сільському господарстві і вирощується на продовольчі, кормові та технічні цілі. В Україні кукурудза завжди посідала чільне місце в зерновому та кормовому балансі. Згідно з вітчизняним науковим досвідом, кукурудза не має собі рівних серед інших культур за врожайністю зерна та зеленої маси, кормовою та енергетичною цінністю і є найважливішою культурою для корму худоби, особливо свиней і птиці. Збільшення загального збору кукурудзи було і буде пріоритетом для українського сільського господарства [103, 166].

Завдяки передовій генетиці можна домогтися високої врожайності за рахунок селекції та технологій вирощування. Основними факторами, що сприяють підвищенню врожайності є використання високоякісного насіння високоврожайних гібридів, більш ретельне дотримання технологій вирощування та підбір морфогенетичних типів, адаптованих до конкретних умов господарства [29].

Кукурудза вирізняється не тільки високою врожайністю, а й різноманітністю сфер застосування. У всьому світі близько 20 % зерна цієї

культури використовується на харчові цілі, 15–20 % – у промисловому секторі для виробництва олії та палива, а решта – на корм худобі [166]. У Європі структура використання зерна кукурудзи дещо інша: 20 % на продовольство, 18 % на технічне використання і 72 % на тваринництво [127]. Кукурудза є важливим джерелом продовольства і харчування для мільйонів людей у країнах, що розвиваються, в першу чергу в Африці та Латинській Америці, як засіб подолання голоду і підвищення продовольчої безпеки. У Південній Азії 46 % зерна кукурудзи використовується в більшості випадків для харчування бідних сімей, які не можуть себе забезпечити іншими основними продуктами харчування, такими як рис і пшениця. Вона також користується великим попитом в якості продукту харчування в Північній і Південній Америці (44 %), Північній Африці (39 %), Андському регіоні (36 %) і Південно-Східній Азії (29 %). Висока врожайність кукурудзи, порівняно з іншими зерновими культурами, робить її особливо цікавою для фермерів у районах із недостатньою кількістю землі та високою щільністю населення [267].

Зерно кукурудзи використовують для виробництва борошна, крупи, паличок і пластівців. Воно також є сировиною для виробництва спирту, крохмалю і патоки [164]. Кукурудзяні зародки використовують, як джерело лікарської олії та рекомендують для застосування пацієнтам із діабетом, ожирінням, карієсом, захворюваннями ясен і для профілактики раку [24, 101].

Кукурудза відіграє важливу роль у годівлі худоби. Її рослини, зібрані на стадії молочного воску, коли зерно вже дозріло, добре засвоюються і стають кормовим силосом. 1 тонна зерна кукурудзи містить 1340 кормових одиниць і близько 78–80 кг перетравного протеїну; 100 кг силосу містить близько 40 кормових одиниць; силос зі стебел, листя та початки качанів містять 21 кормову одиницю. За кількістю кормових одиниць, зібраних з гектара, вона трохи поступається бурякам цукровим, які перевершують за цим показником усі інші силосні культури. Концентрати у вигляді борошна і висівки добре перетравлюються і засвоюються організмом тварини, містять 3200–900 мг каротину (провітаміну А) на 100 кг і значно забарвлюють яєчні жовтки, оскільки

при годівлі птиці особливо цінним є використання кременистої жовтозерної кукурудзи [72].

Подрібнені зерна кукурудзи добре засвоюються тваринами. Вони містять 9–12 % білка, 65–70 % вуглеводів, не менше 4 % жиру, мінеральні солі та вітаміни. Вуглеводи містять мало клітковини і мають високу поживну цінність. Близько половини загальної кількості білка в зернах кукурудзи становить зеїн і близько 30 % – глютелін [113, 128].

У птахівництві кукурудза забезпечує основну частину енергії в кормах для бройлерів. При цьому, в середньому корм містить 60–65 % кукурудзи, 28–30 % соєвого шроту і 2–3 % олії. Загальне споживання кукурудзи в семи основних країнах Азії зросло більш ніж утричі – з 29 мільйонів тон у 1980 році до 109 мільйонів тон у 2000 році. Попит на кукурудзу, як кормову базу для тварин у світі зростає кожного року на 6 % [283].

Під час технічної переробки зерна кукурудзи з одного центнера отримують 57 кг крохмалю, 59 кг підсолоджувача для кондитерських виробів і напоїв, 37,3 л етанолу, 20,4 кг борошна з рослинного білка і 2,8 кг олії. Основними продуктами, одержуваними із зерна кукурудзи, є крохмаль, сироп і глюкоза. Декстрозу використовують у виробництві етанолу і додають до бензину, щоб зробити паливо більш екологічним і дешевшим [82].

Найпоширеніші різновиди кукурудзи, що використовується на харчові цілі – цукрова, розлусна, крохмальна, воскоподібна, а в Україні – зубоподібна та кремениста. З рослини виробляють борошно, крупу, пластівці, консерви (солодка кукурудза), крохмаль, етиловий спирт, пиво, глюкозу, цукор, сироп, мед, олію, вітамін Е, аскорбінову кислоту. Стебла, листя і качани використовують для виробництва паперу, лінолеуму, віскози, активованого вугілля, штучного корка і пластмас [99].

Індустріальний попит на кукурудзу, в першу чергу, пов'язаний з її зростаючим використанням у біоенергетиці. Зокрема, кукурудза є основною сировиною для виробництва етанолу в рамках масштабної програми з виробництва кукурудзяного етанолу в США [267]. У США близько 40 % урожаю

кукурудзи (130 млн. тон на рік) щорічно переробляється для виробництва кукурудзяного етанолу [126]. Останні ринкові тенденції свідчать про те, що експансія біоетанолу (високі ціни на нафту та політика внутрішньої енергетичної безпеки) навряд чи ослабнуть протягом найближчих десятиліть і можуть навіть посилилися. Біодизель, який отримують із кукурудзяної олії, через схожість властивостей становить серйозну альтернативу традиційному дизельному пальному [265].

Біоенергія, як вид енергії, отриманої з рослинної біомаси є привабливим відновлюваним джерелом енергії для постачання енергії для опалення, транспорту та електроенергетики, одночасно сприяючи екологічній стійкості [186, 260]. Ще одна перевага біомаси полягає в тому, що коли CO₂ вивільняється в результаті її використання, вона має біогенне походження, що не враховується в оцінці викидів парникових газів, оскільки вона вивільняє ту саму кількість CO₂, яка спочатку була фіксована з атмосфери протягом життєвого циклу рослин [226]. Очікується, що біоенергетика відіграватиме ключову роль у глобальному переході до економіки з нульовим рівнем викидів вуглецю до 2050 року: прогнозоване постачання біоенергії до 2050 року досягне 313 ЕДж, або 37 % від світового попиту на енергію [206]. Технології термохімічного та біохімічного перетворення можуть перетворити біомасу на паливо з високою доданою вартістю [236]. Біомаса охоплює широкий спектр поновлюваних біологічних ресурсів, таких як рослинні рештки, деревина та відходи лісового господарства, тверді побутові відходи та інші енергетичні культури, які можуть бути використані для виробництва біопалива [181, 234].

Сільське господарство та харчова промисловість щорічно продукують велику кількість відходів, які необхідно ефективно переробляти, щоб знизити їхню негативну дію на навколишнє середовище [157, 264]. Також, ці сільськогосподарські відходи можуть бути використані, як дешеве джерело білка, вуглеводів і харчових волокон. Зокрема, побічні продукти переробки зернових багаті великою кількістю корисних для людини поживних речовин і знаходять широке застосування в харчовій промисловості. Однак зазвичай

вважається, що побічні продукти сільського господарства не мають великої цінності [200].

Під час промислової переробки зерна кукурудзи утворюється безліч побічних продуктів, зокрема кукурудзяне лушпиння, яке насичене білком, вуглеводами, олією та іншими поживними речовинами. Накопичення побічних продуктів у великих кількостях під час виробничого процесу призводить не лише до навантаження на навколишнє середовище, а й до втрати потенційно цінних харчових матеріалів, які можна ще переробити. Дійсно, побічні продукти переробки кукурудзи можуть бути частково використані для виробництва продуктів харчування, кормів та іншої продукції. Вторинна утилізація цих побічних продуктів може не тільки вирішити проблему спричиненого ними забруднення відходами, а й виробляти продукти з високою доданою вартістю та покращувати економічні переваги від вирощування кукурудзи [229].

Останніми роками енергозбереження, скорочення викидів і захист навколишнього середовища стали найсерйознішими проблемами, що стоять перед промисловим виробництвом і людством. Дослідження показали, що всі побічні продукти сільського господарства мають потенційну користь і цінність [220, 279]. Тому ефективна обробка та переробка цих побічних продуктів має велике значення [199].

Після збирання кукурудзи на зерно залишаються післяжнивні рештки, що складаються з різних частин, таких як стебла, листя, обгортки та стрижні качанів. Їх здебільшого залишають на ґрунті та механічно подрібнюють. На кожну тонну маси стебел кукурудзи в ґрунт повертається 16-17 кг азоту, 47 кг фосфору, 37 кг калію та 4 кг магнію на гектар [161]. Водночас ці відходи рідко використовують у тваринництві або для виробництва твердого палива [250]. Одним із можливих застосувань цих відходів є їх енергетичне використання.

Різні частини побічних продуктів кукурудзи мають відмінні фізико-хімічні характеристики, але, у загальному, це лігноцелюозна біомаса [209]. Лігноцелюлоза є найпоширенішим поновлюваним ресурсом на планеті та дешевою сировиною для виробництва енергії з біомаси [209]. Солома зернових

культур є важливою складовою лігноцелюлози, яка багата на целюлозу та геміцелюлозу. Серед них побічна продукція кукурудзи становить близько 3×10^8 т, що складає 1/3 від загальної кількості соломи у світі [263]. Тому подальше збільшення коефіцієнта використання побічної продукції кукурудзи екологічно чистими методами є корисним для ресурсозбереження та захисту навколишнього середовища [185]. Коефіцієнт виходу побічної продукції кукурудзи на зерно (співвідношення між побічною продукцією та зерном) залежить від багатьох факторів, насамперед від гібриду, але в середньому для кукурудзи він становить 1,37. При збиранні кукурудзи на зерно зернозбиральним комбайном формуються рослинні рештки: стерня, стебла і листя, які залишаються за жаткою, та обгортка і стрижні, які залишаються за комбайном [21]. Видалення рослинних решток з поля повинно бути збалансованим з мінімізацією впливу на довкілля (ерозія ґрунту), підтриманням рівня органічної речовини в ґрунті та збереженням або підвищенням продуктивності культур [286].

Побічна продукція кукурудзи на зерно має досить хороші паливні властивості, близькі до властивостей деревного палива, що забезпечує кращі умови для спалювання, порівняно із соломою зернових колосових культур. Завдяки цьому біопаливо, виготовлене із кукурудзиння, може спалюватися в котельному обладнанні, призначеному для деревної біомаси [209]. Крім того, в стеблах кукурудзи міститься менше хлору (0,13 %), ніж у свіжій («жовтій») соломі зернових культур (0,75 %). Це позитивний фактор для використання залишків кукурудзи як палива, оскільки сполуки хлору спричиняють корозію сталевих елементів в енергетичному обладнанні [21].

Відходи кукурудзи є цінним потенційним енергетичним ресурсом, який можна використовувати як у термохімічних, так і в біохімічних процесах перетворення. Збільшення щільності біомаси відходів шляхом агломерації під тиском (пелетування, брикетування) дозволяє зменшити їх об'єм і покращити властивості як твердого палива [287]. Енергетичні властивості, коефіцієнти

викидів і шлакові індекси залишків кукурудзи є важливими для їхнього можливого використання в енергетичних цілях [266].

Дослідження проведенні в Йорданії свідчать про високий вміст летючих речовин і кисню в листках кукурудзи після збирання. Вихід газу та вища теплотворна здатність збільшувались із підвищенням температури, тоді як вміст води зменшувався. Листя кукурудзи вирощеного в Йорданії в деяких аспектах відрізнялося від листя з інших країн [178].

Стрижні качана кукурудзи, залишки виноградної лози та соняшнику були піддані експериментам піролізу з використанням кількох методів для вивчення термічної поведінки та характеристики енергетичного потенціалу. Загалом результати експериментів підтвердили придатність зразків біомаси для виробництва біопалива [201].

Результати отримані в Іспанії вказують на важливість збору післяжнивних відходів кукурудзи, уникаючи контакту з ґрунтом, оскільки це значно погіршує термічні властивості майбутнього палива. Кращі паливні характеристики спостерігалися при поєднанні стрижнів і обгорток качанів та стебел кукурудзи. Під час процесу спалювання зразки, що містили стебла кукурудзи, показали кращі паливні властивості, але це поліпшення не переважило негативних наслідків, пов'язаних зі збільшенням вмісту золи, особливо в разі пелетування [250].

Окрім переваг використання біомаси як джерела палива, слід також враховувати технічні проблеми, пов'язані з неорганічною частиною палива з біомаси [254]. Основні золоутворюючі компоненти легко виділяються та вступають у реакцію з іншими елементами золи, утворюючи сполуки з низькою температурою плавлення, що призводить до спікання золи, забруднення та високотемпературної корозії [285]. Зростаючий інтерес до спалювання різних типів біомаси також вимагає дослідження питання викидів токсичних компонентів, що є необхідним з точки зору оцінки впливу на навколишнє середовище. Досі існує значна невизначеність в оцінці впливу викидів забруднюючих речовин, що супроводжують спалювання біомаси, на якість

повітря в місцевому масштабі [258]. Це пов'язано не лише з відсутністю даних щодо обсягів спалювання біомаси, а й даних по коефіцієнтам викидів, що характеризують фактичне спалювання біомаси. Тільки комплексне оцінювання параметрів, пов'язаних із використанням різних видів біомаси в енергетичних цілях, дасть змогу досягти максимальної енергетичної ефективності біомаси за мінімальних зусиль, необхідних для її отримання, та знизити негативний вплив на навколишнє середовище [266].

1.2. Використання макро- і мікроелементів у системі удобрення кукурудзи

Сучасна стратегія розвитку агропромислового комплексу України характеризується високою наукоємністю, в якій велике значення має стабілізація виробництва зерна з одночасним удосконаленням агротехнологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур [75, 154]. Важливою метою сталого сільського господарства є гарантування високої врожайності, родючості ґрунту та стабільності врожаю [17].

Інтенсивні технології вирощування базуються на широкому використанні мінеральних добрив і пестицидів, нерегульоване застосування яких економічно невиправдане й екологічно небезпечне. Тому, останніми роками дедалі більша увага приділяється пошуку альтернативних засобів впливу на врожайність і якість продукції. Перспективним у цьому напрямку видається введення у виробництво рослин мікродобрив і регуляторів росту рослин, що збільшують потенціал біологічної продуктивності рослин та підвищують їх адаптивну здатність до стресових факторів навколишнього середовища [29, 43].

Потенціал урожайності сучасних гібридів кукурудзи досить високий і становить 16–18 т/га у виробничих умовах за оптимального поєднання максимальної кількості факторів життя рослин [4, 16, 44]. Збалансоване забезпечення рослин вологою, поживними речовинами та теплом сприяє отриманню таких високих урожаїв [123].

Поміж інших зернових культур, кукурудза має найбільшу винос та коефіцієнт засвоєння мікроелементів із ґрунту. Для формування 1 тони зерна та відповідної кількості органів росту кукурудза виносить з ґрунту 1 га, кг/га : N – 20–30, P_2O_5 – 8–10, K_2O – 15–17 а також багато магнію (Mg) – 6–10, сірки (S) – 4–5, марганцю (Mn) – 0,15, цинку (Zn) – 0,05–0,1, бору (B) – 0,01–0,02, молібдену (Mo) – 0,01, заліза (Fe) – 0,2, та інших мікроелементів. Традиційно ця культура розглядається як «індикатор» вмісту мікроелементів у ґрунті. Кукурудза особливо чутлива до використання цинку (Zn), марганцю (Mn), міді (Cu) та бору (B). Дефіцит цих елементів пригнічує ріст і розвиток рослин та знижує врожайність [145].

Серед безлічі агротехнічних засобів, що впливають на ріст, розвиток і урожайність гібридів кукурудзи, чільне місце посідає система забезпечення рослин поживними речовинами [173, 246]. Здебільшого це пов'язано з відносно коротким вегетаційним періодом, упродовж якого формується багато органів і відбувається поглинання поживних речовин рослинами кукурудзи [15]. За вирощування кукурудзи на зерно головним фактором є не тільки кількість поживних речовин, що вносяться з певним видом добрив, але і їх взаємне співвідношення [295]. Макро- та мікроелементи можуть набувати нових функцій, що визначаються їх фізичними, хімічними та біологічними властивостями. Таким чином, вивчення можливих взаємодій між окремими елементами відкриває широкі можливості для їх ефективного поглинання кореневою системою або листовим апаратом та наступним транспортуванням в рослинний організм [225].

Внесення добрив не тільки підвищує продуктивність кукурудзи, а й може відігравати значну роль у досягненні цілей сталого сільського господарства [151, 274]. Незважаючи на широке використання мінеральних добрив при вирощуванні кукурудзи, наявна обмежена інформація щодо їхнього впливу на стабільність урожаю та взаємозв'язок між родючістю ґрунту, кліматичними факторами та врожайністю [241]. Ефективність застосування добрив напряду залежить від кліматичних умов, родючості ґрунту, біологічних особливостей

сортів і гібридів, типу добрив, способу внесення, норми внесення та співвідношення поживних речовин [143].

Найбільше поживних речовин кукурудза потребує перед викиданням волоті і під час формування качанів [102, 110, 213, 282]. Максимальне споживання азоту кукурудзою починається з моменту появи волоті і триває до молочно-воскової стиглості зерна [83].

В сучасних умовах, в Україні та за кордоном проведено безліч дослідів з оптимізації азотного живлення рослин кукурудзи, але не розроблена універсальна технологія, яку можна було б використовувати в усіх ґрунтово-кліматичних зонах. Враховуючи біологічні особливості кукурудзи важливим питанням є пошук оптимальних форм мінеральних добрив, які були б доступними для рослин саме в такий момент [115]. Азот більш інтенсивно надходить у рослину кукурудзи, починаючи з фази 6–8 листків. Важливим періодом для поглинання азоту рослинами кукурудзи є фаза цвітіння (період викидання волоті). У цей період високі температури повітря прискорюють процес мінералізації та вивільняють із ґрунту рухомі сполуки азоту. Кількість, що залишилася, тобто 10–13 % азоту, використовується рослиною під час формування зерна [88, 112].

Рослини кукурудзи добре ростуть за застосування КАС (карбамідно-аміачної суміші), як основного добрива та у підживлення. Його додають під оранку або під культивування із розрахунку 2 т/га (60 кг/га діючої речовини) з обов'язковою заробкою в ґрунт. Пролонгований азот зі складу КАС стане доступним для кукурудзи на момент появи її сходів, а швидкий – дозволить уникнути можливої появи дефіциту надалі [78].

За вирощування на зрошенні кукурудза здебільшого потребує внесення азотних добрив через високу швидкість виносу азоту рослинами, відносно низький вміст органічної речовини в ґрунті, часткове вимивання рухомих сполук азоту та денітрифікацію ґрунту після поливів. Дефіцит азоту в ґрунті сповільнює розвиток рослин і знижує інтенсивність білкового обміну та фотосинтезу [111].

Кількість азотних добрив, що вносяться під кукурудзу, залежить від рівня запланованої врожайності та виносу основних елементів живлення одиницею врожаю. Наприклад, деякі дослідники оцінюють кількість внесеного мінерального азоту в N_{15} на тонну на родючих ґрунтах і N_{20} на тонну на більш бідних ґрунтах. За зрошення доза азотних мінеральних добрив значно вища [23, 155].

Водночас, за даними американських вчених, кукурудза поглинає велику частину азоту, близько 67 % з ґрунту, а не з добрив [217]. Після кожного збору врожаю вчені аналізували біомасу та зерно кукурудзи на вміст азоту, відносячи мічений азот як отриманий з добрив, а немічений азот – з ґрунту. У всіх дослідженнях, які включали як бідні, так і родючі ґрунти в штаті Іллінойс, більша частина азоту в кукурудзі під час збору врожаю була неміченою [216, 218].

Високий рівень фосфорного живлення має вирішальне значення на ранніх стадіях росту і розвитку кукурудзи. Недостатнє постачання культури фосфором у цей час призводить до недорозвинення качанів і зниження товарності. У подальші фази росту і розвитку фосфор повинен надходити в культуру в найбільш критичний період інтенсивного росту, починаючи з 15–20 днів до цвітіння і завершується після цієї фази. Фосфорне живлення також необхідне рослинами наприкінці вегетації – починаючи від фази формування й наливу зерна. Оптимальна забезпеченість рослин фосфором сприяє формуванню потужної кореневої системи та підвищує посухостійкість рослин, що дуже важливо за вирощування культури в посушливих умовах півдня України [59]. Дефіцит фосфорного живлення погано впливає на умови формування кореневої системи, порушує розвиток репродуктивних органів і значно затримує дозрівання рослин [139].

Також протягом майже всього вегетаційного періоду кукурудзи проявляються високі потреби рослин у калії, особливо від початку сходів і до викидання рослинами волоті [177]. У подальшому, включно до завершення фази цвітіння, він теж потрібний рослинам у достатній кількості. Нестача калію на

початку вегетаційного періоду затримує ріст і розвиток молодих рослин кукурудзи, а у більш пізні терміни – призводить до формування вкорочених міжвузлів, низькорослості рослин, недостатнього накопичення вегетативної маси і, загалом, зниження зернової продуктивності культури. Оптимальна забезпеченість рослин кукурудзи калієм сприяє більш ефективному засвоєнню рослинами азоту і фосфору з внесених мінеральних добрив і ґрунту [41, 107].

За даними досліджень Р. В. Говенько і Т. В. Антал [28] визначено, що засвоєння азоту рослинами значною мірою визначається гідротермічними умовами року. При цьому спостерігалися значні відмінності в рівні врожайності залежно від виду азотних добрив і кліматичних умов. В найсприятливішому для росту, розвитку та формування урожайності кукурудзи виявився 2020 р. максимальна урожайність гібриду ЕС Конкорд становила 9,2 т/га при застосуванні добрив КАС 32 у нормі 120 кг/га д. р., що перевищило показник урожайності на контролі на 2,40 т/га.

Застосування макродобрив в умовах Лісостепу України дає змогу забезпечити отримання високих показників урожайності зеленої та сухої маси у фазу молочно-воскової стиглості зерна у гібридів кукурудзи на рівні 40,9–48,9 і 14,7–17,7 т/га [123].

За даними досліджень L. S. Ayeni [182] встановлено, що у порівнянні із контролем, за внесення мінеральних добрив ($N_{15}P_{15}K_{15}$), органічних добрив та органо-мінеральних добрив значно збільшувалась висота рослин кукурудзи, площа листків, їхня кількість і урожайність зерна та побічної продукції.

За даними Y.A. Mahmood та ін. [244], значне збільшення врожайності зерна кукурудзи спостерігалось при сумісному застосуванні органічних, мінеральних добрив та позакореневим підживленням гуміновою кислотою – 9,52 т/га, що вище на 341,7%, порівняно із контролем. Це пояснюється надходженням поживних речовин до рослин і взаємодією між добривами, підвищенням ефективності біологічних процесів у рослинах та збільшенням вмісту хлорофілу.

Дворічне дослідження, проведене в Єгипті показало, що збільшення дози внесення азотних добрив з 60 кг/га до 120 кг/га д.р. значно підвищило врожайність зерна кукурудзи та вміст протеїну. Ефект від позакореневого внесення гумінової кислоти також був позитивним у всіх варіантах експерименту [175].

Вважається, що добрива високоефективні за тих норм внесення, які найповніше відповідають потребам гібридів кукурудзи різних біологічних типів. Тому під кукурудзу використовуються добрива ($N_{90-120}P_{40-60}K_{40-60}$), які сприяють формуванню максимального врожаю зерна. Використання більш високих доз добрив ($N_{100-120}P_{50-60}K_{50-60}$) збільшить витрати енергії в 1,5–2 рази а також знижується їх окупність майже на 50%. Застосування мінеральних добрив у кількості понад 90 кг/га д. р. під кукурудзу неможливе на родючих чорноземних ґрунтах. Використання мінеральних добрив під кукурудзу в дозах, які перевищують 90 кг/га д.р. на родючих чорноземних ґрунтах призводить до непродуктивного використання елементів живлення [33, 42].

Застосування половини дози азотних добрив у ґрунтове внесення та іншої половини у позакореневе обприскування підвищило врожайність зерна кукурудзи на 43%, порівняно із результатами, отриманими при застосуванні повної дози азотних добрив (100 кг/га, д.р.) [227]. Позакореневе внесення макродобрив (NPK) може використовуватися, як доповнення до внесення добрив у ґрунт [240].

У Полтавській області найбільшу урожайність гібридів кукурудзи ДН Патріот і ДН Фієста було одержано за умови внесення мінеральних добрив дозою $N_{45}P_{40}K_{60}$ + позакореневого підживлення карбамідом (15 кг/га) та мікродобривом Новалон Фоліар (1,0 кг/га) у фазу 5–6 листків на фоні полицевого обробітку ґрунту. Приріст урожайності зерна гібридів відносно контролю становив, відповідно 1,06 і 1,20 т/га або 19,2 і 18,9% [97].

Максимальний рівень урожайності зерна кукурудзи в Західному Лісостепу забезпечує внесення повного мінерального добрива у нормі $N_{160}P_{120}K_{120}$ з проведенням позакореневого підживлення мікродобривами, карбамідом 5% і

сульфатом магнію 5%. У середньому, за три роки урожайність становила 13,24 т/га, що на 1,05 т/га перевищило аналогічний варіант дослід, але без проведення підживлення [170].

За результатами О.В. Трубілова [159], під впливом мінеральних добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$, які вносили під першу культивування, приріст врожайності зерна становив 0,40 т/га, практично таким він був за внесення добрив при сівбі дозою $N_{30}P_{30}K_{30}$ (приріст 0,41 т/га). Максимальний ефект одержано від внесення $N_{45}P_{45}$ під культивування і $N_{15}P_{15}K_{15}$ при сівбі, приріст урожайності зерна становив 0,80 т/га.

О. Іванішин та ін. [228] встановили, що оптимальну урожайність за роки досліджень, отримано у середньораннього гібриду кукурудзи КВС 2323 та середньостиглого КВС 381: 11,1–11,2 та 10,5–10,7 т/га на варіантах з дозою макродобрив 250 кг/га та мікродобрива 3 л/га, а також макродобрива 300 кг/га та мікродобрива 2 і 3 л/га.

Продукційний процес кукурудзи оптимізується за поєднаного використання $N_{90}P_{60}K_{90}$ і люпинового сидерату; при цьому формуються сприятливі показники вмісту сполук біогенних елементів в орному і підорному шарах ґрунту, зростає щільність посівів, чиста продуктивність фотосинтезу [109].

Останніми роками використання регуляторів росту та мікродобрив набуло доволі широкого поширення в сільськогосподарському виробництві. Вони стають невід'ємною частиною інтенсивних технологій рослинництва. Регулятори росту особливо важливі в тих випадках, коли технології вирощування не відповідають генетичному потенціалу сорту, забезпечуючи достатню надійність і захист генотипів від несприятливої дії біотичних та абіотичних факторів середовища [93, 162, 167].

Сьогодні виробництву пропонується низка мікродобрив, які стимулюють проростання насіння, регулюють ростові процеси, підвищують стійкість до хвороб, зменшують втрати врожаю, але ефективність їх дії різна і це потребує наукового обґрунтування та практичних рекомендацій [41, 179].

Використання регуляторів росту і добрив може призвести до підвищення продуктивності та поліпшення якості продукції, а також до поліпшення умов сільськогосподарського виробництва, оскільки спільне використання регуляторів росту рослин і мікродобрив потенційно може знизити споживання фунгіцидів та інсектицидів на 25–40 % [34, 122]. Необхідність застосування мікродобрив при вирощуванні сільськогосподарських культур, зумовлена кількома причинами: використання високоврожайних гібридів, збільшення врожайності яких може призвести до зниження вмісту мікроелементів у продуктивній масі; покращення якості зерна; підвищення стійкості до хвороб та несприятливих факторів; збалансоване живлення рослин та збагачення рослинницької продукції мікроелементами [205].

Позитивна дія мікроелементів на рослини зумовлена ще й тим, що вони приймають участь в окислювально-відновлювальних процесах вуглеводів навколишнього середовища. Під впливом мікроелементів в листках збільшується склад хлорофілу, покращується фотосинтез, підвищується асимілююча дія рослини [249]. Позакореневе внесення різних видів добрив є економічно ефективним способом поповнення дефіциту поживних речовин, особливо в несприятливих умовах [95]. Оптимальне забезпечення мікроелементами прискорює розвиток рослин і дозрівання насіння, а також підвищує посухо- та холодостійкість [32].

Цинк (Zn) приймає участь у азотному обміні, сприяє синтезу амінокислоти триптофану, яка виступає регулятором росту рослин. Цинк також входить до ферментних систем, які регулюють вуглеводний, жировий, фосфорний обміни та біосинтез вітамінів. Застосування високих доз фосфорних та калійних, вапнякових добрив, низька температура ґрунту, ущільнення його, низький вміст органічної речовини, високий вміст фосфору (P), кальцію (Ca), магнію (Mg) або міді (Cu) в ньому знижує доступність цинку для рослин [91, 142].

Марганець (Mn) поліпшує засвоєння сполук мінерального азоту, активізує процеси дихання, фотосинтез та ріст кореневої системи. Піщані ґрунти (легкого гранулометричного складу), високий вміст органічної речовини, високий вміст

заліза (Fe), міді (Cu) і цинку (Zn) у ґрунті знижують доступність марганцю для рослин. Мідь (Cu) підвищує стійкість рослин до низьких температур повітря, особливо на ранніх фазах, а також посухостійкість та жаростійкість рослин. Мідь також регулює вуглеводний та білковий обміни. Застосування високих доз азотних, вапнякових добрив та високий вміст азоту (N), фосфору (P) та цинку (Zn) в ґрунті знижує доступність міді для рослин [136].

Бор (B) сприяє росту меристемних тканин вегетативних органів та кореневої системи рослин, проростанню пилку в пилкових трубках, підвищує його фертильність, що поліпшує процеси плодоношення та збільшує врожайність кукурудзи. Посушливі умови, високий вміст азоту (N), сполук кальцію (Ca) і калію (K) в ґрунті знижують доступність бору для рослин [173].

Використання мікродобрив і стимуляторів росту на посівах кукурудзи позитивно впливає на ріст і розвиток рослин, що своєю чергою позначається на формуванні врожайності. Внесенням мікродобрив та регуляторів росту, незалежно від групи стиглості гібрида, підвищують урожайність зерна кукурудзи на 0,38–1,26 т/га. Найкращий ефект від застосування мікродобрив і регуляторів росту спостерігався у середньо- та пізньостиглих гібридів [94].

В умовах Лісостепу України, обробка насіння кукурудзи мікродобривами YaraVita Teprosyn NP+Zn (5 л/т) + обприскування рослин кукурудзи у фазі 3–5 листків YaraVita Maize Boost (4 л/га) дає змогу отримати показник урожайності зеленої та сухої маси на 1,2–3,8 %, а при обробці насіння YaraTera Tenso Cocktail (0,15 кг/т) + обприскуванні рослин кукурудзи у фазі 3–5 листків YaraVita Kombiphos (3 л/га) на 1,5–4,2 %, у порівнянні із варіантами без їх використання [123].

Визначено, що залежно від гібриду кукурудзи, дози макро- та мікродобрив і внесення мікродобрив урожайність кукурудзи підвищується на 1,4–24,0 %, порівняно із варіантами без їх використання [213]. Застосування добрив підвищувало врожайність зеленої та сухої маси кукурудзи на 9,8–22,1 % та 7,7–19,2 %, у порівнянні із контрольними варіантами. За внесення мінеральних

добрив у дозах $N_{100}P_{80}K_{80}$ врожайність зеленої та сухої маси кукурудзи була на 18,8 т/га та 5,1 т/га вищою, ніж на контролі [46].

В дослідженні С. М. Каленської і Р. В. Говенько [76] визначено, що максимальний позитивний ефект від використання добрива Гумілін Стимул у нормі 3 л/га зафіксовано на варіанті використання підживлення у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) та одноразового внесення. В середньому, за три роки досліджень, рівень урожайності у гібриду ЕС Конкорд з даного варіанту складав 8,87 т/га, а у гібриду Астероїд – 8,56 т/га відповідно, з суттєвим приростом урожайності по варіантах експерименту та відносно контролю.

При листовому застосуванні комплексних мінеральних добрив Plantonit Frumentum і Plantonit Grain продуктивність кукурудзи зростала на 6,0 і 5,4%, порівняно із внесенням лише $N_{60}P_{60}K_{60}$. При внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Plantonit Grain ранньостиглі гібриди збільшували врожайність зерна на 1,76 т/га, середньоранні на 2,11 т/га, середньостиглі на 1,96 т/га. При цьому найвищий приріст врожайності спостерігався у середньоранніх та середньостиглих гібридів (1,48–2,32 т/га) [44].

Найбільшу ефективність в умовах Західного Лісостепу України мало проведення позакореневого підживлення у фазі ВВСН 20 (10 листків) мікродобривами, карбамідом та сульфатом магнію. Найвищий рівень врожайності отримали за удобрення $N_{160}P_{80}K_{140}$ при підживленні у фазі 10 листків, що становить 13,24 т/га [170].

Найвищу врожайність зерна кукурудзи в умовах Лісостепу України було одержано за дворазового підживлення Моноцинк + Біомаг + Вимпел у фазу 5–7 та 10–12 листків – 8,18 т/га у гібрида ранньостиглої групи. Приріст врожайності, залежно від позакореневих підживлень та групи стиглості гібрида становив 0,72–1,50 т/га [134].

1.3. Значення десикації у технології вирощування сільськогосподарських культур

Десиканти – хімічні речовини, що використовуються в сільськогосподарському виробництві для прискорення підготовки посівів до механічного збирання. Їх використання дозволяє обмежити поширення хвороб знизити витрати та оптимізувати строки збирання врожаю. Десикація не впливає на якість насіння але його схожість та біологічний потенціал урожайності культур зберігається. Десикація є важливою операцією в технології вирощування сільськогосподарських культур, яка дозволяє отримати ранній урожай, тривале зберігання та виробництво зерна високої якості. Через необхідність енергозбереження необхідно зменшити високі витрати на післязбиральне сушіння зерна за допомогою відповідних механізмів та машин. Збирання зерна з низьким вмістом вологи має подвійну перевагу: економію витрат і покращення якості насіння [230].

У стійких до висихання рослин вегетативні органи можуть висихати приблизно до 4–13%, тоді як чутливі до висихання рослини гинуть, вміст води становить менше 20–50% [256]. Посухостійкі рослини мають різні показники адаптації до стресу. Залежно від стану фотосинтетичного апарату, під час зневоднення рослини можна поділити на гомойогідричні та пойкилогідричні види [262]. Під час дегідратації у гомойогідричні види зберігають свій фотосинтетичний апарат і хлорофіли у формі, яка легко відновлюється, тоді як у пойкилогідричних видів висихання призводить до втрати хлорофілу, який повинен бути повторно синтезований після регідратації [255]. Стійкі до висихання рослини можна розділити також на основі відмінностей у молекулярному механізмі. Повністю стійкі до висихання рослини здатні протистояти швидкому висиханню та мають конститутивну толерантність, тоді як модифіковані види, стійкі до висихання, здатні пережити повільне висихання та володіти індукованою толерантністю [256]. Механізми, запропоновані для пояснення здатності вегетативних рослин, стійких до висихання, переживати висихання, включають накопичення сахарози, накопичення стресових білків,

підвищену здатність до згортання структур клітинної стінки та накопичення мембраностабілізуючих поліфенолів і антиоксидантів. Однак будь-який із вищезазначених механізмів може не мати такого ж ефекту на рослинах, чутливих до висихання [277].

Висушування спричиняють препарати та гербіциди з різними механізмами дії на основі диквату, гліфосату та глюфосинату амонію [153, 169]. Для прикладу, Дикват і Паракват – неселективні контактні гербіциди, що спричиняють висушування і дефоліацію [223]. Ці препарати діють шляхом пригнічення фотосинтезу в рослинах. Вони здатні до автоокислення відновлюючи кисень до супероксидних радикалів, які можуть прямо чи опосередковано спричинити загибель клітин і посилити висихання зерна і листя сільськогосподарських культур [207]. Етефон сприяє зменшенню росту рослин, що застосовується як дефоліант і десикант. Під час використання Етефону в рослині виділяється етилен, що сприяє загибелі різних вегетативних органів, таких як листя, квіти і плоди [188]. Дія гліфосату та глюфосинату амонію полягає в тому, що вони викликають загибель клітин, що в подальшому спричиняє повільне висихання рослин природним шляхом. Вони забезпечують знищення не лише надземної маси рослин, але й кореневої системи, тобто їх остаточна ефективність як десикантів значно вища [138]. Однак використання десикантів штучно прискорює дозрівання культур, що може негативно позначитися на їхній урожайності [116, 237].

На думку багатьох дослідників, використання Гліфосату як нетоксичного гербіциду який не є токсичним для нецільових організмів (наприклад, комах, водної флори та фауни, людей), і як дуже ефективного засобу боротьби з бур'янами є суперечливим через його широке використання існує все більше доказів його екотоксикологічного впливу на біорізноманіття агроecosистем [197, 232, 280]. Точне й повне уявлення про наявність, стійкість і переміщення залишків Гліфосату в пилку та нектарі різних видів рослин досі відсутнє [294].

Внесення десиканта на посівах кукурудзи зменшує накопичення сухої речовини в різних органах, причому найбільше у середньопізніх гібридів.

Швидкість дегідратації зерен після обприскування десикантами позитивно корелювала зі швидкістю зневоднення стебел і листків. Без негативного впливу на врожайність, обприскування десикантами збільшило загальну швидкість зневоднення рослин, скорочує час від цвітіння до фізіологічної стиглості та збільшує час від фізіологічної стиглості до збору врожаю, що сприяє подальшому зниженню вологості зерна перед збиранням [292]. Стебло кукурудзи зберігає велику кількість вуглеводів під час вегетативної стадії розвитку рослин. Ремобілізація цих резервів сприяє наливу зерна кукурудзи. Прискорення дегідратації зерен кукурудзи під час збирання без зниження врожайності має потенційну цінність для виробництва гібридного насіння кукурудзи [235].

В експерименті, проведеному в Університеті Міннесоти (США), гліфосат застосовували на кукурудзі в дозах 0,4, 0,8, 1,3 і 1,7 кг/га до фізіологічної стиглості (44–47 % вологості зерна) і у фізіологічній стиглості (35–39 % вологості зерна). Через три тижні після внесення, вміст води в зерні гібридів, оброблених до фізіологічної стиглості, був на 2,3–6,9 % нижчим, ніж у гібридів, оброблених до фізіологічної стиглості. Жодна з обробок гліфосатом не зменшила врожайність зерна кукурудзи [176]. Своєчасне застосування гліфосату, як десиканта, знижує вміст води в зерні на 22–35 %, не спричиняючи втрати врожайності та якості. При цьому він негативно впливає на фотосинтез, сприяючи дозріванню та старінню листків. У той же час, він також посилює ремобілізацію неструктурних вуглеводів (розчинних цукрів і крохмалю) з вегетативних органів до зерна [293].

Застосування гліфосату при вологості зерна кукурудзи 47 % призводило до значного зниження вологості та маси зерна під час збирання. Коли посіви кукурудзи обробляли при вологості зерна від 30 до 15 %, гліфосат не впливав на вилягання, врожайність, вологість або масу зерна. Застосування гліфосату не впливало на схожість насіння кукурудзи. Але, обробка посівів при вологості зерна 35 % і вище призводила до суттєвого зниження енергії проростання насіння [275].

Дослідженнями проведеними у провінції Хейлунцзян (Китай) було доведено, що суміш етефону і тідіазурону ефективно знижує вміст вологи в зерні кукурудзи та покращує врожайність і якість збирання. Також ця комбінація препаратів значно прискорили старіння листя, збільшили швидкість зневоднення а також зменшили тривалість наливу зерна [239].

Результати дослідження W. Сао та ін. [192] показали, що застосування Диквату на стадії R5 зерна прискорює дегідратацію кукурудзи. Вологість зменшувалася на 2,37 %, 2,01 % і 2,44 %, залежно від концентрації препарату. Після внесення Диквату урожайність зерна, структура врожаю, вміст крохмалю, білка та жиру в зерні кукурудзи не змінилися.

В умовах Бразилії було проведено оцінку ефективності застосування гербіцидів Паракват і Дикват, як десикантів в посівах кукурудзи за 14 і 7 днів до фізіологічної стиглості зерна кукурудзи та 7 днів після. Встановлено, що десиканти не впливали на висоту рослин, продуктивність та якість зерна, хоча візуально спостерігалось, що Паракват діє швидше, ніж Дикват, руйнуючи тканину листків рослин. Статистичні відмінності, виявлені між двома десикантами показали, що Дикват був ефективнішим, ніж Паракват. Застосування десикантів за 14 діб до фізіологічної стиглості зерна кукурудзи призвело до зниження врожаю зерна через зменшення маси сухої речовини зерна. Використання Параквату також призвело до отримання зерна з більшою захворюваністю *Fusarium subglutinans* і його застосування за 14 діб до фізіологічної стиглості зерна сприяло найбільшій ураженості цією грибковою хворобою [242].

R. W. Gesch та ін. [210] встановили, що застосовування хлорату натрію, як десиканта кукурудзи на ранній (D1), середній (D2) і фізіологічній (D3) фазах розвитку зерна, прискорило збір врожаю кукурудзи на 1–3 тижні, порівняно із ділянками без їх використання. Обробки у фазу D2 і D3 не вплинули на врожайність зерна кукурудзи, але вона зменшилася на 16 % за використання у фазу D1.

Гербициди Паракват, Паракват + Діурон і Глюфосинат амонію знижували вологість листя і волоті сорго, але тільки Глюфосинат амонію знижував вологість стебел. Паракват + Діурон має кращий вплив на втрату вологи біомасою рослин і тому має більший потенціал для використання для передзбиральної десикації. Однак застосування гербицидів сприяє швидшій дефоліації, а тому збирання врожаю слід проводити протягом 14 днів після їх застосування [198].

Застосування десикантів за вологості насіння вище 30 % значно зменшує врожайність сочевиці та збільшує залишки Гліфосату в зібраному врожаї [291].

Контрольована обробка десикантами пшениці після наливу зерна дає змогу регулювати співвідношення між старінням і ремобілізацією та сприяти формуванню зерна [288].

Дикват, Паракват та Етефон зменшували вміст вологи в зерні рису від 0,5 до 6,4 %, схожість насіння на 3,3 %, енергію проростання на 13,3%. Дикват у дозі 120 г/га зумовлює ефективну десикацію з меншим негативним впливом на масу зерна та енергію проростання насіння [221].

Полеві випробування, проведені в Оклахомі (США) у 2017 та 2018 роках, показали, що використання десикантів сприяло більш швидкому та більшому висиханню рослини сорго зернового, причому застосування гліфосату та гліфосату+сафлуфенацил сприяло найбільшому зниженню вологості. На відміну від вологості рослин, вологість зерна не зазнавала постійного впливу десикації. Загалом було виявлено, що як гліфосат, так і комбінація гліфосату з сафлуфенацилом забезпечують краще висихання порівняно з окремим використанням сафлуфенацилу, карфентразону і хлорату натрію [184].

Використання десикантів у технології вирощування гречки поліпшує збирання врожаю за рахунок скорочення часу на збирання та мінімізації втрат високоякісного зерна в усіх досліджуваних сортів. Найефективнішою дозою десиканта Ураган Форте є 3,5 л/га, використання якої забезпечує на 85 добу після повних сходів однофазний збір найвищого рівня врожайності – відповідно 1,41 т/га (сорт Малинка); 1,67 (Антарія); 1,62 (Єлена) і 1,56 т/га (сорт Крупнозелена).

Такі результати забезпечує й застосування десиканта Раундап дозою 4,0 л/га [138].

Висновки до розділу 1

Аналіз наукових джерел вітчизняних та зарубіжних дослідників, пов'язаних з проблемою досліджень, дозволили зробити висновок про те, що у вирощуванні кукурудзи було досягнуто значних успіхів завдяки використанню високопродуктивних інноваційних гібридів, інтенсифікації технології і впровадженню ефективних систем удобрення, але деякі питання залишаються недостатньо вивченими, зокрема вплив макро- і мікродобрив та десикантів на урожайність і якість основної і побічної продукції цієї культури. Також потребує теоретичного і практичного обґрунтування можливість використання побічної продукції кукурудзи для виробництва паливних пелет. Це підтверджує актуальність теми дисертаційного дослідження та необхідність подальших досліджень з даної проблеми.

РОЗДІЛ 2
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови зони проведення досліджень

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводились в 2022–2024 рр. в ПСП «Агрофірма «Світанок» Білоцерківського району Київської області, розміщеному у зоні Правобережного Лісостепу України.

Рельєф Київської області плоский і загалом схиляється до долини Дніпра. Північна частина області розташована на Поліській низовині. Східна частина є частиною Придніпровської низовини. Південна та південно-західна частини знаходяться на Придніпровській височині (близько 273 м над рівнем моря) [56]. Щодо геологічного відношення, то Білоцерківський район розташований на кристалічних щитових породах України. Він розміщений в південно-західній частині Київської області, в межах Придніпровської височини. Поверхня платоподібна, хвиляста, густо пересічена річковими долинами та ущелинами. Територією району протікає річка Рось [131].

Клімат Білоцерківського району є помірно-континентальним, теплим, із достатнім зволоженням. Зима м’яка, середня температура січня –6 °С (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Кліматична характеристика Білоцерківського району [131]

Показник	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Рік
Абсолютний максимум, °С	7,3						35,4	39,1					
Середній максимум, °С	-3,0	-1,0	4,0	13,0	20,0	23,0	24,0	24,0	21,0	12,0	4,0	0,1	14,0
Середня температура, °С	0,5	1,0	4,1	10,2	14,9	18,9	19,8	20,1	14,1	11,3	7,4	3,5	6,9
Середній мінімум, °С	-8,0	-7,0	-2,0	4,0	9,0	13,0	14,0	13,0	9,0	4,0	-1,0	-5,0	9,0
Абсолютний мінімум, °С	-21,2	-28,5					20,4	12,6					

За даними Білоцерківської метеостанції, середня багаторічна температура повітря становить $+ 6,9^{\circ}\text{C}$ з коливаннями від мінімальної $+ 9,0^{\circ}\text{C}$ до максимальної $+ 14,0^{\circ}\text{C}$. Середня тривалість безморозного (вегетаційного) періоду 160–170 днів. Для регіону відмінним є різке коливання температури повітря взимку. Максимальна глибина промерзання ґрунту спостерігається на глибині 126 см. Перехід температури через 0°C починається у кінці жовтня та закінчуються на початку квітня (перша декада). Сума активних температур за вегетаційний період коливається в межах від 2600 до 2680 $^{\circ}\text{C}$. Літо тепле, середня температура липня від 18 до 20 $^{\circ}\text{C}$, а максимальна денна температура досягає $+ 35,4\text{--}39,1^{\circ}\text{C}$ (табл. 2.1). Середньорічна кількість опадів 500–600 мм, коефіцієнт зволоження 1,3. Основна кількість опадів (70 %) припадає на теплий період року – квітень-жовтень. В районі переважають вітри західних і південно-західних напрямків.

У Київській області площа сільськогосподарських угідь становить 1658,9 тис. га, це 58,9 % від загальної площі області. Посівні площі охоплюють 1353,7 га, або 48,1 % від загальної площі області, сільськогосподарські угіддя – 81,4 %, з яких 81,6 % – рілля, 8 % – пасовища, 6,9 % – сінокіс, 2,8 % – багаторічні насадження та 0,7 % – перелogi [56]. З огляду на те, що ґрунти Київської області загалом середні за вмістом рухомих поживних речовин, отримати високі врожаї тільки за рахунок природної родючості не є можливим. Продуктивність культур знижується, якщо не дотримуватися науково обґрунтованих рекомендацій щодо внесення добрив. Незадовільні агроекологічні умови, характерні для значної частини сільськогосподарських угідь Київської області, є наслідком не лише різкого зниження родючості ґрунтів, а й надмірного розвитку та обробітку сільськогосподарських культур, що своєю чергою негативно впливає на екологічну стійкість ландшафту [137].

Ґрунт на дослідних ділянках відноситься до чорнозему глибокого середньосуглинкового на лесовидному суглинку. Цей вид ґрунту типовий для Лісостепової частини Київської області. Орний шар ґрунту (0–30 см) має зернисто-пиловату структуру, а підорний шар – горіхово-зернисту структуру.

Підґрунтові води розміщуються на глибині 3–5 метрів. Материнська порода складається з карбонатного лесу, розташованого на глибині 180–200 см.

Чорноземні ґрунти господарства мають високі показники родючості, зі значним вмістом валових та рухомих форм поживних речовин. За даними агрохімічного обстеження ТОВ «Грано плюс» у 2022 р. чорнозем глибокий середньо суглинковий на дослідних ділянках характеризується нейтральною реакцією ґрунтового розчину з середнім вмістом гумусу, лужногідролізованого азоту, обмінного калію та високим вмістом рухомих сполук фосфору (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Агрохімічні показники ґрунту дослідної ділянки (0–30 см)

Гумус, % (за Тюріним)	Азот легкогідролізних сполук, мг/кг (за Корнфілдом)	Рухомі сполуки, мг/кг ґрунту (за Кірсановим)		рН сол.
		фосфору	калію	
2,29	114,3	112,2	70,4	6,28

Сума ввібраних основ становить 27,3 мг-екв/100 г ґрунту, гідролітична кислотність – 1,2 мг-екв/100 г. Мінеральна тверда фаза ґрунту складається з 37 % фізичної глини та 63 % піску. У рівноважному стані щільність ґрунту коливається в межах 1,15–1,26 г/см³, а вологість стійкого в’янення – 10,5 %.

2.2. Погодні умови в роки досліджень

Аналіз погодних умов вегетаційного періоду кукурудзи (травень-вересень) у 2022–2024 рр. проводили з використанням даних Васильківського метеопосту (м. Васильків).

На рисунках 2.1 та 2.2 наведено кількість опадів та середньомісячні температури повітря по місяцях в роки досліджень. У 2022 році вегетаційний період кукурудзи був відносно сприятливим. В травні температура повітря та сума опадів були на рівні середньо багаторічних показників, але основна їх частина (85 %) випало у третій декаді.

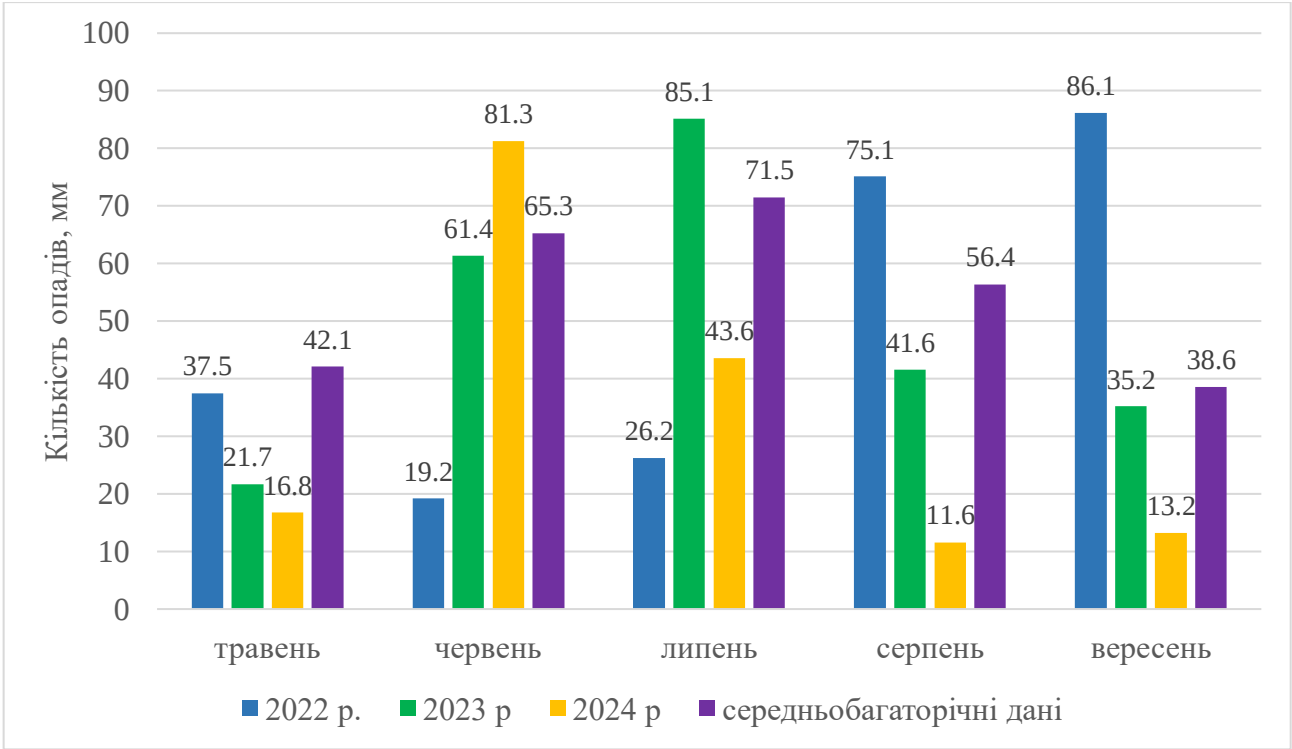


Рис. 2.1. Кількість опадів за період вегетації кукурудзи, мм (за даними Васильківського метеопосту)

В червні температура повітря перевищувала на 1,9 °С середньо багаторічні дані, а опадів випало на 46,1 мм менше від норми (65,3 мм).

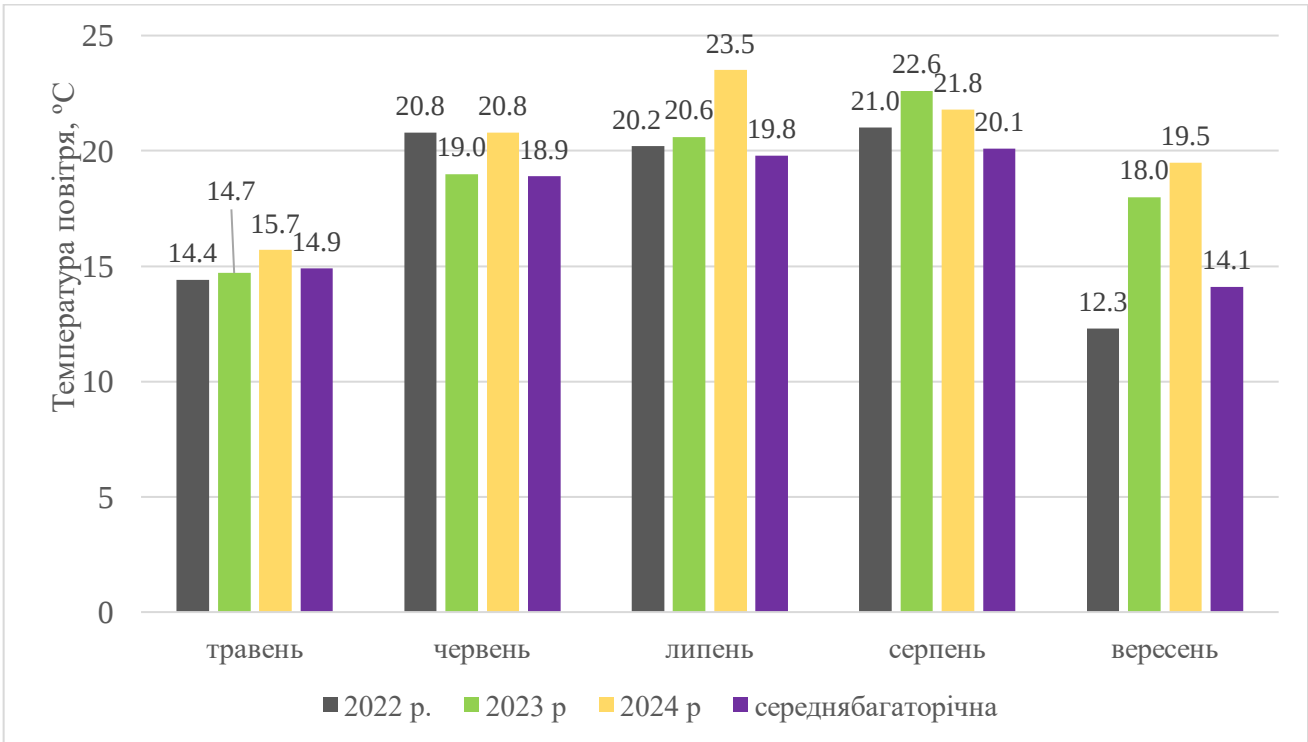


Рис. 2.2. Середньомісячна температура повітря за період вегетації кукурудзи, °С (за даними Васильківського метеопосту)

У липні середня добова температура була на 0,4 °C вище норми, а опадів випало на 60,4 % менше за середньорічну норму. Серпень за показниками температури перевищував середньобагаторічні дані на 0,9 °C, а кількість опадів була вищою на 33,2 % і становила 75,1 мм. У вересні відмічено значну кількість опадів (86,1 мм) та зменшення середньомісячної температури до 12,3 °C, що сприяло підвищенню вологості зерна та побічної продукції кукурудзи і затримувало збирання культури.

Щодо умов вегетаційного періоду кукурудзи в 2023 році, то в травні температура повітря була на рівні середньо багаторічних значень, в той час, як кількість опадів була меншою на 51,5 % (21,7 мм). Починаючи з червня, а також у липні і серпні фіксувались підвищення температур повітря і вони були на 0,1, 0,8 і 2,5 °C вище багаторічних значень. Опади в літні місяці випадали нерівномірно: в червні були в межах багаторічних значень, у липні перевищували на 13,6 мм норму, а у серпні дефіцит опадів становив 14,8 мм. У вересні кількість опадів була в межах норми 35,2 мм, а середньодобова температура повітря (18,0 °C) перевищувала багаторічні значення на 3,9 °C, що спричиняло скорочення періоду наливу зерна. В цілому 2023 р. був найбільш сприятливим для росту, розвитку та формування продуктивності рослинами кукурудзи.

Погодні умови вегетаційного періоду кукурудзи 2024 р. можна характеризувати, як несприятливі. Так, середня температура повітря перевищувала на 2,7 °C багаторічні значення, а опадів випало на 107,4 мм менше від норми. В травні кількість опадів становила 16,8 мм, що менше на 39,9 % від норми, а середньомісячна температура повітря була на 0,8 °C вищою від багаторічних показників. Червень відзначався надмірною кількістю опадів 81,3 (на 124,5 % вище норми) і високим температурним повітряним режимом (+ 20,8 °C). В липні, серпні і вересні відмічався значний дефіцит опадів, на 39,0, 79,4 і 65,8 % менше багаторічних даних і температури повітря вищі на 3,7, 1,7 і 5,4 °C, порівняно з багаторічними даними. Суттєвий дефіцит опадів протягом

тривалого часу сприяв погіршенню режиму зволоження ґрунту, в результаті чого врожайність основної і побічної продукції кукурудзи знизилася.

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) використовується для більш повної характеристики погодно-кліматичних умов у період вегетації сільськогосподарських культур: ГВК $< 0,4$ – дуже сильна посуха, ГТК від 0,4 до 0,5 – сильна посуха, ГТК від 0,5 до 0,6 – середня посуха, ГТК від 0,7 до 0,9 – слабка посуха, ГТК від 1,0 до 1,5 – достатньо вологий, ГТК $> 1,5$ – для надмірної вологості [87].

У травні 2022 р., на період появи сходів ГТК становив 0,8, а у 2023 і 2024 рр. – 0,5 і 0,3, що визначає ці періоди, як посушливі і дуже посушливі (рис. 2.3).

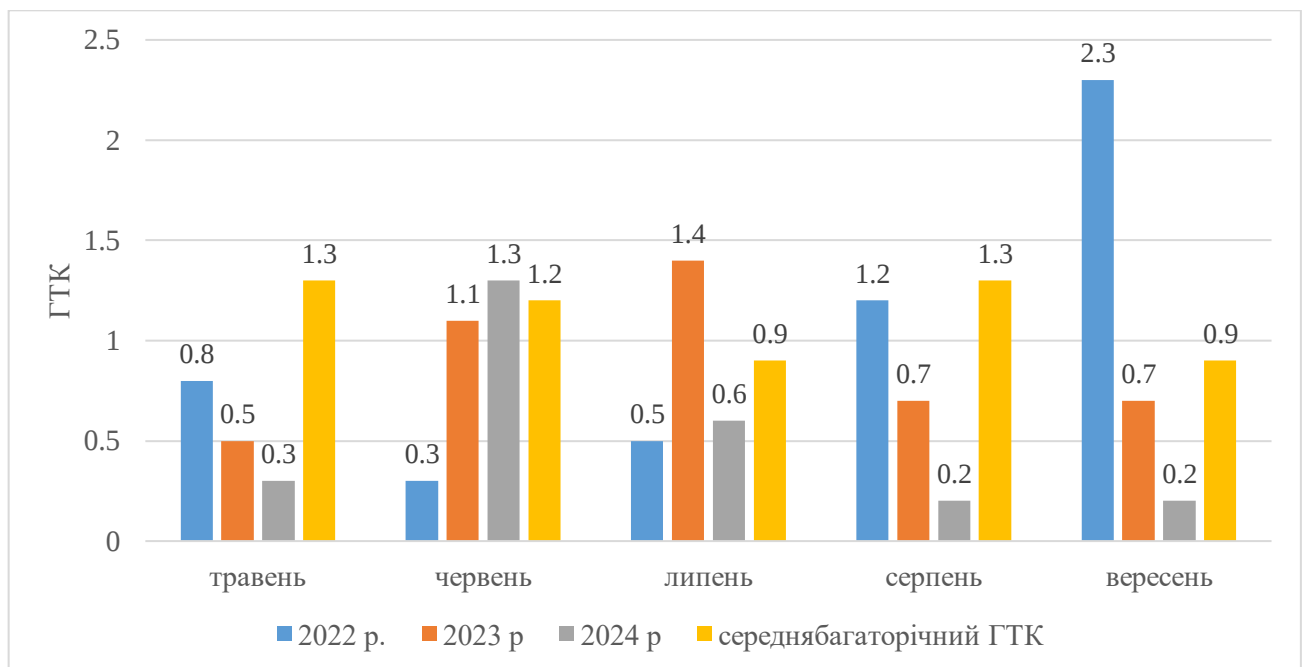


Рис. 2.3. Гідротермічний коефіцієнт за період вегетації кукурудзи

Високі температури та зниження кількості опадів у червні 2022 р. зумовили зменшення показників гідротермічного коефіцієнта до 0,3. Погодні умови червня 2023 і 2024 рр. були більш сприятливими і дозволили отримати показник ГТК на рівні 1,1 і 1,3.

Липень 2022 та 2024 рр. за показником ГТК був середньопосушливим, а у 2023 році – достатньо вологим. У серпні 2022 р. за співвідношення опадів до температурного режиму рівень зволоження визначався, як достатньо забезпечений вологою (1,2) у 2023 р. ГТК був на рівні 0,7, а у 2024 р.

спостерігалася сильна посуха – 0,2. Вересень 2022 р. був перезвоженим (2,3), у 2024 р. навпаки, занадто посушливим (0,2).

Розрахунок коефіцієнтів істотності відхилення кількості опадів від багаторічних даних вказують, що в період вегетації кукурудзи в 2022–2024 рр. із 15 місяців 9 відповідали категорії «умови, близькі до звичайних», 5 – «умови, що сильно відрізняються від середніх багаторічних» і 1 – «умови, наближені до рідкісних» (табл. 2.4).

Таблиця 2.3

Коефіцієнти суттєвості відхилень кількості опадів від середніх багаторічних даних (травень–вересень, 2022–2024 рр.)

Опади	Середнє багаторічне, мм	S	Середнє за місяцями, мм	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє
Травень	42,1	10,8	25,3	-0,43	-1,89	-2,34	-1,55
Червень	65,3	31,7	54,0	-1,45	-0,12	0,50	-0,36
Липень	71,5	30,3	51,6	-1,50	0,45	-0,92	-0,66
Серпень	56,4	31,8	42,8	0,59	-0,47	-1,41	-0,43
Вересень	38,6	37,4	44,8	1,27	-0,09	-0,68	0,17
Сума за вегетацію	273,9	141,9	218,5	-0,30	-0,42	-0,97	-0,57

Недостатніми за рівнем зволоження був 2024 р. ($K_c = -0,97$). Найбільший дефіцит вологи відмічено у всі роки у травні ($K_c = -0,43$, $-1,89$ і $-2,34$), липні 2022 і 2024 р. ($K_c = -1,50$ і $-0,92$). Найкращий режим зволоження був у 2023 р.

Аналіз середньомісячних температур повітря періодів вегетації кукурудзи в 2022–2024 рр. вказує, що значення коефіцієнтів суттєвості відхилень знаходились у діапазоні від $-0,47$ до $3,13$. При цьому, лише 6 місяців періоду вегетації відповідали категорії «умови, близькі до звичайних», тоді, як 6 – категорії «умови, що сильно відрізняються від середніх багаторічних» та 3 –

«умови, наближені до рідкісних» (табл. 2.4). В середньому по рокам, крім 2024 р., умови температурного режиму були близькими до звичайних.

Таблиця 2.4

Коефіцієнти суттєвості відхилень середньомісячних температур повітря від середніх багаторічних даних (травень–вересень, 2022–2024 рр.)

Температура повітря	Середня багаторічна, °C	S	Середнє за місяцями, °C	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє
Травень	14,9	0,7	14,9	-0,73	-0,29	1,18	0,05
Червень	18,9	1,0	20,2	1,83	0,10	1,83	1,25
Липень	19,8	1,8	21,4	0,22	0,44	2,05	0,91
Серпень	20,1	0,8	21,8	1,13	3,13	2,13	2,13
Вересень	14,1	3,8	16,6	-0,47	1,03	1,42	0,66
Сума за вегетацію	87,8	8,1	95,0	0,39	0,88	1,72	1,00

Позитивне значення коефіцієнтів суттєвості відхилень вказує на зростання температури повітря порівняно із середньобагаторічними показниками. Лише температурний режим травня в 2022 і 2023 рр. мав негативні показники ($K_c=-0,73$ і $-0,29$), що свідчить про зниження температури повітря в цей період.

Отже, за коефіцієнтами суттєвості відхилень опадів і температури повітря встановлено, що найкращі умови для росту та розвитку рослин кукурудзи були у 2023 р. і відносно сприятливими у 2022 р. Погодні умови 2024 р. негативно вплинули на формування продуктивності кукурудзи.

2.3. Схема та методика проведення досліджень

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили в 2022–2024 рр. у ПСП «Агрофірма «Світанок» Білоцерківського району Київської області у двох двохфакторних дослідках.

Дослід 1. Вплив мінеральних добрив та позакоренових підживлень мікродобривами на продуктивність основної та побічної продукції кукурудзи. Схема досліду наведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Схема польового досліду 1

Фактор А. Мінеральні добрива (кг/га д. р.)	Фактор В. Позакореневе підживлення мікродобривами
1.Без добрив (контроль)	1. Без застосування (контроль)
	2.Нутрівант Універсальний (2 кг/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи (ВВСН 13–16)
2.N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	3.Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи (ВВСН 13–16) + Атланте (0,5 л/га) у фазі 7-8 листків кукурудзи (ВВСН 17–18)
3.N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	4.Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі 3-4 листків кукурудзи (ВВСН 13–14) + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі 4-5 листків кукурудзи (ВВСН 15–16) + Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі 7-8 листків кукурудзи (ВВСН 17–18)
4.N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	

Дослід 2. Оцінка ефективності проведення десикації посівів кукурудзи

Таблиця 2.6

Схема польового досліду 2

Фактор А. Застосування десикантів	Фактор В. Строк застосування десикантів за вологості зерна, %
1.Без десикації (контроль)	1. 40
2.Реглон Супер (3 л/га)	
3.Раундап Макс (3 л/га)	2. 30
3.Баста (2 л/га)	3. 20

В обох дослідях вирощували гібрид кукурудзи СИ Октеон (ФАО 380). Густота стояння рослин перед збиранням становила 70 тис. шт./га. Площа облікової ділянки – 294 м². Повторність – триразова. Розміщення варіантів послідовне.

Дослідження проводилися згідно загальноприйнятих методичних рекомендацій з наукових досліджень [51, 105–106, 120].

При проведенні досліджень виконувалися наступні обліки та аналізи:

– висоту рослин визначали в основні фази росту та розвитку рослин кукурудзи шляхом проміру 10 закріплених, типових для даного варіанту рослин, у двох несуміжних повтореннях. Висоту рослин вимірювали від появи 12 листків (ВВСН 30) до фази воскової стиглості зерна (ВВСН 85). Вимірювання проводили від поверхні ґрунту до самого довгого (витягнутого) 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 [132, 195]. Площу листкової поверхні визначали добутком ширини на довжину і перевідний коефіцієнт (0,75) та наступним переведенням на 1 га згідно формули 2.1:

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

де S – площа листа, см^2 ;

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:

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

де, $\Phi\P$ – фотосинтетичний потенціал посіву, $\text{млн. м}^2 \cdot \text{діб/га}$;

L_1, L_2 – зміна площі листової поверхні в часі, $\text{тис. м}^2/\text{га}$;

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/м^2 за добу;

B_1 і B_2 – суха маса рослин у кінці і на початку облікового періоду, г ;

Л1 і Л2 – площа листкової поверхні на початку та у кінці облікового періоду, м²;

п – кількість днів за період.

– вміст сухої речовини в рослинах та вологість побічної продукції кукурудзи визначали термостатно-ваговим методом, висушуванням в сушильній шафі при температурі +105°C до постійної маси, з перерахунком відповідно до формули 2.4 на 1 га:

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

де: C_p – вміст сухої речовини, %;

M_2 – маса наважки після висушування, г;

M_1 – маса наважки до висушування, г.

– вологість зерна кукурудзи визначали за допомогою автоматичного вологоміра Wile 78 (виробник Farmcomp, Фінляндія);

– структуру зернової частини врожаю визначали у двох несуміжних повтореннях шляхом розбору проб качанів, відібраних перед збиранням. Визначали довжину качана, його діаметр, масу качана, масу зерна з качана, кількість зерен у качані, масу 1000 зерен. Також перед збиранням відбирали зразки для визначення структури врожаю побічної продукції (маси листків, стебел, стрижнів і обгортки качана та зерна);

– технологічний аналіз якості зерна визначали в науково-випробувальній лабораторії ДП «Київоблстандартметрологія» (м. Біла Церква). У відібраних зразках зерна кукурудзи проводили визначення вмісту сирого жиру відповідно до ДСТУ ISO 6492–2003 [55], сирого протеїну – ДСТУ ISO 5983–2003 [54]. Визначення вмісту крохмалю проводили за допомогою поляриметра А згідно з ДСТУ 46.045:2003 [53]. Якісні показники побічної продукції кукурудзи та фізико-механічні характеристики отриманих паливних пелет визначали в центрі незалежної сертифікації «Євросепт» (м. Київ);

– урожайність основної та побічної продукції кукурудзи проводили прямим комбайнуванням поділяючно, з подальшим перерахунком маси зерна

на 1 га. Облік врожаю та визначення вологості зерна і побічної продукції проводили відповідно до варіантів досліду через 5–7 діб після застосування десикантів, а у останній період обліків застосовували комбайнове збирання з кожної ділянки. Урожайність зерна кукурудзи перераховували на вологість 14 %;

– вихід побічної продукції кукурудзи ($V_{\text{ПП}}$), яка може бути використана для виробництва паливних пелет визначали за формулою 2.5, відповідно до рекомендацій [174]:

$$V_{\text{ПП}} = U_{\text{ПП}} * K_{\text{від}} * (1 - K_{\text{в}}) * K_{\text{ен}} \quad (2.5)$$

де, $U_{\text{ПП}}$ – урожайність побічної продукції, т/га

$K_{\text{від}}$ – коефіцієнт відходів

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт втрат

$K_{\text{ен}}$ – коефіцієнт енергетичного використання

Для побічної продукції кукурудзи $K_{\text{від}}$ становить – 1,2, $K_{\text{в}}$ – 0,25 і $K_{\text{ен}}$ – 1.

– експериментальні зразки пелет отримували на прес-грануляторі ГТ 500 Д (виробник ТОВ «Грантехінжиніринг») на виробничих потужностях ПСП Агрофірми «Світанок»;

– розрахунок виходу пелет ($P_{\text{ВП}}$) проводили за формулою 2.6 [31]:

$$P_{\text{ВП}} = \frac{V_{\text{ПП}} * Q_{\text{н}}}{25,31} \quad (2.6)$$

де, $Q_{\text{н}}$ – нижча теплотворна здатність продукції, мДж/кг

25,31 – теплотворна здатність 1 кг умовного палива, мДж/кг

– економічну оцінку досліджуваних елементів технології кукурудзи проводили згідно технологічних карт та методичних рекомендацій [57, 163] за цінами на кінець вересня 2024 р.

– енергетичну ефективність визначали за виходом енергії з урожаєм зерна та з паливних пелет, витратами енергії на вирощування кукурудзи і виробництво паливних пелет, коефіцієнтом енергетичної ефективності ($K_{\text{еє}}$) [104].

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

2.4. Характеристика гібриду кукурудзи, мікродобрив та десикантів

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

СИ Октеон (ФАО 380).

Простий середньопізній гібрид кукурудзи, зубовидного підвиду. Оригігатор компанія Сінгента (Syngenta) (Швейцарія), внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2019 р. Тривалість періоду вегетації складає 118–120 діб. Висота рослини 231,3–250,4 см. Вихід зерна при обмолоті 77,9–82,8 %. Вміст білка 7,8–8,5 %. Стійкість до посухи 7–9 балів. Стійкість до вилягання 8–9 балів. Стійкість до пухирчастої сажки 8–9 балів. Стійкість проти стеблової гнилі 9 балів. Стійкість до кукурудзяного метелика 7–8 балів. Стійкість до гельмінтоспориозу 8 балів. Добре використовує природну родючість ґрунту, придатний для вирощування за екстенсивною технологією. Високий рівень посухостійкості. Рекомендована зона для вирощування: Степ, Лісостеп, Полісся. Рекомендована густота стояння на період збирання: для зони нестійкого зволоження – 60–70 тис. шт. /га.

Мікродобрива:

Нутривант Універсальний. Виробник ICL Specialty Fertilizers (Ізраїль). Універсальне добриво із збалансованим вмістом головних елементів мінерального живлення протягом всього періоду їх активного росту та розвитку. Високоякісні складники від світових виробників гарантують абсолютне розчинення добрива у воді та забезпечують культури легкодоступною поживою, активують процеси дихання, фотосинтезу, синтезу хлорофілу, сприяють кращому засвоєнню культурами поживи з ґрунту, закладанню репродуктивних

органів та як результат отриманню високих врожаїв. Системне застосування добрива покращує засвоєння біогенних елементів кореневою системою із добрива та ґрунту, особливо азоту на 10-15 %; сприяє підвищенню врожайності на 10–15 %. Хімічний склад: азот загальний 18 %, фосфор водорозчинний 18 %, калій водорозчинний 18 %, магній водорозчинний 2 %, мідь ЕДТА 0,0025 %, залізо хелат ЕДТА 0,04 %, марганець ЕДТА 0,02 %, цинк хелат ЕДТА 0,01 %, молібден водорозчинний 0,0025 %. Фізичні властивості: розчинність у воді 1 % рідина утворює стійкий гомогенний розчин, щільність злежування 1,25 г/см³, кислотність, рН 1 % водного розчину 4,1–4,2, електропровідність 0,68 мСі/см.

Нутривант плюс Зерновий. Виробник ICL Specialty Fertilizers (Ізраїль). Не змивається опадами протягом 15–20 днів та має підвищений коефіцієнт засвоєння сполук фосфору (понад 20 %) за рахунок спеціального прилипача «Фертівант». Підвищує стійкість культур до різного роду стресів і хвороб. Знижує стресове навантаження. Гарантовано підвищує врожайність на 10–15 % та якість товарної продукції. Забезпечує культуру легкодоступною мінеральною поживою. Проявляє високу ефективність на середньому або високому мінеральному фоні. Підвищує врожайність зернових культур на 5–6 ц/га та вміст білку на 1,5–2 %. Хімічний склад: азот загальний 6 %, фосфор водорозчинний 23 %, калій водорозчинний 35 %, магній водорозчинний 1 %, сірка водорозчинна 1,5 %, бор водорозчинний 0,1 %, марганець хелат ЕДТА 0,2 %, цинк ЕДТА 0,2 %, мідь хелат ЕДТА 0,2 %, залізо хелатоване ЕДТА 0,05 %, молібден водорозчинний 0,002 %. Фізичні властивості: розчинність у воді 1 % рідина утворює стійкий гомогенний розчин, щільність злежування 1,25 г/см³, кислотність водного розчину 4,1–4,2, електропровідність 0,68 мСі/см.

Атланте. Виробник Atlantica Agricola (Іспанія). Легкодоступне рослинам фосфорно-калійне добриво з фунгіцидною дією. Унікальне поєднання фосфіт-іону, фосфору і калію сприяє підвищенню імуннопротекторних властивостей рослинного організму та оптимальному впливу елементів живлення на метаболізм культур. Активізує ростові процеси та поліпшує живлення культур. Діє як хелатуючий агент, особливо для іонів Ca, B, Mo, K, Zn. Стимулює імунну

систему культур. Має превентивну фунгіцидну дію без прояву резистентності. Підвищує стійкість до інших захворювань за рахунок активного продукування фітоалексинів і потовщення стінок клітин. Зменшує вміст вільного азоту (збільшення білку в продукції, підвищення цукристості та ін.). Дозволяє знизити пестицидне навантаження до 30 %. Підвищує стійкість культур до шкідників, посухи та інших несприятливих погодних умов. Збільшує врожайність до 10–30 %, підвищує якість продукції. Хімічний склад: фосфор водорозчинний 30 %, калій водорозчинний 20 %. Фізичні властивості: показник рН 4–5, щільність 1,4 г/см³.

Ікар Біго Рутс. Виробник IKAR (Литва). Добриво варто використовувати для усунення порушеного росту, стимулювання утворення нових коренів і активізації життєздатності / діяльності мікроорганізмів у ґрунті. Сильна система коренів великого обсягу забезпечує більш активну засвоюваність поживних речовин і води. Збалансований вміст елементів живлення, амінокислот та органічної речовини забезпечує потужним біостимулюючим ефектом рослини протягом вегетаційного періоду. Формує потужну кореневу систему. Підвищує стійкість рослин до стресів в різні періоди розвитку рослини. Дозволяє збільшити інтенсивність фотосинтезу. Хімічний склад: азот загальний 5 %, фосфор водорозчинний 7 %, калій водорозчинний 3 %, бор водорозчинний 0,1 %, цинк ЕДТА 0,1 %, марганець хелат ЕДТА 0,05 %, молібден водорозчинний 0,05 %. Фізичні властивості: Розчинність у воді 1 % щільність злежування 1,18–1,25 г/см³, кислотність водного розчину 5,7, електропровідність 0,262 мСі/см.

Ікар Фосто. Виробник IKAR (Литва). Вдало підібрані складові добрива IKAR Фосто швидко проникають в рослину, компенсують дефіцит фосфору та мікро-елементів. Його ключовий вплив на активізацію та розвиток кореневої системи являється головним аспектом засвоєння фосфору та інших поживних речовин з ґрунту. Амінокислоти добрива сприяють швидкому проникненню поживних речовин до рослини та активують фізіологічні, біохімічні та продуктивні процеси. За рахунок вмісту фосфітної форми фосфору

забезпечується превентивна фунгіцидна дія. Хімічний склад: азот загальний 6,5 %, фосфор водорозчинний 25,5 %, магній водорозчинний 1,35 %, марганець ЕДТА 0,9 %, цинк хелат ЕДТА 0,5 %. Фізичні властивості: щільність злежування 1,45-1,50 г/см³, кислотність рН 1 % водного розчину 2,5, електропровідність 0,63 мСі/см.

Ікар Зінто. Виробник ІКАР (Литва). Має високу концентрацію цинку та синергічних мікроелементів (Mn, Cu), що значно збільшує ефективність використання рослиною даного елемента та має комплексну дію. За рахунок вмісту Хітозану препарат має біостимулюючу дію, що активізує процеси росту і розвитку рослини та в подальшому її продуктивність. У поєднанні із засобами захисту рослин не викликає фітотоксичності. Підвищує засухо- та морозостійкість рослин. Активізує ріст та розвиток кореневої системи; сприяє утворенню генеративних органів, зав'язі та інтенсивному цвітінню. Хімічний склад: азот загальний 6,6 %, цинк хелат ЕДТА 13 %, мідь ЕДТА 0,13 %, марганець ЕДТА 1,35 %. Фізичні властивості: щільність злежування 1,54 г/см³, кислотність, рН 1 % водного розчину 2,81, електропровідність 0,63 мСі/см.

Десиканти:

Реглон Супер (діюча речовина 150 г/л дикват іону). Препарат швидко поглинається зеленими частинами рослини. Дикват іону, перетворюється на перекис водню, що руйнує мембрани клітин. Це призводить до засихання всіх зелених частин рослини, але під дією ультрафіолетових променів перекис водню швидко розпадається, тому рекомендується обробляти ввечері чи в хмарну погоду. Надзвичайно швидка дія (не змивається опадами вже через 30 хв. після обробки). Безпечний для культури, людини і довкілля. Прискорює досягання і робить його рівномірним по всіх органах рослини, припиняє розвиток хвороб. Знижує вологість насіння, зменшуючи витрати на сушіння. Знищує небажану рослинність при застосуванні у якості гербіциду суцільної дії в посівах овочевих культур. Препаративна форма – розчинний концентрат [84].

Раундап Макс (діюча речовина калійна сіль гліфосату, 551 г/л). Системний гербіцид суцільної дії, який проникає в рослини через листя та інші зелені частини, недозрілу деревину і незарубцьовані порізи. Блокує синтез ароматичних амінокислот, що призводить до ураження точок росту та до повного відмирання надземних та підземних органів. Препарат діє за технологією ТранСорб, завдяки якій агрохімікат руйнує воскової шар, що захищає листя від шкідників. Засіб створює вразливі ділянки, проникає в структуру рослини і протягом години в кореневій системі накопичується 75 % гліфосату. Має високу ефективність навіть за прохолодних умов. Короткий інтервал очікування до обробки ґрунту. Рослина повністю поглинає рідину за 4–6 години. Препаративна форма – розчинний концентрат [86].

Баста 150 SL (діюча речовина гліюфосинат амонію, 150 г/л). Повна десикація культурних рослин відбувається через 10–14 днів після застосування залежно від погодних умов. Опади впливають на ефективність препарату у період перших 6 годин після застосування. Інтенсивність дощу впливає більше, ніж інтервал часу між застосуванням Баста 150 SL і дощем. Переваги препарату: м'яка десикація, яка прискорює надходження поживних речовин у плоди і насіння, що сприяє покращенню якості врожаю; незамінність на насіннєвих посівах; широкий спектр застосування як десиканту та гербіциду суцільної дії; контактна дія, що виключає наявність залишків у продукції; наявність ад'юванту у формуляції. Препаративна форма – розчинний концентрат [85].

2.5. Агротехніка вирощування кукурудзи в дослідях

Технологія вирощування кукурудзи загальноприйнята для Правобережного Лісостепу України, крім прийомів, які були поставлені на вивчення. Попередником була пшениця яра. Після її збирання проведено дискування стерні дисковою бороною Carrier XL 625 на глибину 6-8 см і пізніше основний обробіток ґрунту (оранку) на глибину 25-27 см плугом Lemken Oral 110. Мінеральні добрива нітроамофоска (16-16-16) відповідно схеми

досліді (N₃₀P₃₀K₃₀, N₅₀P₅₀K₅₀, і N₇₀P₇₀K₇₀) вносили восени, а решту азотних N₂₀ (аміачна селітра) – перед сівбою кукурудзи.

Весною при настанні фізичної стиглості ґрунту проведено закриття вологи бороною TOR X 12/7. Передпосівний обробіток ґрунту проводили культиватором Lemken Gigant 10/1000 System-Kompaktor, а сівбу кукурудзи сівалкою KINZE. Сівбу гібрида кукурудзи СИ Октеон (ФАО 380) виконували у другій-третій декаді квітня за температури ґрунту на глибині загортання насіння 8–10 °С. Норма висіву насіння кукурудзи становила 74 тисяч схожих насінин на 1 гектар. Глибина загортання насіння в ґрунт 5–6 см. Після сівби поле прикочували кільчасто-шпоровими котками 5-ККШ-10Г. Нутривант плюс Зерновий, Атланте, Ікар Біго Рутс, Ікар Фосто і Ікар Зінто вносили у позакореневі підживлення відповідно схеми досліді з витратою робочого розчину 250 л/га. Захист від бур'янів включав застосування гербіциду Майстер Пауер (форамсульфурон, 31,5 г/л + йодосульфурон, 1,0 г/л + тіенкарбазон-метил, 10 г/л + ципросульфамід (антидот), 15 г/л) (1,25 л/га) у фазі 3–4 листків кукурудзи. Перед викиданням волоті вносили інсектициди Корпріма 20, КС (Хлорантраніліпрол, 200 г/л) (0,15 л/га) і Протеус (Тіаклоприд 100 г/л; Дельтаметрин 10 г/л) (0,6 л/га) та фунгіцид Абакус (1,5л/га).

Збирання зерна кукурудзи проводили комбайном New Holland CX 8.80 із жаткою Geringhoff MS COLLECT 1200 В, після якої формувалися валки з побічною продукцією (стебла, листки, обгортки і стрижні качанів). Після цього для збору залишків кукурудзи використовували прес-підбирач Krone Big Pack HDP II.

Висновки з розділу 2

1. Дослідження за темою дисертаційної роботи проведені в умовах Правобережного Лісостепу на чорноземі глибокому середньосуглинковому, що є придатним для отримання стабільної зернової продуктивності кукурудзи за умов науково-обґрунтованого підходу до технології вирощування.

2. Схема досвіду і методологія дослідження засновані на принципах об'єктивності, науковості, повноти, практичності із дотриманням цілей і поставлених завдань.

3. Температурний режим та умови зволоження у роки досліджень суттєво відрізнялися від середньо багаторічних показників, але контрастність погодних умов дозволила в більш повній мірі оцінити вплив досліджуваних факторів на продуктивність кукурудзи.

4. У досліді вирощували середньопізній гібрид кукурудзи СИ Октеон (ФАО 380), що занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Досліджувані мікродобрива, регулятори росту і десиканти, які використовувалися в досліді включені до «Переліку пестицидів та агрохімікатів дозволених до використання в Україні» і мають реєстрацію для застосування на кукурудзі.

5. Агротехніка вирощування кукурудзи, крім досліджуваних факторів, була загальноприйнятою для умов Правобережного Лісостепу України.

РОЗДІЛ 3

РІСТ, РОЗВИТОК ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ МАКРО- І МІКРОДОБРИВ

3.1. Морфобіологічні особливості рослин кукурудзи залежно від досліджуваних факторів

Формування врожаю сільськогосподарських культур – це низка процесів живлення, росту, розвитку та перетворення речовини й енергії. Ріст і розвиток репродуктивних органів визначається рівнем забезпеченості рослини водою та поживними речовинами, фізико-хімічними властивостями ґрунту, гідротермічними параметрами періоду вегетації та іншими умовами середовища [135, 160, 257].

На ранніх стадіях ріст кукурудзи дуже повільний, у цей час вона використовує органічну речовину насіння, як джерело поживних речовин і починає поглинати поживні речовини з ґрунту лише після появи трьох або чотирьох листків. Після цього швидкість росту кукурудзи збільшується і досягає максимуму в період цвітіння волоті. За сприятливих умов навколишнього середовища ріст рослин у цей період становить 10–12 см на день [246].

Висота стебла кукурудзи – один із біометричних показників, що характеризує її ріст та відображає сукупність процесів, що відбуваються всередині організму, його реакцію на чинники навколишнього середовища. визначається кількістю та довжиною міжвузлів. На цей показник сильно впливають сортові (гібридні) особливості [193, 257], технологія вирощування та кліматичні умови [219].

Висота рослини – один із показників для оцінки росту кукурудзи та врожайності зерна [187]. Динаміка висоти рослини впродовж вегетаційного періоду може використовуватись для оцінки важливих генетичних ознак, фізіологічних процесів рослин, а також впливу навколишнього середовища [11, 245]. Крім того, вертикальний розподіл площі листової поверхні важливий для аналізу фотосинтезу, поширення пилку та стресостійкості рослин. Кількісний

аналіз вертикального розподілу та динамічних змін листкової поверхні може бути використовуватися для діагностики живлення рослин та у селекційних дослідженнях [259].

Застосування азотних добрив та позакоренових підживлень є ефективним елементом поліпшення лінійних розмірів рослин та оптимізації оптимальних параметрів архітекτονіки посіву кукурудзи [151].

Сприятливий вплив мікроелементів на рослини частково зумовлений їхньою участю в окисно-відновних процесах вуглеводів у навколишньому середовищі. Під впливом мікроелементів у листках збільшується вміст хлорофілу, покращується фотосинтез та підвищується асиміляція рослин [208].

За даними Л.М. Шинкарук [171] дози добрив, період застосування та склад мікродобрив впливають на висоту рослин кукурудзи та висоту прикріплення нижнього качана. Найбільшої висоти рослин кукурудзи було досягнуто за внесення добрив $N_{160}P_{80}K_{140}$ та позакоренового підживлення мікродобривами, сечовиною та сульфатом магнію за ВВСН 20 (10 листків), коли висота рослин становила 256 см, що на 8 см вище, ніж на контролі. Цей же варіант мав найвищі показники висоти прикріплення нижнього качана 128 см, що на 11 см вище, ніж у контролі.

В. В. Глива і М. О. Пащак [26] встановили, що у порівнянні з контрольними варіантами (без добрив) за фону живлення $N_{120}P_{90}K_{90}$ висота рослин збільшувалась на 5,4–6,9 %, за норми $N_{150}P_{90}K_{90}$ – 6,7–9,4 % а висота прикріплення нижнього качана, відповідно на 13–16 і 18–19 %.

Оптимізація елементів живлення шляхом випробування різних видів азотних добрив у одній нормі (N_{120} кг д. р.) на фоні внесеного в основне удобрення діаміфоски суттєво підвищувало висоту рослин кукурудзи. Водночас знайдено результативніший вид добрива КАС 32, завдяки якому сформовано найбільші прирости висоти рослин щодо контролю [77].

Регулятори росту «Вермістим», «Вермібіомаг» і «Верміодіс» виявилися здатними впливати на лінійну динаміку росту рослин. Так, у варіанті дослідження, де проводили дворазове обприскування рослин кукурудзи гібриду PK39R58 під час

вегетації регуляторами росту «Вермибіомаг» та «Вермийодіс» в дозах відповідно по 8 і 5 л/га, в фазі цвітіння рослини кукурудзи були на 32–37 см вищі, ніж на контролі [156].

Істотний вплив на висоту рослин визначено за інокуляції насіння двох гібридів кукурудзи LEANUM (рідка форма), VITAMIN O7 (порошкодібна форма) у комплексі із позакореневим живленням рослин у фази 3-5 та 7-10 листків. Усі варіанти удобрювальних продуктів сприяли збільшенню висоти прикріплення качана [48].

Біометричний аналіз проведений В.Я. Хоміною і О.С. Іванишиним [165] показав, що найбільш високорослий гібрид у дослідях – КВС 381. Висота рослин цього гібриду коливалась в межах 274,3–294,5 см. Досліджувані гібриди характеризувались значною висотою кріплення качана, а саме на контрольних варіантах у гібридів: КВС 2323 – 95,2 см, КВС Кумпан – 121,1 см, КВС 381 – 112,1, КВС 4484 – 110,1 см.

За результатами проведених нами вимірювань встановлено, що на висоту рослин кукурудзи значний вплив мали погодні умови років досліджень. Так, найвищі значення цього показника отримано у більш сприятливому 2023 р., а мінімальні у стресовому 2024 р. У фазу 12 листків висота рослин у 2022 і 2023 рр. була в межах 136,2–152,0 і 148,5–165,4 см, тоді як в 2024 р. – 108,6–127,2 см (Додаток А1–А3). У фазу цвітіння висота рослин коливалась, залежно від варіантів досліду в межах 211,5–225,7, 217,6–239,0 і 180,4–195,4 см, відповідно у 2022, 2023 і 2024 рр. У фазу воскової стиглості зерна цей розмах варіювання складав 214,6–233,5, 222,3–246,7 і 182,7–197,5 см. Залежно від періоду обліків в 2024 р. відмічено зменшення висоти рослин кукурудзи на 13,4–28,0 %, порівняно з попередніми роками.

За результатами проведених вимірювань встановлено, що в середньому за три роки, на варіантах без застосування добрив та позакореневого підживлення мікродобривами у фазу ВВСН 30 (12 листків) показник висоти рослин гібриду кукурудзи СИ Октеон становив 131,1 см (табл. 3.1). Застосування мінеральних добрив підвищувало показник висоти рослин кукурудзи. Так, на варіанті

N₅₀P₃₀K₃₀ висота рослин була в межах 137,6–142,9 см, N₇₀P₅₀K₅₀– 140,3–145,3 см, N₉₀P₇₀K₇₀–143,9–148,2 см.

Таблиця 3.1

Динаміка зміни висоти рослин кукурудзи під впливом застосування мінеральних добрив та мікродобрив (середнє за 2022–2024рр.), см

Мінеральні добрива (А)	Мікродобрива (В)*	12 листків (ВВСН 30)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
Без добрив	1	131,1	203,2	206,4
	2	133,5	205,2	209,3
	3	134,7	206,5	210,4
	4	135,1	208,2	211,3
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	137,6	207,7	212,4
	2	140,2	210,9	215,0
	3	141,3	211,8	216,0
	4	142,9	212,6	217,2
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	140,3	212,6	216,9
	2	143,0	215,2	219,1
	3	143,8	216,4	220,3
	4	145,3	217,6	221,5
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	143,9	215,2	220,5
	2	146,2	217,5	223,6
	3	147,5	218,7	224,5
	4	148,2	220,0	225,9
НІР ₀₅	А	2,1	2,6	2,0
	В	0,5	0,6	0,8
	АВ	3,2	3,7	3,0

*Примітка. Тут і далі в таблицях. 1 – Без застосування; 2 – Нутрівант Універсальний (2 кг/га); 3 – Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га); 4 – Ікар Біго Рутс (0,5 л/га)+ Ікар Фосто (0,5 л/га)+ Ікар Зінто (0,5 л/га).

При застосуванні мікродобрив у позакореневе підживлення найбільший приріст рослин у висоту – 4,0–5,0 см, порівняно з контролем виявлено на четвертому варіанті (Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га)).

Висота рослин кукурудзи найбільш інтенсивно зростала до фази BBCH 65 (цвітіння волотей). У цей період облік висоти рослин значно збільшувалася залежно від використання макро- і мікродобрих. Встановлено, що на варіанті із застосуванням мінеральних добрив $N_{50}P_{30}K_{30}$ та підживленні Нутрівант Універсальний (2 кг/га) рослини кукурудзи сформували висоту 210,9 см. Застосування Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) і Атланте (0,5 л/га) збільшило висоту рослин до 211,8 см. Підживлення препаратами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) підвищило висоту рослин до 212,6 см.

Залежно від варіанту досліду, проведення позакоренових підживлень вказаними мікродобривами на фоні внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ сприяло підвищенню висоти рослин кукурудзи на 9,8–10,5 см, і вона становила 215,2–217,6 см.

Найбільший вплив на висоту рослин кукурудзи відмічено на варіантах з використанням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ та позакореновим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 220,0 см. При застосуванні Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) висота рослин становила 217,5 см, Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га) – 218,7 см.

Виявлено, що максимальні значення висоти рослин кукурудзи отримано у фазу BBCH 85 (воскова стиглість зерна) при внесенні $N_{90}P_{70}K_{70}$ і позакореновому підживленні Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 225,9 см. На другому і третьому варіантах позакоренового підживлення мікродобривами висота рослин становила 223,6 і 224,5 см.

Результати дисперсійного аналізу довели, що досліджувані фактори мали різний вплив на формування висоти рослин кукурудзи. Встановлено, що найвищий вплив на показник висоти рослин мають мінеральні добрива – 75,6 % (рис. 3.1). Мікродобрива впливають на висоту рослин на 8,4 %. Взаємодія макро- і мікродобрих становить 5,8 %, а інші фактори (погодні умови) впливають на рівні 10,2 %.

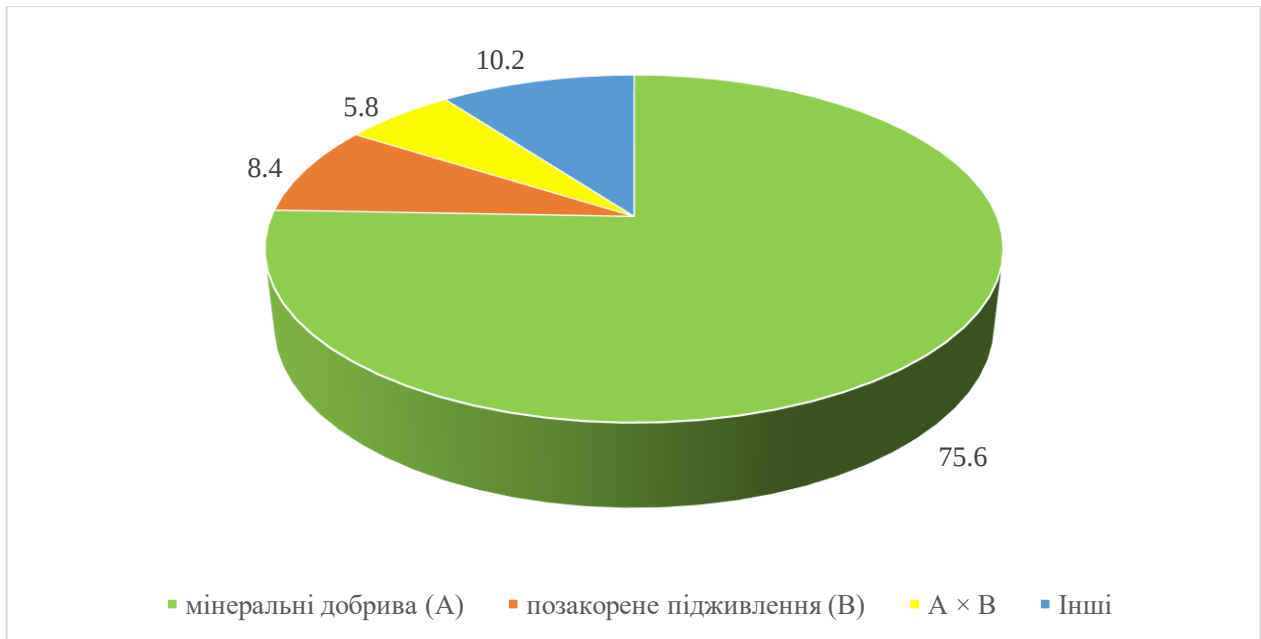


Рис. 3.1. Частка впливу досліджуваних факторів на висоту рослин кукурудзи у фазу воскової стиглості зерна (BBCH 85)

Висота рослин має середньої сили кореляційні зв'язки з урожайністю зерна ($r=0,65$) за коефіцієнта детермінації 0,42 (рис. 3.2).

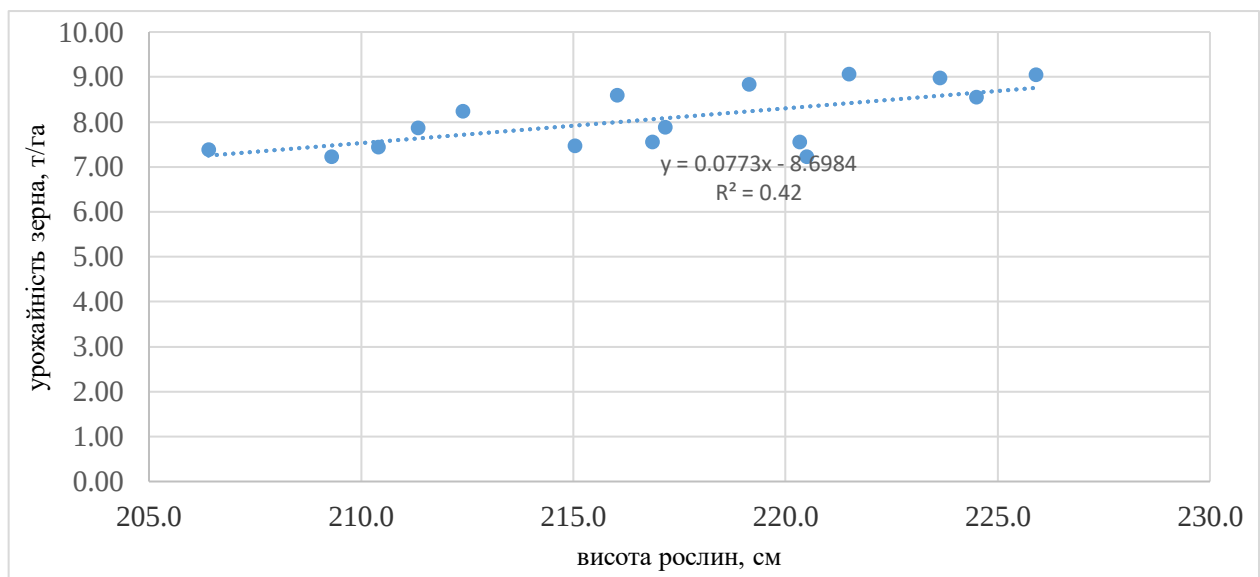


Рис. 3.2. Кореляційні взаємозв'язки висоти рослин кукурудзи та урожайності зерна

Нами виявлено високий рівень залежностей між висотою рослин кукурудзи та урожайністю побічної продукції ($r=0,90$) і виходом паливних пелет ($r=0,92$) (рис 3.3–3.4). Подібна закономірність виявлена і в дослідженнях О. А. Гож [30] якими встановлено високу кореляційну залежність між висотою рослин та накопиченням ними сухої надземної маси. У фазу утворення 7 листків вона

склала $r = 0,8991 + 0,0799$, у фазу 12-13 листків $r = 0,9093 + 0,0760$, а у фазу цвітіння $r = 0,8429 + 0,0982$.

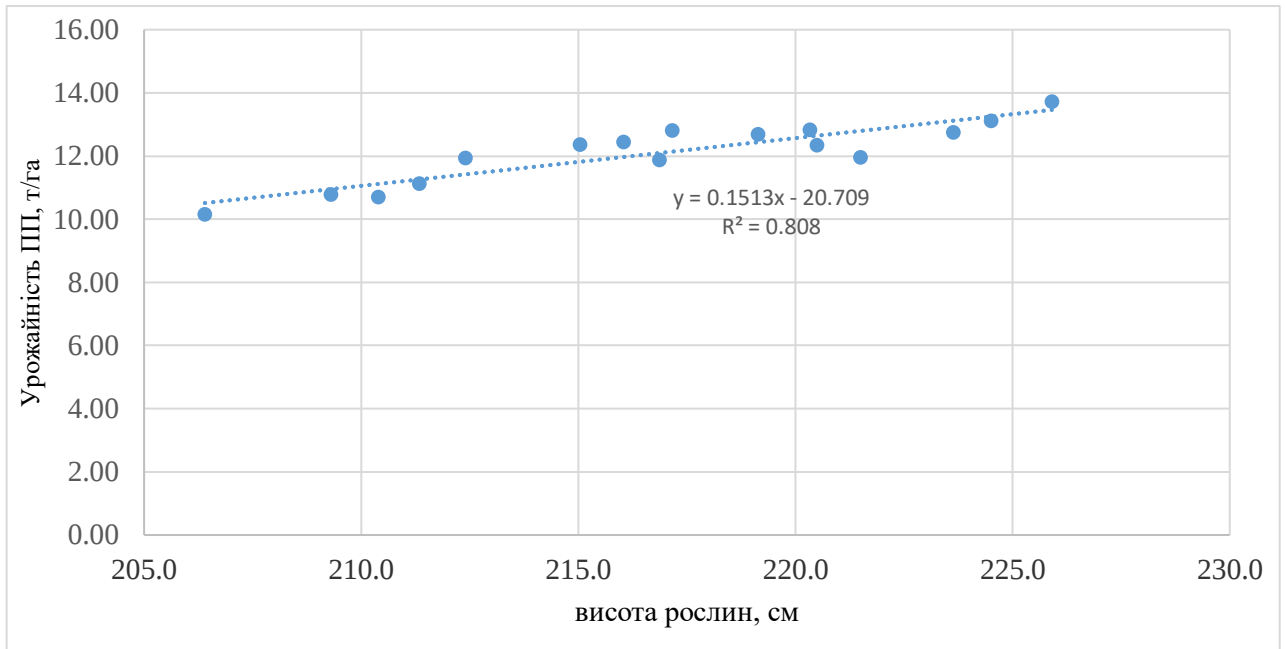


Рис. 3.3. Кореляційні взаємозв'язки висоти рослин кукурудзи та урожайності побічної продукції

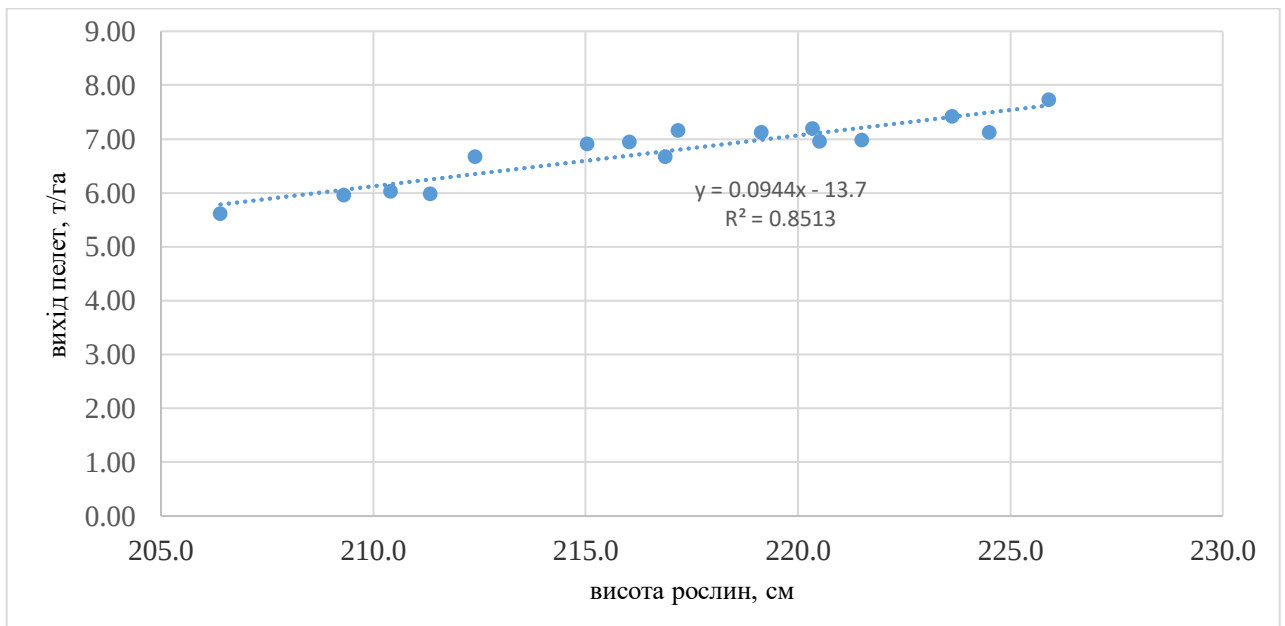


Рис. 3.4. Кореляційні взаємозв'язки висоти рослин кукурудзи та виходу паливних пелет

Висота прикріплення качана є однією з основних характеристик, що визначає придатність гібридів кукурудзи до механізованого збирання. Низький показник (менше 40 см) призводить до значних втрат під час збирання врожаю

цієї культури. Для того, щоб знизити ці втрати, показник висоти прикріплення качана повинен бути не менше 50 см над поверхнею ґрунту. Проте і занадто високе кріплення качана, понад 130 см також є небажаним [9, 96].

Застосування мінеральних добрив та позакореневого підживлення мікродобривами впливало на висоту прикріплення качана кукурудзи. На варіантах без мінеральних добрив цей показник був в межах 84,8–85,7 см, за внесення $N_{50}P_{30}K_{30}$ зростав до 88,4–89,5 см, $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 89,5–90,5 см і $N_{90}P_{70}K_{70}$ – 90,7–91,3 см (рис. 3.5).

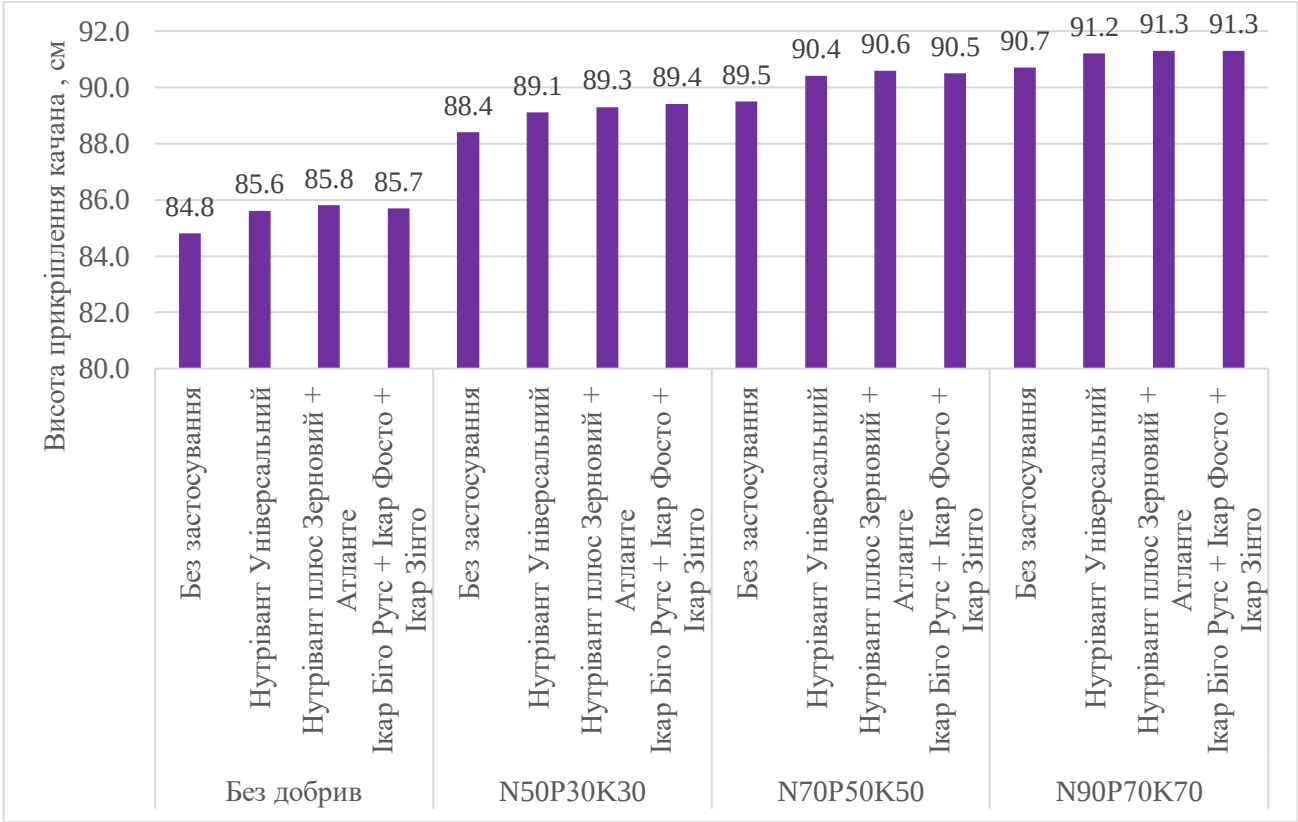


Рис. 3.5. Висота прикріплення качана у рослин кукурудзи (середнє за 2022–2024рр.), см

На варіанті $N_{50}P_{30}K_{30}$, залежно від застосування мікродобрив, висота прикріплення качана зростала на 3,5–3,7 см, $N_{70}P_{50}K_{50}$ – на 4,7–4,8 см, $N_{90}P_{70}K_{70}$ – 5,5–5,9 см, порівняно з контролем (без мінеральних добрив).

Максимальні значення висоти прикріплення качана отримано на ділянках, де вносили $N_{90}P_{70}K_{70}$ і проводили позакореневе підживлення Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га) та Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 91,3 см.

3.2. Фотосинтетичні показники посівів кукурудзи

Для нормального процесу фотосинтезу рослини повинні мати велику площу асиміляційної поверхні. Доведено, що існує значна різниця між площею листової поверхні та впливом загальної біомаси листя на врожайність зерна кукурудзи [42, 183]. Значні дози азотних добрив можуть мати негативний вплив на врожайність зерна кукурудзи через значне збільшення площі листя і пов'язане з цим зниження фотосинтетичної активності [95]. Максимальному використанню сонячної енергії сприяє формування рослинами оптимальної листової поверхні та ефективність використання асиміляційної поверхні [30]. Кліматичні особливості (вологість, температура, сонячна енергія, технологічні чинники та забезпеченість поживними речовинами) також впливають на формування листового апарату кукурудзи [151].

Для нормального проходження фотосинтезу рослини повинні сформувати високу площу асиміляційної поверхні. Згідно досліджень вітчизняних вчених [12] встановлено суттєву відмінність між впливом на врожайність зерна площею листової поверхні та загальною листовою біомасою. Істотне підвищення площі листової поверхні за використання високих доз азотних добрив негативно відображається на величині врожаю зерна, оскільки фотосинтетична діяльність таких посівів знижена [95].

Високий рівень азотного живлення має вирішальне значення на ранніх стадіях росту та розвитку кукурудзи. Також у цей же час відзначено критичний період щодо наявності фосфору. В подальші фази росту й розвитку необхідно забезпечити посіви азотом у найважливіший період інтенсивного росту, який розпочинається за 15–20 днів перед цвітінням і завершується після цієї фази. Фосфорне живлення також необхідне рослинами наприкінці вегетації – починаючи від фази формування й наливу зерна. Також протягом майже всього вегетаційного періоду проявляються високі потреби рослин кукурудзи у калії – від початку сходів і до викидання рослинами волоті, при цьому критичний період у споживанні K_2O відзначено у період утворення та розвитку ниток качанів [204, 252].

Дослідження, які були проведені в Західному Лісостепу України показали, що у рослин кукурудзи найбільша площа листкової поверхні була на варіанті підживлення у фазі 10 листків карбамідом 5 %-м розчином та сульфатом магнію 5%-м розчином на всіх рівнях удобрення. Найвище значення зафіксоване на варіанті $N_{160}P_{80}K_{140}$ та підживлення у фазі 10 листків мікродобривами, карбамідом та сульфатом магнію. Чиста продуктивність фотосинтезу була найвищою за удобрення $N_{160}P_{80}K_{140}$ та підживлення мікродобривами, карбамідом та сульфатом магнію у фазі викидання волоті [100].

Застосування регулятора росту Сізам-Нано за обробки насіння Грейнактив-С на стадії 7-го листка значно збільшувало цей показник у всіх групах стиглості гібридів кукурудзи, порівняно з контролем та іншими обробками. Найбільша площа листкової поверхні спостерігалася в середньопізній групі у гібридів Арабат (53,2 тис. $m^2/га$) та ДН Гетера (51,3 тис. $m^2/га$). Регулятори росту та мікродобрива збільшували площу листкової поверхні на 1,4–4,6 % [30].

На підвищення площі листкової поверхні рослин гібриду кукурудзи Гармоніум суттєво впливало позакореневе живлення у фазі 3–5 листків без обробки насіння. З варіантів обробок найбільш суттєвий вплив на площу листкової поверхні гібриду Хемінгуей виявили: 2 Leanium, Vitamin O7 + 2 Leanium та Leanium + 2 Leanium [48].

В умовах Західного Лісостепу, при визначенні площі листкового апарату кукурудзи, зафіксовано позитивну динаміку її підвищення до фази цвітіння і зменшення показника у фазі молочної та воскової стиглості. Найбільший фотосинтетичний потенціал рослин визначено у гібриду кукурудзи середньоранньої групи КВС 2323 та середньостиглої групи КВС 381 – 1518,4–1539,2 тис. m^2 х діб/га при фоні внесення добрив 250 та 300 кг/га і з підживленням мікродобривом «Урожай зерно» в дозах 2 та 3 л/га [73].

В наших дослідженнях значний вплив на формування площі листкової поверхні посівів кукурудзи мали погодні умови. Так, найвищі значення цього показника отримано у 2023 р. і у фазу цвітіння волотей вони становили 48,5–

54,6 тис. м²/га (Додатки Б1–Б3). У 2022 р. площа листкової поверхні коливалася від 45,6 до 50,3 тис. м²/га, а мінімальні значення були в 2024 р. – 40,2–46,0 тис. м²/га, що менше порівняно з попередніми роками на 8,2–18,9 %. Як наслідок відсутності опадів та високих температур повітря в серпні 2024 р. спостерігалось більш швидке старіння і відмирання листків у фазу молочної стиглості зерна, що вплинуло на суттєве скорочення асиміляційної поверхні рослин.

Встановлено, що застосування мінеральних добрив і позакореневого підживлення мікродобривами у всі періоди обліків суттєво впливало на формування площі листкової поверхні посівів кукурудзи (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Динаміки зміни площі листкової поверхні посівів кукурудзи під впливом макро- і мікродобрив (середнє за 2022–2024рр.), тис. м²/га

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	12 листків (ВВСН 30)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 76)
Без добрив	1	23,9	44,8	41,9
	2	24,3	45,3	43,0
	3	24,7	45,6	43,2
	4	25,0	45,8	43,4
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	25,4	46,8	44,0
	2	25,7	47,3	44,7
	3	26,0	47,6	45,0
	4	26,5	47,8	45,4
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	26,2	48,4	45,0
	2	26,6	49,0	45,8
	3	26,9	49,3	45,8
	4	27,2	49,5	46,2
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	27,4	49,3	46,0
	2	27,9	49,6	46,8
	3	28,1	50,0	46,9
	4	28,2	50,3	47,3
НІР ₀₅	А	0,9	0,8	0,5
	В	0,1	0,1	0,1
	АВ	1,2	1,1	0,7

Так, у фазі ВВСН 30 (12 листків) на варіантах без мінеральних добрив площа листової поверхні кукурудзи становила 23,9–25,0 тис. м²/га. Використання N₅₀P₃₀K₃₀ дозволило збільшити цей показник до 25,4–26,5 тис. м²/га, N₇₀P₅₀K₅₀ сприяло зростанню площі листової поверхні кукурудзи до 26,2–27,2 тис.м²/га, а N₉₀P₇₀K₇₀–27,4–28,2 м²/га. В середньому по варіантах мінерального живлення асиміляційна площа рослин на першому варіанті використання мікродобрив (Нутрівант Універсальний (2 кг/га)) зростала на 0,4 тис.м²/га, другому (Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га))– на 0,7 тис.м²/га, третьому (Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га)) – на 1,0 тис.м²/га, відносно контрольних ділянок.

У фазу ВВСН 65 (цвітіння волотей) рослини кукурудзи формували максимальний листовий апарат. Площа листової поверхні на варіанті N₅₀P₃₀K₃₀ без проведення підживлень мікродобривами складала 46,8 тис.м²/га. За використання Нутрівант Універсальний (2 кг/га) цей показник становив 47,3 тис. м²/га, Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га) – 47,6 тис. м²/га, Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) –47,8 тис.м²/га. При застосуванні N₇₀P₅₀K₅₀ площа листової поверхні без проведення підживлень мікродобривами становила 48,4 тис. м²/га. При позакореновому внесенні Нутрівант Універсальний (2 кг/га) – 49,0 тис.м²/га, Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га) – 49,3 тис. м²/га, Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 49,5тис.м²/га.

Найбільша площа листової поверхні рослин кукурудзи була у фазі ВВСН 65 на ділянках, де застосовували мінеральні добрива N₉₀P₇₀K₇₀. Без проведення позакоренових підживлень мікродобривами вона становила 49,3 тис. м²/га, при використанні Нутрівант Універсальний (2 кг/га) – 49,6 тис. м²/га, Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га) – 50,0 тис. м²/га, Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 50,3 тис. м²/га.

Виявлено загальну тенденцію до зменшення площі листової поверхні у фазі ВВСН 76 (молочна стиглість зерна), порівняно з попереднім періодом обліків на 5,1–7,0 % до 41,9–47,3 тис. м²/га, що є фізіологічною особливістю

рослин кукурудзи.

Дисперсійний аналіз площі листкової поверхні у фазу BBCH 65 дозволив встановити частку впливу досліджуваних факторів на формування цього показника (рис. 3.6). Мінеральні добрива впливали на площу листкової поверхні на рівні 74,2 %, позакореневе підживлення мікродобривами на 7,4 %, а взаємодія цих факторів була на рівні 9,8 %. Значним вплив мали погодні умови в роки досліджень (8,6 %).

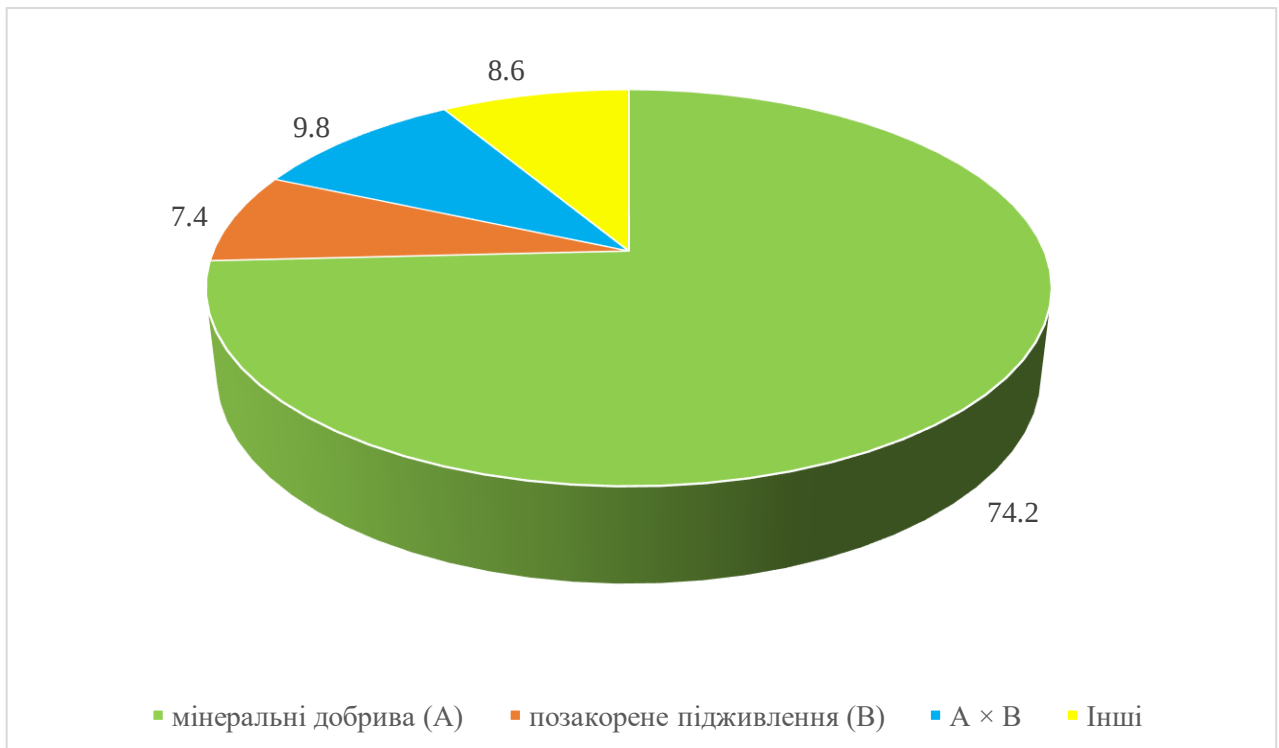


Рис. 3.6. Частка впливу досліджуваних факторів на формування площі листкової поверхні кукурудзи у фазу цвітіння волотей (BBCH 65)

Виявлено, що фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи за період «12 листків-молочна стиглість зерна» на контролі без використання макро- і мікродобрив становив 1,976 млн. м²·діб/га, на варіантах з внесенням N₅₀P₃₀K₃₀ збільшився до 2,080–2,155 млн. м²·діб/га, N₇₀P₅₀K₅₀до – 2,138–2,202 млн. м²·діб/га, N₉₀P₇₀K₇₀ – до 2,202–2,265 млн. м²·діб/га (табл. 3.3). Використання позакореневих обприскувань кукурудзи мікродобривами підвищило цей показник на 0,034–0,075 млн. м²·діб/га або 1,6–3,8 %, порівняно з контролем.

Таблиця 3.3

Фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи залежно від застосування макро- і мікродобрів (середнє за 2022–2024 рр.), млн м² діб/га

Макродобрива	Мікродобрива	12 листків- цвітіння волотей	цвітіння волотей- молочна стиглість зерна	12 листків- молочна стиглість зерна
Без добрив	1	0,756	1,214	1,976
	2	0,766	1,237	2,020
	3	0,773	1,242	2,035
	4	0,779	1,249	2,051
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	0,794	1,271	2,080
	2	0,803	1,288	2,111
	3	0,809	1,296	2,130
	4	0,817	1,304	2,155
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	0,821	1,309	2,138
	2	0,832	1,326	2,172
	3	0,838	1,331	2,183
	4	0,844	1,340	2,202
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	0,843	1,334	2,202
	2	0,853	1,350	2,240
	3	0,858	1,356	2,249
	4	0,864	1,366	2,265

Найвищі значення фотосинтетичного потенціалу отримано у міжфазний період "цвітіння волотей-молочна стиглість зерна". На варіантах з використанням мінеральних добрив його значення коливались в межах 1,271–1,366 млн. м²·діб/га, а при проведенні позакоренових підживлень мікродобривами – 1,237–1,366 млн. м²·діб/га, за показників на контролі на рівні 1,214 млн. м²·діб/га.

Аналогічні результати були отримані І. П. Сатановською [144], яка відмічає, що використання позакоренових підживлень загалом збільшувало значення фотосинтетичного потенціалу впродовж вегетаційного періоду. Проте було відмічено, що на початкових етапах органогенезу в середньостиглого

гібрида Моніка 350 МВ ці значення були нижчими, ніж у середньораннього, а в кінці вегетації – вищими за показники гібрида Білозірський 295 СВ.

Одним з важливих показників оцінки ефективності фотосинтетичної діяльності посівів кукурудзи за певні міжфазні періоди є чиста продуктивність фотосинтезу. Залежно від забезпечення рослин кукурудзи елементами живлення кількість утвореної органічної речовини в процесі фотосинтезу суттєво змінювалася. Найвищі значення чистої продуктивності фотосинтезу отримано у фазу ВВСН 65 (цвітіння волотей) – 9,898–10,772 г/м² за добу, а у останній період обліків ВВСН 76 (фаза молочної стиглості зерна) він становив 5,075–5,924 г/м² за добу (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Чиста продуктивність посіву посівів кукурудзи залежно від застосування макро- і мікродобрив (середнє за 2022–2024 рр.), г/м² за добу

Макродобрива	Мікродобрива	12 листків (ВВСН 30)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 76)
Без добрив	1	6,387	9,898	5,075
	2	6,720	9,904	5,208
	3	6,726	10,024	5,319
	4	6,814	10,052	5,426
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	7,219	10,194	5,396
	2	7,335	10,274	5,476
	3	7,422	10,308	5,508
	4	7,484	10,395	5,603
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	7,303	10,339	5,606
	2	7,547	10,476	5,742
	3	7,552	10,577	5,804
	4	7,607	10,708	5,852
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	7,592	10,487	5,731
	2	7,657	10,632	5,932
	3	7,684	10,713	5,988
	4	7,719	10,772	6,109

Застосування мінеральних добрив $N_{50}P_{30}K_{30}$ сприяло підвищенню чистої продуктивності фотосинтезу на 3,3–6,3 %, $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 7,8–10,5 %, $N_{90}P_{70}K_{70}$ – 9,1–12,9 %, порівняно з контролем. Використання у позакореневе підживлення мікродобрив забезпечувало приріст чистої продуктивності фотосинтезу відносно варіантів без їх внесення в межах 2,1–6,9 %. Максимальні значення цього показника отримано при використанні $N_{90}P_{70}K_{70}$ та позакореновому внесенні Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) (ВВСН 13–14) + Ікар Фосто (0,5 л/га) (ВВСН 15–16) + Ікар Зінто (0,5 л/га) (ВВСН 17–18) – 6,109 г/м² за добу.

Результати наших досліджень співпадають з даними, отриманими М. Б. Грабовським та ін. [37, 213], якими зокрема, визначено, що застосування мінеральних добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$ зумовлювало збільшення чистої продуктивності фотосинтезу у фазу цвітіння качанів на 6,5 %, а $N_{120}P_{90}K_{90}$ на 9,6 %, порівняно з контролем. Приріст цього показника від внесення мікродобрив складав 2,3–3,9 %.

3.3. Динаміка накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи

Згідно Л. М. Шинкарук [170, 269] добрива та підживлення здатні впливати на накопичення сухої маси кукурудзи. Найвищий показник – 26,22 т/га отримано у варіанті підживлення мікродобривами, карбамідом та сульфатом магнію у фазі 10 листків за удобрення в нормі $N_{160}P_{80}K_{140}$.

О. С. Іванишин та В. Я. Хоміна [74] виявили суттєві відмінності в накопиченні сухої маси рослин у гібридів кукурудзи від фази молочної стиглості до фізіологічної стиглості зерна. У фазі молочної стиглості залежно від досліджуваних факторів показник коливався від 15,63 до 17,5 т/га, а у фазу фізіологічної стиглості – від 17,3 до 20,7 т/га. Максимальні показники отримано у гібридів КВС 381 та КВС 4484 – в межах 20,68–20,72 т/га при підвищених дозах добрив – 250 та 300 кг/га та дозах мікродобрива – 2 і 3 л/га.

Накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи залежить від висоти рослини, генетичних характеристик, площі асиміляційної поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чистої фотосинтетичної продуктивності [133].

Посилення процесів росту рослин призводить до збільшення утворення асиміляційної поверхні, підвищення фотосинтетичної активності та збільшення врожаю основної та побічної продукції [46].

Вміст сухої речовини в кукурудзі залежить від гібрида та густоти стояння рослин і збільшується за підвищення рівня азотних добрив. Підвищення рівня добрив з $N_{120}P_{60}K_{130}$ до $N_{150}P_{90}K_{160}$ збільшує врожайність сухої речовини кукурудзи на 0,8–2,8 т/га [5].

Численними дослідженнями було визначено, що застосування регуляторів росту та мікродобрив сприяє підвищенню виходу сухої речовини [30, 38, 58, 123, 248, 251, 273]. Незалежно від групи зрілості гібрида мікродобрива підвищують урожайність зерна кукурудзи на 0,38–1,26 т/га, причому прибавка врожаю варіює в межах 3,8–10,0 % [212].

Обприскування рослин кукурудзи на стадії 3–5 листків YaraVita Maize (4 л/га) і обробка насіння YaraVita Teprosyn (5 л/т) дозволяє отримати приріст урожайності сухої маси 1,2–3,8 %, а при застосуванні YaraTera Tenso (0,15 кг/т) + обприскування кукурудзи на стадії 3–5 листків YaraVita Kombiphos (3 л/га) – 1,5–4,2 % більше, порівняно з контролем [123].

На показник урожайності сухої речовини більший вплив чинять макродобрива, ніж мікродобрива. При використанні $N_{90}P_{60}K_{60}$ урожайність сухої речовини збільшувалась на 11,4–15,5 %, при $N_{120}P_{90}K_{90}$ на 12,8–17,0 %, відносно варіантів без їх застосування [213].

За результатами проведених досліджень встановлено, що вміст сухої речовини у фазу ВВСН 85 (воскова стиглість зерна) у рослинах кукурудзи був в межах 38,7–41,5 % (табл. 3.5). При застосуванні мінеральних добрив відмічено зменшення вмісту сухої речовини, як в окремих органах так і в рослинах кукурудзи загалом. Так, при внесенні $N_{50}P_{30}K_{30}$ цей показник зменшувався на 0,9–1,4 %, $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 1,4–2,2 %, $N_{90}P_{70}K_{70}$ – 2,0–2,6 %, відносно контрольного варіанту. Не відмічено впливу мікродобрив на вміст сухої речовини у рослинах кукурудзи та її структурних елементах (стеблах, листках, обгортках і стрижнях

качана та зерні). Подібні результати отримані і іншими вченими [35, 45, 52, 81, 98, 111].

Таблиця 3.5

Вміст сухої речовини в рослинах кукурудзи залежно від застосування макро- та мікродобрих у фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85) (середнє за 2022–2024 рр.), %

Макродобрива	Мікродобрива	Стебло	Листки	Обгортки і стрижень качана	Зерно	У рослині
Без добрив	1	27,5	38,2	34,7	63,8	41,1
	2	27,3	38,0	35,0	63,5	41,0
	3	27,4	38,3	34,3	63,7	40,9
	4	28,0	38,4	35,4	64,0	41,5
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	26,4	37,4	33,6	62,7	40,0
	2	26,0	37,1	33,8	63,5	40,1
	3	26,7	37,4	33,4	62,3	40,0
	4	26,5	37,2	33,5	63,0	40,1
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	26,0	37,0	32,8	62,1	39,5
	2	25,4	37,0	33,0	62,8	39,6
	3	25,7	36,7	32,5	62,2	39,3
	4	25,3	36,4	32,7	62,6	39,3
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	25,1	36,1	32,1	61,4	38,7
	2	25,0	35,8	32,2	62,0	38,8
	3	25,3	36,0	32,4	62,0	38,9
	4	25,0	35,9	32,3	62,2	38,9
НІР ₀₅	А	0,6	0,5	0,5	0,4	0,8
	В	0,3	0,2	0,3	0,1	0,3
	АВ	0,9	0,8	0,9	0,6	1,1

Вміст сухої речовини варіював залежно від структурної частини рослини кукурудзи: у зерні був в межах 62,0–64,0 %, листках – 35,9–38,0 %, обгортках і стрижнях качана – 32,1–35,4 %, а мінімальні значення отримані в стеблі – 25,0–28,0 %. За даними М. Б. Грабовського, К.В. Павліченка [38] та Я. Надь [113] найбільша кількість сухої речовини накопичується в качані, порівняно з іншими частинами кукурудзи, а найменше її міститься в листках та стеблах, що

пов’язано з тим, що стебло є провідником вологи. У результаті в зерні кукурудзи виявляється в 1,9–2,0 разів більше сухої речовини, ніж у листках, стеблах, обгортках та стрижнях качана.

Урожайність сухої маси побічної продукції кукурудзи залежала від урожайності, вмісту сухої речовини, гідротермічних умов року та досліджуваних факторів. При застосуванні мінеральних добрив $N_{50}P_{30}K_{30}$ відмічено збільшення цього показника на 11,2–14,6 %, $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 12,3–13,7 %, $N_{90}P_{70}K_{70}$ – 14,5–15,6 %, порівняно з контролем. Приріст урожайності сухої маси від використання мікродобрив складав 5,9–11,7 % (рис. 3.7).

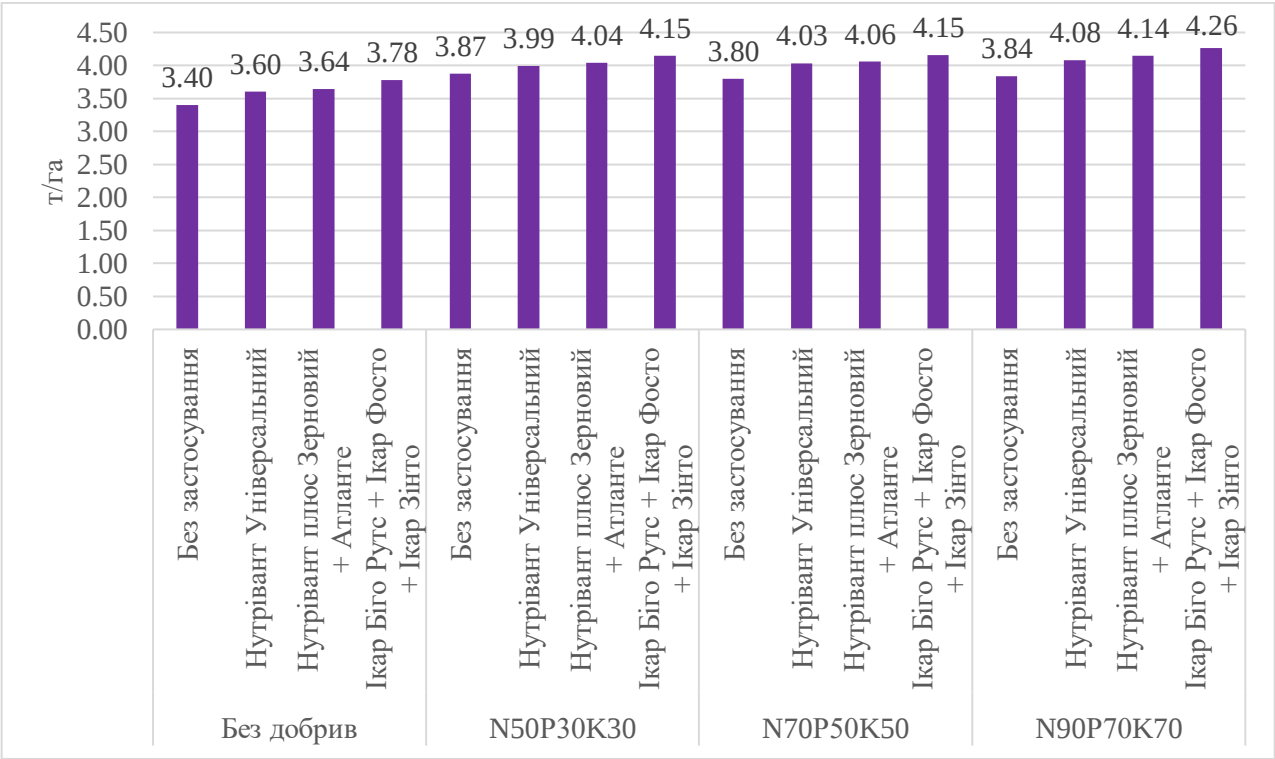


Рис. 3.7. Урожайність сухої маси побічної продукції (ПП) кукурудзи залежно від застосування макро- і мікродобрив (середнє за 2022–2024 рр.), т/га

Максимальні показники урожайності сухої маси побічної продукції гібриду кукурудзи СИ Октеон отримано на варіанті із внесенням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ і позакореневому підживленню мікродобривами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га)+ Ікар Фосто (0,5 л/га)+ Ікар Зінто (0,5 л/га) – 4,26 т/га.

На урожайність сухої маси побічної продукції кукурудзи найбільший вплив мали мінеральні добрива – 84,5 % (рис. 3.8). Вплив мікродобрив становив 4,1 %, а їх взаємодія з макродобривами – 6,3 %.

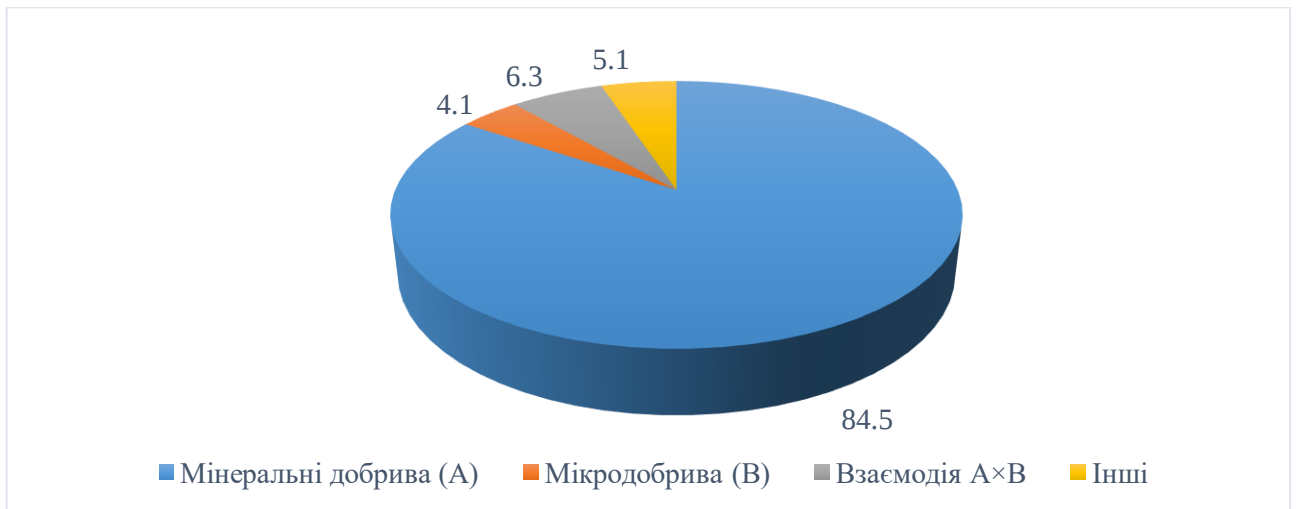


Рис. 3.8. Частка впливу досліджуваних факторів на урожайність сухої маси побічної продукції кукурудзи

Між урожайністю сухої маси побічної продукції кукурудзи і виходом паливних пелет встановлений високий рівень взаємозв'язку ($r=0.94$) (рис. 3.9).

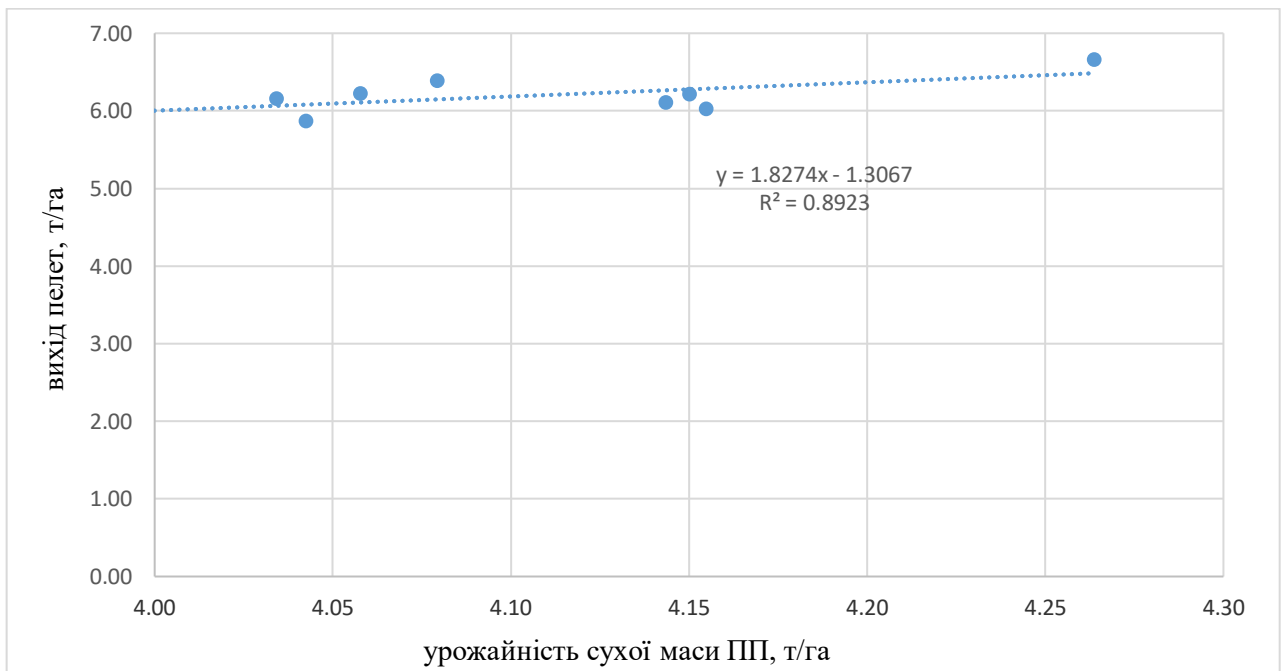


Рис. 3.9. Кореляційні зв'язки між урожайністю сухої маси побічної продукції кукурудзи і виходом паливних пелет

Коефіцієнт детермінації становив при цьому 0,89.

3.4. Елементи структури врожаю кукурудзи

Проведеними дослідженнями в умовах Західного Лісостепу України [172] встановлено, що збільшення фону добрив мало позитивний вплив на кількість рядів зерен та кількість зерен в ряді. Позакореневі підживлення на стадії 10 листків сприяло невеликому підвищенню показника кількості рядів зерен, а на стадії викидання волоті та після цвітіння не впливли на цей показник. Під впливом удобрення та підживлень мікродобривами збільшувалась маса зерна з качана. Маса зерна з качана збільшувалась під впливом удобрення та проведення підживлень. Найбільший вплив відзначено при удобренні $N_{160}P_{80}K_{140}$ та позакореновому підживленні мікродобривами, карбамідом та сульфатом магнію після цвітіння, де приріст становив 25,6 г, або 14,6 %.

Структурні елементи врожаю мають вирішальне значення для врожайності гібридів кукурудзи. Управління ними можливе за рахунок норм добрив, густоти стояння рослин та властивостей гібридів. Кількість зерен у качані гібридів кукурудзи змінюється від 418 до 680 шт., за середньої кількості зерен – 469-636 шт. І значно залежить від погодних умов в період цвітіння, зокрема максимальних температур повітря. Маса 1000 зерен в середньому складає 167-244 грами і суттєво залежить від погодних умов в період формування та наливу зернівки. За внесення $N_{150}P_{135}K_{135}$ та 60 тис. рослин/га формується найбільша маса, а за внесення $N_{120}P_{105}K_{105}$ або навіть $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 90 тис. рослин/га. Маса зерна в початку складає 91,4-148 г [80].

Під дією рівня мінерального живлення рослин $N_{150}P_{90}K_{90}$ змінювалися показники продуктивності качана, а саме довжина качана зростала на 1,1–5,7 %, кількість рядів у качані – 13,9–16,0 %, кількість зерен в качані – 0,3–1,1 %. Оптимальний рівень мінерального живлення рослин сприяв формуванню вищої маси 1000 зерен на 8,8–11,5 г ($N_{120}P_{90}K_{90}$) і 11,9–12,1 г ($N_{150}P_{90}K_{90}$) [14].

Встановлено, що показники елементів структури врожаю змінювалися залежно від виду азотних добрив на фоні діаміфоски. Маса 1000 зерен була найбільшою і варіювала в межах 310–317 г. Найвищий показник маси зерна з качана виявлено за застосування добрива КАС 32, який становив у гібриду ЕС

Конкорд 155,8 та в ЕС Астероїд – 149,9 грамів, що перевищило варіант контролю у гібриду ЕС Конкорд на 44,0 г та гібриду ЕС Астероїд – на 40,7 г [27].

Найсприятливіші умови для живлення рослин гібрида кукурудзи СИ Зефір склалися у варіанті з азотним добривом (N_{40} перед сівбою) у поєднанні з мікродобривом Вуксал Р Макс, забезпечивши найвищі показники структури врожаю, а саме довжину качана – 18,3 см, діаметр качана – 5,0 см, масу зерна з качана – 178,2 г та масу 1000 зерен – 267,6 г, що на 0,3 см, 0,4 см, 30,9 г та 29,0 г більше, порівняно з контрольними даними (без добрив). Поліпшення умов живлення рослин кукурудзи за рахунок внесення азотних добрив та мікроелементів сприяє зростанню рівня урожайності на 0,68–2,21 т/га, в порівнянні із контрольним варіантом [152].

Антал Т. В. та Говенько Р. В. [28] після проведених досліджень довели, що ефективність застосування азотних добрив залежить від виду добрива, фенологічної фази кукурудзи та кратності позакоренових обробок посівів. Найбільша маса 1000 зерен (320 грамів) була у гібриду ЕС Конкорд у варіанті застосування добрива пролонгованої дії КАС 32 та підживлення посівів добривом Гумілін Стимул у фенологічну фазу 5–7 листка (ВВСН 15–17), тоді, як на контролі без обробки посівів цей показник становив 280 г. Маса 1000 зерен з качана найменшою була у варіанті застосування фону азотного добрива – аміачна вода. Проте одноразове застосування добрива Гумілін Стимул у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15–17) було більш ефективним, ніж дворазове (295 г). Найбільшу кількість зерен у ряду (36,0 шт.) та зерен у качані (504 шт.) сформовано за варіанту внесення добрива КАС 32 та позакоренового підживлення посівів, що можна пояснити характерною для нього пролонгованою дією елементів живлення. Ці умови дозволили отримати найбільші показники маси 1000 насінин. Обробка посівів добривом Гумілін Стимул показала найвищу ефективність за застосування у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15–17) на фоні добрива КАС 32 за одноразового внесення з нормою 3 л/га.

Отримані Н. S. Siam та ін. [270] результати свідчать про те, що висота рослин, сира та суха маса рослин, маса качана, маса 1000 зерен, врожайність та

вміст макроелементів у рослинах кукурудзи були значно вищими за внесення аміачної селітри. Підвищення рівня азоту до 140 кг д. р. /га значно збільшувало висоту рослин, вміст сухої речовини, масу качана, масу 1000 зерен та врожайність зерна. Вміст заліза та марганцю в зеленій масі кукурудзи значно зростала в результаті застосування сульфату амонію, але не була суттєвою для вмісту цинку. Застосування сульфату амонію забезпечило найвищий вміст заліза, марганцю та цинку у зерні кукурудзи.

Формування елементів структури врожаю суттєво залежить від забезпеченості рослинами кукурудзи елементами живлення. В літературних джерелах приведено досить багато інформації, яка підтверджує взаємозв'язок формування елементів структури врожаю кукурудзи та внесення добрив [121, 129, 147, 222].

Визначено, що в гібридів кукурудзи різних груп стиглості показники кількості рядів в качані та кількості зерен в ряду визначається азотним живленням в цілому і не залежить від доз і форм внесення мінерального азоту. Однак, формування маси 1000 зерен істотно пов'язане з особливостями використаного нітрогену – найбільші показники були при застосуванні 150 кг/га д.р. – 291–318 г. Серед різних форм мінерального азоту кращим було застосування безводного аміаку – 293–318 г залежно від норми використання [118].

В наших дослідженнях на елементи структури основної (зернової) частини врожаю кукурудзи значний вплив мали погодні умови років досліджень. Так, найвищі значення отримано в 2023 р., довжина качана становила 17,5–18,3 см, діаметр качана – 4,5–4,9 см, кількість зерен з качана – 493,0–550,0 шт., маса зерна з качана – 135,7–168,0 г, маса 1000 зерен – 257,3–305,5 г (Додатки В1–В3). Під впливом несприятливих умов в 2024 р. відмічено зменшення всіх структурних показників, найбільше кількості зерен з качана до 365,0–427,0 шт., маси зерна з качана до 88,7–115,4,0 г, маси 1000 зерен до 243,0–270,3 г.

В середньому, за три роки досліджень, найвищі параметри структури зернової частини врожаю були отримані на варіанті із застосуванням

мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$, при цьому довжина качана була в межах 17,6 – 17,7 см, діаметр качана – 4,6 см, кількість зерен з качана – 469,7–489,3 шт., маса зерна з качана – 135,1–141,2 г, маса 1000 зерен – 286,3–287,2 г, що на 3,5–3,9 %, 10,3 %, 8,6–8,9 %, 16,9–18,9 % та 7,6–9,7 % більше, в порівнянні з контролем (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Елементи структури врожаю основної (зернової) продукції кукурудзи (середнє за 2022–2024 рр.)

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	Довжина качана, см	Діаметр качана, см	Кількість зерен з качана, шт.	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г
Без добрив	1	17,0	4,2	432,7	113,6	260,9
	2	17,1	4,2	443,7	118,2	264,8
	3	17,1	4,2	445,7	118,7	264,8
	4	17,1	4,2	450,0	120,8	266,9
$N_{50}P_{30}K_{30}$	1	17,3	4,3	451,0	126,4	278,8
	2	17,4	4,3	461,7	131,0	282,1
	3	17,4	4,4	465,0	131,5	281,1
	4	17,4	4,4	469,0	132,9	281,8
$N_{70}P_{50}K_{50}$	1	17,4	4,4	458,3	131,4	285,7
	2	17,5	4,5	471,7	135,5	285,6
	3	17,5	4,5	474,7	136,0	284,9
	4	17,5	4,5	477,3	137,0	285,5
$N_{90}P_{70}K_{70}$	1	17,6	4,6	469,7	135,1	286,3
	2	17,7	4,6	483,3	139,0	286,1
	3	17,7	4,6	485,3	139,8	286,5
	4	17,7	4,6	489,3	141,2	287,2
$НІР_{05}$	А	0,2	0,1	3,4	4,1	2,1
	В	0,1	0,1	1,5	0,7	0,4
	АВ	0,5	0,2	5,4	5,6	3,2

При застосуванні добрив $N_{70}P_{50}K_{50}$ цей приріст становив 2,3–2,5 %, 5,6–6,3 %, 5,9–6,5 %, 13,4–15,7 % та 7,0–9,5 %; $N_{50}P_{30}K_{30}$ – 1,4–1,7 %, 3,2–4,0 %, 4,1–4,3 %, 10,0–11,3 % та 5,6–6,9 %, відповідно.

Позакореневе підживлення мікродобривами забезпечувало зростання кількості зерен з качана у гібриду кукурудзи СИ Октеон на 12,2–18,5 шт., маси

зерна з качана – 4,3–6,4 г та масу 1000 зерен – 1,7–2,4 г, порівняно з ділянками без їх використання. При цьому найбільш ефективним виявився четвертий варіант дослідів (Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га)). Не відмічено достовірного впливу застосування макро- і мікродобрих на довжину і діаметр качана, значення цих показників знаходилися в межах похибки дослідів (НІР₀₅ для довжини качана фактору А – 0,2 см, фактору В – 0,1 см; діаметра качана фактору А – 0,1 см; фактору В – 0,1 см).

Встановлено, що в середньому за роки досліджень, найвищі значення маси рослини, качана з зерном, стебла, листків та волоті отримано при внесенні N₉₀P₇₀K₇₀ та підживлені Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 512,2, 169,1, 231,5, 89,5, 22,1 г, відповідно (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Маса рослин та окремих частин кукурудзи перед збиранням (середнє за 2022–2024 рр.), г

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	Качан з зерном	Стебло	Листки	Волоть	Вся рослина
Без добрив	1	136,0	200,4	75,2	20,1	431,7
	2	141,5	203,1	77,7	20,3	442,5
	3	142,1	205,2	79,6	20,3	447,2
	4	144,6	208,8	82,0	20,4	455,8
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	151,4	207,3	79,8	20,6	459,0
	2	156,9	210,3	81,6	20,7	469,5
	3	157,5	211,1	82,7	20,8	472,1
	4	159,1	213,7	85,3	20,8	479,0
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	157,3	214,0	81,9	21,0	474,2
	2	162,2	216,3	83,5	21,2	483,2
	3	162,8	218,5	85,0	21,3	487,5
	4	164,0	222,3	86,5	21,3	494,0
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	161,7	223,0	84,7	21,7	491,0
	2	166,4	224,9	86,5	21,8	499,7
	3	167,3	226,7	87,4	21,9	503,3
	4	169,1	231,5	89,5	22,1	512,2
НІР ₀₅	А	4,6	4,3	1,5	0,3	6,0
	В	0,6	1,4	0,8	0,3	2,1
	АВ	5,7	6,0	2,3	0,7	8,3

При використанні $N_{50}P_{30}K_{30}$ маса рослин кукурудзи зростала на 23,2–24,4 г або 5,1–6,3 %, $N_{70}P_{50}K_{50}$ на 38,2–42,6 г або 8,4–9,9 %, $N_{90}P_{70}K_{70}$ – 56,1–59,3 г або 12,4–13,7 %, відносно контрольних варіантів. Позакореневе підживлення мікродобривами сприяло збільшенню маси рослин кукурудзи на 1,9–5,6 %. Мінеральні добрива, в більшій мірі, впливали на збільшення маси вегетативних органів, ніж качана з зерном, а позакореневе підживлення мікродобривами впливало як на вегетативну, так і генеративну масу рослин кукурудзи. Не виявлено достовірного впливу макро- і мікродобрив на масу волоті кукурудзи.

Під впливом погодних умов також змінювалася маса рослин кукурудзи та окремих її частин. Так, у 2022 р. маса рослини коливалася від 429,1 до 520,9 г, у 2023 р. – 508,8–595,6 г, а мінімальні значення отримані у 2024 р. – 357,0–419,9 г (Додатки Г1–Г3). Відповідно до маси рослин коливалися по рокам і маса окремих структурних частин, найбільшу варіабельність залежно від погодних умов відмічено у показників «маса качана» і «маса зерна».

В загальній структурі рослини на стебло припадає 40,4 %, зерно – 36,5 % (рис. 3.10).

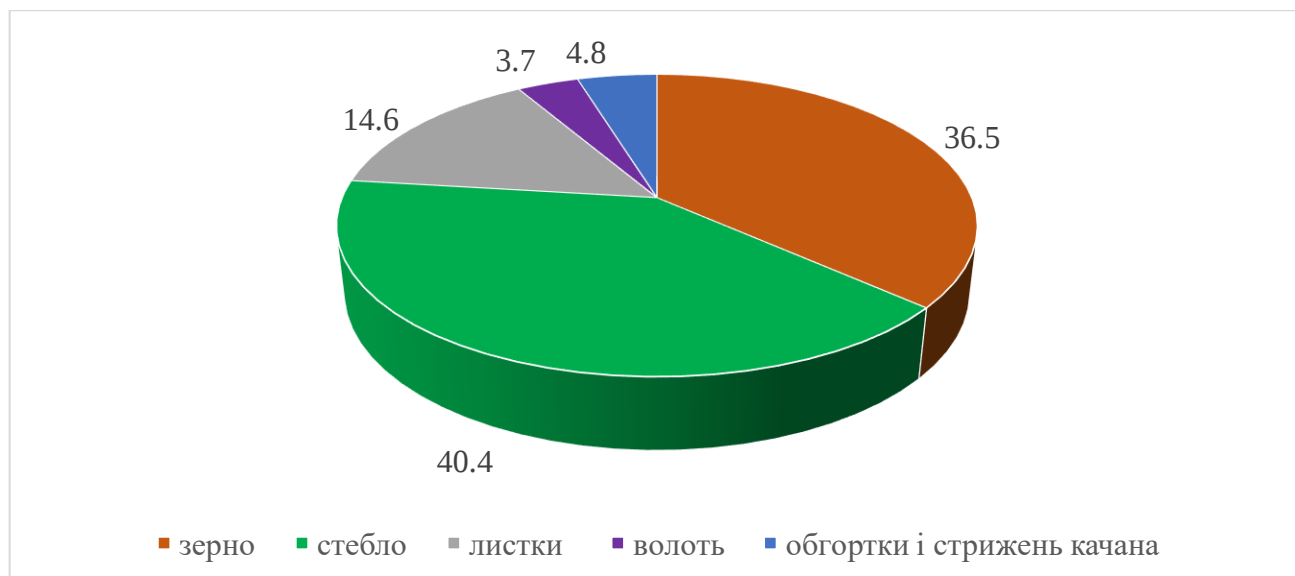


Рис. 3.10. Частка окремих органів кукурудзи в загальній структурі рослини, %

А на листки – 14,6 %, обгортки і стрижень качана – 4,8 % та волоть – 3,7 %.

3.5. Урожайність основної та побічної продукції

За результатами проведених досліджень О. І. Цилюриком і І. М. Сологубом [168] стимулятори росту виявились ефективнішими в стресових умовах у посушливий (2020 р.) та помірно вологий роки (2022 р.), коли відбувалося збільшення рівня урожайності зерна кукурудзи під впливом стимуляторів росту рослин та мікродобрив. В той же час у вологий 2021 рік відмічено зниження врожаю через значно інтенсивніший розвиток вегетативної маси, коли істотна частина елементів живлення та пластичних речовин йшла на формування листків та стебел, а не зерна.

Максимальна врожайність зерна кукурудзи у 2019–2021 рр. в умовах Лівобережного Лісостепу України становила в гібрида ЕС Конкорд – 8,50 т/га за застосування добрива КАС 32 (фон) та позакореневого підживлення у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15–17) та одноразового застосування добрива. Вегетаційний період становив 108 днів, висота рослини – 289,40 см. Види азотних добрив (аміачна вода, КАС 32, карбамід) позитивно вплинули на показники урожайності зерна гібридів кукурудзи. Прирости урожайності (щодо кращого варіанта контролю) становили відповідно 2,40 т/га. Наведені дані свідчать про найвищу ефективність добрива КАС 32 завдяки позитивній дії наявних в ньомутрьох форм азоту [28].

Згідно даних V. Ivanyshyn і Н. Khomina [228] оптимальну урожайність в середньому за роки досліджень отримано у середньораннього гібриду КВС 2323 та середньостиглого КВС 381: 11,1–11,2 та 10,5–10,7 т/га на варіантах з дозою макро добрив 250 кг/га та мікродобрива 3 л/га, а також макро добрива 300 кг/га та мікродобрива 2 і 3 л/га.

В наших дослідженнях урожайність основної і побічної продукції кукурудзи залежала від погодних умов та забезпечення елементами живлення. Так, в більш сприятливому за кліматичними умовами 2023 р. урожайність зерна була в межах 8,95–11,25 т/га, а побічної продукції – 12,17–16,35 т/га (табл. 3.8 і 3.9). В 2022 р., продуктивність кукурудзи була меншою і становила 7,52–9,46 т/га і 10,11–14,56 т/га, відповідно. Дефіцит опадів та високі

температури повітря протягом вегетаційного періоду 2024 р. суттєво зменшили урожайність зерна на 24,7–56,7 % і побічної продукції на 14,9–59,4 % кукурудзи, порівняно з попередніми роками.

Таблиця 3.8

Урожайність основної (зерна) продукції кукурудзи, т/га

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середня
Без добрив	Без застосування	7,52	8,95	5,71	7,39
	Нутрівант Універсальний	7,90	9,20	6,00	7,70
	Нутрівант плюс Зерновий + Атланте	7,94	9,23	6,05	7,74
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	8,10	9,33	6,19	7,87
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	Без застосування	8,44	9,85	6,43	8,24
	Нутрівант Універсальний	8,81	10,22	6,60	8,54
	Нутрівант плюс Зерновий + Атланте	8,86	10,27	6,65	8,59
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	9,08	10,52	6,81	8,80
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	Без застосування	8,64	10,17	6,88	8,57
	Нутрівант Універсальний	8,95	10,57	6,99	8,84
	Нутрівант плюс Зерновий + Атланте	8,99	10,61	7,03	8,88
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	9,20	10,91	7,12	9,08
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	Без застосування	8,85	10,43	7,18	8,82
	Нутрівант Універсальний	9,13	10,84	7,30	9,09
	Нутрівант плюс Зерновий + Атланте	9,17	10,95	7,35	9,16
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	9,46	11,25	7,52	9,41
НІР ₀₅	А	0,18	0,24	0,23	
	В	0,08	0,12	0,08	
	АВ	0,24	0,33	0,30	

Встановлено, що максимальні показники урожайності зерна і побічної продукції отримано на варіанті досліду, який передбачав внесення N₉₀P₇₀K₇₀ у

поєднанні із позакореневим підживленням мікродобривами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 9,41 і 13,72 т/га, що на 2,02 і 3,57 т/га більше, порівняно із варіантом без макро- і мікродобрив.

Таблиця 3.9

Урожайність побічної продукції кукурудзи, т/га

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середня
Без добрив	Без застосування	10,11	12,17	8,19	10,16
	Нутрівант Універсальний	10,56	12,58	9,19	10,78
	Нутрівант плюс Зерновий + Атланте	10,79	12,67	9,29	10,92
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	11,16	12,86	9,38	11,13
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	Без застосування	12,03	14,31	9,46	11,93
	Нутрівант Універсальний	12,76	14,72	9,59	12,36
	Нутрівант плюс Зерновий + Атланте	12,88	14,81	9,63	12,44
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	13,47	15,23	9,73	12,81
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	Без застосування	11,81	14,13	9,71	11,89
	Нутрівант Універсальний	13,18	15,05	9,84	12,69
	Нутрівант плюс Зерновий + Атланте	13,38	15,18	9,92	12,83
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	13,98	15,61	10,02	13,20
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	Без застосування	12,30	14,76	9,97	12,34
	Нутрівант Універсальний	13,69	15,69	10,10	13,16
	Нутрівант плюс Зерновий + Атланте	13,89	15,76	10,15	13,27
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	14,56	16,35	10,26	13,72
НІР ₀₅	А	0,34	0,39	0,24	
	В	0,16	0,25	0,19	
	АВ	0,46	0,52	0,42	

На аналогічних варіантах із внесенням N₅₀P₃₀K₃₀ і N₇₀P₅₀K₅₀ урожайність основної і побічної продукції кукурудзи становила 8,80 і 12,81 т/га і 9,08 і 13,20

т/га, що на 1,41 і 2,65 та 1,68 і 3,05 т/га більше, порівняно із контрольним варіантом.

Доведено, що застосування мінеральних добрив $N_{50}P_{30}K_{30}$ підвищувало урожайність зерна кукурудзи на 0,87 т/га або 11,3 %, а побічної продукції на 1,64 т/га або 15,2 % (рис. 3.11). Використання $N_{70}P_{50}K_{50}$ і $N_{90}P_{70}K_{70}$ забезпечувало прибавку урожаю зерна на 1,16 і 1,44 т/га або 15,1 і 18,8 % та побічної продукції на 1,90 і 2,38 т/га або 17,7 і 22,1 %, порівняно з контролем.

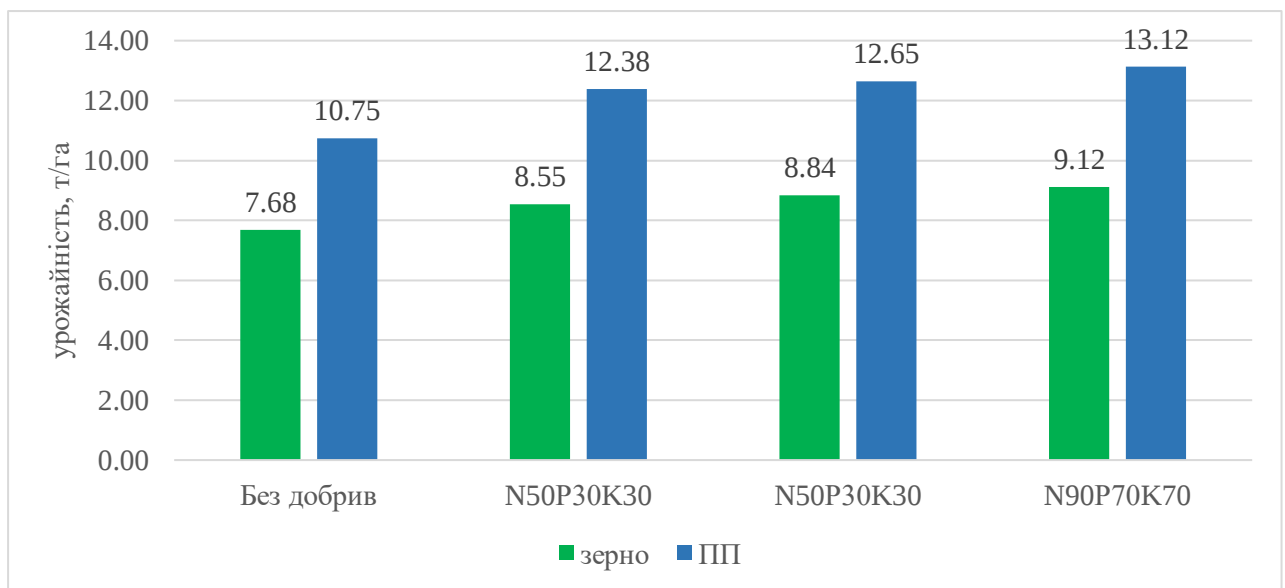


Рис. 3.11. Урожайність основної (зерна) та побічної продукції (ПП) кукурудзи залежно від застосування мінеральних добрив (середнє за 2022–2024 рр.)

Проведення позакореневого підживлення препаратом Нутривант Універсальний (2 кг/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи (ВВСН 13–16) забезпечувало збільшення урожайності зерна на 0,29 т/га або 3,5 %, а побічної продукції кукурудзи на 0,67 т/га і 5,8 %, порівняно з контролем (рис. 3.12). На варіантах із застосуванням Нутривант плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи (ВВСН 13–16) + Атланте (0,5 л/га) у фазі 7-8 листків кукурудзи (ВВСН 17–18) цей приріст становив 0,34 і 0,78 т/га або 4,1 і 6,8 %, а внесення мікродобрив Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі 3-4 листків кукурудзи (ВВСН 13–14) + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі 4-5 листків кукурудзи (ВВСН 15–16) + Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі 7-8 листків кукурудзи (ВВСН 17–18) дозволило підвищити

продуктивність основної і побічної продукції кукурудзи на 0,54 і 1,14 т/га або 6,5 і 9,8 %.

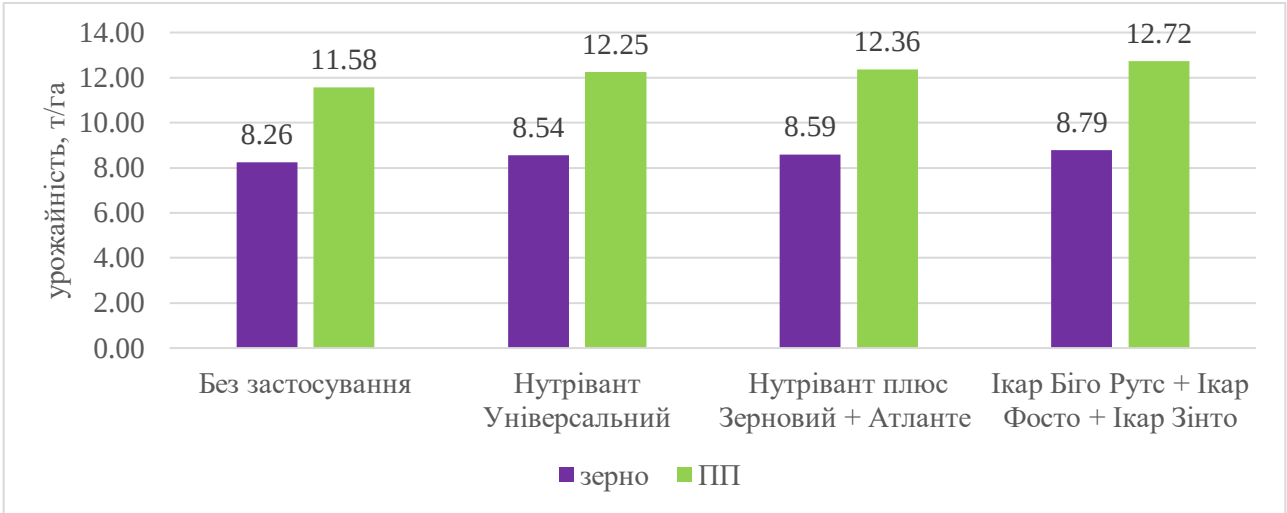


Рис. 3.12. Урожайність основної (зерна) та побічної продукції кукурудзи залежно від позакореневого застосування мікродобрив (середнє за 2022–2024 рр.)

На основі даних дисперсійного аналізу виявлено, що на урожайність зерна кукурудзи найбільший вплив мало застосування мінеральних добрив – 66,5 % (рис. 3.13). Вплив мікродобрив та їх взаємодія з макроелементами були на рівні 12,3 і 12,7 %, а інші фактори (погодні умови) становили 8,5 %.

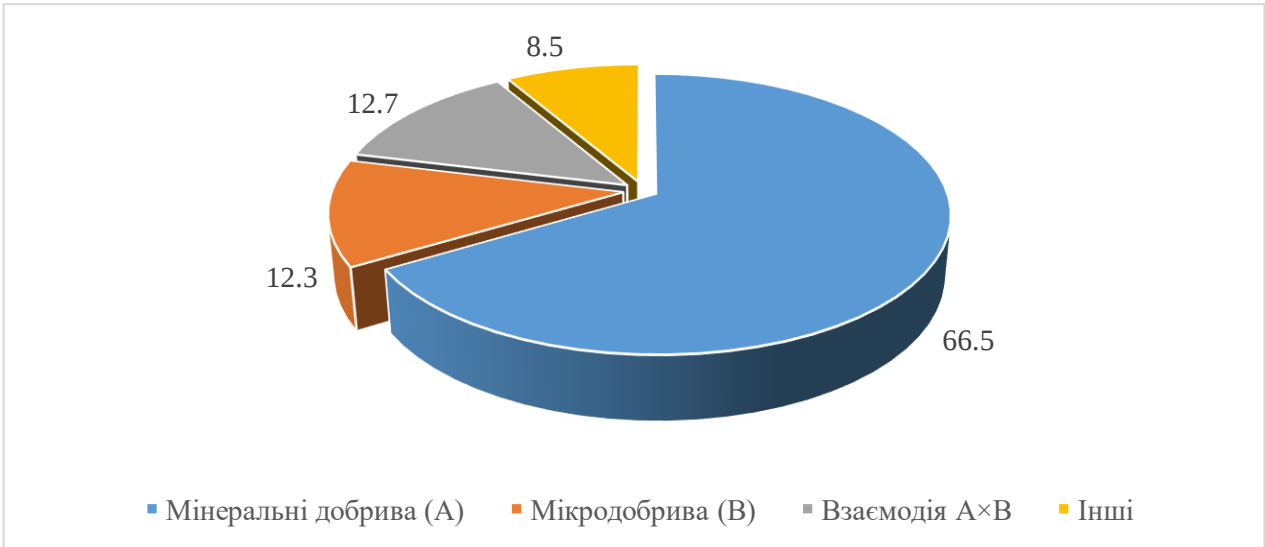


Рис. 3.13. Частка впливу досліджуваних факторів на урожайність зерна кукурудзи

На урожайність побічної продукції кукурудзи також максимальний вплив мало використання мінеральних добрив – 69,8 % (рис. 3.14). При цьому зменшилася частка мікродобрив і до 7,6 % зріс вплив інших факторів – 10,8 %.

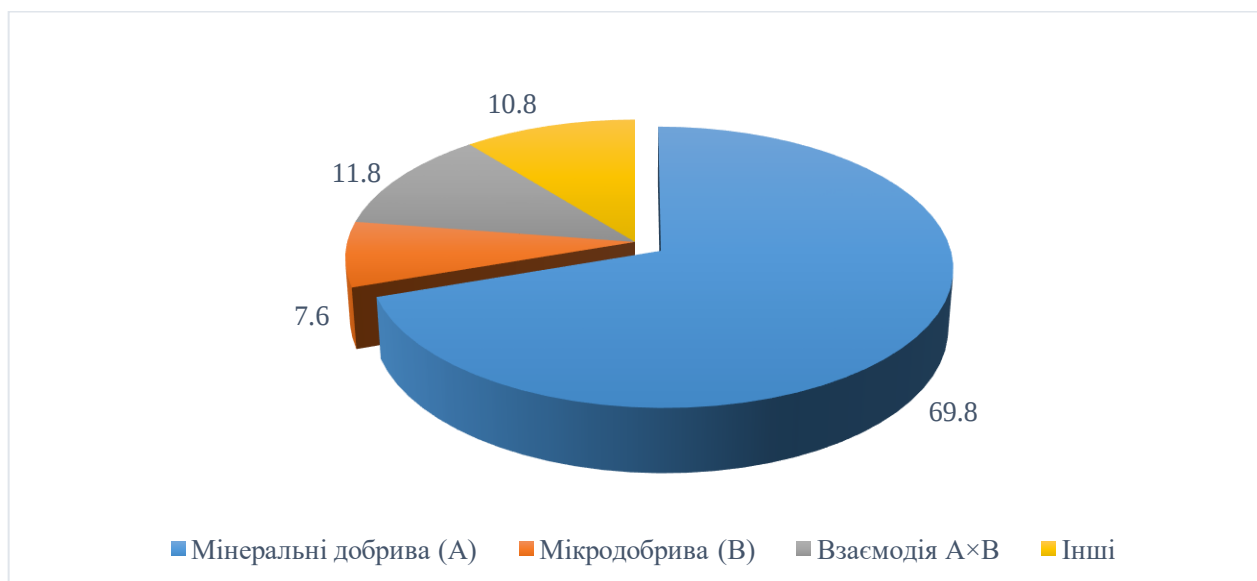


Рис. 3.14. Частка впливу досліджуваних факторів на урожайність побічної продукції кукурудзи

Співвідношення врожайності зерна і побічної продукції, виражене як індекс врожайності, є відносним показником. За збільшення врожайності зерна відповідно збільшується і маса побічної продукції. Проте, залежно від погодних умов, насамперед забезпечення вологою, формується різне співвідношення, яке може бути індикатором оцінки забезпечення рослин чинниками довкілля [79]. Відношення маси зерна до загальної маси надземної частини рослини характеризує направлене використання продуктів асиміляції на формування господарської (зернової) частини врожаю [233]. Також індекс урожайності вказує на фізіологічну ефективність та здатність рослин перетворювати загальну накопичену суху речовину в економічний врожай.

Співвідношення основної (зерно) та побічної (стебло, листки) продукції у кукурудзи є різним та залежить від гібриду, умов вирощування, елементів технології, вологості та становить 1:0,9–1,5 [119]. За даними американських учених, приблизно 1 тонна решток (при 10 % вологості) виробляється на 1,02 т зерна кукурудзи (при вологості 15,5 %) [191]. Загалом це співвідношення зменшується зі збільшенням врожайності зерна кукурудзи [209].

За даними наших спостережень встановлено, що 2022 р. характеризувався, як відносно сприятливий за умовами зволоження. Більша частина опадів випала в серпні і вересні, а у червні та липні спостерігався їх дефіцит. Тому індекс урожайності кукурудзи цього року коливався в межах 0,35–0,44 (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Індекс урожайності кукурудзи

Мінеральні добрива	Рік	Позакореневе підживлення мікродобривами			
		Без застосування	Нутрівант Універсальний	Нутрівант плюс Зерновий + Атланте	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто
Без добрив	2022	0,44	0,45	0,44	0,43
	2023	0,47	0,46	0,46	0,46
	2024	0,37	0,32	0,32	0,33
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	2022	0,40	0,39	0,39	0,37
	2023	0,42	0,42	0,42	0,42
	2024	0,35	0,36	0,36	0,37
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	2022	0,43	0,38	0,37	0,36
	2023	0,45	0,43	0,43	0,43
	2024	0,38	0,38	0,38	0,38
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	2022	0,42	0,37	0,36	0,35
	2023	0,44	0,42	0,42	0,42
	2024	0,39	0,39	0,39	0,40

За сприятливих погодних умов 2023 р. отримано найвищу урожайність зерна і побічної продукції, відповідно індекс урожайності на всіх варіантах мав максимальні значення – 0,42–0,47. В 2024 р. спостерігався високий температурний режим та дефіцит вологи впродовж вегетаційного періоду кукурудзи. Це суттєво вплинуло на зменшення врожайності зерна та побічної продукції, відповідно індекс урожайності культури мав найнижчі значення – 0,32–0,40. Слід відмітити зростання в 2024 р. індексу урожайності на варіантах із використанням мінеральних добрив. Це пояснюється комплексним впливом макро- і мікродобрив на фізіологічні процеси в рослинах в стресових умовах довкілля та збільшенням накопичення органічної речовини в генеративних органах (качанах).

За результатами наших досліджень встановлено значний вплив мінерального живлення і позакореневого підживлення на формування індексу урожайності кукурудзи (рис. 3.15). Так, вищі значення цього показника отримано при застосуванні $N_{90}P_{70}K_{70}$ та четвертому варіанті позакореневого підживлення (Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто) – 0,38.

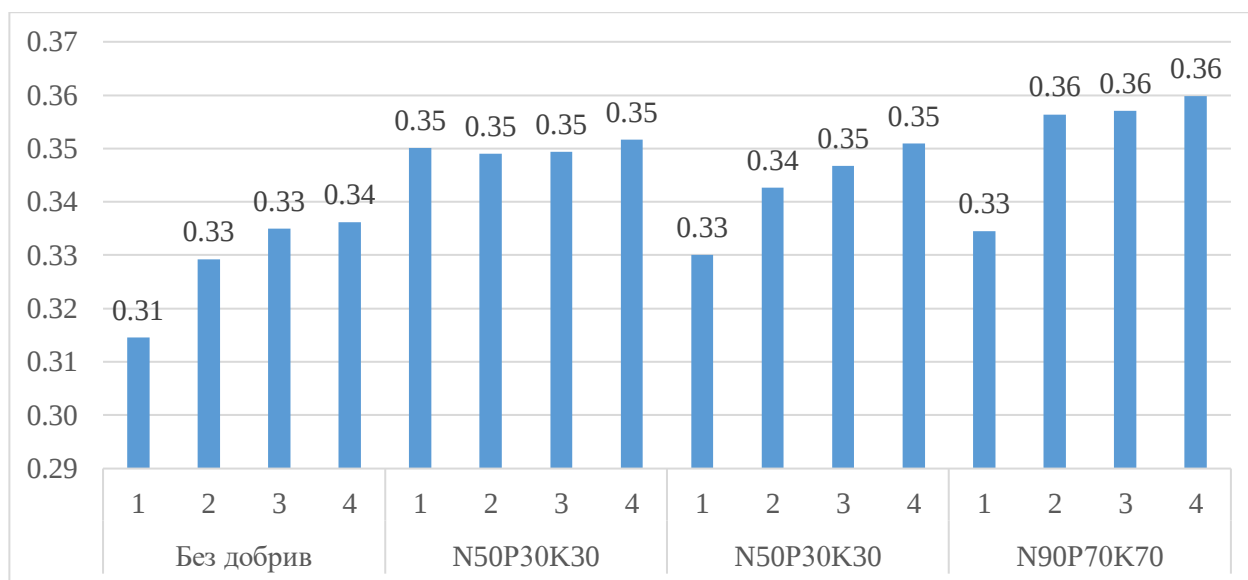


Рис. 3.15. Індекс урожайності кукурудзи (середнє за 2022–2024 рр.) (1 – Без застосування мікродобрив, 2 – Нутривант Універсальний, 3 – Нутривант плюс Зерновий + Атланте, 4 – Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто)

Аналогічні дані отримано і в дослідженнях С. М. Каленської та В. Г. Тарана [79], в яких відмічено, що індекс урожайності гібридів кукурудзи значно різниться за вирощування з різною густотою стояння, змінних норм добрив та погодних умов – 0,36–0,52.

Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що на висоту рослин кукурудзи значний вплив мали погодні умови років досліджень. Так, найвищі значення цього показника отримано у 2023 р., а мінімальні у 2024 р. Лінійне збільшення висоти рослин кукурудзи відбувалося до фази ВВСН 85 (воскова стиглість зерна), при цьому максимальні значення спостерігалися на варіанті із застосуванням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ та мікродобрив Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 225,9 см. Висота прикріплення качана становила при цьому

91,3 см.

2. Виявлено, що найбільший вплив на висоту рослин мають мінеральні добрива – 75,6 %, мікродобрива – 8,4 %, а їх взаємодія становить 5,8 %. Інші фактори (погодні умови) впливають на рівні 10,2 %. Висота рослин має середньої сили кореляційні зв'язки з урожайністю зерна ($r=0,65$), та високий рівень зв'язку з урожайністю побічної продукції ($r=0,90$) і виходом паливних пелет ($r=0,92$).

3. Найбільші показники площі листкової поверхні посівів кукурудзи були отримані у фазу BBCH 65 (цвітіння волотей) на варіанті, де застосовували мінеральні добрива $N_{90}P_{70}K_{70}$ та позакореневе підживлення рослину фазі 3-4 листків кукурудзи Ікар Біго Рутс (0,5 л/га), повторно у фазі 4-5 листків кукурудзи Ікар Фосто (0,5 л/га) і у фазі 7-8 листків кукурудзи Ікар Зінто (0,5 л/га) – 50,3 тис. m^2 /га. Фотосинтетичний потенціал посівів становив при цьому за період «12 листків-молочна стиглість зерна» 2,265 млн. m^2 ·діб/га, а чиста продуктивність фотосинтезу у фазу BBCH 76 (молочна стиглість зерна) – 6,109 г/ m^2 за добу.

4. Дисперсійним аналізом доведено, що найбільший вплив на площу листкової поверхні посівів кукурудзи мають мінеральні добрива – 74,2 %, мікродобрива впливають на 7,4 %, а взаємодія цих факторів становить 9,8 %. Залежно від періодів обліків застосування мінеральних добрив (макродобрив) забезпечувало збільшення площі листкової поверхні посівів кукурудзи на 4,3–15,8 %, фотосинтетичного потенціалу посівів на 4,2–12,6 %, чистої продуктивності фотосинтезу на 3,0–14,3 %, порівняно з контролем, а мікродобрив на 1,3–4,3 %; 1,1–3,8 %; 1,1–6,9 %, відповідно.

5. При застосуванні мінеральних добрив відмічено зменшення вмісту сухої речовини, як в окремих органах так і в рослинах кукурудзи загалом. Не відмічено впливу мікродобрив на вміст сухої речовини у рослинах кукурудзи та її структурних елементах (стеблах, листках, обгортках і стрижнях качана та зерні). Вміст сухої речовини становив: у зерні 62,0–64,0 %, листках – 35,9–38,0 %, обгортках і стрижнях качана – 32,1–35,4 %, стеблі – 25,0–28,0 %.

Максимальна урожайність сухої маси побічної продукції кукурудзи отримана на варіанті із внесенням $N_{90}P_{70}K_{70}$ і позакореневому підживленню мікродобривами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 4,26 т/га.

6. Найкращі умови для рослин кукурудзи були на варіанті із внесенням $N_{90}P_{70}K_{70}$ та позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га), які забезпечують найвищі параметри довжини качана – 17,7 см, діаметру качана – 4,6 см, кількості зерен з качана – 489,3 шт., маси зерна з качана – 141,2 г та маси 1000 зерен – 287,2 г, маси рослини кукурудзи (512,2 г), маси качана з зерном (169,1 г), маси стебла (231,5 г), маси листків (89,5 г) та волоті (22,1 г). В загальній структурі рослини на стебло припадає 40,4 %, зерно – 36,5 %, листки – 14,6 %, обгортки і стрижень качана – 4,8 % та волоть – 3,7 %.

7. Урожайність основної і побічної продукції кукурудзи залежала від погодних умов та забезпечення елементами живлення. В 2023 р. урожайність зерна була в межах 8,95–11,25 т/га, а побічної продукції – 12,17–16,35 т/га. В 2022 р., продуктивність кукурудзи становила 7,52–9,46 т/га і 10,11–14,56 т/га, відповідно. В несприятливому за погодними умовами 2024 р. урожайність зерна кукурудзи була меншою на 24,7–56,7 %, а побічної продукції на 14,9–59,4 %, порівняно з попередніми роками. Доведено, що на урожайність зерна і побічної продукції кукурудзи найбільший вплив мало застосування мінеральних добрив – 66,5 і 69,8 %. Вплив мікродобрив та їх взаємодія з макродобривами були на рівні 12,3 і 7,6 % та 12,7 і 11,8 %.

8. Максимальна урожайність зерна та побічної продукції кукурудзи отримана на варіанті із використанням $N_{90}P_{70}K_{70}$ у поєднанні із позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі 3-4 листків кукурудзи (ВВСН 13–14) + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі 4-5 листків кукурудзи (ВВСН 15–16) + Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі 7-8 листків кукурудзи (ВВСН 17–18) – 9,41 і 13,72 т/га, що на 2,02 і 3,57 т/га більше, порівняно із варіантом без їх внесення. На аналогічних варіантах із $N_{50}P_{30}K_{30}$ і $N_{70}P_{50}K_{50}$ урожайність основної і побічної продукції кукурудзи складала 8,80 і 12,81 т/га і 9,08 і 13,20 т/га. Застосування мінеральних добрив

дозволяє підвищити урожайність зерна на 11,3–18,8 %, а побічної продукції кукурудзи на 15,2–22,1 %, мікродобрив на 3,5–6,5 % і 5,8–9,8 %, відповідно.

9. Розрахунками доведено, що в 2023 р. отримано найвищу урожайність зерна і побічної продукції і індекс урожайності мав максимальні значення – 0,42–0,47. А у 2024 р., під впливом високих температур повітря та дефіциту вологи спостерігалось зменшення врожайності зерна та побічної продукції і індекс урожайності культури становив 0,32–0,40.

Основні положення дисертації викладені в наукових працях [8, 9, 62–66, 69].

РОЗДІЛ 4

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ДЕСИКАЦІЇ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ

4.1. Вологість зерна і побічної продукції кукурудзи

Період збирання кукурудзи визначається рівнем вологості зерна. Тому перед початком збирання аграрії визначають вологість зерна, враховуючи терміни сівби та групу стиглості гібриду. Під час збирання врожаю, побічна продукція кукурудзи часто більш волога (більше 30 %), ніж зерно, але після збирання зерна волога з біомаси інтенсивно випаровується [209]. Крім того, вологість решток кукурудзи сильно залежить від погодних умов під час збирання врожаю, а інтенсивні опади можуть призвести до дуже несприятливих умов для збирання біомаси і подальшого її енергетичного використання [21]. Вологість різних частин кукурудзи неоднорідна і швидко зменшується через 120 днів від дати сівби [224].

Вологість зерна є обмежуючим фактором при комбайновому збиранні. Низька вологість зерна при збиранні знижує витрати на післязбиральну сушку зерна та втрату якості насіння під час зберігання. Передзбиральна десикація економічно та ефективно дозволяє своєчасно зібрати врожай за несприятливих погодних умов [284]. Дослідженнями Л. Шинкарук і В. Лихочвора [268] встановлено, що проведення десикації позитивно впливало на передзбиральну вологість кукурудзи в усіх варіантах дослідів. Найменшу вологість зерна 20,1 % кукурудзи отримали при застосуванні Раундап Макс (3,2 л/га) у варіанті обробки рослин при вологості 40 %. Найбільше зниження вологості – 6,8 % та відсутність впливу на врожайність отримали при використанні препарату Раундап Макс в (3,2 л/га) при настанні чорної точки.

За результатами проведених нами досліджень виявлено, що вологість зерна і побічної продукції кукурудзи залежала від кліматичних умов у роки досліджень та десикації посівів. У вересні 2022 р. кількість опадів перевищувала середньо багаторічні показники на 47,3 мм, що вплинуло на збільшення

вологості зерна кукурудзи, яка залежно від варіанту досліду була в межах 18,5–40,5 % (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Вплив десикантів та строків їх застосування на вологість зерна кукурудзи, %

Десиканти (А)	Строк застосування десикантів за вологості зерна, % (В)	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середня
Без десикації (контроль)	40	40,5	39,6	38,4	39,5
	30	31,2	30,4	28,9	30,2
	20	20,4	19,8	19,2	19,8
Реглон Супер (3 л/га)	40	32,4	30,5	28,6	30,5
	30	25,3	24,1	20,3	23,2
	20	18,2	17,7	13,8	16,6
Раундап Макс (3 л/га)	40	32,7	30,8	28,2	30,6
	30	25,5	24,3	20,0	23,3
	20	18,3	17,7	14,1	16,7
Баста (2 л/га)	40	32,6	31,3	27,8	30,6
	30	25,6	24,6	19,7	23,3
	20	18,5	17,4	13,5	16,5
НІР ₀₅ , для	А	1,8	2,1	1,5	
	В	5,2	5,7	6,3	
	АВ	7,4	8,1	8,0	

В 2023 р. кількість опадів у вересні була в межах середньобаторічних значень (35,2 мм) і показники вологості зерна становили 17,4–39,6 %. Суттєвий дефіцит опадів у 2024 р. впродовж вегетації кукурудзи сприяли отриманню мінімальних значень вологості зерна – 13,5–38,4 %. В середньому, за три роки на контрольному варіанті вологість зерна кукурудзи становила 39,5; 30,2; 19,8 %, відповідно за першого, другого і третього строків застосування десикантів.

На першому варіанті застосування десикантів (за вологості зерна 40 %) відмічене найбільше зниження вологості зерна кукурудзи на 8,9–9,0 %, порівняно із ділянками без їх використання (контроль). Обробка посівів кукурудзи десикантами в другий строк (за вологості зерна 30 %) знижувало

вологість зерна кукурудзи на 6,9 %, до 23,2–23,3 %. Обприскування рослин у третій строк (за вологості зерна 20 %) найменше впливало на вологість зерна. Вона становила 16,5–16,7 %, що менше контрольного варіанту на 3,1–3,3 %. Не відмічено достовірної різниці, в роки досліджень, за вологістю зерна між досліджуваними десикантами за всіх строків їх застосування (НІР₀₅ в 2022 р. – 1,8, 2023 р. – 2,1 %, 2024 р. – 1,5 %). Лише при використанні Реглон Супер відмічено тенденцію до менших показників вологості зерна, порівняно із іншими препаратами. Також слід вказати на особливості препарату Баста: у 2024 р. при його використанні вологість зерна була на 0,3–0,8 % менша, ніж у інших десикантів.

Залежно від погодних умов також змінювалася і вологість побічної продукції кукурудзи. Так, у 2022 р. її значення були в межах 19,6–63,7 %, 2023 р. – 17,5–60,9 %, а у 2024 р. – 17,0–58,9 % (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Вологість побічної продукції кукурудзи залежно від проведення десикації посівів, %

Десиканти (А)	Строк застосування десикантів за вологості зерна, % (В)	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середня
Без десикації (контроль)	40	63,7	60,9	58,9	61,2
	30	37,0	33,4	30,2	33,5
	20	21,5	19,6	18,8	20,0
Реглон Супер (3 л/га)	40	51,6	48,3	46,8	48,9
	30	30,2	28,4	24,2	27,6
	20	19,6	17,6	17,0	18,1
Раундап Макс (3 л/га)	40	52,0	48,8	46,5	49,1
	30	30,6	28,4	24,5	27,8
	20	20,0	17,7	17,2	18,3
Баста (2 л/га)	40	51,8	49,2	46,1	49,0
	30	30,5	28,7	23,9	27,7
	20	19,8	17,5	17,0	18,1
НІР ₀₅ , для	А	2,6	3,2	2,4	
	В	6,1	6,3	6,8	
	АВ	10,3	9,5	10,1	

Варто відмітити не досить значне (0,5–4,8 %) зменшення вологості побічної продукції кукурудзи у 2024 р., порівняно з попередніми роками.

Застосування десикації посівів по різному впливало на зменшення вологості побічної продукції кукурудзи. За першого строку їх внесення, вологість рослин кукурудзи зменшувалася на 12,1–12,3 %, другого – 5,7–5,9 %, третього – 1,7–1,9 %, порівняно із контролем. Тобто найбільш ефективним застосування десикації посівів виявилось у перший строк. Як і по вологості зерна не виявлено переваг жодного з досліджуваних десикантів.

Встановлено вплив десикантів та строків їх застосування на втрату вологи окремими частинами рослин кукурудзи. Так, найбільше зменшення вологості листків, обгортки і стрижня качана зафіксовано у перший строк внесення десикантів (за вологості зерна 40 %) – 19,2–19,7 % і 7,8–8,4 % (рис. 4.1).

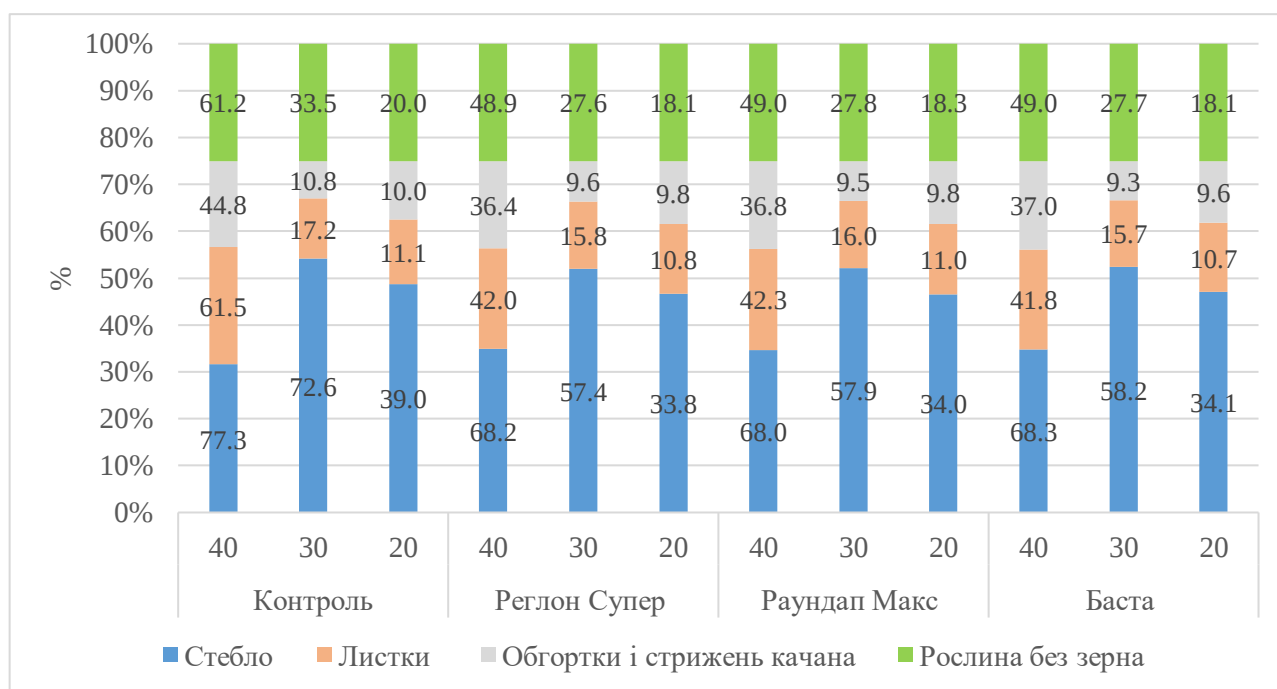


Рис. 4.1. Вологість окремих частин рослин кукурудзи під впливом десикації, %

В наступні строки проведення десикації їх вологість зменшувалася несуттєво, в межах 0,1–1,4 %. Вологість стебла найбільше зменшувалася за другого строку застосування десикантів (за вологості зерна 30 %) – на 14,4–15,2 %, порівняно з контролем. За третього строку вологість стебла зменшилася лише на 4,9–5,2 %, а першого на 9,0–9,3 %. Не спостерігалось

переваг жодного з досліджуваних препаратів у зміні вологості окремих частин рослин кукурудзи.

Згідно Г. Гелетухи та ін. [209] збирання врожаю кукурудзи без обмолоту качанів розпочинають при вологості зерна не більше 40 %, а з обмолотом – при 30 %. Стрижні качанів кукурудзи завжди вологіші, ніж зерно (35–45 %), але під час сушіння інтенсивніше віддають вологу.

За результатами дисперсійного аналізу було встановлено, що на вологість зерна кукурудзи в більшій мірі впливають десиканти (46,8 %) і термін їх застосування (36,0 %) (рис. 4.2, а).

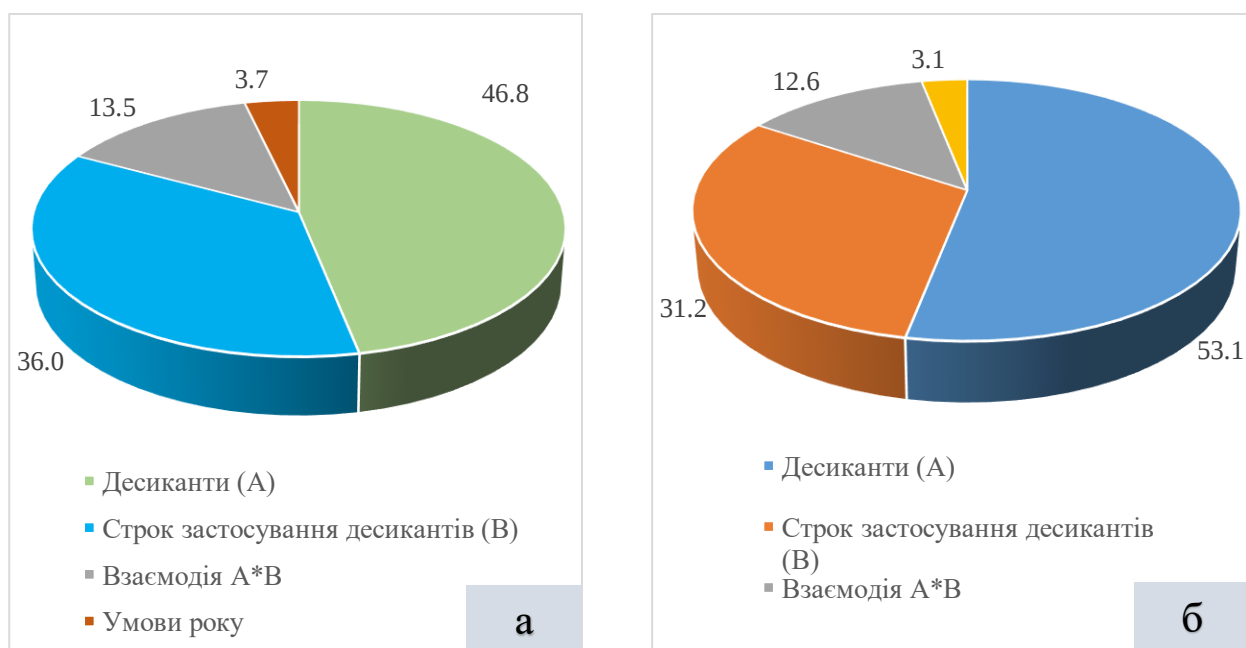


Рис. 4.2. Частки впливу десикантів та строку їх застосування на вологість зерна (а) і побічної продукції кукурудзи (б)

В той час, як на вологість побічної продукції вплив самих десикантів був більшим (53,1 %), ніж строки їх використання (31,2 %) (рис. 4.2, б).

4.2. Урожайність основної та побічної продукції кукурудзи

Проведеними дослідженнями виявлено, що урожайність основної та побічної продукції кукурудзи залежала від погодних умов року та застосування десикантів. Найвища урожайність зерна кукурудзи відмічена у 2023 р. – 9,01–10,46 т/га, у 2022 р. вона була в межах 7,40–8,55 т/га, а мінімальні значення

отримано у 2024 р. – 5,82–7,38 т/га, що менше на 15,9–55,8 %, порівняно з більш кращими за зволоженістю роками (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Урожайність зерна кукурудзи залежно від десикації посівів (в перерахунку на 14 % вологість зерна), т/га

Десиканти (А)	Строк застосування десикантів за вологості зерна, % (В)	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середня
Без десикації (контроль)	40	7,40	9,01	5,82	7,41
	30	8,03	9,77	6,49	8,10
	20	8,52	10,36	7,20	8,69
Реглон Супер (3 л/га)	40	7,36	8,84	5,73	7,31
	30	8,09	9,82	6,56	8,16
	20	8,53	10,41	7,26	8,74
Раундап Макс (3 л/га)	40	7,33	8,89	5,70	7,31
	30	8,13	9,80	6,53	8,15
	20	8,56	10,38	7,30	8,75
Баста (2 л/га)	40	7,38	8,80	5,70	7,29
	30	8,11	9,80	6,57	8,16
	20	8,55	10,46	7,38	8,80
НІР ₀₅ , для	А	1,4	1,6	1,8	
	В	0,7	0,9	1,1	
	АВ	2,4	2,7	3,1	

При першому строкові використання десикантів (за вологості зерна 40 %), в середньому по препаратам, відмічено зменшення урожайності зерна на 0,10–0,12 т/га, порівняно із контролем. Більш суттєвим зменшення зернової продуктивності було в 2023 р. – 0,12–0,21 т/га, а у 2022 і 2024 р. воно становило 0,03–0,12 т/га. Наші результати підтверджуються даними досліджень Л. Шинкарук і В. Лихочвора [268], які відмічають, що проведення десикації при вологості зерна 40 % знижує врожайність зерна кукурудзи за рахунок припинення фотосинтезу, синтезу та обміну речовин, штучного пришвидшення закінчення періоду вегетації.

За другого і третього строків використання десикантів спостерігалось незначне (в межах похибки досліду) зростання урожайності зерна на

0,05–0,10 т/га. Можна відмітити, що вплив десикантів на продуктивність кукурудзи за другого і третього строків був незначним. Максимальні значення урожайності зерна отримано за третього строку використання десикантів (при вологості зерна 20 %) – 8,74–8,80 т/га.

При застосуванні препарату Реглон Супер (3 л/га) у перший строк (за вологості зерна 40 %) урожайність зерна становила 7,31 т/га, у другий (за вологості зерна 30 %) – 8,16 т/га і третій (за вологості зерна 20 %) – 8,74 т/га. Десикація посівів кукурудзи Раундап Макс (3 л/га) дозволила отримати показники урожайності зерна на рівні 7,31, 8,15 і 8,75 т/га, а препаратом Баста (2 л/га) – 7,29, 8,16 і 8,80 т/га. Тобто продуктивність кукурудзи при застосуванні різних препаратів була практично однаковою і достовірної статистичної різниці між ними не виявлено.

Схоже до показників урожайності зерна відбувалися зміни і продуктивності побічної продукції кукурудзи. Так, максимальні значення отримані у 2023 р. – 14,59–20,94 т/га, а у 2022 р. вона становила 12,63–18,28 т/га і мінімальними були у 2024 р. – 9,81–16,18 т/га (табл. 4.4). Зменшення урожайності побічної продукції кукурудзи в 2024 р. складало 13,0–48,9 %, порівняно з попередніми роками досліджень (2022 і 2023 рр.).

На відміну від зерна, урожайність побічної продукції кукурудзи більше залежала від строків застосування десикантів. Так, найвищі значення отримано за першого строку (за вологості зерна 40 %) – 17,37–17,43 т/га, за другого (за вологості зерна 30 %) вони були в межах 14,31–14,38 т/га, а мінімальними за третього (за вологості зерна 20 %) – 12,34–12,52 т/га. За рахунок зменшення вологості рослин кукурудзи та окремих її структурних частин відмічено зменшення урожайності побічної продукції кукурудзи на варіантах із застосуванням десикантів, порівняно із контрольними ділянками. Так, за першого строку проведення десикації посівів кукурудзи це зменшення складало 1,04–1,10 т/га, другого – 0,58–0,61 т/га, третього – 0,20–0,38 т/га. Більш значною ця різниця була у 2023 р., залежно від строку застосування десикантів вона становила 0,37–1,23 т/га.

Таблиця 4.4

Урожайність побічної продукції кукурудзи залежно від десикації посівів, т/га

Десиканти (А)	Строк застосування десикантів за вологості зерна, % (В)	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середня
Без десикації (контроль)	40	18,28	20,94	16,18	18,47
	30	15,02	17,20	12,65	14,96
	20	13,06	14,96	10,14	12,72
Реглон Супер (3 л/га)	40	17,16	19,75	15,38	17,43
	30	14,54	16,42	12,08	14,35
	20	12,88	14,75	9,94	12,52
Раундап Макс (3 л/га)	40	17,23	19,71	15,16	17,37
	30	14,52	16,38	12,03	14,31
	20	12,85	14,68	9,84	12,46
Баста (2 л/га)	40	17,25	19,78	15,21	17,41
	30	14,55	16,48	12,11	14,38
	20	12,63	14,59	9,81	12,34
НІР ₀₅ , для	А	2,6	3,4	3,6	
	В	1,3	1,5	2,1	
	АВ	3,6	3,8	4,9	

Як і по зерновій продуктивності кукурудзи, достовірної різниці за урожайністю побічної продукції між різними десикантами не відмічено. Серед препаратів дещо вищі значення урожайності отримані за використання Реглон Супер (3 л/га) – 14,77 т/га, а при внесенні Раундап Макс (3 л/га) і Баста (2 л/га) вона становила 14,71 т/га.

Доведено, що на урожайність зерна кукурудзи в більшій мірі впливали строки проведення десикації посівів (60,5 %) а частка десикантів складала 22,4 % (рис. 4.3, а).

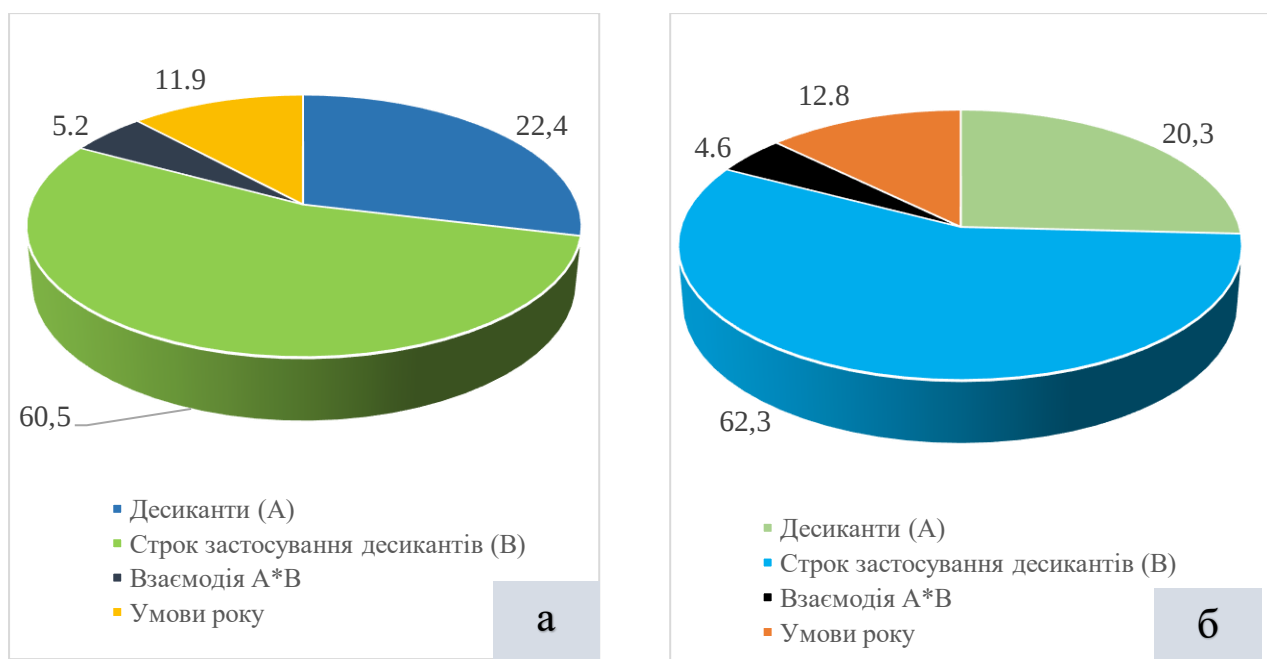


Рис. 4.3. Частки впливу десикантів та строку їх застосування на урожайність зерна (а) і побічної продукції (б) кукурудзи

Урожайність побічної продукції на 62,3 % залежала від термінів внесення десикантів і на 20,3 % від самих препаратів. На урожайність основної та побічної продукції суттєвий вплив мали також погодні умови років досліджень – 11,9 і 12,8 % (рис. 4.3, б).

Висновки до розділу 4

1. Не виявлено різниці між різними десикантами за вологістю зерна і побічної продукції кукурудзи, а більш суттєвим був вплив строків проведення десикації посівів. Максимальні значення вологості зерна отримано у 2023 р. – 18,5–40,5 %, а мінімальні у 2024 р. – 13,5–38,4 %. За першого строку застосування десикантів відмічено зменшення вологості зерна на 8,9–9,0 %, другого на 6,9 %, а третього на 3,1–3,3 %, порівняно із контрольними варіантами.

2. Залежно від погодних умов також змінювалася і вологість побічної продукції кукурудзи. Так, у 2022 р. її значення були в межах 19,6–63,7 %, 2023 р. – 17,5–60,9 %, а у 2024 р. – 17,0–58,9 %. За першого строку внесення десикантів, цей показник зменшувався на 12,1–12,3 %, другого – 5,7–5,9 %, третього – 1,7–1,9 %, порівняно із контролем. Найбільше зменшення вологості

листіків та обгортки і стрижня качана рослин кукурудзи зафіксовано у перший строк внесення десикантів – 19,2–19,7 % і 7,8–8,4 %. А вологість стебла найбільше зменшувалася за другого строку на 14,4–15,2 %.

3. Доведено, що на вологість зерна кукурудзи в більшій мірі впливають десиканти (46,8 %) і строк їх застосування (36,0 %). В той час, як на вологість побічної продукції вплив самих десикантів був більшим (53,1 %), ніж строки їх використання (31,2 %).

4. Виявлено, що найвища урожайність зерна кукурудзи відмічена у 2023 р. – 9,01–10,46 т/га, у 2022 р. вона була в межах 7,40–8,55 т/га, а мінімальні значення отримано у 2024 р. – 5,82–7,38 т/га. За першого строку використання десикантів відмічено зменшення урожайності зерна на 0,10–0,12 т/га, порівняно із контролем. Більш суттєвим зменшення зернової продуктивності було в 2023 р. – 0,12–0,21 т/га, а у 2022 і 2024 р. воно становило 0,03–0,12 т/га. За другого і третього строків застосування десикантів спостерігалось незначне зростання зернової продуктивності на 0,05–0,10 т/га. Як і по вологості зерна достовірної статистичної різниці між досліджуваними препаратами по урожайності не виявлено.

5. Максимальна урожайність побічної продукції кукурудзи отримана у сприятливому 2023 р. – 14,59–20,94 т/га, у 2022 р. вона становила 12,63–18,28 т/га і мінімальною була у 2024 р. – 9,81–16,18 т/га. При цьому найвищі значення отримано за першого строку застосування десикантів – 17,37–17,43 т/га, за другого вони були в межах 14,31–14,38 т/га, а мінімальними за третього – 12,34–12,52 т/га.

6. Найвища урожайність зерна кукурудзи отримана за третього строку використання десикантів – 8,74–8,80 т/га, а побічної продукції за першого – 17,37–17,43 т/га.

7. На урожайність зерна кукурудзи в більшій мірі впливали строки проведення десикації посівів (60,5 %) та десиканти (22,4 %), а урожайність побічної продукції на 62,3 % залежала від строків застосування десикантів і на

20,3 % від самих препаратів. На урожайність зерна та побічної продукції суттєвий вплив мали також погодні умови років досліджень – 11,9 і 12,8 %.

Основні положення дисертації викладені в наукових працях [61, 68].

РОЗДІЛ 5

ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА ТА ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ КУКУРУДЗИ ТА РОЗРАХУНКОВИЙ ВИХІД ПАЛИВНИХ ПЕЛЕТ

5.1. Вміст протеїну, жиру та крохмалю в зерні кукурудзи залежно від застосування макро- і мікродобрих

За даними, отриманими В. В. Гливою та ін. [25] виявлено, що хімічний склад зерна кукурудзи залежить від групи стиглості гібриду, норм висіву насіння та внесених мінеральних добрив. У гібридів ранньостиглої групи (ФАО 100–199) з нормою висіву насіння 80 тис. шт/га вміст протеїну зростав від 10,26 % на контролі до 11,18 % за норми ($N_{150}P_{90}K_{90}$), у середньоранніх (ФАО 200–299) (норма висіву насіння – 75 тис. шт/га) з 10,36 до 11,45 %. За вмістом жиру (на абсолютно суху речовину), клітковини, золи зниження складали, відповідно: 0,38–0,46 %; 0,16–0,13; 0,10–0,08; 0,41–0,42 %.

За обробки регуляторами росту Сизам-Нано + Грейнактив-С в середньому за гібридами збільшувався вміст білка на 0,34–0,63 %, проте зменшувався вміст жиру на 0,05–0,15 %. Вміст крохмалю був вищим на 0,14–0,58 %, порівняно з варіантами без обробки та за обробки іншими препаратами. Застосування рідкого мікродобрива Наномікс збільшувало вміст білка та жиру в зерні у всіх досліджуваних гібридів, при цьому вміст крохмалю зменшувався на 0,45–0,82 % [30].

В. Іванішиним та ін. [228] встановлено, що оптимальні значення вмісту білка у гібридів кукурудзи були на варіантах доз добрив 250 та 300 кг/га і мікродобрива 2 та 3 л/га: КВС 2323–9,5–9,6 %, КВС Кумпан–9,3–9,4 %, КВС 381 – 9,4–9,5 %, КВС 4484 – 9,9–10,0 %. При визначенні вмісту крохмалю найбільшу реакцію на підвищення норм добрив і мікродобрих виявив гібрид КВС 4484, показник на варіантах добрив 250 та 300 кг/га і мікродобрива 2 і 3 л/га становив 77,5–78 %, що на 1,1–1,6 % перевищувало контроль. Всі варіанти середньостиглої групи за вмістом крохмалю перевищували гібриди середньоранньої групи. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи може становити 60–

85 %, залежно від генетичних особливостей гібриду, агротехніки та ґрунтово-кліматичних умов вирощування [81].

О. Tsyliuryk та ін. [278] виявили, що під дією стимуляторів росту рослин підвищувався вміст сирого протеїну в гібридів кукурудзи ДН Пивиха на 0,03–0,65 %, ДН Хортиця – 0,58–1,04 %, ДН Джулія – 0,1–0,74 %, ДН Олена – 0,15–0,68 %, а максимальна прибавка сирого протеїну відмічена у середньораннього гібрида ДН Хортиця. Серед використаних препаратів найбільшу ефективність виявили «Авангард Гроу Аміно» та «Авангард Гроу Гумат», які сприяли зростанню вмісту сирого протеїну на 6,42–8,4 % або на 0,12–0,48 %. Стимулятори росту підвищували вміст сирого жиру, порівняно із контролем (3,53–4,71 %) до 3,73–5,52 % або на 0,2–0,81 %.

Згідно проведених нами лабораторних аналізів, встановлено, що якісні показники зерна кукурудзи залежали від погодних умов року. В середньому, по досліджуваним факторам вміст крохмалю у 2022 р. становив 69,27 %, 2023 р. – 70,50 % та у 2024 р. – 68,76 %. Найвищим вміст сирого протеїну був у 2024 р. – 10,49 %, у 2022 р. – 10,21 %, а у 2024 р. – 10,01 %. Аналогічно вмісту сирого протеїну змінювався і вміст жиру в зерні кукурудзи по рокам: у 2022 р. – 4,12 %, 2023 р. – 3,89 %, 2024 р. – 4,48 %, відповідно (додатки Д1–Д3). Тобто, під впливом несприятливих кліматичних умов 2024 р. відмічено зменшення вмісту крохмалю, при цьому збільшення вмісту сирого протеїну та жиру. Багато вчених виділяють таку особливість хімічного складу зерна кукурудзи, при якій існує антагоністична залежність між вмістом крохмалю та білку, тобто якщо зростає вміст однієї речовини то вміст іншої зменшується [2, 10, 126, 130, 149, 215, 271]. Це було підтверджено і результатами наших досліджень.

В середньому, за три роки (2022–2024 рр.) найвищий вміст крохмалю у зерні кукурудзи отримано на варіанті без внесення макро- і мікродобрів (контроль) – 70,49 %. Застосування мінеральних добрив сприяло зменшенню цього показника на 0,69–1,28 %, а мікродобрів на 0,19–0,33 % (табл. 5.1). Результати наших досліджень співпадають з даними інших вчених, які відмічають, що поліпшення мінерального живлення рослин не сприяє

підвищенню накопичення в зерні крохмалю, а в більшій мірі поліпшує вміст білку [125].

Таблиця 5.1

Якісні показники зерна кукурудзи (середнє за 2022–2024 рр.), %

Макродобрива	Мікродобрива	Крохмаль	Сирий протеїн	Жир
Без добрив	Без застосування	70,49	9,78	4,53
	Нутривант Універсальний	70,19	9,88	4,37
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	70,17	9,92	4,37
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	70,18	9,94	4,35
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	Без застосування	69,70	10,14	4,27
	Нутривант Універсальний	69,38	10,26	4,17
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	69,44	10,28	4,16
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	69,49	10,31	4,16
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	Без застосування	69,45	10,27	4,16
	Нутривант Універсальний	69,15	10,41	4,04
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	69,19	10,43	4,02
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	69,25	10,45	4,02
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	Без застосування	69,19	10,36	4,06
	Нутривант Універсальний	68,90	10,44	3,98
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	68,95	10,45	3,97
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	69,00	10,49	3,98
Середнє		69,51	10,24	4,16

За даними М. В. Степаненка [149] застосування азотних добрив та мікроелементів істотно впливає на хімічний склад зерна, за якого вміст крохмалю та жиру знижується на 0,20–0,85 % та 0,25–0,41 %, а вміст білку зростає на 0,33–0,71 %, в порівнянні із контрольним варіантом.

Вміст сирого протеїну на варіанті без мінеральних добрив і позакоренових підживлень був найменшим – 9,78 %. Застосування N₅₀P₃₀K₃₀ дозволило підвищити цей показник до 10,14–10,31 %, N₇₀P₅₀K₅₀ до 10,27–10,45 %, N₉₀P₇₀K₇₀

до 10,36–10,49 %, що на 0,35–0,59 % більше в порівнянні із контрольним варіантом. На другому варіанті позакореневого підживлення мікродобривами (Нутривант Універсальний (2 кг/га)) вміст сирого протеїну перевищував контрольні ділянки на 0,29–0,33 %, третьому (Нутривант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га)) на 0,24–0,32 %, четвертому (Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га)) на 0,19–0,31 %. При цьому, в роки досліджень не відмічено достовірної різниці за вмістом крохмалю, сирого протеїну та жиру між варіантами з позакореневим підживленням мікродобривами (додатки Д1–Д3).

На варіантах із використанням мінеральних добрив спостерігалось зменшення вмісту жиру на 0,19–0,46 %, а внесенні мікродобрив на 0,08–0,18 %, порівняно з контролем. Найвищі значення вмісту сирого протеїну отримано на ділянках досліду, де застосовували $N_{90}P_{70}K_{70}$ у поєднанні із позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі 3-4 листків кукурудзи (ВВСН 13–14) + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі 4-5 листків кукурудзи (ВВСН 15–16) + Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі 7-8 листків кукурудзи (ВВСН 17–18) – 10,49 %. А максимальні показники вмісту крохмалю і жиру на контрольних варіантах, без внесення макро- і мікродобрив – 70,49 і 4,53 %.

В досліді відмічена середня обернено пропорційна залежність між вмістом крохмалю і сирого протеїну в зерні ($r = -0,68$) (рис. 5.1).

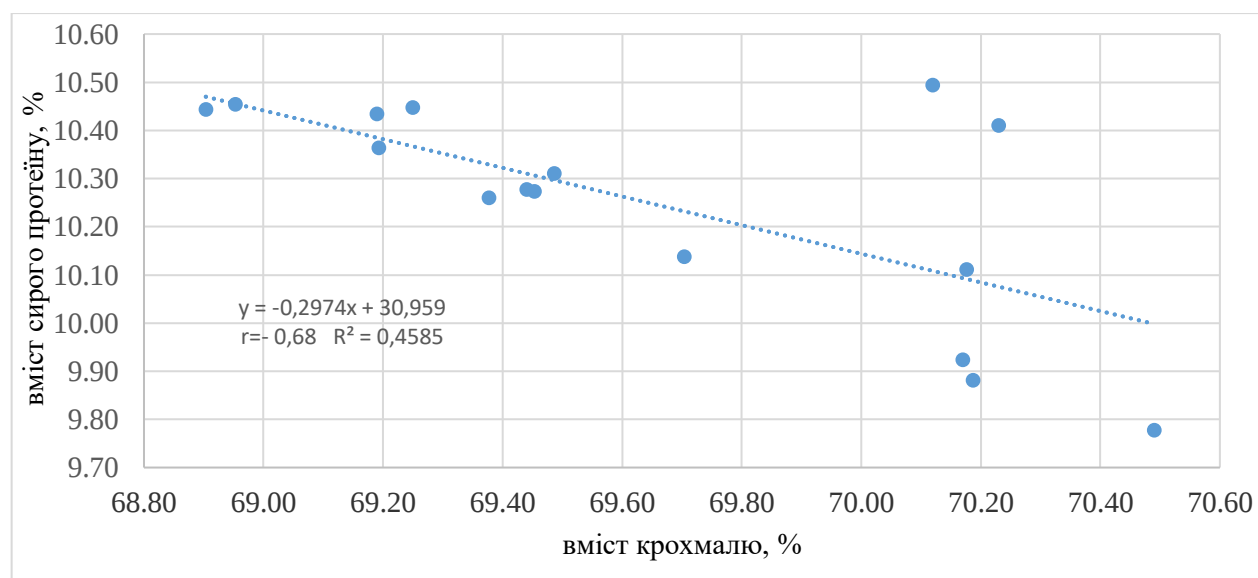


Рис. 5.1. Кореляційна залежність між вмістом крохмалю і сирого протеїну в зерні кукурудзи

Кореляційна залежність між вмістом крохмалю і сирого протеїну є високою позитивною ($r=0,78$) (рис. 5.2).

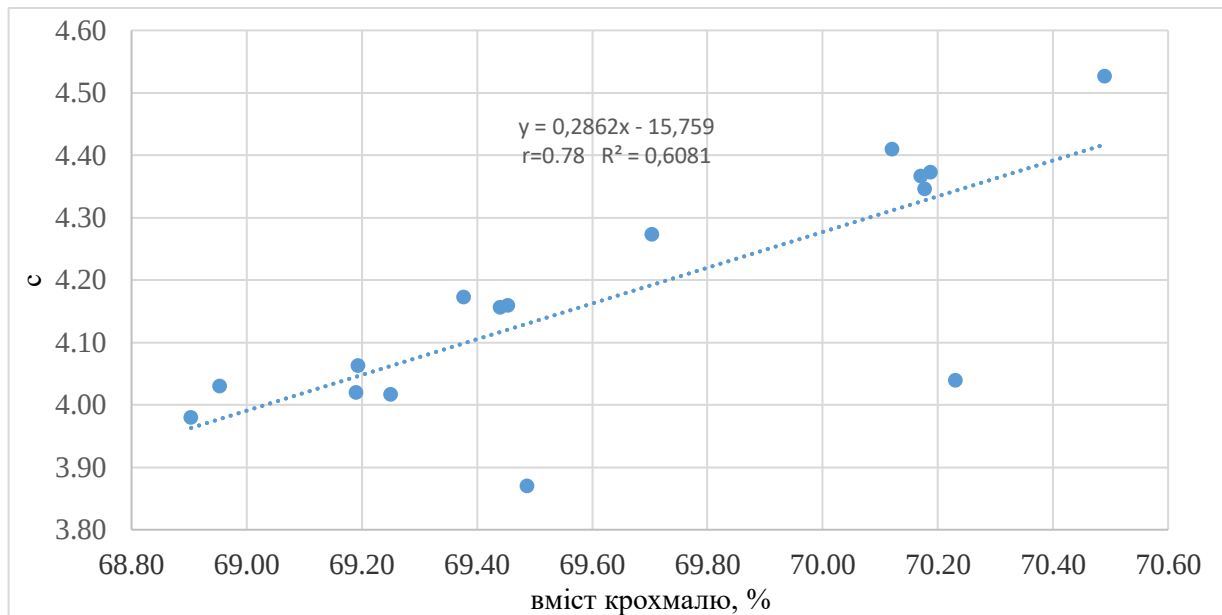


Рис.5.2. Кореляційна залежність між вмістом крохмалю і жиру в зерні кукурудзи

Вміст сирого протеїну і жиру в зерні кукурудзи має обернену залежність ($r = -0,73$) (рис. 5.3).

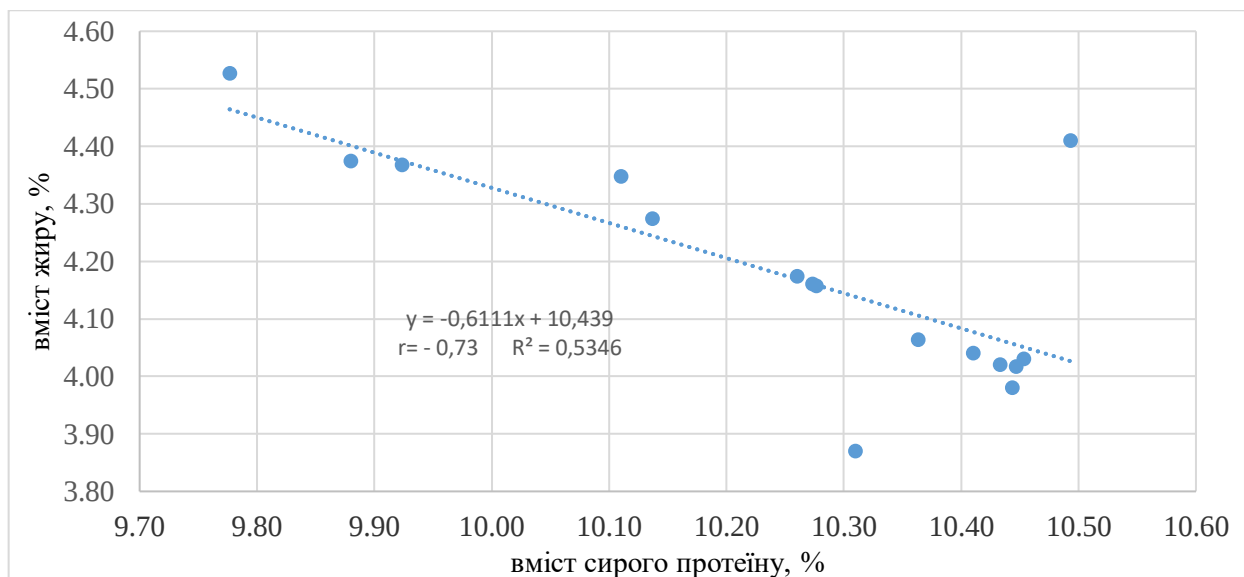


Рис. 5.3. Кореляційна залежність між вмістом сирого протеїну і жиру в зерні кукурудзи

Дослідженнями, які були проведені в Правобережному Лісостепу України визначено середній рівень взаємозв'язку між вмістом крохмалю і жиру в зерні

кукурудзи ($r = 0,69$) та високий обернено пропорційний зв'язок з вмістом сирого протеїну ($r = -0,82$) [149].

5.2. Якісні показники побічної продукції кукурудзи

Під час вирощування кукурудзи на зерно утворюється велика кількість побічної продукції, яка може бути використана в якості твердого палива для виробництва енергії. Енергетичний потенціал стебел кукурудзи становить 3,08 мільйона тон нафтового еквівалента [18]. При збиранні соломи або стебел з поля відбувається відчуження певної кількості поживних речовин з ґрунту. Для того, щоб визначити реальну ціну цих продуктів, фермери повинні розглянути вартість добрив, що використовується для подальшого відновлення поживних речовин, що були видалені з ґрунту із врожаєм [203].

Паливні властивості побічних продуктів кукурудзи залежать від їхнього елементного складу, теплотворної здатності, температури плавлення золи та хімічного складу золи, які дещо відрізняються від таких показників для інших культур [21]. Елементарний склад решток кукурудзи майже такий же, як у соломи колосових зернових культур, тому вони мають порівнянну теплотворну здатність [281]. Властивості кукурудзиння, як і соломи сильно залежать від місця вирощування, часу збирання та погоди, ґрунту і добрив [281].

Побічна продукція кукурудзи – складніше паливо, ніж деревина, через високий вміст золи і, в деяких випадках, хлору. За даними проведених досліджень, зразки залишків кукурудзи мають схожий елементний склад з іншими видами сільськогосподарської біомаси. Однак концентрація хлору значно нижча за середнє значення для сільськогосподарської біомаси і близька до типового значення для деревної тріски (сосна) [1].

Дослідженнями проведеними у 2011 р. в північно-східному Китаї виявлено, що серед семи морфологічних фракцій кукурудзи листки мали найвищий вміст сирого протеїну і найнижчий вміст кислотно-детергентної клітковини, тоді як стебло мало найнижчий вміст сирого протеїну та найвищий кислотно-детергентного лігніну. Обгортки качана мали значно вищий вміст

детергентної клітковини і відносно нижчий вміст кислотно-детергентної клітковини, ніж інші частини кукурудзи. Результати показують, що листки, обгортки качана та серцевина стебла потенційно мають вищу енергетичну цінність, ніж інші частини кукурудзи [238].

Вміст золи у побічній продукції кукурудзи є основним фактором якості для подальшого виробництва біопалива. Він залежить від технології збирання, оскільки її кількість збільшується внаслідок контакту біомаси рослин з ґрунтом. З огляду на це, існує два типи золи: структурна та неструктурна. Структурна зола складається із неорганічних речовин у рослині, які залишаються після її спалювання. Зольність залишків кукурудзи становить 3,5 % [209].

Неструктурована зола – це неорганічний матеріал, яка потрапляє до біомаси під час збирання, особливо під час валкування та тюкування. Зазвичай загальна зольність кукурудзяних стебел сільськогосподарською технікою, становить 8–10 % [21]. При спалюванні агропелет виникає проблема через низьку температуру плавлення отриманої золи. Внаслідок цього відбувається закупорювання (заплавлення, закоксування) подових колосникових решіток традиційних котлів об'ємного спалювання в класичному паливному котлі [3].

На температуру плавлення золи впливає її хімічний склад. Вважається, що взаємодія різних елементів має вирішальне значення. Дуже ймовірно, що вміст Ca, K та Si є вирішальним для характеристик плавлення золи [202, 243]. Температури плавлення золи з побічної продукції кукурудзи КВС 380 виявилися на 170–270 °C вищими, ніж середнє значення для сільськогосподарської біомаси, і близькими до типових значень для деревини. Висока температура плавлення золи дозволяє використовувати для спалювання побічних продуктів кукурудзи звичайні дров'яні котли [1].

Згідно даних лабораторних аналізів встановлено, що рослини кукурудзи (без зерна) мають високий вміст вуглецю – 45,55 % і кисню – 42,22 %, а сірки (0,07 %) і азоту (0,49 %) міститься незначна кількість (рис. 5.4).

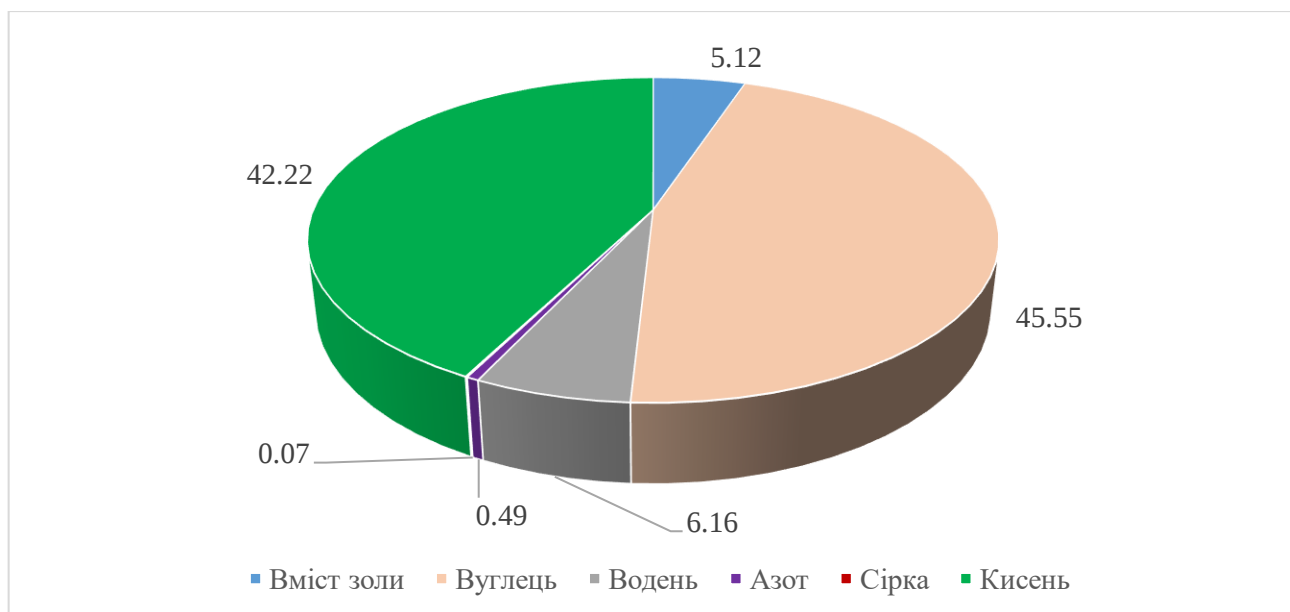


Рис. 5.4. Вміст хімічних елементів в побічній продукції кукурудзи (вся рослина без зерна), %

В. О. Антоненко та ін. [1] виявлено, що досліджувані зразки кукурудзи істотно не відрізнялися за вмістом вуглецю, водню та кисню. Вміст сірки в зразках стрижня і стебел кукурудзи був 0,23 % та 0,11 %.

Качан кукурудзи має наступний хімічний склад: крохмаль – 53,5 %, сира клітковина – 32,4 %, білки – 2,5 %, жири – 0,5 %, зола – 1,5 %, волога – 9,6 %. До його складу входять такі хімічні елементи: фосфор 0,04 %, сірка 0,42 %, калій 0,76 %, натрій 0,02 %, магній 0,06 %, кремній 0,087 %, залізо 0,027 % і кальцій 0,11 % [180]. За даними М. Вrkіс та ін. [189] хімічний склад абсолютно сухого качана кукурудзи наступний: вуглець – 48,31 %, водень – 5,74 %, кисень – 43,13 %, азот – 0,66 % і зола – 2,16 %. Теплота згоряння качана кукурудзи становить 14,7 МДж/кг при 14 % вологості. До складу стрижнів качана кукурудзи входить 35,6 % геміцелюлози, 45,2 % целюлози та 15,0 % лігніну, а для стебла ці показники становлять: 26,4 % геміцелюлози, 36,4 % целюлози та 27,3 % лігніну, що вказує на те, що побічна продукція кукурудзи може бути використана, як сировина для створення пелет або брикетів [194, 261].

Доведено, що окремі частини рослин кукурудзи відзначаються різним вмістом хімічних елементів (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Хімічний склад окремих частин рослин кукурудзи залежно від застосування мінеральних добрив (середнє за 2022–2024 рр.), %

Мінеральні добрива	Показники	Стрижні+ обгортки качана	Стебло+листки	Рослина (без зерна)
Без добрив	вміст золи	3,40	6,43	4,92
	вуглець	46,34	45,23	45,79
	водень	6,35	5,70	6,02
	азот	0,55	0,25	0,40
	сірка	0,08	0,05	0,07
	кисень	43,32	41,16	42,24
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	вміст золи	3,68	6,58	5,13
	вуглець	46,14	45,06	45,60
	водень	6,46	5,82	6,14
	азот	0,66	0,31	0,49
	сірка	0,09	0,06	0,07
	кисень	43,36	41,20	42,28
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	вміст золи	3,75	6,63	5,19
	вуглець	46,03	44,96	45,50
	водень	6,52	5,87	6,20
	азот	0,69	0,35	0,52
	сірка	0,09	0,27	0,18
	кисень	43,22	41,13	42,18
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	вміст золи	3,81	6,67	5,24
	вуглець	45,90	44,75	45,33
	водень	6,62	5,96	6,29
	азот	0,72	0,39	0,56
	сірка	0,10	0,06	0,08
	кисень	43,24	41,12	42,18

Так, в обгортках і стрижнях качана вищим є вміст вуглецю (45,90–46,34 %), водню (6,35–6,62 %), азоту (0,55–0,72 %), сірки (0,08–0,10 %), кисню (43,24–43,36 %), порівняно із стеблом і листками (44,75–45,23; 5,70–5,96; 0,25–0,39; 0,05–0,06; 41,12–41,20 %), відповідно. Вищими у листостебловій масі кукурудзи була тільки зольність – 6,43–6,67 %, відповідно і показник вмісту золи у рослинах кукурудзи коливався в межах 4,92–5,24 %.

Застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню зольності побічної продукції кукурудзи (всієї рослини без зерна) на 0,22–0,32 %, вмісту водню – 0,12–0,27 %, азоту – 0,09–0,16 %, сірки – 0,01 %. При цьому вміст вуглецю зменшувався на 0,19–0,46 %, а кисню – 0,04–0,06 %. Не відмічено різниці за вмістом певних хімічних елементів залежно від дози мінеральних добрив.

На відміну від хімічного складу зерна не відмічено значних коливань якісних показників рослин кукурудзи та окремих її частин в роки досліджень (Додатки Е1–Е3). Результатами проведених лабораторних досліджень виявлено вплив мінеральних добрив на якісний склад побічної продукції кукурудзи. В той же час не було встановлено достовірного впливу мікродобрив на якісні показники побічної продукції кукурудзи.

5.3. Розрахунковий вихід паливних пелет із побічної продукції кукурудзи

Підвищення цін на природний газ спонукало багато підприємств і домогосподарств активно переходити на відновлювані джерела енергії. В Україні є великий потенціал біомаси доступний для енергетичного використання – близько 8,3 млн. т н.е./рік це, наприклад, є солома зернових та ріпаку, стебла кукурудзи/соняшника та ін. За даними проведеної оцінки енергетичного потенціалу побічної продукції кукурудзи Біоенергетичною асоціацією України, зробленими у 2018 році визначено, що економічний потенціал становить 18,6 млн. т або 3,6 млн. т н.е., включаючи стебла – 9,7 млн. т (1,9 млн. т н.е.) та стрижні – 3,3 млн. т (0,6 млн. т н.е.) [22].

На виробництво біопалива впливають природні ризики, а саме несприятливі погодні умови для вирощування біоенергетичних культур, які є сировиною для готової продукції – паливних брикетів. Із виробничих ризиків найбільш впливовим є зниження родючості ґрунтів [174].

Кукурудзяне листя можна використовувати як тверде біопаливо для брикетування, пелетування і навіть прямого спалювання. Технології виробництва паливних брикетів і пелет засновані на процесі пресування

подрібнених рослинних відходів під високим тиском при нагріванні. Наразі в Україні немає національного стандарту на брикети з побічних продуктів кукурудзи, але виробники брикетів можуть розробляти технічні умови в міру необхідності. Для стандартизації брикетів із недеревної біомаси Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) прийняла стандарт ISO 17225-7 [117].

В Україні наразі найбільш розповсюдженою є технологія збору кукурудзи, що передбачає обмолот качанів в полі та подрібнення й розкидання по полю стрижнів та листостеблової маси. Збір подрібнених пожнивних залишків не виконується. Лише деякі господарства збирають кукурудзу в необмолочених качанах з наступним стаціонарним обмолотом, що дає можливість збору стрижнів. Для використання пожнивних решток кукурудзи як біопалива необхідно забезпечити їх збір. Це можливо при застосуванні технологій збирання врожаю, що передбачають завантаження подрібненої листостеблової маси в транспортні засоби. Інший варіант полягає у розвитку технологій тюкування стебел для варіанту, коли збирають тільки зернову частину врожаю, а нескошені стебла залишають в полі [148, 209].

Пресування біомаси в тюки за рахунок ущільнення сировини більш ніж в 4 рази (від 40 кг/м³ до понад 160 кг/м³) сприяє підвищенню ефективності логістики та зменшенню необхідної площі сховищ. Технологічні схеми збирання побічної продукції кукурудзи на зерно у тюках можна розділити на чотири основні типи: однопрохідна схема, двопрохідна система, трипрохідна система, багатопрохідна система. Залежно від місцевих особливостей кукурудзиння, зібране багатопрохідною системою, буде мати орієнтовну зольність від 8 до 12%, що в основному складається із домішок ґрунту. При однопрохідному збиранні урожаю зольність решток кукурудзи менше 4 %, тому що біомаса не контактує з ґрунтом поки не утвориться тюк [196]. Крім методу збирання залишків кукурудзи в прямокутні тюки, цю біомасу можна пресувати за допомогою прес-підбирача замість прямокутних тюків [21].

На характеристики побічної продукції кукурудзи великий вплив мають час збирання, ґрунтово-кліматичні умови та рівень удобрення. Найбільший

вплив на теплотворну здатність кукурудзиння має вміст у ньому води. Якщо вологість кукурудзяних решток одразу після збирання становить 45–60 %, то теплотворна здатність становить лише 5–8 МДж/кг, за вологості 20 % – 12,5 МДж/кг, а якщо рештки висушені до вологості 15–18 % – 15–17 МДж/кг [117].

Проведеними розрахунками встановлено, що найвищі значення урожайності побічної продукції кукурудзи з перерахунком на 14 % вологість в досліді 1, отримано на варіанті із використанням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ у поєднанні із позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 12,90 т/га (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Урожайність, вихід побічної продукції (ПП) кукурудзи та паливних пелет залежно від застосування макро- і мікродобрив (середнє за 2022–2024 рр.), т/га

Макродобри ва (А)	Мікродобри ва (В)	Урожайність ПП з перерахунком на 14 % вологість	Вихід ПП для виробництва пелет	Розрахунковий вихід паливних пелет
Без добрив	1	9,55	8,59	4,93
	2	10,13	9,12	5,23
	3	10,26	9,24	5,30
	4	10,46	9,42	5,40
$N_{50}P_{30}K_{30}$	1	11,22	10,10	5,79
	2	11,62	10,45	6,00
	3	11,69	10,52	6,04
	4	12,04	10,84	6,22
$N_{70}P_{50}K_{50}$	1	11,17	10,06	5,77
	2	11,92	10,73	6,16
	3	12,06	10,85	6,23
	4	12,41	11,17	6,41
$N_{90}P_{70}K_{70}$	1	11,60	10,44	5,99
	2	12,37	11,13	6,39
	3	12,47	11,22	6,44
	4	12,90	11,61	6,66
НІР ₀₅	А	0,71	0,53	0,23
	В	0,07	0,05	0,04
	АВ	1,05	0,72	0,32

* 1 – Без застосування; 2 – Нутрівант Універсальний (2 кг/га); 3 – Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га); 4 – Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га).

Вихід побічної продукції та пелет становив при цьому 11,61 і 6,66 т/га. На аналогічних варіантах із застосуванні $N_{70}P_{50}K_{50}$, ці показники становили 12,41, 11,17 і 6,41 т/га, а $N_{50}P_{30}K_{30}$ – 12,04, 10,84 і 6,22 т/га, відповідно. Внесення мінеральних добрив $N_{50}P_{30}K_{30}$ дозволило збільшити вихід паливних пелет на 0,74–0,86 т/га або 13,9–17,5 %, $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 0,84–1,01 т/га або 17,0–18,6 %, $N_{90}P_{70}K_{70}$ – 1,06–1,26 т/га або 21,5–23,3 %, порівняно з контролем.

Позакореневе підживлення Нутрівант Універсальний (2 кг/га) збільшувало вихід паливних пелет на 3,6–6,6 %, Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га) – 4,2–7,9 %, Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 7,3–11,2 %, порівняно з контролем.

При розрахунку виробництва паливних пелет з побічної продукції кукурудзи враховано, що частина побічної продукції кукурудзи (20–25 %) залишається на полі. Розрахунковий вихід паливних пелет з побічної продукції кукурудзи в досліді 1 був в межах 4,93–6,66 т/га або в середньому 0,57 т на 1 т побічної продукції кукурудзи. При цьому не враховано можливі втрати маси побічної продукції кукурудзи під час збирання та в процесі зберігання.

На вихід паливних пелет з побічної продукції кукурудзи найбільший вплив мали макродобрива (мінеральні добрива) – 83,1 %, а мікродобрива впливали на 7,2 % (рис. 5.5.).

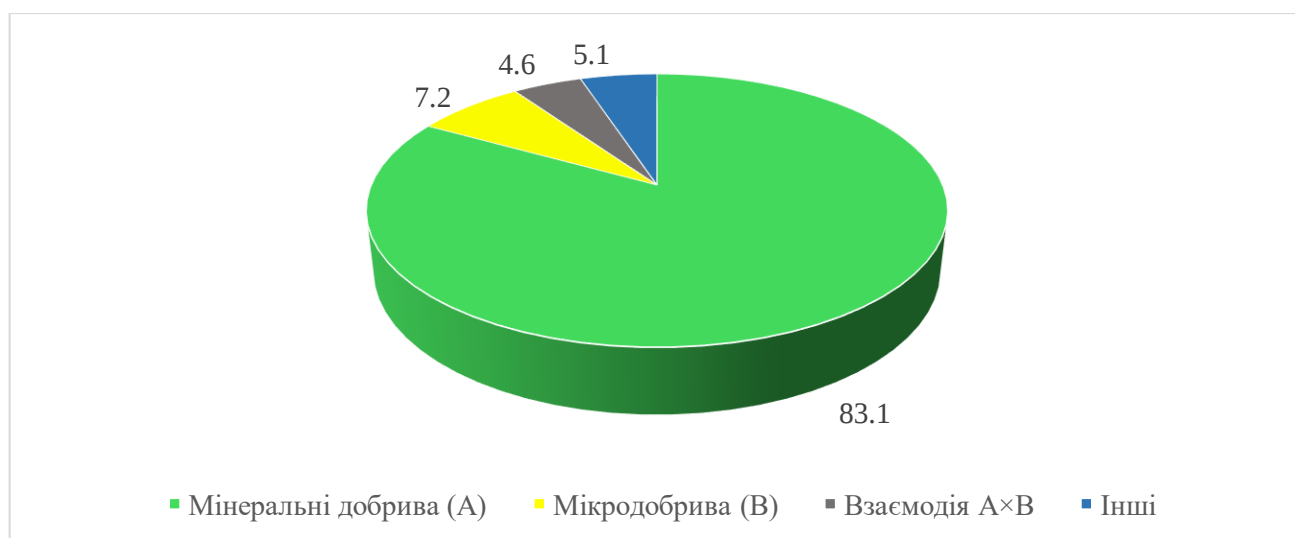


Рис. 5.5. Частка впливу макро- і мікродобрив на вихід паливних пелет з побічної продукції кукурудзи, %

В досліді 2 спостерігалися суттєві коливання досліджуваних показників залежно від строку десикації посівів, в той же час достовірної різниці між препаратами не відмічено. На першому варіанті застосування десикантів (за вологості зерна 40 %) урожайність побічної продукції кукурудзи з перерахунком на 14 % вологість, вихід побічної продукції та паливних пелет становили, в середньому по десикантам, 4,97, 4,47 і 2,64 т/га (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Урожайність, вихід побічної продукції (ПП) кукурудзи та паливних пелет залежно від десикації посівів (середнє за 2022–2024 рр.), т/га

Десиканти (А)	Строк застосування десикантів за вологості зерна, % (В)	Урожайність ПП з перерахунком на 14 % вологість	Вихід ПП для виробництва пелет	Розрахунковий вихід паливних пелет
Без десикації (контроль)	40	4,23	3,80	2,24
	30	6,24	5,62	3,31
	20	8,92	8,03	4,73
Реглон Супер (3 л/га)	40	4,99	4,49	2,65
	30	7,28	6,55	3,86
	20	9,70	8,73	5,15
Раундап Макс (3 л/га)	40	4,95	4,46	2,63
	30	7,20	6,48	3,82
	20	9,53	8,58	5,06
Баста (2 л/га)	40	4,97	4,47	2,64
	30	7,27	6,54	3,86
	20	9,55	8,59	5,07
НІР ₀₅ , для	А	0,53	0,41	0,23
	В	1,12	0,56	0,25
	АВ	1,53	1,03	0,52

За другого і третього строків використання десикантів (за вологості зерна 30 і 20 %) ці показники складали 7,25 і 9,59; 6,52 і 8,63 т/га; 3,85 і 5,09 т/га, що

відповідно на 0,67 і 1,00; 0,61 і 0,90; 0,38 і 0,53 вище контролю. Тобто при першому строкові отримана найбільша урожайність біомаси (побічної продукції) кукурудзи – 17,37–18,47 т/га, але в перерахунку на 14 % вологість вона зменшилась до 4,23–4,99 т/га. При другому строкові з 14,31–14,96 т/га до 6,24–7,28 т/га. Відповідно максимальна урожайність побічної продукції кукурудзи (з перерахунком на 14 % вологість), вихід побічної продукції та паливних пелет отримано за третього строку застосування десикантів – 8,92–9,70, 8,03–8,73, 4,73–5,15 т/га.

В досліді 2 на вихід паливних пелет найвищий вплив мали строки проведення десикації (90,6 %), а вплив десикантів (5,3 %) та взаємодія факторів (1,8 %) були незначними (рис. 5.6).

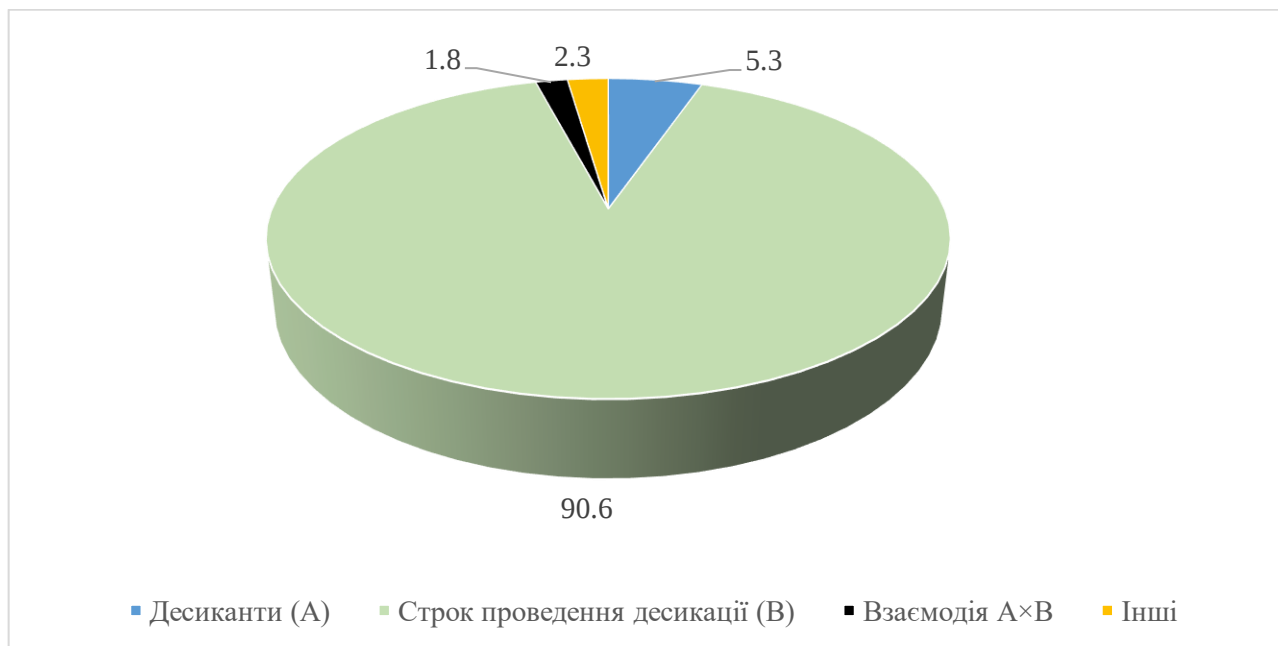


Рис. 5.6. Частка впливу десикантів та строків їх застосування на вихід паливних пелет з побічної продукції кукурудзи, %

Виробничі потужності ПСП Агрофірми «Світанок» дозволяють збирати та зберігати побічну продукцію зернових культур (пшениці, ячменю) в тюках, з яких потім відбувається виробництво паливних пелет (рис. 5.7).



Рис. 5.7. Зберігання соломи зернових культур в ПСП Агрофірма «Світанок» для виготовлення паливних пелет

В наших дослідженнях були отримані експериментальні зразки паливних пелет з побічної продукції кукурудзи на прес-грануляторі ГТ 500 Д (рис. 5.8).



Рис. 5.8. Виготовлення паливних пелет з побічної продукції кукурудзи:
а – завантаження в приймальне відділення прес-гранулятора ПП кукурудзи; б – паливні пелети з кукурудзи

За даними лабораторних аналізів, проведених в центрі незалежної сертифікації «Євросепт» (м. Київ) встановлено наступні якісні показники та фізико-механічні характеристики пелет, отриманих з всієї рослини кукурудзи (крім зерна): щільність – 1,09 кг/дм³, загальна вологість – 9,46 %, зольність на сухий стан – 0,32 %, вища теплота згорання – 14,8 МДж/кг, механічна міцність гранули – 98,1 %, запиленість – 1,9 %, вміст сірки – 0,003 %, вміст хлору – 0,004 %, вміст азоту – 0,03 % (Додаток Ж 1). Паливні та якісні характеристики паливних пелет отриманих з стрижнів качана кукурудзи мали наступні показники: щільність – 1,02 кг/дм³, загальна вологість – 6,15 %, зольність на сухий стан – 0,29 %, вища теплота згорання – 16,2 МДж/кг, механічна міцність гранули – 98,45 %, запиленість – 1,16 %, вміст сірки – 0,001 %, вміст хлору – 0,004 %, вміст азоту – 0,03 % (Додаток Ж 2). Тобто, за паливними характеристиками паливні пелети з кукурудзи відповідають нормативним значенням і допускаються до використання як тверде паливо. Дещо кращі фізико-механічні і енергетичні показники мають стрижні качана, порівняно з рослиною кукурудзи.

Висновки до розділу 5

1. Встановлено, що якісні показники зерна кукурудзи залежали від погодних умов року. Так, у 2024 р. відмічено зменшення вмісту крохмалю, при цьому спостерігалось збільшення вмісту сирого протеїну та жиру, порівняно з попередніми роками досліджень (2022 і 2023). На відміну від хімічного складу зерна, якісні показники побічної продукції рослин кукурудзи не залежали від кліматичних умов року.

2. Застосування мінеральних добрив та позакореневе підживлення мікродобривами впливають на хімічний склад зерна, при цьому вміст крохмалю та жиру знижується на 0,19–1,28 % та 0,08–0,46 %, а вміст білку зростає на 0,19–0,59 %, порівняно з контрольним варіантом. Відмічена середня обернено пропорційна залежність між вмістом крохмалю і сирого протеїну в зерні

($r = -0,68$), висока обернена залежність між вмістом сирого протеїну і жиру ($r = -0,73$) та висока позитивна між вмістом крохмалю і сирого протеїну ($r = 0,78$).

3. Рослини кукурудзи (без зерна) мають високий вміст вуглецю – 45,55 % і кисню – 42,22 % та незначний відсоток сірки (0,07 %) і азоту (0,49 %). В обгортках і стрижнях качана кукурудзи вищим є вміст вуглецю (45,90–46,34 %), водню (6,35–6,62 %), азоту (0,55–0,72 %), сірки (0,08–0,10 %), кисню (43,24–43,36 %), порівняно із стеблом і листками (44,75–45,23; 5,70–5,96; 0,25–0,39; 0,05–0,06; 41,12–41,20 %), відповідно. У листостебловій масі кукурудзи високі значення вмісту золи 6,43–6,67 %.

4. Застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню зольності побічної продукції кукурудзи (всієї рослини без зерна) на 0,22–0,32 %, вмісту водню – 0,12–0,27 %, азоту – 0,09–0,16 %, сірки – 0,01 %. При цьому вміст вуглецю зменшувався на 0,19–0,46 %, а кисню – 0,04–0,06 %. Не відмічено різниці за вмістом певних хімічних елементів залежно від дози мінеральних добрив.

5. Розрахунками встановлено, що застосування мінеральних добрив дозволяє збільшити вихід паливних пелет на 13,9–23,3 %, а мікродобрив на 3,6–11,2 %, порівняно з варіантами без їх використання. Найвищі значення урожайності побічної продукції кукурудзи з перерахунком на 14 % вологисть та розрахунковий вихід паливних пелет в досліді 1 отримано при використанні мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ у поєднанні із позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 12,90 і 6,66 т/га.

6. Відмічено суттєві коливання урожайності побічної продукції кукурудзи та виходу паливних пелет залежно від строку проведення десикації посівів. В той же час достовірної різниці між досліджуваними препаратами не відмічено. Максимальна урожайність побічної продукції кукурудзи (з перерахунком на 14 % вологисть), вихід побічної продукції та паливних пелет отримано за третього строку застосування десикантів (за вологості зерна 20 %) – 8,92–9,70, 8,03–8,73, 4,73–5,15 т/га.

7. На вихід паливних пелет з побічної продукції кукурудзи найбільший вплив мають макродобрива (мінеральні добрива) – 83,1 %, а мікродобрива впливають на 7,2 %. В досліді 2 на вихід паливних пелет найвищий вплив мали строки проведення десикації (90,6 %), вплив десикантів становив 5,3 %, а взаємодія факторів (1,8 %) були незначними.

8. За даними лабораторних аналізів експериментальних зразків, проведених в центрі незалежної сертифікації «Євросепт» (м. Київ) виявлено, що паливні характеристики паливних пелет з кукурудзи відповідають нормативним значенням і допускаються до використання як твердого палива. Дещо кращі фізико-механічні і енергетичні показники мають стрижні качана, порівняно з рослиною кукурудзи.

Основні положення дисертації викладені в наукових працях [64, 67, 68, 70].

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ЯК ЗЕРНОВОЇ І ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

6.1. Економічна ефективність

Для підвищення конкурентоспроможності вирощування кукурудзи необхідні оптимізація технологічних процесів, раціональне використання наявних ресурсів і вдосконалення методів ведення сільського господарства. Одним із чинників, здатних підвищити економічну продуктивність цієї культури, є використання побічної продукції для виробництва твердого біопалива [158].

Економічний ефект від використання результатів дослідження виготовлення паливних брикетів або пелет може бути досягнутий при використанні розробленої гнучкої технології та обґрунтованої технологічної лінії виготовлення якісних паливних брикетів або пелет на сільськогосподарських підприємствах. Головним чином ефект можна отримати за рахунок збільшення прибутку від підвищення якості продукції, скорочення витрат праці і зниження собівартості виробництва [114].

В умовах ринкових відносин економічна оцінка набуває великого значення, оскільки ціни на добрива, засоби захисту рослин, паливо та оплату праці ростуть, що збільшує витрати на вирощування кукурудзи. Економічна ефективність технології вирощування культур визначається порівнянням матеріально-технічних ресурсів з досягнутим ефектом [272].

Економічна ефективність заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно залежить від капітальних витрат на технологічне обладнання та операційних витрат, які обумовлені питомою масою зібраної біомаси з одиниці площі поля, продуктивністю машин та відстанню транспортування зібраної біомаси від поля до центрального складу. З практичного досвіду фермерів США з гектара

збирають від 2,5 до 5 т сухої речовини побічної продукції кукурудзи на зерно [21].

Результати досліджень М. В. Степаненка [47, 150] довели, що найкращим варіантом вирощування кукурудзи за продуктивністю (11,61 т/га зерна) було внесення азотних добрив (N_{40} перед сівбою) у поєднанні із мікродобривом Вуксал Р Мах. Вартість валової продукції на даному варіанті становило 65,016 тис. грн/га, витрати на вирощування 27,738 тис. грн/га, умовно чистий прибуток 37,278 тис. грн/га, а рівень рентабельності 134,4 %, тоді як на контрольному варіанті (без добрив) ці показники становили – 53,760 тис. грн/га, 26,051 тис. грн/га, 27,709 тис. грн/га та 106,4 %, відповідно.

Застосування в технології вирощування кукурудзи на дерново-підзолистому ґрунті зеленого добрива за поєднання з мінеральними добривами у дозі $N_{90}P_{60}K_{90}$ забезпечує рівень рентабельності 80 % і умовно чистий прибуток 2842 грн/га. Економічно рентабельним є спосіб удобрення за використання мікробних препаратів (окупність затрат на 1 грн. – 10–16 грн.) 2842 грн/га [108].

Нашими дослідженнями встановлено, що у структурі витрат при вирощуванні кукурудзи на зерно найбільшу частку складають мінеральні добрива (35,3 %), частка оплата праці становила (16,1 %), пальне (15,4 %) і засоби захисту рослин (14,3 %) (рис. 6.1).

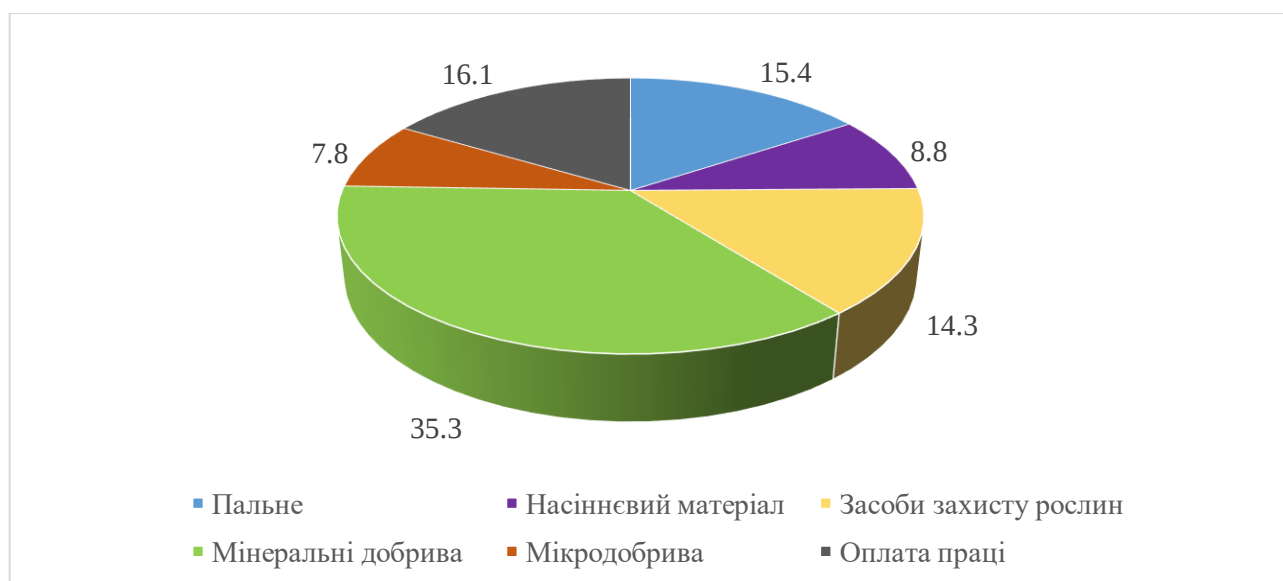


Рис. 6.1. Структура економічних витрат при вирощуванні кукурудзи на зерно

Проведеними розрахунками доведено, що у досліді 1, на варіанті без внесення макро- і мікродобрів, отримано мінімальні значення урожайності зерна – 7,39 т/га, вартості продукції – 66540,0 грн/га, умовно чистого прибутку – 33088,7 грн/га та рентабельності – 98,9 % (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно залежно від застосування макро-і мікродобрів (середнє за 2022–2024 рр.)

Макродобрива	Мікродобрива*	Урожайність зерна, т/га	Вартість продукції, грн/га	Витрати на вирощування, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Без добрив	1	7,39	66540,0	33451,3	33088,7	98,9
	2	7,70	69313,6	33882,9	35430,7	104,6
	3	7,74	69646,0	34276,6	35369,4	103,2
	4	7,87	70858,3	34662,7	36195,6	104,4
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	8,24	74162,6	36975,9	37186,7	100,6
	2	8,54	76896,9	37407,5	39489,4	105,6
	3	8,59	77334,8	37801,2	39533,6	104,6
	4	8,80	79240,0	38211,3	41028,7	107,4
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	8,57	77095,5	38518,9	38576,6	100,1
	2	8,84	79515,8	38950,5	40565,3	104,1
	3	8,88	79913,7	39344,2	40569,5	103,1
	4	9,08	81684,1	39730,3	41953,8	105,6
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	8,82	79383,2	39859,6	39523,6	99,2
	2	9,09	81819,4	40291,2	41528,2	103,1
	3	9,16	82397,4	40684,9	41712,5	102,5
	4	9,41	84685,8	41093,1	43592,7	106,1

*Примітка. 1 – Без застосування; 2 – Нутривант Універсальний (2 кг/га); 3 – Нутривант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га); 4 – Ікар Біго Рутс (0,5 л/га)+ Ікар Фосто (0,5 л/га)+ Ікар Зінто (0,5 л/га).

Використання у технології вирощування кукурудзи мінеральних добрив забезпечувало зростання урожайності зерна на 0,84–1,54 т/га, вартості продукції

на 7583,2–13827,5 грн/га, умовно чистого прибутку на 4058,6–7397,1 грн/га, порівняно з контролем. Але при цьому збільшення рівня рентабельності зафіксовано лише при використанні $N_{50}P_{30}K_{30}$ в межах 1,0–3,0 %, а при застосуванні $N_{70}P_{50}K_{50}$ і $N_{90}P_{70}K_{70}$ приріст цього показника був лише на першому і четвертому варіанту позакореневого підживлення мікродобривами. Це пояснюється значним збільшенням витрат при використанні мінеральних добрив, на 3524,6–3548,2; 5042,3–5067,6; 6382,5–6408,3 грн/га, відповідно на другому, третьому і четвертому варіантах з макродобривами. Наші дані співпадають з результатами, отриманими С. Каленською і С. Волощук, М. Б. Грабовським та ін. [13, 47, 231] в яких відмічено, що вища врожайність кукурудзи за внесення мінеральних добрив забезпечує підвищення вартості продукції, але одночасно зростають витрати і знижується умовно чистий прибуток та рівень рентабельності.

Проведення позакореневого підживлення мікродобривами позитивно впливало на економічні показники вирощування кукурудзи на зерно. Так, на другому варіанті (Нутривант Універсальний (2 кг/га)) приріст умовно чистого прибутку і рентабельності становив 1988,7–2342,0 грн/га і 3,9–5,7 %, третьому (Нутривант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га)) – 1992,0–2280,7 грн/га і 3,0–4,3 %, четвертому (Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га)) – 3106,9–4069,1 грн/га і 5,4–6,9 %, порівняно з контрольними ділянками.

Максимальні показники умовно чистого прибутку і рівня рентабельності вирощування кукурудзи на зерно в досліді 1 отримано на варіанті з внесенням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ до сівби кукурудзи і наступному позакореному підживленні мікродобривами Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто – 43592,7 грн/га і 106,1 %.

Продуктивність виробництва пелет з сировини аграрного походження залежить насамперед від загальної концепції виробництва, зокрема планування випуску готової продукції. У свою чергу, план випуску залежить від попиту на продукцію, а також наявності та доступності сировини для виробництва пелет.

Якщо немає обмежень стосовно попиту на продукцію, обмежуючими чинниками у виборі продуктивності виробництва можуть бути такі, що пов'язані з наявністю та доступністю відповідної сировини в регіоні, конкуренцією за сировину інших виробництв, а також сума капітальних витрат на виробництво пелет. Основною умовою щодо вибору продуктивності є отримання найкращих показників економічної ефективності такого проекту [20].

В структурі економічних витрат для виробництва паливних пелет з побічної продукції кукурудзи найбільшу частку займає електрична енергія – 42,6 %, пальне – 20,1 %, амортизація техніки – 21,3 %, тобто більшість витрат припадає на технологічні операції: збирання комбайном, тюкування решток прес-підбирачем, збирання і доставка тюків на склад, робота прес-гранулятора і т.д. (рис. 6.2).

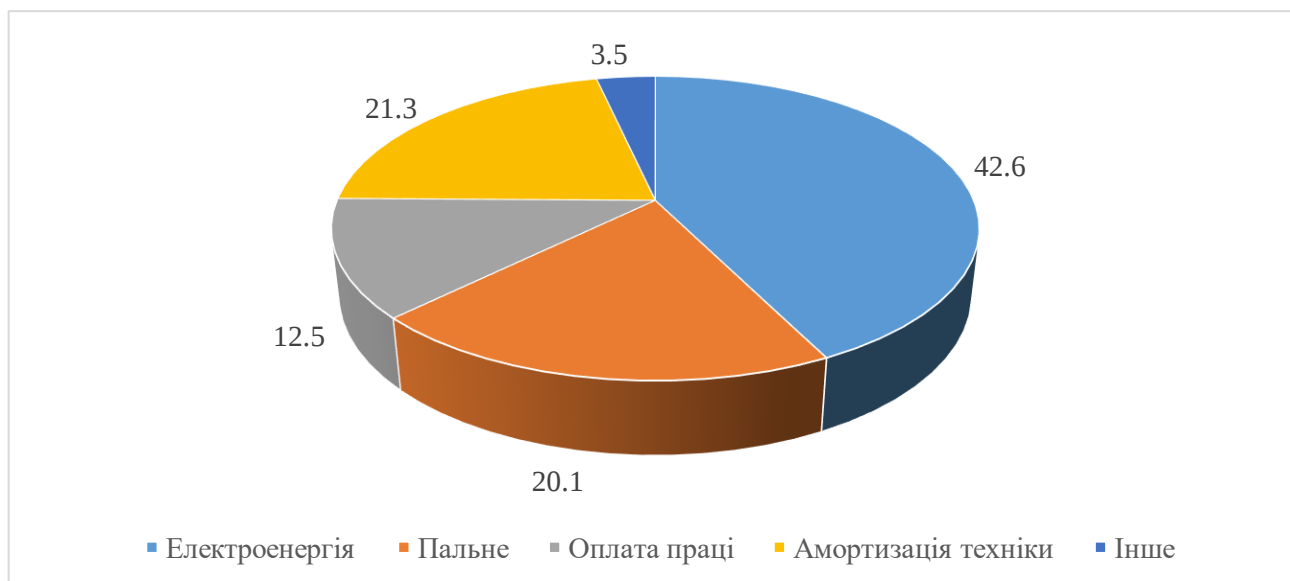


Рис. 6.2. Структура економічних витрат при виробництві паливних пелет з побічної продукції кукурудзи

Витрати на виробництво пелет коливалися в межах 29576,5–9319,3 грн/га і змінювалися залежно від їх виходу: при збільшенні виходу продукції вони також зростали (табл. 6.2). Найменші показники вартості продукції, умовно чистого прибутку і рентабельності отримано на варіанті без макро- і мікродобрив – 29576,5 грн/га, 21033,0 грн/га і 246,2 %, відповідно. Максимальні їх значення були при застосуванні норми мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ і позакореновому

підживлені мікродобривами Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто – 39966,7 грн/га 30647,4 грн/га і 328,9 %.

Таблиця 6.2

Економічна оцінка виробництва паливних пелет з побічної продукції кукурудзи залежно від застосування макро- і мікродобрив (середнє за 2022–2024 рр.)

Макродобрива	Мікродобрива*	Вихід пелет, т/га	Вартість продукції, грн/га	Витрати грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Без добрив	1	4,93	29576,5	8543,5	21033,0	246,2
	2	5,23	31387,9	8774,9	22613,0	257,7
	3	5,30	31792,2	8789,1	23003,1	261,7
	4	5,40	32417,2	8830,8	23586,4	267,1
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	5,79	34748,6	8892,2	25856,4	290,8
	2	6,00	35986,5	9118,4	26868,1	294,7
	3	6,04	36221,4	9136,4	27085,0	296,5
	4	6,22	37300,5	9180,2	28120,3	306,3
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	5,77	34615,0	8965,2	25649,8	286,1
	2	6,16	36942,2	9195,0	27747,2	301,8
	3	6,23	37354,1	9212,5	28141,6	305,5
	4	6,41	38450,1	9252,0	29198,1	315,6
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	5,99	35939,6	9031,0	26908,6	298,0
	2	6,39	38320,0	9260,2	29059,8	313,8
	3	6,44	38631,6	9277,2	29354,4	316,4
	4	6,66	39966,7	9319,3	30647,4	328,9

*Примітка. 1 – Без застосування; 2 – Нутрівант Універсальний (2 кг/га); 3 – Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га); 4 – Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га).

При використанні мінеральних добрив відмічено збільшення умовно чистого прибутку і рівня рентабельності на 4823,4–7061,0 грн/га і 34,7–61,8 %, а мікродобрив на 1011,7–3738,8 грн/га і 5,7–30,9 %, порівняно з контрольними варіантами. Це пов'язано, в першу чергу, із зростанням урожайності побічної

продукції кукурудзи і відповідно збільшенням виходу паливних пелет на цих варіантах.

Використання десикантів при вирощуванні кукурудзи є ефективним технологічним методом зниження вмісту води в зерні перед збиранням, але важливо, щоб цей технологічний захід був економічно вигідним. Нашими дослідженнями було встановлено, що на варіантах без проведення десикації умовно чистий прибуток і рентабельність були в межах від 29099,9 до 40065,8 грн/га і від 77,4 до 105,0 % (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно залежно від десикації посівів (середнє за 2022–2024 рр.)

Десиканти	Строк застосування десикантів за вологості зерна, %	Урожайність зерна, т/га	Вартість продукції, грн/га	Витрати на вирощування, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Без десикації (контроль)	40	7,41	66712,2	37612,3	29099,9	77,4
	30	8,10	72876,0	37921,0	34955,0	92,2
	20	8,69	78240,0	38174,2	40065,8	105,0
Реґлон Супер (3 л/га)	40	7,31	65790,0	38472,7	27317,3	71,0
	30	8,16	73410,0	38766,6	34643,4	89,4
	20	8,74	78660,0	38997,6	39662,4	101,7
Раундап Макс (3 л/га)	40	7,31	65760,0	38714,6	27045,4	69,9
	30	8,15	73380,0	38924,5	34455,5	88,5
	20	8,75	78720,0	39185,6	39534,4	100,9
Баста (2 л/га)	40	7,29	65640,0	39202,0	26438,0	67,4
	30	8,16	73440,0	39433,3	34006,7	86,2
	20	8,80	79170,0	39677,8	39492,2	99,5

Використання десикантів не сприяло зростанню урожайності зерна кукурудзи, але затрати на їх купівлю та внесення підвищували витрати на вирощування культури на 823,4–1589,7 грн/га. Це відповідно впливало на зменшення умовно чистого прибутку і рентабельності на 403,4–2661,9 грн/га і 2,8–9,9 %, порівняно з контролем. Найбільше зниження економічних показників було зафіксовано на варіанті використання препарату Баста (2 л/га).

Більш суттєво на ефективність вирощування кукурудзи на зерно впливали строки застосування десикантів. Так, за першого строку (при вологості зерна 40 %) показники умовно чистого прибутку і рентабельності були найменшими 26438,0–29099,9 грн/га і 67,4–77,4 %. За другого строку (при вологості зерна 30 %) вони зростали до 34006,7–34955,0 грн/га і 86,2–92,2 % та найвищі значення отримані за третього строку (при вологості зерна 20 %) – 39492,2–40065,8 грн/га і 99,5–105,0 %. Проведення десикації є важливим технологічним заходом при вирощуванні кукурудзи, особливо в роки з достатньою або надлишковою кількістю опадів при збиранні (2022 р.).

В середньому, за три роки, розрахунковий вихід паливних пелет на варіанті без проведення десикації становив 2,24–4,73 т/га та при її застосуванні – 2,63–5,15 т/га (табл. 6.4). Тобто, на відмінну від урожайності зерна спостерігається збільшення виходу паливних пелет при використанні десикантів, що пояснюється зменшенням вологості побічної продукції кукурудзи. Серед препаратів суттєвої різниці за економічними показниками не відмічено, але дещо вищі значення умовно чистого прибутку і рентабельності були при застосуванні Баста (2 л/га) – 9866,1–23511,5 грн/га і 165,5–341,7 %.

За першого строку проведення десикації (при вологості зерна 40 %) показники умовно чистого прибутку і рентабельності мали мінімальні показники 7883,5–9910,8 грн/га і 141,5–165,8 %, за другого строку (при вологості зерна 30 %) вони становили 13699,1–16528,4 грн/га і 221,7–250,2 % та максимальні значення отримані за третього строку (при вологості зерна 20 %) – 21719,7–23891,6 грн/га і 325,6–341,7 %.

Таблиця 6.4

Економічна оцінка виробництва паливних пелет з побічної продукції кукурудзи залежно від десикації посівів (середнє за 2022–2024 рр.)

Десиканти	Строк застосування десикантів за вологості зерна, %	Вихід паливних пелет, т/га	Вартість продукції, грн/га	Витрати, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Без десикації	40	2,24	13456,6	5573,1	7883,5	141,5
	30	3,31	19878,6	6179,5	13699,1	221,7
	20	4,73	28391,0	6671,3	21719,7	325,6
Реґлон Супер (3 л/га)	40	2,65	15887,4	5976,6	9910,8	165,8
	30	3,86	23165,4	6625,1	16540,3	249,7
	20	5,15	30891,6	7000,0	23891,6	341,3
Раундап Макс (3 л/га)	40	2,63	15762,8	5963,4	9799,4	164,3
	30	3,82	22912,5	6581,9	16330,6	248,1
	20	5,06	30335,4	6884,8	23450,6	340,6
Баста (2 л/га)	40	2,64	15826,6	5960,5	9866,1	165,5
	30	3,86	23135,4	6607,0	16528,4	250,2
	20	5,07	30391,5	6880,0	23511,5	341,7

Використання десикантів є найбільш економічно доцільним за вологості зерна кукурудзи 20 %. Виробництво паливних пелет з побічної продукції забезпечує додатковий прибуток в межах 7883,5–23891,6 грн/га.

6.2. Енергетична ефективність

Ефективне використання біопалива для отримання енергії в умовах аграрного виробництва, а особливо з відходів сільського господарства, потребує оптимізації технічних та технологічних процесів отримання та використання

біопалива та наукового-технічного обґрунтування раціональних параметрів машин та обладнання, що використовується для виробництва біопалива та отримання енергії на його основі [276].

У дослідженнях проведених в правобережному Лісостепу України найкращим варіантом за значенням енергетичного коефіцієнту був варіант удобрення, що передбачав внесення азотних добрив (N_{40} перед сівбою) у поєднанні із мікродобривом Вуксал Р Мах – 2,95. На даному варіанті відмічений також максимальний показник накопичення енергії врожаєм – 191,57 ГДж/га [40].

За даними досліджень М. Б. Грабовського та ін. [39] встановлено, що максимальний вихід енергії з метану (207,5 ГДж/га) отримано в гібрида кукурудзи Каріфолс при застосуванні $N_{120}P_{90}K_{90}$ та передпосівної обробки насіння YaraTera Tenso Cocktail (0,15 кг/т) й обприскування кукурудзи у фазі 3–5 листків YaraVita KombiPhos (3 л/га). Але найвищий показник коефіцієнта енергетичної ефективності (5,1) одержано в гібрида Богатир на варіанті без використання макродобрив.

Побічні продукти сільського господарства (солома, макуха, гліцерин, целюлоза тощо) містять значну кількість енергії і можуть бути використані для енергетичних потреб, також як тверде паливо, або шляхом відповідної підготовки сировини (подрібнення, гранулювання, пресування, брикетування тощо), або після перетворення на біогаз чи рідке біопаливо. Поряд з енергетичними перевагами, рослинне біопаливо має значні екологічні (значно скорочуються викиди парникових газів) і соціальні (створюються нові робочі місця та підвищується зайнятість населення) переваги [7].

Теплотворна здатність сухої речовини стрижнів качанів кукурудзи становить 17 МДж/кг. Стрижні качанів кукурудзи не повинні бути занадто подрібненими, тобто відсоток частинок розміром менше 2 мм повинен бути нижче 5%, в такому випадку вони будуть придатні для контрольованого спалювання [247].

Відомо, що енергоефективність технології визначається корисним ефектом від її впровадження. Корисний ефект енергетичної технології — це різниця між виходом енергії з одиниці палива та витратами енергії на виробництво цієї одиниці палива. Якщо ця різниця від’ємна або близька до нуля, то технологія є енергетично неефективною [6]. У структурі затрат енергії на виробництво біопалив найбільше складають добрива (43,8–46,7%), на другому місці це затрати енергії на переробку сировини на біопаливо (32,2–39,6%). На енергоносії затрачається 8,2–11,4% енергії. Найменші енергозатрати складає праця людей (0,8%) [7].

Встановлено, що в структурі енергетичних витрат при вирощуванні кукурудзи на зерно найбільшу частку займають мінеральні добрива (48,2 %), пальне (18,3 %) та технічні засоби (17,0 %) (рис. 6.3). На мікродобрива припадає 3,1 %.



Рис. 6.3. Структура енергетичних витрат при вирощуванні кукурудзи на зерно

Виявлено, що витрати сукупної енергії на вирощування кукурудзи на зерно на варіанті без застосування мінеральних добрив становили 42,38–43,21 ГДж/га та зростали до 43,67–46,70 ГДж/га або 1,21–3,53 ГДж/га при їх внесенні (табл. 6.5). Але при цьому відмічено збільшення виходу загальної енергії з

урожаєм та коефіцієнта енергетичної ефективності при використанні $N_{50}P_{30}K_{30}$ на 13,97–15,37 ГДж/га і 0,23–0,26, $N_{70}P_{50}K_{50}$ на – 18,70–19,35 ГДж/га і 0,25–0,27 та $N_{90}P_{70}K_{70}$ на – 22,93–25,35 ГДж/га і 0,27–0,32, порівняно з контролем.

Таблиця 6.5

Енергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно залежно від застосування макро- і мікродобрив (середнє за 2022–2024 рр.)

Макродобри ва	Мікродобр ива*	Вихід загальної енергії з урожаєм, ГДж/га	Витрати сукупної енергії на вирощування, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності, K _{ee}
Без добрив	1	121,99	42,38	2,88
	2	127,07	42,70	2,98
	3	127,68	42,97	2,97
	4	129,91	43,21	3,01
$N_{50}P_{30}K_{30}$	1	135,96	43,67	3,11
	2	140,98	43,91	3,21
	3	141,78	44,23	3,21
	4	145,27	44,54	3,26
$N_{70}P_{50}K_{50}$	1	141,34	44,88	3,15
	2	145,78	45,16	3,23
	3	146,51	45,48	3,22
	4	149,75	45,74	3,27
$N_{90}P_{70}K_{70}$	1	145,54	45,91	3,17
	2	150,00	46,21	3,25
	3	151,06	46,46	3,25
	4	155,26	46,70	3,32

*Примітка. 1 – Без застосування; 2 – Нутрівант Універсальний (2 кг/га); 3 – Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га); 4 – Ікар Біго Рутс (0,5 л/га)+ Ікар Фосто (0,5 л/га)+ Ікар Зінто (0,5 л/га).

Проведення позакореневого підживлення мікродобривом Нутрівант Універсальний (2 кг/га) забезпечувало підвищення виходу загальної енергії з урожаєм та коефіцієнта енергетичної ефективності на 4,44–5,08 ГДж/га і 0,08–0,10; Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га) на 5,17–5,82 ГДж/га і 0,07–0,09; Ікар Біго Рутс (0,5 л/га)+ Ікар Фосто (0,5 л/га)+ Ікар Зінто (0,5 л/га) на 7,92–9,72 ГДж/га і 0,12–1,15, порівняно з ділянками без їх застосування (контроль).

Максимальні значення коефіцієнта енергетичної ефективності отримано на варіанті із внесенням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ та мікродобрив Ікар Біго Рутс (0,5 л/га)+ Ікар Фосто (0,5 л/га)+ Ікар Зінто (0,5 л/га) – 3,32.

Подібні результати отримані і в дослідженнях Л. М. Шинкарук [269] якими встановлено, що збільшення норми добрив підвищувало витрати енергії на вирощування кукурудзи, які при удобренні в нормі $N_{80}P_{40}K_{60}$ становили 4,20 млн. ккал/га, а при застосуванні підживлень – 4,40–4,57 млн. ккал/га. При збільшенні норми добрив до $N_{120}P_{60}K_{100}$ витрати зросли до 5,17 млн. ккал/га на контролі та 5,37–5,54 млн. ккал/га при проведенні підживлень, а при удобренні $N_{160}P_{80}K_{140}$ – 6,14 млн. ккал/га на контрольному варіанті та 6,34–6,51 млн. ккал/га у варіантах з проведенням підживлень. Разом з тим зростав чистий прибуток з 1 га, який на фоні добрив $N_{80}P_{40}K_{60}$ становив 32,30–35,33 млн. ккал, при удобренні $N_{120}P_{60}K_{100}$ – 35,83–39,00 млн. ккал, а при $N_{160}P_{80}K_{140}$ – 38,44–40,49 млн. ккал/га.

Згідно Г. Гелетуки та ін. [18, 20] найбільші витрати при виробництві пелет – це витрата електроенергії. Ці витрати залежать від низки чинників, включно з сировиною, необхідністю додаткового подрібнення і вологістю. Крім того, ці питомі витрати також залежать від потужності обладнання, причому обладнання більшої потужності зазвичай коштує менше, ніж обладнання меншої потужності. Різниця в питомому споживанні енергії при гранулюванні деревної та зернової соломи незначна, в той час як питоме споживання енергії при гранулюванні лушпиння соняшника нижче.

Згідно проведених нами розрахунків встановлено, що в енергетичних витратах у виробництві паливних пелет з побічної продукції кукурудзи найбільшу частку займає електрична енергія – 46,4 % та витрати на переробку сировини – 31,4 % (рис. 6.4).

Витрати енергії на виробництво паливних пелет на варіанті без мінеральних добрив були в межах 23,54–23,72 ГДж/га, а при їх застосуванні зростали до 24,12–25,46 ГДж/га (табл. 6.6). Це пояснюється збільшенням урожайності побічної продукції при використанні мінеральних добрив та відповідно збільшенням витрат енергії на пелетування цієї додаткової біомаси.

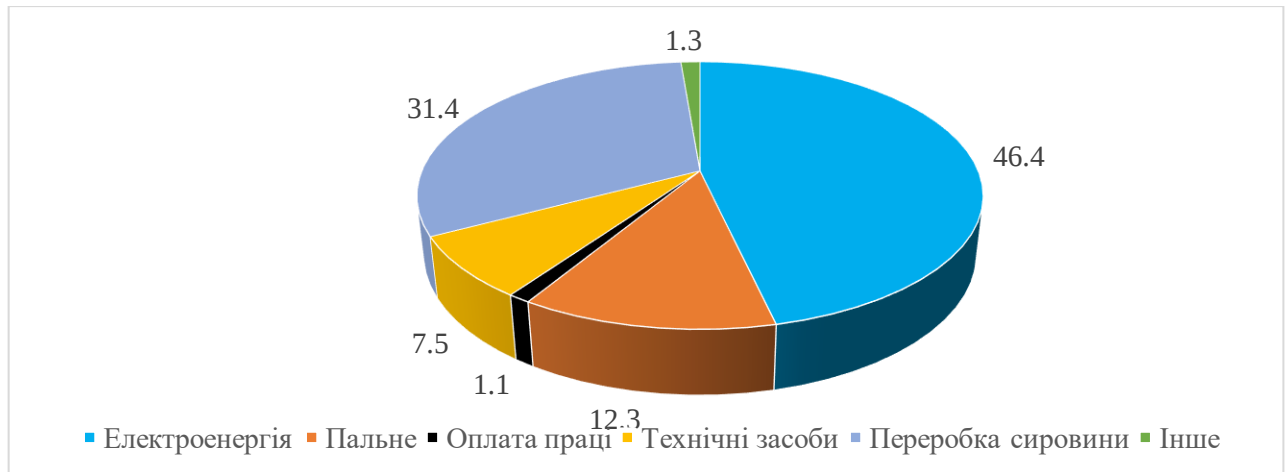


Рис. 6.4. Структура енергетичних витрат при виробництві паливних пелет з побічної продукції кукурудзи

Відмічено підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності при виробництві паливних пелет з побічної продукції кукурудзи до 5,30–6,62, порівняно з 2,88–3,32 при вирощуванні для отримання лише зерна.

Таблиця 6.6

Енергетична ефективність виробництва паливних пелет з побічної продукції кукурудзи залежно від застосування макро-і мікродобрив (середнє за 2022–2024 рр.)

Макродобрива	Мікродобрива*	Вихід енергії з пелет, ГДж/га	Витрати енергії на виробництво пелет, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності, К _{ее}
Без добрив	1	124,76	23,54	5,30
	2	132,40	23,61	5,61
	3	134,11	23,63	5,68
	4	136,75	23,72	5,77
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	146,58	24,12	6,08
	2	151,80	24,23	6,27
	3	152,79	24,27	6,30
	4	157,35	24,38	6,45
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	146,02	24,56	5,95
	2	155,83	24,63	6,33
	3	157,57	24,69	6,38
	4	162,20	24,76	6,55
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	151,61	25,21	6,01
	2	161,65	25,30	6,39
	3	162,96	25,38	6,42
	4	168,59	25,46	6,62

*Примітка. 1 – Без застосування; 2 – Нутрівант Універсальний (2 кг/га); 3 – Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га); 4 – Ікар Біго Рутс (0,5 л/га)+ Ікар Фосто (0,5 л/га)+ Ікар Зінто (0,5 л/га).

Використання макродобрих у технології вирощування кукурудзи дозволило підвищити коефіцієнт енергетичної ефективності на 0,62–0,86, а мікродобрих на 0,22–0,61, відносно варіантів без їх внесення.

Л. М. Шинкарук [268] доведено, що застосування десикантів майже не впливало на енергоємність урожаю. Дещо нижчою вона була у варіанті застосування десикантів при вологості зерна 40 %–38,69–39,02 млн. ккал/га. На величину чистого прибутку енергії впливали строки проведення десикації. Максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності був на контрольному варіанті – 7,71, а у варіантах використання десикантів при вологості зерна 40 % – 6,90–7,05, при появі чорної точки – 7,09–7,22, при обробці через 10 днів після настання чорної точки – 7,08–7,23.

Нами встановлено, що проведення десикації посівів кукурудзи підвищувало витрати сукупної енергії на 0,36–0,41 ГДж/га, порівняно з контролем (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

Енергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно залежно від десикації посівів (середнє за 2022–2024 рр.)

Десиканти	Строк застосування десикантів за вологості зерна, %	Вихід загальної енергії з урожаєм, ГДж/га	Витрати сукупної енергії на вирощування, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності, К _{еє}
Без десикації (контроль)	40	122,31	41,71	2,93
	30	133,61	42,12	3,17
	20	143,44	42,56	3,37
Реглон Супер (3 л/га)	40	120,62	42,12	2,86
	30	134,59	42,50	3,17
	20	144,21	42,95	3,36
Раундап Макс (3 л/га)	40	120,56	42,15	2,86
	30	134,53	42,48	3,17
	20	144,32	42,93	3,36
Баста (2 л/га)	40	120,34	42,09	2,86
	30	134,64	42,53	3,17
	20	145,15	42,97	3,38

Значного впливу на енергетичну ефективність вирощування кукурудзи на зерно десиканти не мали і більш значною була зміна цих показників під впливом строків їх застосування. Так, на першому строкові їх внесення (за вологості зерна 40 %) відмічено зменшення виходу загальної енергії з урожаєм та коефіцієнта енергетичної ефективності на 1,69–1,97 ГДж/га і 0,06–0,07, а на другому (за вологості зерна 30 %) і третьому (за вологості зерна 20 %) навпаки, зростання на 0,9–1,03 і 0,77–1,71 ГДж/га та 0,01–0,02, порівняно з контролем. З точки зору енергетичної ефективності більш вигідним є застосування препарату Баста (2 л/га) за вологості зерна 20 %.

При виробництві паливних пелет з побічної продукції кукурудзи проведення десикації посівів забезпечує збільшення виходу загальної енергії та коефіцієнта енергетичної ефективності на 820–13,86 ГДж/га і 0,44–0,65, порівняно з контролем (табл. 6.8).

Таблиця 6.8

Енергетична ефективність виробництва паливних пелет з побічної продукції кукурудзи залежно від десикації посівів (середнє за 2022–2024 рр.)

Десиканти	Строк застосування десикантів за вологості зерна, %	Вихід енергії з пелет, ГДж/га	Витрати енергії на виробництво пелет, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності, K_{ee}
Без десикації (контроль)	40	56,76	25,98	2,18
	30	83,85	23,76	3,53
	20	119,76	21,48	5,58
Реглон Супер (3 л/га)	40	67,02	25,57	2,62
	30	97,72	23,41	4,17
	20	130,31	20,94	6,22
Раундап Макс (3 л/га)	40	66,49	25,54	2,60
	30	96,65	23,45	4,12
	20	127,96	20,91	6,12
Баста (2 л/га)	40	66,76	25,52	2,62
	30	97,59	23,47	4,16
	20	128,20	20,97	6,11

Найвищі значення цих показників отримано за третього строку застосування десикантів – 127,96–130,31 ГДж/га і 6,11–6,22.

Висновки за розділом 6:

1. Встановлено, що у структурі економічних витрат при вирощуванні кукурудзи на зерно найбільшу частку складають мінеральні добрива (35,3 %) та практично однаковою були частки оплата праці (16,1 %), пального (15,4 %) і засобів захисту рослин (14,3 %). В структурі витрат для виробництва паливних пелет з побічної продукції кукурудзи найбільшу частку займає електрична енергія – 42,6 %, пальне – 20,1 % і амортизація техніки – 21,3 %.

2. Максимальні показники умовно чистого прибутку і рівня рентабельності вирощування кукурудзи на зерно та при виробництві паливних пелет з побічної продукції кукурудзи в досліді 1 отримано на варіанті з внесенням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ і наступному використанні для позакореневого підживлення мікродобрив Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто – 43592,7 і 30647,4 грн/га та 106,1 і 328,9 %.

3. Використання десикантів у технології вирощування кукурудзи на зерно впливає на зменшення умовно чистого прибутку і рентабельності на 403,4–2661,9 грн/га і 2,8–9,9 %, порівняно з контролем. Але за рахунок зменшення вологості побічної продукції, при виготовлені паливних пелет, на варіантах з їх застосуванням відмічено збільшення цих показників на 1730,9–2829,3 грн/га і 15,0–28,5 %.

4. Мінімальні показники рівня рентабельності вирощування кукурудзи на зерно так і при виробництві паливних пелет з побічної продукції кукурудзи в досліді 2 були отримані за першого строку проведення десикації посівів (при вологості зерна 40 %) – 67,4–77,4 і 141,5–165,8 %. Найвищими ці значення були за третього строку (при вологості зерна 20 %) – 99,5–105,0 і 325,6–341,7 %.

5. В структурі енергетичних витрат при вирощуванні кукурудзи на зерно найбільшу частку займають мінеральні добрива (48,2 %), пальне (18,3 %) та технічні засоби (17,0 %), а в структурі витрат для виробництва паливних пелет з

побічної продукції кукурудзи – електрична енергія – 46,4 % та витрати на переробку сировини – 31,4 %.

6. Максимальні значення коефіцієнта енергетичної ефективності вирощування кукурудзи на зерно та при виробництві паливних пелет з побічної продукції кукурудзи в досліді 1 отримано на варіанті із внесенням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ та мікродобрив Ікар Біго Рутс (0,5 л/га)+ Ікар Фосто (0,5 л/га)+ Ікар Зінто (0,5 л/га) – 3,32 і 6,62. Використання макродобрив у технології вирощування кукурудзи на зерно дозволяє підвищити коефіцієнт енергетичної ефективності на 0,23–0,29, при виробництві паливних пелет на 0,62–0,86, а мікродобрив на 0,07–0,15 і 0,22–0,61, відповідно.

7. Застосування десикантів при вирощуванні кукурудзи на зерно на першому строкові їх внесення (за вологості зерна 40 %) сприяло зменшенню виходу загальної енергії з урожаєм та коефіцієнту енергетичної ефективності на 1,69–1,97 ГДж/га та 0,06–0,07, на другому (за вологості зерна 30 %) і третьому (за вологості зерна 20 %) навпаки, відмічено зростання на 0,9–1,03 і 0,77–1,71 ГДж/га та 0,01–0,02, порівняно з контролем. При виробництві паливних пелет з побічної продукції кукурудзи проведення десикації посівів забезпечує збільшення виходу загальної енергії та коефіцієнта енергетичної ефективності на 820–13,86 ГДж/га і 0,44–0,65 за всіх строків їх застосування.

Основні положення дисертації викладені в наукових працях [60, 67, 68].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі узагальнення результатів польових і лабораторних досліджень науково обґрунтовано процеси росту, розвитку рослин та закономірності формування врожайності і якості основної (зерна) і побічної продукції кукурудзи, економічну і енергетичну ефективність залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України.

1. Проведеними біометричними вимірами виявлено, що лінійне збільшення висоти рослин кукурудзи відбувається до фази ВВСН 85, при цьому максимальні значення висоти рослин і прикріплення качана були на варіанті із застосуванням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ (д. р. на 1 га) та позакореневим підживленням мікродобривами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 225,9 см і 91,3 см.

2. Найкращі параметри площі листової поверхні посівів кукурудзи були отримані у фазу ВВСН 65 на варіанті дослідів, де застосовували мінеральні добрива $N_{90}P_{70}K_{70}$ та позакореневе підживлення Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 50,3 тис. м²/га. Застосування мінеральних добрив забезпечувало збільшення площі листової поверхні кукурудзи на 4,3–15,8 %, фотосинтетичного потенціалу посівів на 4,2–12,6 % і чистої продуктивності фотосинтезу на 3,0–14,3 %, а мікродобрив на 1,3–4,3 %; 1,1–3,8 %; 1,1–6,9 %, порівняно з контролем.

3. Встановлено, що застосування мінеральних добрив сприяє зменшенню вмісту сухої речовини в рослинах кукурудзи так і в окремих органах. Не відмічено впливу мікродобрив на вміст сухої речовини у рослинах кукурудзи та її структурних елементах (стеблах, листках, обгортках і стрижнях качана та зерні). Вміст сухої речовини становив у зерні 62,0–64,0 %, листках – 35,9–38,0 %, обгортках і стрижнях качана – 32,1–35,4 %, стеблi – 25,0–28,0 %.

4. Доведено, що найкращі умови для рослин кукурудзи були на варіанті із внесенням $N_{90}P_{70}K_{70}$ та позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) +

Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га), що забезпечило максимальні значення довжини качана (17,7 см), діаметра качана (4,6 см), кількості зерен з качана (489,3 шт.), маси зерна з качана (141,2 г), маси 1000 зерен (287,2 г), маси рослини кукурудзи (512,2 г), качана з зерном (169,1 г), стебла (231,5 г), листків (89,5 г) та волоті (22,1 г).

5. Підтверджено, що урожайність основної і побічної продукції кукурудзи залежала від погодних умов років досліджень. Найвищий індекс урожайності отримано у 2023 р. – 0,42–0,47, а у 2024 р., спостерігалось його зменшення до 0,32–0,40. Максимальна урожайність основної та побічної продукції кукурудзи отримана на варіанті із використанням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ у поєднанні із позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 9,41 і 13,72 т/га. Застосування мінеральних добрив дозволяє підвищити урожайність зерна на 11,3–18,8 % і побічної продукції кукурудзи на 15,2–22,1 %, а мікродобрив на 3,5–6,5 % і 5,8–9,8 %.

6. Не виявлено різниці між різними десикантами за вологістю і урожайністю зерна і побічної продукції кукурудзи, а більш суттєвим був вплив строків проведення десикації посівів. За першого строку застосування десикантів відмічено зменшення вологості зерна і побічної продукції на 8,9–9,0 і 12,1–12,3 %, другого на 6,9 і 5,7–5,9 %, третього на 3,1–3,3 і 1,7–1,9 %, порівняно із контролем.

7. Найвища урожайність зерна кукурудзи отримана за третього строку використання десикантів – 8,69–8,80 т/га, а побічної продукції за першого – 17,41–18,47 т/га. На урожайність зерна кукурудзи в більшій мірі впливали строки проведення десикації посівів (60,5 %) та десиканти (22,4 %), а урожайність побічної продукції на 62,3 % залежала від строків внесення десикантів і на 20,3% від самих препаратів.

8. Зафіксовано, що застосування мінеральних добрив та позакореневе підживлення мікродобривами впливають на хімічний склад зерна, при цьому вміст крохмалю та жиру знижується на 0,19–1,28 % та 0,08–0,46 %, а вміст білку зростає на 0,19–0,59 %, порівняно з контрольним варіантом. Відмічено

збільшення зольності рослин кукурудзи (без зерна) на 0,22–0,32 %, вмісту водню – 0,12–0,27 %, азоту – 0,09–0,16 %, сірки – 0,01 % та зменшення вмісту вуглецю на 0,19–0,46 % і кисню – 0,04–0,06 % на варіантах із внесенням мінеральних добрив. Не спостерігалось різниці за вмістом хімічних елементів залежно від дози мінеральних добрив.

9. Розрахунками підтверджено, що застосування мінеральних добрив дозволяє збільшити вихід паливних пелет на 13,9–23,3 %, а мікродобрив на 3,6–11,2 %, порівняно з варіантами без їх використання. Найвищі значення урожайності побічної продукції кукурудзи з перерахунком на 14 % вологисть та розрахунковий вихід паливних пелет в досліді 1 отримано при використанні мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ у поєднанні із позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 12,90 і 6,66 т/га.

10. Виявлено суттєві коливання урожайності побічної продукції кукурудзи та виходу паливних пелет залежно від строку проведення десикації посівів та не відмічено достовірної різниці між десикантами. Максимальний вихід побічної продукції та паливних пелет отримано за третього строку застосування десикантів – 8,03–8,73 і 4,73–5,15 т/га.

11. За даними лабораторних аналізів експериментальних зразків встановлено, що паливні характеристики паливних пелет з кукурудзи відповідають нормативним значенням і допускаються до використання як тверде паливо. Кращі фізико-механічні і енергетичні показники мають стрижні качана кукурудзи, порівняно з цілою рослиною (без зерна).

12. Максимальні показники умовно чистого прибутку, рівня рентабельності та коефіцієнта енергетичної ефективності при вирощуванні кукурудзи на зерно та при виробництві паливних пелет з побічної продукції кукурудзи в досліді 1 отримано на варіанті з внесенням $N_{90}P_{70}K_{70}$ (д. р. на 1 га) до сівби кукурудзи і наступному використанні для позакореневого підживлення мікродобрив Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 43592,7 і 30647,4 грн/га, 106,1 і 328,9 % та 3,32 і 6,62. В досліді 2 найвищі

значення цих показників були за третього строку проведення десикації – 39492,2–39662,4 і 23450,6–23891,6 грн/га, 99,5–105,0 і 325,6–341,7 % та 3,36–3,38 і 6,11–6,22.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Правобережного Лісостепу України при вирощуванні кукурудзи для отримання зерна та для виробництва паливних пелет з побічної продукції рекомендується висівати середньопізній гібрид СИ Октеон (ФАО 380) із внесенням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ (д. р. на 1 га) перед сівбою, позакореневим підживленням мікродобривами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі ВВСН 13–14 + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі ВВСН 15–16+ Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі ВВСН 17–18 та проведенням десикації посівів препаратами Реглон Супер (3 л/га), Раундап Макс (3 л/га) і Баста (2 л/га) за 20 % вологості зерна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антоненко В. О., Зубенко В. І., Епик О. В. Паливні характеристики стебел кукурудзи українського походження. *Промислова теплотехніка*. 2018. № 3. С. 85–90.
2. Асанішвілі Н. М., Корсун С. Г., Шляхтурова С. П. Якість зерна кукурудзи залежно від технології вирощування в північній частині Лісостепу. *Землеробство*. 2014. №1–2. С. 63–66.
3. Басок Б., Давиденко Б., Кужель Л., Лисенко О., Веремійчук Г. Експериментальні дослідження спалювання рослинних пелет у побутовому котлі. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*. 2021. №37. С. 13–23.
4. Басюк П. Л., Грабовський М. Б., Козак Л.А., Качан Л. М. Зміна фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи залежно від застосування мікродобрих 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.
5. Белов Я. В. Удосконалення технології вирощування гібридів кукурудзи в умовах південного Степу України : автореферат на здобуття вченого ступеня канд. с.-г. наук за спеціальністю : 06.01.09 «Рослинництво». Миколаїв, 2020. 24 с.
6. Білодід В. Д., Панасенко П.В. Деякі розрахунки щодо енергетичної ефективності біопалив. *System Research in Energy*. 2008. №2 (18). С. 34–39.
7. Боярчук В., Фтома О., Боярчук О. Економічна та енергетична ефективність виробництва ріпаку озимого, пшениці озимої, кукурудзи, цукрового буряку та біопалива на їх основі. *Аграрна економіка*. 2012. Т.5. № 1–2. С. 102–110.
8. 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.

9. Вахній С.П., Засуха А.А., Павліченко К.В., Німенко С.С. Формування висоти рослин і прикріплення качана у рослин кукурудзи під впливом макро- і мікродобрив. Хімія, біотехнологія, екологія та освіта: Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, м. Полтава, 15–16 травня 2024 року, ПДАУ, С. 195–197.

10. Вахній С. П., Войтко А.В. Структура врожаю та якість зерна пшениці м'якої ярої залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2024. №138. С. 22–33.

11. Войтко А.В., Вахній С.П., Качан Л. М. Вплив мінерального живлення на висоту рослин і стійкість до вилягання у сортів пшениці м'якої ярої. Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети», м. Одеса 24 березня 2023 р. ІКОГС, С. 240–241.

12. Вожегова Р.А., Марченко Т.Ю., Забара П.П., Пілярська О.О. Особливості фотосинтетичної діяльності ліній–батьківських компонентів гібридів кукурудзи залежно від елементів технології в умовах зрошення. *Зрошуване землеробство*. 2021. Вип. 76. С. 54–59.

13. Волощук І. С., Волощук О. П., Глива В. В., Пащак М.О. Економічна ефективність виробництва зерна кукурудзи за різних агротехнічних заходів вирощування. *Зернові культури*. 2022. Т.6. №1. С. 148–159.

14. Волощук О. П., Волощук І. С., Глива В. В., Пащак М. О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від різних норм внесення мінеральних добрив у Західному Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68(І). С. 51–65.

15. Гаврилюк В. М. Гібриди кукурудзи: грані проблеми. *Насінництво*. 2015. № 3/4. С. 4–7.

16. Гаврилюк В. М., Коваленко Н. П., Кривенко А. І., Орехівський В. Д., Вакуленко В. В. Ефективність вирощування високопродуктивних гібридів кукурудзи з підвищеним адаптивним потенціалом до несприятливих умов довкілля. *Аграрні інновації*. 2022. №15. С. 97–103.

17. Гаркавий В. Теоретичні основи розробки стратегії сталого розвитку сільського господарства. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*. 2023. Т. 2. №. 4. С. 56–64.

18. Гелету́ха Г. Г., Желе́зна Т. А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. *Аналітична записка БАУ*. 2014. №7. С.12–16.

19. Гелету́ха Г. Г., Желе́зна Т. А., Кучерук П. П., Драгнєв С. В. Аналіз перспективних напрямків використання енергетичного потенціалу біомаси України. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2023. №45(2). С. 77–86.

20. Гелету́ха Г., Крамар В., Епик О., Антошук Т., Тітков В. Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси. Київ: ТОВ «Науково-технічний центр “Біомаса»», 2016, 336 с.

21. Гелету́ха Г.Г., Драгнєв С.В., Желе́зна Т.А., Баштовий А.І. Аналіз виробництва пелет та брикетів з побічної продукції кукурудзи на зерно. *Аналітична записка UABIO*. 2020. № 23. 42 с.

22. Гелету́ха Г.Г., Желе́зна Т.А., Драгнєв С.В. Аналіз можливостей виробництва та використання брикетів з агробіомаси в Україні. *Аналітична записка БАУ*. 2018. №20. 48 с.

23. Гень С. П. Урожайність зерна кукурудзи залежно від систем удобрення і обробітку ґрунту. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2011. №1. С. 117–121.

24. Гирич С. В., Лояніч Г. С. Сучасні погляди на споживні переваги та проблеми безпеки рослинних олій. *Національна економіка*. Інтелект ХХІ. 2018. № 5. С. 37–41.

25. Глива В. В., Гадзало А. Я., Герешко Г. С., Случак О. М., Пащак М. О. Якість зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норм внесення мінеральних добрив. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (1). С. 66–79.

26. Глива В. В., Пащак М. О. Висота рослин кукурудзи залежно від рівня живлення рослин та норм висіву насіння. *Актуальні проблеми Агропромислового*

виробництва України: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, с. Оброшине, 14 листопада 2019 р., С.19–20.

27. Говенько Р. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи. *Агробіологія*. 2022. №2(174). С. 112–121.

28. Говенько Р. В., Антал Т. В. Продуктивність кукурудзи залежить від виду азотних добрив, позакореневого підживлення та погодних умов. *Аграрні інновації*. 2022. Вип. 15. С. 22–29.

29. Гож О. А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від мікродобрив та стимуляторів росту в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2014. №61. С. 118–120.

30. 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. Державний ВНЗ "Херсонський державний аграрний університет, 2016. 20 с.

31. Голуб Г. А., Кухарець С. М. Марус О. А., Павленко М. Ю., Сера К.М., Чуба В. В. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві. Київ: НУБіП України, 2016. 226 с.

32. Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Бойко В.П. Засвоєння елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив кукурудзою. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип.95. 1ч. С.128–138.

33. Господаренко Г. М., Любич В. В., Мартинюк А. Т. Агрохімічні властивості ґрунту за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. №19. С. 34–38.

34. Грабовський М. Б. Вплив заходів контролювання чисельності бур'янів на ріст та розвиток кукурудзи. *Агробіологія*. 2017. №2 (135). С. 45–54.

35. Грабовський М. Б. Ефективність застосування мінеральних добрив у одновидових та сумісних посівах сорго цукрового та кукурудзи. *Техніка і технології АПК*. 2018. № 8–9 (107). С. 21–24.

36. Грабовський М. Б. Проблеми виробництва зерна кукурудзи у світі та в Україні. *Економіка та управління АПК*. 2010. №71. С. 56–61.

37. 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»*, м. Біла Церква, 4–5 березня 2021 р., С. 187–189.

38. 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*, м. Харків, 3 грудня 2021 року. С. 26–27.

39. Грабовський М. Б., Павліченко К. В., Козак Л. А., Качан Л. М. Енергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи для виробництва біогазу за використання макро- і мікродобрив. *Зернові культури*. 2022. №1. С. 100–107.

40. Грабовський М. Б., Степаненко М. В. Вихід біоетанолу та енергії у гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети»*, м. Одеса 30 вересня 2022 р., С. 188–190.

41. Грабовський М. Б., Федорук Ю. В., Правдива Л. А., Грабовська Т.О. Вплив рівня мінерального живлення на ріст, розвиток та водоспоживання рослин сорго цукрового та кукурудзи в одновидових та сумісних посівах. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 103. С.27–35.

42. Грабовський М.Б. Удобрення кукурудзи: на часі економія. *The Ukrainian Farmer*, січень 2015. С.56–57.

43. 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.

44. 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.

45. Грабовський М.Б., Грабовська Т.О. Вплив строків сівби на структуру врожаю зеленої маси та накопичення сухої речовини гібридами кукурудзи. Тези доповідей державної науково-практичної конференції «*Новітні технології в рослинництві*», м. Біла Церква, 6 листопада 2014 р. БНАУ, 2014. С. 12–13.

46. 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.

47. 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.

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. URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnyavidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-dovykorystannya-v-ukrayini/> (Дата звернення: 10.09. 2024).

50. Дідур І. М., Богомаз С. О. Сучасний стан і перспективи вирощування кукурудзи в Україні. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2 (29). С.153–161.

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. Дроздова О. В. Продуктивність та хімічний склад зеленої маси сумісних посівів різних гібридів кукурудзи та сорго. *Науково-технічний бюлетень*. 2015. №114. С. 69–73.
53. ДСТУ 46.045:2003 Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості. Київ, Держспоживстандарт України, 2003. 20 с.
54. ДСТУ ISO 5983:2003 Корми для тварин. Визначення вмісту азоту і обчислення вмісту сирого білка методом К'ельдаля (ISO 5983:1997, IDT). Київ, Держспоживстандарт України, 2006. 12 с.
55. ДСТУ ISO 6492:2003 Корми для тварин. Визначання вмісту жиру (ISO 6492:1999, IDT). Київ, Держспоживстандарт України, 2005. 11 с.
56. Екологічний паспорт Київської області. 2022. 200 с.
57. Економіка виробництва зерна (з основами організації і технології виробництва): монографія / За ред. В. І. Бойка. К.: ННЦ ІАЕ, 2008. 400 с.
58. Єрмакова Л.М., Івановська Р.Т., Дем'янчук О.П. Вплив позакореневого підживлення гібридів кукурудзи на їх продуктивність. *Землеробство*. 2006. №. 78. С.47–53.
59. Жмура О., Андрієнко О. Удобрення гібридів кукурудзи. Матеріали I Міжнародної студентської науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні технології агропромислового виробництва», м. Кропивницький, 19 листопада 2020 р., С. 70–72.
60. Засуха А. А., Качан Л. М., Німенко С. С. Економічна оцінка виробництва пелет з побічної продукції кукурудзи за різних варіантів десикації посівів. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку», м. Київ, 8 жовтня 2024 р., Український інститут експертизи сортів рослин, С. 91–93.
61. Засуха А.А. Вплив десикантів на вологість, урожайність зерна та побічної продукції кукурудзи. *Український журнал природничих наук*. 2024. №9. С. 235–246.

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

63. Засуха А.А. Формування площі листкової поверхні рослин кукурудзи за різних доз мінеральних добрив. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції *«Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві»*, м. Біла Церква, 21 жовтня 2021 р., БНАУ, С. 8–9.

64. Засуха А.А., Вахній С.П. Особливості формування урожайності, якісних показників зерна і побічної продукції кукурудзи та розрахунковий вихід паливних пелет залежно від елементів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 41–52.

65. Засуха А.А., Вахній С.П., Козак Л. А. Вплив регуляторів росту та мікродобрив на площу листкової поверхні рослин кукурудзи. Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції *«Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети»*, м. Одеса, 24 березня 2023 р., ІКОСГ НААН, С. 246–248.

66. Засуха А.А., Вахній С.П., Козак Л. А. Динаміка проходження фаз росту і розвитку рослин гібридами кукурудзи під впливом макро- і мікродобрив та регуляторів росту рослин. Матеріали міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова *«Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення»*, м. Дніпро, 12–13 жовтня 2023 р., ДУ ІЗГ НААН, С. 121–122.

67. 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.

68. Засуха А.А., Козак Л. А. Післяжнивні залишки кукурудзи як джерело енергії. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів *«Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур»*, с. Центральне, 21 квітня 2023 р., МІП НААН, С. 50.

69. 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.

70. Засуха А.А., Козак Л.А., Качан Л.М. Використання побічної продукції кукурудзи для виробництва паливних брикетів. Матеріали Міжнародної науково–практичної конференції *«Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети»*, м. Одеса, 30 вересня 2022, ІКОСГ НААН, С. 192–195.

71. Зелінська А. М. Оцінка енергетичного потенціалу виробництва твердого агропалива в Україні. *Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії*. 2018. Вип. 1 (13). С. 41–44.

72. Зінченко О.І. Кормовиробництво. Навчальне видання. Київ: Вища освіта, 2005. 448 с.

73. 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.

74. Іванишин О.С., Хоміна В.Я. Динаміка накопичення сухої надземної маси та урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від удобрення в умовах Лісостепу Західного. *Таврійський науковий вісник*. 2020. 114. С. 44–48.

75. Ільчук М. М., Коновал І. А., Барановська О. Д., Євтушенко В. Д. Розвиток ринку зерна в Україні та його стабілізація. *Економіка АПК*. 2019. №4. С. 29–38.

76. Каленська С. М., Говенько Р. В. Вплив позакоренових підживлень на формування урожайності зерна кукурудзи в лівобережному Лісостепу

України. V Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 100-річчю від дня заснування ВСП «Мукачівський фаховий коледж НУБіП України» «Інновації в освіті, науці та виробництві», м. Київ, 24–26 листопада 2021 року, С. 46–47.

77. 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.

78. Каленська С. М., Говенько Р. В., Антал Т. В. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від виду азотних добрив. V Міжнародна науково-практична конференція «*Topical issues of modern science, society and education*», м. Харків, 28–30 листопада 2021 року, С. 49–51.

79. Каленська С. М., Таран В. Г. Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, норм добрив та погодних умов вирощування. *Plant Varieties Studying and protection*. 2018. Vol. 14. №4. pp.141–149.

80. 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*. № 101. 2018. С. 122–128.

81. Калетнік Г. М., Паламарчук В. Д., Гончарук І. В., Ємчик Т. В., Телекало Н. В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ФОП Кушнір Ю. В., 2021. 260 с.

82. Калетнік Г. М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України: Монографія. Київ: «ХайТекПрогрес», 2010. 516 с.

83. Капустін А. С. Вплив мінеральних добрив на урожай нових гібридів кукурудзи. *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету : сільськогосподарські науки*. 2011. № 33. С. 19–23.

84. Каталог засобів Syngenta 2024. Режим доступу <https://www.syngenta.ua/> (дата звернення: 15.09.2024 р.)

85. Каталог засобів захисту рослин Basf 2024. Режим доступу <https://www.agro.basf.ua/uk/> (дата звернення: 15.09.2024 р.).
86. Каталог засобів захисту рослин Bayer 2024. Режим доступу www.cropscience.bayer.ua (дата звернення: 15.09.2024 р.).
87. Клименко Т. В., Трембіцька О. І. Зміна температурного режиму повітря та гідротермічного коефіцієнта (ГТК) вегетаційного періоду у зоні Полісся України. *Sciences of Europe*. 2021. №. 78-2. С. 5–7.
88. Климчук О. В. Ефективність комплексного використання кукурудзи в біоенергетиці. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. С. 150–154.
89. Климчук О. В., Скорук О. П. Перспективні напрямки вирощування кукурудзи для використання на енергетичні потреби. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Економічні науки*. 2018. Вип. 1 (48). С. 67–73.
90. Коломієць Л. В., Мартиненко С. А., Левицька К. А. Оцінка шляхів використання відходів рослинницької продукції. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2018. №48. С. 154–164.
91. Кунах В. А. Біотехнологія рослин для поліпшення умов життя людини. *Biotechnologia Acta*. 2008. №1(1). С. 28–39.
92. Лавриненко Ю. О., Вожегова Р. А., Базалій В. В., Марченко Т. Ю., Іванів М. О. Адаптивна здатність гібридів кукурудзи за різних способів поливу та вологозабезпеченості у Посушливому Степу України. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Т. 27. С. 125–131.
93. Лавриненко Ю. О., Гож О. А., Марченко Т. Ю., Сова Р. С., Глушко Т. В., Михаленко І. В., Шепель А. В. Продуктивність нових гібридів кукурудзи ФАО 310-430 за впливу регуляторів росту та мікродобрих в умовах зрошення на півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2016. № 66. С. 27–30.
94. Лавриненко Ю.О., Гож О.А. Вплив стимуляторів росту і мікродобрих на урожайність зерна гібридів кукурудзи в умовах зрошення на півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2015. Вип. 63. С. 58–61.

95. 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.

96. Лашина М.В., Туровець В.М., Глушко Т.В. Встановлення кореляційних залежностей між адаптивними і морфометричними ознаками та їх значення при розробці моделей гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах зрошення південного Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. №3. С. 141–145.

97. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. № (2). С. 52–58.

98. Липовий В. Г., Князюк О. А., Шевчук О. А. Продуктивність сумісних посівів кукурудзи з бобовими культурами на силос залежно від елементів технології вирощування та регуляторів росту. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 10. С. 74–83.

99. Лихочвор В. В. Рослинництво: Технології вирощування сільськогосподарських культур. Київ: ЦНЛ, 2004. 798с.

100. Лихочвор В. В., Шинкарук Л. М. Фотосинтетичні показники рослин кукурудзи залежно від елементів удобрення. Збірник тез IV Міжнародної науково-практичної конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти», м. Київ, квітень 2021 р., Науково-методичний центр ВФПО, 2021. С. 95–97.

101. Луцяк В. В., Амонс С. Е. Забезпечення спроможності вітчизняних агропродовольчих підприємств до комерціалізації нових видів харчових олій. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2018. № 8. С. 35–54.

102. Марченко Т. Ю., Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Хоменко Т. М. Особливості формування фотосинтетичного потенціалу і врожайності насіння батьківських компонентів кукурудзи в умовах зрошення та застосування

стимулятора росту. *Plant varieties studying and protection*. 2020. №16(2). С. 191–198.

103. Маслак О. Переваги – за кукурудзою. *Пропозиція*. 2013. № 5 (215). С. 32–34.

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

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

106. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник / Е.Р. Ермантраут, Л.М. Карпук, С.П. Вахній, та ін. Біла Церква, 2018. 104 с.

107. Мілютенко Т. Б. Оптимізація поживного режиму ґрунту в агрофітоценозі кукурудзи. *Збалансоване природокористування*. 2014. № 2. С.81–87.

108. Мілютенко Т. Б. Продуктивність кукурудзи на зерно за впливу добрив та передпосівної бактеризації. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєв. Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів*. 2013. № 2. С.267–270.

109. Мілютенко Т.Б Удобрення кукурудзи на зерно при вирощуванні на дерново-підзолистому ґрунті. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків НААН*. 2014. Вип. 21. Т.1. С. 39–43.

110. Мойсієнко В. В. Пріоритетність та шляхи підвищення продуктивності зернової та силосної кукурудзи. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. № 1 (47). Т. 1. С. 190–203.

111. Мокрієнко В. А., Усатий Г. Ю. Особливості засвоєння поживних речовин гібридами кукурудзи. *Землеробство*. 2006. №78. С. 12–20.

112. Молдован В. Г., Молдован Ж. А. Ефективність використання азотних добрив у прикореневому підживленні кукурудзи. *Зернові культури*. Том 5. № 2. 2021. С. 329–335.

113. Надь Я. Кукурудза. Вінниця : ФОП Корзун, 2012. 580 с.

114. Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі та гнучких технологіях його виготовлення : монографія / Полянський О.С., Дьяконов О.В., Скрипник О.С. та ін. Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, 2017. 136 с.

115. Наумов Є.О. Техніко-економічна оцінка способів удобрення кукурудзи в умовах північного сходу України. *Вісник Сумського національного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2023. Вип. 3 (53). С. 52–58.

116. Нінуа О. Заповіді успішної десикації. *Agroexpert*. 2017. №8. С. 30–34.

117. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія. [Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуша, І.П. Григорюк та ін.] Київ “Аграр Медіа Груп”, 2010. 326 с.

118. Оничко В.І., Наумов Є.О., Сенік І.І. Урожайність кукурудзи на зерно залежно від форм і норм азотних добрив в умовах північного сходу України. *Вісник Сумського національного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2023. Вип. 2 (52). С. 72–77.

119. Орлов О. Технології управління рослинними рештками кукурудзи. *Агроном*. 2022. №1. URL: <https://www.agronom.com.ua/tehnologiyi-upravlinnya-roslynnyuyu-reshtkamy-kukurudzy/> (Дата звернення: 22.11. 2024)

120. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. Єщенко В. О. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

121. Павліченко К.В. Формування елементів структури врожаю гібридами кукурудзи на силос під впливом макро і мікродобрив. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 77–84.

122. Павліченко К. В., Грабовський М. Б. Формування біометричних показників та накопичення сировини надземної маси гібридами кукурудзи під впливом макро- і мікродобрив. *Таврійський науковий вісник*. 2022. №123. С. 98–111.

123. Павліченко К.В., Грабовський М.Б. Урожайність зеленої і сухої маси гібридів кукурудзи та вихід біогазу залежно від застосування макро- і мікродобрих. *Зрошуване землеробство*. 2022. Вип. 77. С. 79–85.

124. Павліченко К. В., Грабовський М. Б. Перспективи вирощування біоенергетичних гібридів кукурудзи компанії KWS для виробництва біогазу. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «*Перспективи еко-інноваційного розвитку сільськогосподарського виробництва*», м. Полтава, 20 листопада 2020 р. С. 114–116.

125. Паламарчук В. Д., Алексєєв О. О. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи залежно від позакоренових підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 1 (16). С. 28–47.

126. Паламарчук В. Д., Віннік О. В., Коваленко О. А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 143–156.

127. Паламарчук В. Д., Дідур І. М., Колісник О. М., Алексєєв О. О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу Правобережного: монографія. Вінниця: Друк, 2020. 536 с.

128. Паламарчук В. Д., Мазур В.А., Зозуля О.Л. Кукурудза. Селекція та вирощування гібридів: монографія. Вінниця: РВВ ВДАУ, 2009. 199 с.

129. Паламарчук В. Д., Мазур О. В., Шевченко Н. В., Мазур О. В. Елементи структури врожаю гібридів кукурудзи залежно від внесення біологічних препаратів в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 4 (23). С. 244–252.

130. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 372 с.

131. Паспорт Білоцерківського району. 2024. 63 с.

132. Петерсон Н.В.,Черномірдіна Т.О., Куриляк Є. К. Практикум з фізіології рослин: навчальний посібник. Видавництво УСГА. 1993.С.76–80.

133. Петрина Г. І., Рудавська Н. М., Глива В. В., Гавриляк Я. Я., Федак В. В. Особливості росту й розвитку нових гібридів кукурудзи в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2013. №. 55(2). С. 93–98.
134. Поліщук М. І., Паламарчук О. Д. Вплив позакореневих підживлень на продуктивність гібридів кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. №.4. С. 102–109.
135. Польовий А. М., Костюкевич Т. К., Толмачова А. В., Жигайло О. Л. Вплив кліматичних змін на формування продуктивності кукурудзи в Західному Лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. №1(109). С. 29–36.
136. 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.
137. Ракоїд О. О., Діхтяр Я. П., Крикунова О. В. Агроекологічні проблеми землекористування Київської області. *Агробіологія*. 2011. № 6. С. 55–59.
138. Рарок А. В., Рарок В. А. Застосування десикації в технології вирощування гречки. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 105. С. 134–140.
139. Ревтьо О. Я. Споживання елементів живлення кукурудзою залежно від технологічних прийомів вирощування на зрошуваних землях півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2013. Вип. 86. С. 74–80.
140. Рейтинги експортерів та виробників агропродукції України та світу. Latifundist.com. URL: <https://latifundist.com/rating> (дата звернення: 12.12.2024.)
141. Романчук С. В. Методичні підходи до оцінки екологічної та економічної ефективності переробки відходів. *Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища*. 2015. Т. 5 (167). С. 321–327.
142. Рудишин С. Д. Основи біотехнології рослин. Вінниця, 1998. С. 22–37.

143. Румбах М. Ю. Продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти рослин та фону мінерального живлення. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2011. №40. С. 110–113.
144. Сатановська І. П. Оцінка моделей технологій вирощування кукурудзи на силос середньостиглого гібрида Моніка 350 МВ. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. №3. С. 155–161.
145. Семеняка І. М. Ефективність мікробних препаратів, макро-та мікродобрих за вирощування розлусної кукурудзи. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства УААН*. 2010. №3. С. 84–91.
146. Сидякіна О. В., Мелешко І. О. Ефективність застосування мінеральних добрив у посівах кукурудзи на зерно (огляд літератури). *Таврійський науковий вісник*. 2022. №128. С. 196–203.
147. Скакун В. М., Марченко Т. Ю. Структура врожаю гібридів кукурудзи залежно від елементів агротехнології. *Аграрні інновації*. 2022. №. 16. С. 135–142.
148. Соколік С. П. Перспективи використання кукурудзи на зерно в якості біопалива. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 173. С. 168–176.
149. Степаненко М. В. Вплив способів сівби на вміст крохмалю та білку в зерні гібридів кукурудзи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74-2. С. 107–115.
150. Степаненко М. В. Економічна оцінка вирощування кукурудзи на біоетанол залежно від системи удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 158–164.
151. Степаненко М. В., Грабовський М. Б. Вплив системи удобрення на лінійні розміри рослин кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2023. №21. С. 104–109.
152. Степаненко М. В., Грабовський М. Б. Вплив способів сівби на формування маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 133. С. 159–165.

153. Сторчоус І. Правила десикації посівів зернових. *Агробізнес сьогодні*. 2018. №14. С. 12–13. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/11950-pravy-la-desykatsii-posiviv-zernovykh.html> (дата звернення 15.10.2024)
154. Талавирия М. П., Ващенко І. В. Формування та функціонування ринку кукурудзи в Україні. *Економіка АПК*. 2018. №. 9. С. 28–33.
155. Танчик С. П., Центилю 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.
156. Тимофійчук О. Б. Ефективність використання регуляторів росту нового покоління в технології вирощування кукурудзи на зерно в умовах західного Лісостепу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2012. №2. С. 40–42.
157. Токарчук Д. М., Пришляк Н. В., Паламаренко Я. В. Перспективи використання відходів рослинництва на виробництво біогазу в Україні. *Агросвіт*. 2020. №22. С. 51–57.
158. Томашук О. В. Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи на зерно за різних технологій обробітку ґрунту. *Корми і кормовиробництво*. 2019. №87. С. 144–150.
159. Трубілов О. В. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від способів обробітку ґрунту і мінерального живлення. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. №. 3. С. 114–117.
160. Федорук Ю., Панченко Т., Покотило І. Організаційно-економічні засади формування пропозиції на ринку зерна. *Економічний дискурс*. 2024. № 1-2. С. 52–62.
161. Філіп'єв І. Д., Димов О. М. Винос елементів живлення сільськогосподарськими культурами в умовах зрошення на формування одиниці врожаю залежно від добрив. *Зрошуване землеробство*. 2012. Вип.58. С.28–30.

162. Філоненко С. В., Тищенко М. В., Попов О. О. Реалізація продуктивного потенціалу кукурудзи за позакореневого внесення регуляторів росту. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. №3. С. 31–39.
163. Формування нормативних витрат і доходів та баланси сільськогосподарської продукції в Україні та інших країнах світу: монографія / за ред. О. М. Шпичака. Київ : ІАЕ, 2003. 484 с.
164. Харченко Ю. В., Харченко Л. Я., Куценко О. М., Ляшенко В. В. Селекційна цінність сортового різноманіття кукурудзи колекції Устимівської дослідної станції рослинництва. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 1. С. 33–43.
165. Хоміна В.Я., Іванишин О.С. Біометричні показники рослин різностиглих гібридів кукурудзи залежно від удобрення в умовах Лісостепу Західного. *Modern engineering and innovative technologies*. Karlsruhe, Germany, 2021. №15 (2). pp. 25–33.
166. Цандур М. О. Наукові основи землеробства Південного Степу України. Одеса: Папірус, 2006. 177с.
167. Циков В. С., Дудка М. І., Шевченко О. М., Носов С. С. Ефективність застосування макро-і мікродобрих при вирощуванні кукурудзи. *Зернові культури*. 2017. №1(1). С. 75–79.
168. Цилюрик О. І., Сологуб І. М. Ефективність стимуляторів росту рослин на кукурудзі в Північному Степу. *Таврійський науковий вісник*. 2023. №130. С. 259–268.
169. Чернищенко П. В., Рябуха С. С., Шелякін В. О. Передзбиральна десикація—важливий елемент технології вирощування в насінництві сої. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2013. №14. С.143–152.
170. Шинкарук Л. М. Вплив макро-і мікродобрих на врожайність кукурудзи. *Вісник Львівського національного аграрного університету.Серія: агрономія*. 2021. № 25. С.162–166.

171. Шинкарук Л. М. Вплив позакореневого підживлення на висоту рослин кукурудзи. Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції «*Проблеми та перспективи розвитку науки, освіти і технологій*». Частина 2, м. Полтава, 27 січня 2022 р., ЦФЕНД, С. 46–48.

172. Шинкарук Л. М. Вплив удобрення кукурудзи на біометричні показники та елементи структури урожаю кукурудзи в умовах західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. Вип. 96. ч. 1. 2020. С. 443–456.

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

174. Шквиря Н. О. Перспективи розвитку виробництва біопалива з відходів продукції рослинництва. *Економіка і організація управління*. 2014. №. 1–2. С. 312–315.

175. Abdelzaher M. A., Ibrahim Z. I., Khalil F. A., Mohamed W. S. Use of Some Organic and Bio Fertilizers as a Partial Substitution of the Mineral Nitrogen Fertilization for Corn 1-The Effect on Corn Yield and N, P and K uptake. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 2017. №48(1). 229.

176. Alcantara E., Wyse D. Glyphosate as harvestaid for corn (*Zea mays*). *Weed Technology*. 1988. T.2. №4. pp. 410–413.

177. Amanullah M. J. H., Nawab K., Ali A. Response of specific leaf area (SLA), leaf area index (LAI) and leaf area ratio (LAR) of maize (*Zea mays* L.) to plant density, rate and timing of nitrogen application. *World Applied Sciences Journal*. 2007. №2(3). pp. 235–243.

178. Amer M. W., Alhesan J. S. A., Ibrahim S., Qussay G., Marshall M., Al-Ayed O. S. Potential use of corn leaf waste for biofuel production in Jordan (physio-chemical study). *Energy*. 2021. №214. 118863.

179. Anjorin F., Adebayo A., Omodele T., Adetayo A., Adediran J. Effects of soil nutrient amendments on growth and grain yield performances of quality protein

maize grown under water deficit stress in Ibadan, Nigeria. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2021. №117/4. pp. 1–14.

180. Asonja A., Desnica E., Radovanovic L. Energy efficiency analysis of corn cob used as a fuel. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 2017. №12(1). pp. 1–7.

181. Atabani A.E., Shobana S., Mohammed M.N., Uğuz G., Kumar G., Arvindnarayan S., Aslam M., Ala'a H. Integrated valorization of waste cooking oil and spent coffee grounds for biodiesel production: Blending with higher alcohols, FT–IR, TGA, DSC and NMR characterizations. *Fuel*. 2019. № 244. pp. 419–430.

182. Ayeni L. S., Adeleye E. O., Adejumo J. O. Comparative effect of organic, organomineral and mineral fertilizers on soil properties, nutrient uptake, growth and yield of maize (*Zea mays*). *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*. 2012. Vol. 2(11). pp. 493–497.

183. Baez Gonzalez A. D., Kiniry J. R., Maas S. J., Tiscareno M. L., Macias C, J., Mendoza J. L., Manjarrez J. R. Large area maize yield forecasting using leaf area index based yield model. *Agronomy Journal*. 2005. №97(2). pp. 418–425.

184. Ballagh A., Kezar S., Harris S. C., Lofton J. Grain sorghum desiccation: Impacts on plant and grain dry down. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2021. №4(4). e20222.

185. Ban Q., Wang J., Guo P., Yue J., Zhang L., Li J. Improved biohydrogen production by co-fermentation of corn straw and excess sludge: Insights into biochemical process, microbial community and metabolic genes. *Environmental Research*. 2024. 256. 119171.

186. Belyakov N. Sustainable Power Generation. In *Current Status, Future Challenges, and Perspectives*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2019. pp. 417–438.

187. Bendig J, Yu K, Aasen H. Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near infrared vegetation indices for biomass monitoring in barley. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2015. №39. pp. 79–87.

188. Ben-Tal Y. Improving ethephon's effect on olive fruit drop by glycerine. In: Reid, M.S. (Ed.), *Manipulation of Ethylene Responses in Horticulture*, XXII IHC. ISHS Acta Hortic. 201, California, 1987, pp.117–123.
189. Brkic M., Janic T., Igic S. Assessment of species and quantity of biomass in Serbia and guidelines of usage. *Therm. Sci.* 2012. №16. pp.79–86.
190. Cairns J. E., Sonder K., Zaidi P. H., Verhulst N., Mahuku G., Babu R., Prasanna B. M. Maize production in a changing climate: impacts, adaptation, and mitigation strategies. *Advances in agronomy*. 2012. №114. pp. 1–58.
191. Cantrell K. B., Novak J. M., Frederick J. R., Karlen D. L., Watts D. W. Influence of corn residue harvest management on grain, stover, and energy yields. *BioEnergy Research*. 2014. №7. pp. 590–597.
192. Cao W., Wang Z., Li T., Mo Y., Wang Y., Tan W. Evaluation of the Potential of Diquat (1, 1'-Ethylene-2, 2'-bipyridyl) to Assist Maize Mechanical Harvesting As a Desiccant. *ACS Agricultural Science & Technology*. 2021. № 1(6). pp. 589–596.
193. Che Y., Wang Q., Xie Z., Zhou L., Li S., Hui F. Ma, Y. Estimation of maize plant height and leaf area index dynamics using an unmanned aerial vehicle with oblique and nadir photography. *Annals of botany*. 2020. №126(4). pp. 765–773.
194. Chen Q., Yang R., Zhao B., Li Y., Wang S., Wu H., Chen C. Investigation of heat of biomass pyrolysis and secondary reactions by simultaneous thermogravimetry and differential scanning calorimetry. *Fuel*. 2014. №134. pp. 467–476.
195. Coombs J., Hall D. O., Long S. P. Techniques in bioproductivity and photosynthesis. *Pergamon press*, 1985. 324 p.
196. Corn: Chemistry and Technology, Third Edition. Edited by Sergio O. Serna-Saldivar Woodhead Publishing and AACC International Press, 2018. 690 p.
197. Cuhra M. Review of GMO safety assessment studies: glyphosate residues in Roundup Ready crops is an ignored issue. *Environmental Sciences Europe*. 2015. T. 27. pp. 1–14.

198. de Barros A. F., Pimentel L. D., de Freitas F. C. L., Cecon P. R., Tomaz A. C., Biesdorf E. M. Pre-harvest desiccation in biomass sorghum with herbicides1. *Revista Ceres*. 2020. №67(5). pp. 337–344.
199. Dedinec A., Markovska N., Ristovski I., Veleviski G., Gjorgjievska V. T., Grncarovska T. O., Zdraveva P. Economic and environmental evaluation of climate change mitigation measures in the waste sector of developing countries. *Journal of Cleaner Production*. 2015. №88. pp. 234–241.
200. Dey D., Richter J. K., Ek P., Gu B. J., Ganjyal G. M. Utilization of food processing by-products in extrusion processing: A review. *Frontiers in sustainable food systems*. 2021. №4. 603751.
201. Domazetovska S., Strezov V., Filkoski R. V., Kan T. Exploring the Potential of Biomass Pyrolysis for Renewable and Sustainable Energy Production: A Comparative Study of Corn Cob, Vine Rod, and Sunflower. *Sustainability*. 2023. №15(18). 13552.
202. Du S., Yang H., Qian K., Wang X., Chen H. Fusion and transformation properties of the inorganic components in biomass ash. *Fuel*. 2014. №117. pp. 1281–1287.
203. Dungan R. S., Leytem A. B., Tarkalson D. D., Ippolito J. A., Bjorneberg D. L. Greenhouse gas emissions from an irrigated dairy forage rotation as influenced by fertilizer and manure applications. *Soil Science Society of America Journal*. 2017. №81(3). pp. 537–545.
204. Elings A. Estimation of leaf area in tropical maize. *Agron. J.* 2000. №92. pp. 436–444.
205. Enakiev Y. I., Bahitova A. R., Lapushkin V. M. Microelements (Cu, Mo, Zn, Mn, Fe) in corn grain according to their availability in the fallow sod-podzolic soil profile. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. 24 (№ 2). pp. 285–289.
206. Errera M.R., Dias T.A.d.C., Maya D.M.Y., Lora E.E.S. Global bioenergy potentials projections for 2050. *Biomass Bioenergy*. 2023. №170. 106721.

207. Esfahani M., Fardi M., Asghari J. Effects of pre-harvest application of parquat on grain moisture reduction, grain yield and quality of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Caspian J. Environ. Sci.* 2012. №10(1). pp.75–82.
208. Furukawa F., Maruyama K., Saito Y. K., Kaneko M. Corn height estimation using UAV for yield prediction and crop monitoring. *Unmanned Aerial Vehicle: Applications in Agriculture and Environment*. 2020. pp. 51–69.
209. Geletukha G., Drahniev S., Zheliezna T., Karampinis M. Maize residues to Energy. *Bioenergy Association of Ukraine*. 2022. 48 p.
210. Gesch R. W., Wells M. S., Hard A. Desiccation of corn allows earlier direct seeding of winter camelina in the northern corn belt. *Crop Science*. 2021. №61. pp. 2787–2797.
211. Gniewowska E. Kukurydza lubi cynk. Polifoska. 2019. URL: <https://polifoska.pl/porady/535-kukurydza-lubi-cynk> (дата звернення: 11.11.2024.)
212. Gozh O.A. Productivity of maize hybrids depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation conditions in the South of Ukraine. *Irrigation agriculture*. 2013. № 61. pp. 118–120.
213. 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. pp.70022–70038.
214. 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. pp. 3309–3317.
215. Grabovskyi M., Stepanenko M., Panchenko T., Kachan L., Kozak L. Starch and bioethanol output from corn grain depending on the fertilization system. Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference "One world – one health", Słupsk, Poland, 4-5 June 2024, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, pp. 144–147.
216. Griesheim K. L., Mulvaney R. L., Smith T. J., Henning S. W., Hertzberger A. J. Nitrogen-15 evaluation of fall-applied anhydrous ammonia: I.

Efficiency of nitrogen uptake by corn. *Soil Science Society of America Journal*. 2019. №83(6). pp. 1809–1818.

217. 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.

218. Griesheim K. L., Mulvaney R. L., Smith T. J., Nunes V. L., Hertzberger A. J. Isotopic comparison of ammonium and nitrate sources applied in-season to corn. *Soil Science Society of America Journal*. 2023. №87(3). pp. 555–571.

219. 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*. 2002. №50(1). pp. 75–84.

220. Hagos K., Zong J., Li D., Liu C., Lu X. Anaerobic co-digestion process for biogas production: Progress, challenges and perspectives. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2017. №76. pp. 1485–1496.

221. He Y. Q., Cheng J. P., Liu L. F., Li X. D., Yang B., Zhang H. S., Wang Z. F. Effects of pre-harvest chemical application on rice desiccation and seed quality. *Journal of Zhejiang University-Science B*. 2015. №16(10). pp. 813–823.

222. Hospodarenko H. M., Chernov O. D., Lyubich V. V., Sadovskiy I. S. Structure of maize yield depending on the fertilizer system in the conditions of the Right-Bank Forest Steppe. *Agriculture and plant sciences: theory and practice*. 2023. №1. pp. 26–37.

223. Hofstra D.E., Clayton J.S., Getsinger K.D., Evaluation of selected herbicides for the control of exotic submerged weeds in New Zealand: II. The effects of turbidity on diquat and endothall efficacy. *J. Aquat. Plant Manage.* 2001. №39. pp. 25–27.

224. Igathinathane C., Womac A. R., Sokhansanj S., Pordesimo L. O. Vertical Mass and Moisture Distribution in Standing Corn Stalks // 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting (Ottawa, Ontario, Canada, 1-4 August, 2004). 20 p.

225. Infante P.A., Moore K.J., Lenssen A.W., Archontoulis S.V., Scott P., Fei S. Z. Phenology and Biomass Production of Adapted and Non-Adapted Tropical Corn Populations in Central Iowa. *Agronomy Journal*. 2018. №110. pp. 171–182.
226. International Energy Agency. *IEA World Energy Outlook 2022*; International Energy Agency: Paris, France, 2022. pp. 701–702.
227. 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. pp. 323–328.
228. Ivanyshyn O., Khomina V., Pantsyreva H.. Influence of fertilization on the formation of grain productivity in different-maturing maize hybrids. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. №11(3). pp. 262–269.
229. Jiao Y., Chen H. D., Han H., Chang Y. Development and utilization of corn processing by-products: a review. *Foods*. 2022. №11 (22). 3709.
230. K'Opondo F.B.O. Influence of drying method and fruit position on the mother plant on seed quality of spiderplant (*Cleome gynandra* L.) morphotypes from western Kenya. *Adv. Appl. Sci. Res.* 2011. №2(3). pp. 74–83.
231. Kalenska S, Kashtanova O., Kalenskyi V., Hovenko R., Antal T. Economic and energy efficiency of technologies for growing corn hybrids depending on the type and methods of applying fertilizers. *Plant and Soil Science*. 2022. № 1. pp. 1–13.
232. Kanissery R., Gairhe B., Kadyampakeni D., Batuman O., Alferez F. Glyphosate: Its environmental persistence and impact on crop health and nutrition. *Plants*. 2019. №8(11). 499.
233. Kemanian A. R., Stöckle C. O., Huggins D. R., Viega L. M. A simple method to estimate harvest index in grain crops. *Field Crops Research*. 2007. №103(3). pp. 208–216.
234. Knapczyk A., Francik S., Fraczek J., Slipek Z. Analysis of research trends in production of solid biofuels. *Proceedings of the Engineering for Rural Development*, Jelgava, Latvia. 2019. №18. 1503-9.

235. Kumar R., Bishop E., Bridges W. C., Tharayil N., Sekhon R. S. Sugar partitioning and source-sink interaction are key determinants of leaf senescence in maize. *Plant Cell Environ.* 2019. №42. pp. 2597–2611.
236. Kusumo F., Mahlia T.M.I., Shamsuddin A.H., Ahmad A.R., Silitonga A.S., Dharma S., Mofijur M., Ideris F., Ong H.C. Sebayang R. Optimization of biodiesel production from mixed *Sterculia foetida* and rice bran oil. *Int. J. Ambient. Energy.* 2022. №43. pp. 4380–4390.
237. Leprince O., Buitink J. Desiccation tolerance: from genomics to the field. *Plant Science.* 2010. №179(6). pp. 554–564.
238. Li H. Y., Xu L., Liu W. J., Fang M. Q., Wang N. Assessment of the nutritive value of whole corn stover and its morphological fractions. *Asian-Australasian journal of animal sciences.* 2014. №27(2). 194.
239. Li L., Gu W., Zuo S., Meng Y., Li C., Li W., Wei S. Effects of thidiazuron and ethephon on the grain filling and dehydration characteristics of maize in Northeast China. *Archives of Agronomy and Soil Science.* 2022. №68(7). pp. 886–902.
240. Ling F., Silberbush M. Response of maize to foliar vs. soil application of nitrogen–phosphorus–potassium fertilizers. *Journal of Plant Nutrition.* 2002. №25. pp. 2333–2342.
241. Ma Q., Yu W. T., Jiang C. M., Zhou H., Xu, Y. G. The influences of mineral fertilization and crop sequence on sustainability of corn production in northeastern China. *Agriculture, ecosystems & environment.* 2012. №158. pp. 110–117.
242. Magalhães P. C., Durães F. O. M., Karam D. Eficiência dos desseccantes paraquat e diquat na antecipação da colheita do milho. *Planta Daninha.* 2002. №20(3). pp. 449–455.
243. Magdziarz A., Dalai A. K., Koziński J. A. Chemical composition, character and reactivity of renewable fuel ashes. *Fuel.* 2016. №176. pp. 135–145.
244. Mahmood Y. A., Ahmed F. W., Mohammed I. Q., Wheib K. A. Effect of organic, mineral fertilizers and foliar application of humic acid on growth and yield of corn (*Zea mays* L.). *Indian Journal of Ecology.* 2020. №47(10). pp. 39–44.

245. Malambo L., Popescu S. C., Murray S. C. Multitemporal field-based plant height estimation using 3D point clouds generated from small unmanned aerial systems high-resolution imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2018. 64. pp. 31–42.

246. Marchenko T. Y., Lavrinenko Y. O., Mykhalenko I. V., Khomenko T. M. Biometric indicators of maize hybrids of different FAO groups depending on micronutrient treatment under irrigation conditions. *Plant Var. Stud. Prot.* 2019. №15(1). pp. 71–79.

247. Martinov M., Veselinov B., Bojic S. Maize cobs processor: Preparations for its use as a fuel. *Mod. Agric. Tech.* 2008. №34. pp. 26–31.

248. Maurya P., Dawson J., Kumar R. R., Verma A. K., Raj R. Effect of nitrogen level and plant growth regulators in maize (*Zea mays* L.). *Int J Curr Microbiol Appl Sci*. 2021. №10. pp. 1283–1288.

249. Milas A. S., Romanko M., Reil P., Abeysinghe T., Marambe A. The importance of leaf area index in mapping chlorophyll content of corn under different agricultural treatments using UAV images. *International Journal of Remote Sensing*. 2018. №39. pp. 15–16.

250. Miranda M. T., García-Mateos R., Arranz J. I., Sepúlveda F. J., Romero P., Botet-Jiménez A. Selective use of corn crop residues: Energy viability. *Applied Sciences*. 2021. №11(7). 3284.

251. Munirah N., Khairi M., Nozulaidi M., Jahan M. The effects of zinc application on physiology and production of corn plants. *Australian journal of basic and applied sciences*. 2015. №9(2). pp. 362–367.

252. 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). pp. 111–120.

253. OECD FAO Agricultural Outlook 2019. <http://www.fao.org/3/ca4076en/ca4076en.pdf>

254. Okot D.K., Bilsborrow P.E., Phan A.N. Briquetting characteristics of bean straw-maize cob blend. *Biomass Bioenergy*. 2019. №126. pp.150–158.

255. Oliver M. J., O'mahony P., Wood A. J. To dryness and beyond"—preparation for the dried state and rehydration in vegetative desiccation-tolerant plants. *Plant Growth Regulation*. 1998. №24. pp. 193–201.
256. Oliver M. J., Tuba Z., Mishler B. D. The evolution of vegetative desiccation tolerance in land plants. *Plant Ecology*. 2000. №151(1). pp. 85–100.
257. Palamarchuk V., Honcharuk I., Honcharuk T., Telekalo N.. Effect of the elements of corn cultivation technology on bioethanol production under conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. №8(3). pp. 42–50.
258. Pastorello C., Caserini S., Galante S., Dilara P., Galletti F. Importance of activity data for improving the residential wood combustion emission inventory at regional level. *Atmos. Environ*. 2011. № 45. pp. 2869–2876.
259. Perez R. P. A., Fournier C., Cabrera-Bosquet L. Changes in the vertical distribution of leaf area enhanced light interception efficiency in maize over generations of selection. *Plant, Cell & Environment*. 2019. №42. pp. 2105–2119.
260. Pishvae M.S., Mohseni S., Bairamzadeh S. *Biomass to Biofuel Supply Chain Design and Planning Under Uncertainty: Concepts and Quantitative Methods*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2020.
261. Prasad S., Singh A., Joshi H. C. Ethanol as an alternative fuel from agricultural, industrial and urban residues. *Resources, Conservation and Recycling*. 2007. T. 50. №. 1. pp. 1–39.
262. Proctor M. C., Tuba Z. Poikilohydry and homoihydry: antithesis or spectrum of possibilities? *New phytologist*. 2002. №156(3). pp. 327–349.
263. Rao Y., Zhou S., Huang Y., Dou S., Dai H., Wen Y. Advances in research involving deep incorporation of enriched straw on soil quality. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*. 2023. №31(10). pp. 1579–1587.
264. Ravindran R., Jaiswal A. K. Exploitation of food industry waste for high-value products. *Trends in biotechnology*. 2016. T. 34. №. 1. pp. 58–69.
265. Saravankumar P. T., Suresh V., Vijayan V., Godwin Antony A. Ecological effect of corn oil biofuel with SiO₂ nano-additives. *Energy Sources. Part*

A: *Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 2019. №41 (23). pp. 2845–2852.

266. Sheehan J., Aden A., Paustian K., Killian K., Brenner J., Walsh M., Nelson R. Energy and environmental aspects of using corn stover for fuel ethanol. *Journal of Industrial Ecology*, 2003. №7(3-4). pp. 117–146.

267. Shiferaw B., Prasanna B. M., Hellin J., Bänziger 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. №3. pp. 307–327.

268. Shynkaruk L., Lykhochvor V. Effect of Desiccant Application on Pre-Harvest Humidity of Medium – Early Hybrid LG 3258 Corn in Western Forest-Steppe Conditions. 2021. *Scientific horizons*. № 24 (12). pp. 32–38.

269. Shynkaruk L., Lykhochvor V. Influence of fertilization and foliar feeding on maize grain qualitative indicators. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11. № 6. pp. 113–116.

270. Siam H. S., Abd-El-Kader M. G., El-Alia H. I. Yield and yield components of maize as affected by different sources and application rates of nitrogen fertilizer. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 2008. №4(5). pp. 399–412.

271. Sims R. E., Hastings A., Schlamadinger B., Taylor G., Smith P. Energy crops: current status and future prospects. *Global change biology*. 2006. №12(11). pp. 2054–2076.

272. Skivka, L. M., Hudz, S. O., Tsvei, Y. P., Prysiazhniuk O. I. Економічна ефективність вирощування культур агроценозу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. №28. С. 121–129.

273. Sowmya, S. J., Singh, S. H. I. K. H. A., Singh, V. I. K. R. A. M. Performance of plant growth regulators and micronutrient on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Asian J. Microbiol. Biotechnol. Environ. Sci.* 2021. №23. pp.175–181.

274. Szulc P., Ambroży-Deręgowska K., Waligóra H., Mejza I., Grześ S., Zielewicz W., Wróbel B. Dry matter yield of maize (*Zea mays* L.) as an indicator of mineral fertilizer efficiency. *Plants*. 2021. №10(3). 535.
275. Thomason W., Battaglia M. Early defoliation effects on corn plant stands and grain yield. *Agronomy Journal*. 2020. №112(6). pp. 5024–5032.
276. Tokarchuk D., Pryshliak N., Palamarenko Y. Methodology for calculating the economic efficiency of waste use for the production of biofuels in comparison with their traditional use. *Slovak international scientific journal*. 2020. №47. Vol. 3. pp. 24–34.
277. Toldi O., Tuba Z., Scott P. Vegetative desiccation tolerance: is it a goldmine for bioengineering crops? *Plant Science*. 2009. №176(2). pp. 187–199.
278. Tsyliuryk O., Iziboldin O., Sologub I. Efficiency of growth regulators in corn crops of the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. №26(10). pp. 59–67.
279. Vakhnyi S., Khakhula V., Fedoruk Y., Grabovskyi M., Herasymenko L. A. *Miscanthus* productivity formation for biofuel production that depending of differs on density of standing plants. *Plant Archives*. 2018. Vol. 18. №2. pp. 1920–1924.
280. Van Bruggen A. H., He M. M., Shin K., Mai V., Jeong K. C., Finckh M. R., Morris Jr J. G. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. *Science of the total environment*. 2018. №616. pp. 255–268.
281. Varesa V. Handbook for biofuel consumer. Tallinn: Tallinn Technology University, 2005. 183 p.
282. Vozhehova R., Marchenko T., Piliarska O., Lavrynenko Y., Halchenko N., Lykhovyd P. Grain corn product yield and gross value depending on the hybrids and application of biopreparations in the irrigated conditions. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2021. №21(4). pp. 611–619.
283. Wada N., Feng C., Gulati G. Introduction and overview. Maize in Asia: Changing markets and incentives. New Dehi: Academic Foundation. 2008. pp. 28–75.

284. Wang K., Li S. Analysis of influencing factors on kernel dehydration rate of maize hybrids. *Scientia Agricultura Sinica*. 2017. №50. pp. 2027–2035.
285. Wang L., Skreiberg O., Becidan M. Investigation of additives for preventing ash fouling and sintering during barley straw combustion. *Appl. Therm. Eng.* 2014 № 70. pp. 1262–1269.
286. Wilhelm W. W., Johnson J. M., Hatfield J. L., Voorhees W. B., Linden D. R. Crop and soil productivity response to corn residue removal: a literature review. *Agronomy journal*. 2004. №96(1). pp. 1–17.
287. Wongsiriamnuay T., Tippayawong N. Effect of densification parameters on the properties of maize residue pellets. *Biosyst. Eng.* 2015. № 139. pp. 111–120.
288. Yang J., Zhang J. Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytol.* 2006. №169. pp. 223–236.
289. Zekić V., Rodić V., Jovanović M. Potentials and economic viability of small grain residue use as a source of energy in Serbia. *Biomass and Bioenergy*, 2010. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.07.012
290. Zhang S., Lehmann A., Zheng W., You Z., Rillig M. C. Arbuscular mycorrhizal fungi increase grain yields: a meta-analysis. *New Phytologist*. 2019. №222(1). pp. 543–555.
291. Zhang T.I, Johnson E. N., Mueller T. C., Willenborg C. J. Early application of harvest aid herbicides adversely impacts lentil. *Agronomy Journal*. 2017. №109. pp. 239–248.
292. Zhao J. Y., Ren B. Z., Zhao B., Liu P., Zhang J. W. Effects of spraying desiccant on dehydration characteristics and grain quality of summer maize hybrids differing in maturity. *The Journal of Applied Ecology*. 2020. №31(8). pp. 2613–2620.
293. Zhao L., Xie L., Huang J., Su Y., Zhang C. Proper glyphosate application at post-anthesis lowers grain moisture content at harvest and reallocates non-structural carbohydrates in maize. *Frontiers in plant science*. 2020. №11. 580883.
294. Zioga E., Kelly R., White B., Stout J. C. Plant protection product residues in plant pollen and nectar: A review of current knowledge. *Environmental research*. 2020. №189. 109873.

295. Zuffo L. T., Luz L.S., Destro V., Silva M. E. J., Rodrigues M. C., Lara L. M., Faria S. V., DeLima R. O. Assessing genotypic variation for nitrogen use efficiency and associated traits in Brazilian maize hybrids grown under low and high nitrogen inputs. *Euphytica*. 2021. 217.

ДОДАТКИ

Формування висоти рослин кукурудзи залежно від застосування мінеральних добрив (макродобрив) та позакореневого підживлення мікродобривами у 2022 р., см

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)*	12 листків (ВВСН 30)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
Без добрив	1	136,2	211,5	214,6
	2	140,3	213,5	218,0
	3	142,1	214,4	219,2
	4	142,2	216,0	220,1
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	142,8	215,3	221,0
	2	145,2	218,5	223,4
	3	146,4	219,4	224,5
	4	148,6	220,0	226,0
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	144,4	219,0	225,0
	2	147,9	221,1	227,4
	3	148,2	221,8	228,5
	4	148,8	222,6	230,2
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	148,0	221,2	229,4
	2	150,3	223,0	231,7
	3	151,5	224,5	232,3
	4	152,0	225,7	233,5
НІР ₀₅	А	1,8	2,3	2,2
	В	0,3	0,5	0,6
	АВ	2,6	2,9	2,8

*Примітка. Тут і далі в таблицях. 1 – Без застосування; 2 – Нутрівант Універсальний (2 кг/га); 3 – Нутрівант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га); 4 – Ікар Біго Рутс (0,5 л/га)+ Ікар Фосто (0,5 л/га)+ Ікар Зінто (0,5 л/га).

Формування висоти рослин кукурудзи залежно від застосування мінеральних добрив (макродобрив) та позакореневого підживлення мікродобривами у 2023 р., см

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	12 листків (ВВСН 30)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
Без добрив	1	148,5	217,6	222,3
	2	150,7	220,8	226,2
	3	152,0	222,4	227,9
	4	153,0	225,1	228,6
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	150,4	223,6	230,0
	2	154,2	228,5	233,9
	3	155,6	229,9	234,9
	4	157,4	230,7	236,0
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	154,0	230,0	235,2
	2	157,4	234,2	238,0
	3	158,6	235,6	239,0
	4	159,1	237,6	240,0
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	158,9	233,1	239,0
	2	162,3	236,6	243,9
	3	164,1	237,6	244,6
	4	165,4	239,0	246,7
HIP ₀₅	A	1,7	2,4	2,2
	B	0,6	0,8	0,5
	AB	3,0	3,5	2,9

Формування висоти рослин кукурудзи залежно від застосування мінеральних добрив (макродобрив) та позакореневого підживлення мікродобривами у 2024 р., см

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	12 листків (ВВСН 30)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Воскова стиглість зерна (ВВСН 85)
Без добрив	1	108,6	180,4	182,3
	2	109,5	181,3	183,7
	3	110,0	182,7	184,1
	4	110,2	183,5	185,3
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	119,7	184,1	186,2
	2	121,3	185,6	187,8
	3	121,8	186,2	188,7
	4	122,7	187,0	189,5
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	122,4	188,7	190,4
	2	123,8	190,4	192,0
	3	124,7	191,8	193,5
	4	128,0	192,6	194,3
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	124,7	191,2	193,1
	2	126,1	192,8	195,3
	3	126,9	194,0	196,6
	4	127,2	195,4	197,5
НІР ₀₅	А	1,4	1,7	1,8
	В	0,3	0,4	0,5
	АВ	2,6	2,3	2,5

Вплив мінеральних добрив (макродобрив) та позакореневого підживлення мікродобривами на площу листової поверхні посівів кукурудзи у 2022 р., тис. м²/Га

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	12 листків (ВВСН 30)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 76)
Без добрив	1	23,9	44,8	41,9
	2	24,3	45,3	43,0
	3	24,7	45,6	43,2
	4	25,0	45,8	43,4
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	25,4	46,8	44,0
	2	25,7	47,3	44,7
	3	26,0	47,6	45,0
	4	26,5	47,8	45,4
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	26,2	48,4	45,0
	2	26,6	49,0	45,8
	3	26,9	49,3	45,8
	4	27,2	49,5	46,2
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	27,4	49,3	46,0
	2	27,9	49,6	46,8
	3	28,1	50,0	46,9
	4	28,2	50,3	47,3
НІР ₀₅	А	0,8	1,0	0,8
	В	0,1	0,1	0,2
	АВ	1,3	1,4	1,2

Вплив мінеральних добрив (макродобрив) та позакореневого підживлення мікродобривами на площу листкової поверхні посівів кукурудзи у 2023 р., тис. м²/га

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	12 листків (ВВСН 30)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 76)
Без добрив	1	28,6	48,5	46,3
	2	29,3	49,4	47,9
	3	29,8	49,7	48,2
	4	30,3	50,0	48,4
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	30,6	51,4	48,8
	2	30,9	51,8	49,6
	3	31,3	52,0	50,1
	4	31,9	52,3	50,4
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	31,4	52,6	49,8
	2	31,7	53,2	50,5
	3	31,9	53,8	50,7
	4	32,2	54,0	51,1
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	32,4	53,1	50,2
	2	32,8	53,6	51,5
	3	33,2	54,2	51,7
	4	33,5	54,6	52,0
НІР ₀₅	А	0,7	1,1	0,7
	В	0,1	0,2	0,1
	АВ	1,0	1,3	0,9

Вплив мінеральних добрив (макродобрив) та позакореневого підживлення мікродобривами на площу листкової поверхні посівів кукурудзи у 2024 р., тис. м²/Га

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	12 листків (ВВСН 30)	Цвітіння волотей (ВВСН 65)	Молочна стиглість зерна (ВВСН 76)
Без добрив	1	19,2	40,2	37,1
	2	19,4	40,6	37,5
	3	19,5	40,7	37,5
	4	19,7	41,0	37,6
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	20,1	41,8	38,6
	2	20,3	42,0	39,2
	3	20,4	42,2	39,2
	4	20,8	42,4	39,6
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	20,9	43,7	40,1
	2	21,3	44,1	40,5
	3	21,5	44,1	40,3
	4	21,8	44,5	40,7
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	21,8	45,2	41,8
	2	22,5	45,6	42,4
	3	22,6	45,7	42,2
	4	22,7	46,0	42,8
НІР ₀₅	А	0,6	0,7	0,4
	В	0,1	0,1	0,1
	АВ	0,8	0,9	0,6

**Вплив макро- і мікродобрих на формування елементів структури
врожаю основної (зернової) продукції кукурудзи у 2022 р.**

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	Довжина качана, см	Діаметр качана, см	Кількість зерен з качана, шт	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г
Без добрив	1	17,1	4,3	440,0	116,4	264,5
	2	17,1	4,3	451,0	121,2	268,7
	3	17,2	4,3	453,0	121,8	268,9
	2	17,2	4,3	457,0	124,3	272,0
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	17,3	4,5	458,0	129,5	282,8
	2	17,4	4,5	470,0	134,5	286,2
	3	17,4	4,5	471,0	134,8	286,2
	2	17,4	4,5	473,0	136,0	287,5
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	17,5	4,6	464,0	132,6	285,8
	2	17,6	4,6	478,0	136,7	286,0
	3	17,6	4,6	480,0	137,1	285,6
	2	17,6	4,6	482,0	138,0	286,3
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	17,7	4,8	473,0	135,0	285,4
	2	17,9	4,8	487,0	139,4	286,2
	3	17,9	4,8	488,0	139,8	286,5
	2	17,9	4,8	491,0	140,3	285,7
НІР ₀₅	А	0,3	0,2	4,5	2,8	1,6
	В	0,2	0,2	1,2	0,6	0,4
	АВ	0,7	0,6	6,3	3,5	2,5

**Вплив макро- і мікродобрих на формування елементів структури
врожаю основної (зернової) продукції кукурудзи у 2023 р.**

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	Довжина качана, см	Діаметр качана, см	Кількість зерен з качана, шт	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г
Без добрив	1	17,5	4,5	493,0	135,7	275,3
	2	17,6	4,5	508,0	141,2	278,0
	3	17,6	4,5	509,0	141,6	278,2
	2	17,6	4,5	511,0	143,1	280,0
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	17,9	4,6	520,0	151,2	290,8
	2	18,0	4,6	532,0	157,3	295,7
	3	18,0	4,6	534,0	157,8	295,5
	2	18,0	4,6	537,0	158,2	294,6
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	18,0	4,7	527,0	156,1	296,2
	2	18,1	4,7	540,0	162,5	300,9
	3	18,1	4,7	542,0	163,0	300,7
	2	18,1	4,7	544,0	163,8	301,1
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	18,2	4,9	533,0	160,1	300,4
	2	18,3	4,9	547,0	165,7	302,9
	3	18,3	4,9	548,0	166,8	304,4
	2	18,3	4,9	550,0	168,0	305,5
НІР ₀₅	А	0,2	0,3	4,1	3,5	1,4
	В	0,2	0,2	1,4	0,6	0,5
	АВ	0,4	0,5	5,6	4,7	2,6

**Вплив макро- і мікродобрих на формування елементів структури
врожаю основної (зернової) продукції кукурудзи у 2024 р.**

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	Довжина качана, см	Діаметр качана, см	Кількість зерен з качана, шт	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г
Без добрив	1	16,5	3,8	365,0	88,7	243,0
	2	16,5	3,8	372,0	92,1	247,6
	3	16,6	3,8	375,0	92,8	247,5
	2	16,6	3,8	382,0	95,0	248,7
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	16,6	3,9	375,0	98,6	262,9
	2	16,7	3,9	383,0	101,3	264,5
	3	16,7	4,0	390,0	102,0	261,5
	2	16,7	4,0	397,0	104,5	263,2
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	16,8	4,0	384,0	105,6	275,0
	2	16,8	4,1	397,0	107,2	270,0
	3	16,9	4,1	402,0	107,9	268,4
	2	16,9	4,1	406,0	109,2	269,0
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	17,0	4,1	403,0	110,1	273,2
	2	17,0	4,2	416,0	112,0	269,2
	3	17,0	4,2	420,0	112,8	268,6
	2	17,0	4,2	427,0	115,4	270,3
НІР ₀₅	А	0,1	0,2	4,2	2,7	2,2
	В	0,2	0,2	2,1	0,4	0,3
	АВ	0,4	0,5	6,3	3,2	2,6

**Зміна маси структурних частин рослин кукурудзи перед збиранням
залежно від внесення макро- і мікродобрив у 2022 р., г**

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	Качан (разом з зерном)	Стебло	Листки	Володь	Вся рослина
Без добрив	1	140,0	197,4	72,4	19,3	429,1
	2	145,8	200,2	75,7	19,5	441,2
	3	146,5	203,9	78,7	19,5	448,6
	4	149,5	210,5	82,7	19,6	462,3
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	155,8	205,2	80,1	19,7	460,8
	2	161,8	210,3	82,3	19,9	474,3
	3	162,2	212,0	83,5	19,9	477,6
	4	163,6	217,4	87,2	20,0	488,2
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	159,5	213,7	83,5	20,1	476,8
	2	164,5	217,4	85,3	20,4	487,6
	3	164,9	221,2	86,8	20,5	493,4
	4	166,0	229,1	88,0	20,5	503,6
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	162,4	222,5	86,5	21,7	493,1
	2	167,7	225,4	88,7	22,1	503,9
	3	168,2	229,6	89,6	22,1	509,5
	4	168,8	238,4	91,2	22,5	520,9
H ₁₀ P ₀₅	A	3,4	5,3	1,8	0,5	6,5
	B	0,5	1,7	1,2	0,6	2,6
	AB	4,1	6,2	3,4	1,5	8,7

**Зміна маси структурних частин рослин кукурудзи перед збиранням
залежно від внесення макро- і мікродобрив у 2023 р., г**

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	Качан (разом з зерном)	Стебло	Листки	Володь	Вся рослина
Без добрив	1	162,3	236,2	87,5	22,8	508,8
	2	168,9	240,4	90,2	23,0	522,5
	3	169,4	241,4	92,0	22,9	525,7
	4	171,1	244,4	94,2	23,1	532,8
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	180,8	245,2	88,9	23,4	538,3
	2	188,1	247,3	90,6	23,4	549,4
	3	188,7	247,5	92,6	23,5	552,3
	4	189,2	248,5	95,4	23,5	556,6
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	186,7	251,5	91,0	23,5	552,7
	2	194,4	253,1	92,3	23,6	563,4
	3	194,9	254,0	94,6	23,7	567,2
	4	195,9	255,2	97,4	23,7	572,2
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	191,5	265,2	94,0	23,6	574,3
	2	198,2	266,0	95,6	23,6	583,4
	3	199,5	266,5	96,7	23,7	586,4
	4	200,9	270,6	100,4	23,7	595,6
H ₁₀ P ₀₅	A	3,7	5,5	2,1	0,6	7,3
	B	0,7	1,9	1,4	0,3	2,7
	AB	4,6	7,1	3,8	1,1	10,2

**Зміна маси структурних частин рослин кукурудзи перед збиранням
залежно від внесення макро- і мікродобрив у 2024 р., г**

Макродобрива (А)	Мікродобрива (В)	Качан (разом з зерном)	Стебло	Листки	Волоть	Вся рослина
Без добрив	1	105,6	167,5	65,8	18,1	357,0
	2	109,7	168,6	67,1	18,3	363,7
	3	110,5	170,3	68,2	18,4	367,4
	4	113,1	171,5	69,0	18,5	372,1
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	117,4	171,5	70,3	18,7	377,9
	2	120,6	173,3	71,8	18,9	384,6
	3	121,5	173,8	72,1	19,0	386,4
	4	124,5	175,3	73,4	19,0	392,2
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	125,8	176,8	71,2	19,4	393,2
	2	127,7	178,4	73,0	19,5	398,6
	3	128,5	180,2	73,6	19,6	401,9
	4	130,1	182,5	74,0	19,6	406,2
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	131,1	181,3	73,5	19,7	405,6
	2	133,4	183,4	75,2	19,8	411,8
	3	134,3	184,0	75,8	20,0	414,1
	4	137,4	185,6	76,9	20,0	419,9
H ₁₀ P ₀₅	A	2,3	4,2	1,4	0,3	5,3
	B	0,4	1,2	0,9	0,2	1,8
	AB	3,8	5,5	2,7	0,6	6,4

Хімічний склад зерна кукурудзи залежно від застосування макро- і мікродобрих у 2022 р., %

Макродобрих (А)	Мікродобрих (В)	Крохмаль	Сирий протеїн	Жир
Без добрив	1	70,23	9,78	4,57
	2	69,95	9,87	4,42
	3	69,89	9,90	4,40
	4	69,96	9,91	4,37
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	69,34	10,12	4,20
	2	69,08	10,24	4,10
	3	69,19	10,27	4,09
	4	69,23	10,29	4,07
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	69,18	10,25	4,08
	2	68,90	10,39	3,96
	3	68,96	10,41	3,94
	4	69,01	10,43	3,94
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	69,02	10,32	4,00
	2	68,72	10,39	3,91
	3	68,81	10,41	3,90
	4	68,84	10,44	3,90
Середнє		69,27	10,21	4,12
НІР ₀₅	А	0,08	0,07	0,09
	В	0,04	0,04	0,05
	АВ	0,12	0,13	0,15

Хімічний склад зерна кукурудзи залежно від застосування макро- і мікродобрих у 2023 р., %

Макродобрих (А)	Мікродобрих (В)	Крохмаль	Сирий протеїн	Жир
Без добрив	1	71,49	9,53	4,18
	2	71,23	9,68	4,03
	3	71,21	9,76	4,00
	4	71,23	9,78	3,98
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	70,74	9,90	4,01
	2	70,31	10,03	3,92
	3	70,42	10,04	3,90
	4	70,49	10,09	3,89
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	70,47	10,01	3,92
	2	70,11	10,16	3,80
	3	70,19	10,19	3,77
	4	70,24	10,22	3,75
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	70,14	10,12	3,83
	2	69,81	10,19	3,75
	3	69,89	10,23	3,75
	4	69,97	10,25	3,74
Середнє		70,50	10,01	3,89
НІР ₀₅	А	0,09	0,08	0,06
	В	0,05	0,06	0,04
	АВ	0,14	0,15	0,10

Хімічний склад зерна кукурудзи залежно від застосування макро- і мікродобрих у 2024 р., %

Макродобрих (А)	Мікродобрих (В)	Крохмаль	Сирий протеїн	Жир
Без добрив	1	69,75	10,02	4,83
	2	69,38	10,09	4,67
	3	69,41	10,11	4,70
	4	69,34	10,12	4,69
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	1	69,03	10,39	4,61
	2	68,74	10,51	4,50
	3	68,71	10,52	4,48
	4	68,74	10,55	4,52
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	1	68,71	10,56	4,48
	2	68,45	10,68	4,36
	3	68,42	10,70	4,35
	4	68,50	10,69	4,36
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	1	68,42	10,65	4,36
	2	68,18	10,75	4,28
	3	68,16	10,72	4,25
	4	68,20	10,79	4,30
Середнє		68,76	10,49	4,48
НІР ₀₅	А	0,07	0,06	0,10
	В	0,03	0,03	0,05
	АВ	0,11	0,09	0,17

Хімічний склад окремих частин рослин кукурудзи у 2022 р., %

Мінеральні добрива	Показники	Стрижні+обгортки качана	Стебло+листки	Рослина (без зерна)
Без добрив	зола	3,24	6,08	4,66
	вуглець	46,38	45,23	45,81
	водень	6,28	5,67	5,98
	азот	0,65	0,28	0,47
	сірка	0,09	0,05	0,07
	кисень	43,21	41,06	42,14
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	зола	3,42	6,27	4,85
	вуглець	46,22	45,08	45,65
	водень	6,31	5,75	6,03
	азот	0,73	0,35	0,54
	сірка	0,10	0,05	0,08
	кисень	43,23	41,10	42,17
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	зола	3,49	6,32	4,91
	вуглець	46,09	44,96	45,53
	водень	6,38	5,84	6,11
	азот	0,75	0,38	0,57
	сірка	0,09	0,06	0,08
	кисень	43,18	41,09	42,14
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	зола	3,56	6,35	4,96
	вуглець	45,89	44,77	45,33
	водень	6,42	5,89	6,16
	азот	0,78	0,41	0,60
	сірка	0,10	0,07	0,09
	кисень	43,10	41,01	42,06

Хімічний склад окремих частин рослин кукурудзи у 2023 р., %

Мінеральні добрива	Показники	Стрижні+обгортки качана	Стебло+листки	Рослина (без зерна)
Без добрив	зола	3,45	6,75	5,10
	вуглець	46,23	45,12	45,68
	водень	6,35	5,69	6,02
	азот	0,53	0,21	0,37
	сірка	0,08	0,04	0,06
	кисень	43,32	41,15	42,24
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	зола	3,74	6,89	5,32
	вуглець	46,05	44,97	45,51
	водень	6,56	5,82	6,19
	азот	0,68	0,27	0,48
	сірка	0,09	0,06	0,08
	кисень	43,36	41,20	42,28
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	зола	3,85	6,93	5,39
	вуглець	45,95	44,90	45,43
	водень	6,64	5,86	6,25
	азот	0,71	0,32	0,52
	сірка	0,10	0,06	0,40
	кисень	43,08	41,02	42,05
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	зола	3,89	6,96	5,43
	вуглець	45,81	44,56	45,19
	водень	6,71	5,97	6,34
	азот	0,73	0,38	0,56
	сірка	0,10	0,06	0,08
	кисень	43,15	41,24	42,20

Хімічний склад окремих частин рослин кукурудзи у 2024 р., %

Мінеральні добрива	Показники	Стрижні+обгортки качана	Стебло+листки	Рослина (без зерна)
Без добрив	зола	3,52	6,45	4,99
	вуглець	46,42	45,34	45,88
	водень	6,41	5,73	6,07
	азот	0,48	0,25	0,37
	сірка	0,08	0,06	0,07
	кисень	43,44	41,27	42,36
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	зола	3,88	6,59	5,24
	вуглець	46,15	45,12	45,64
	водень	6,50	5,88	6,19
	азот	0,57	0,31	0,44
	сірка	0,08	0,06	0,07
	кисень	43,48	41,30	42,39
N ₇₀ P ₅₀ K ₅₀	зола	3,92	6,65	5,29
	вуглець	46,06	45,03	45,55
	водень	6,53	5,92	6,23
	азот	0,61	0,34	0,48
	сірка	0,09	0,06	0,08
	кисень	43,41	41,29	42,35
N ₉₀ P ₇₀ K ₇₀	зола	3,97	6,71	5,34
	вуглець	46,01	44,91	45,46
	водень	6,72	6,01	6,37
	азот	0,65	0,39	0,52
	сірка	0,09	0,05	0,07
	кисень	43,47	41,10	42,29



EUROCERT

Центр незалежної сертифікації
«ЄВРОСЕРТ»

Center for Independent Certification
"EUROCERT"

Цим підтверджуємо, що:
We herewith confirm that:

Сертифікат № EU-030/10/862
Київ 30 жовтня 2024р.

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ

Замовник : ПСП «АГРОФІРМА «СВІТАНОК»
Україна, 08652, Київська обл., Білоцерківський р-н, с. Ковалівка, вул. Монастирська, 1.
Продукція *: Пелети з відходів листя і стрижнів кукурудзи.
Відбір проби: Зроблено замовником.
Дата відбору проб: 18.10.2024.
Дата доставки в лабораторію: 21.10.2024.
Дата проведення випробувань: 30.10.2024.
№ проби лабораторний: 5862
Випробування: Проба випробувана відповідно до нормативних документів, узгоджених з замовником.

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Найменування показників	Значення показників	Норматив EN14961-2(A1)**	Метод
Розміри, довжина, L, мм: діаметр, D, мм:	10(1,3d) 8 ± 1	≤ 5 x d 4 - 10 mm	EN 14961-1
Щільність, DE, кг/дм ³	1,09	≤ 1.12	EN 15415-1
Загальна вологість, W _t , %	9,46	≤ 10	EN/TS 14774-2
Зольність, на сухий стан A ^d , % на робочий стан A ^r , %	0,32 0,39	≤ 0,5	EN/TS 14775
Теплота згоряння: Q ^P _{в Вища} , МДж/кг (Ккал) Q ^P _{н Нижча} , МДж/кг (Ккал)	14,8(3534.91) 13,4(3200.53)	≤ 19 —	EN/TS 14918
Механічна міцність гранули, DU, %	98,1	≥ 97,5	EN 15210-1
Запиленість, %	1,9	≤ 2,3	DIN-Plus Section 3.11
Загальна сірка, S ^t _d , %	0,003	≤ 0,03	EN/TS 15408
Вміст хлору, Cl, %	0,004	≤ 0,02	EN/TS 15408
Вміст азоту, N ^d , %	0,03	≤ 0,3	EN/TS 15408

Експертний висновок: зразок має наявність ознаки альтернативного виду палива.

* По даним замовника.

** Клас якості.

30 жовтня 2024р.

Київ, Україна

EUROCERT General Manager:



“EUROCERT” Ltd., *Україна* Київ, 03057, Smolenska Street, 19,

tel.: + 38 044 228-05-80, + 38 063 237-26-30. eurocert.info@gmail.com

Rev. 1



EUROCERT

Центр незалежної сертифікації
«ЄВРОСЕРТ»

Center for Independent Certification
"EUROCERT"

Цим підтверджуємо, що:
We herewith confirm that:

Сертифікат № EU-029/10/861
Київ 29 жовтня 2024р.

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ

Замовник : ПСП «АГРОФІРМА «СВІТАНОК»
Україна, 08652, Київська обл., Білоцерківський р-н, с. Ковалівка, вул. Монастирська,1.
Продукція *: Пелети з відходів листя і стрижнів кукурудзи.
Відбір проби: Зроблено замовником.
Дата відбору проб: 18.10.2024.
Дата доставки в лабораторію: 21.10.2024.
Дата проведення випробувань: 29.10.2024.
№ проби лабораторний: 5861
Випробування: Проба випробувана відповідно до нормативних документів, узгоджених з замовником.

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Найменування показників	Значення показників	Норматив EN14961-2(A1)**	Метод
Розміри, довжина, L, мм: діаметр, D, мм:	18(3d) 6 ± 1	≤ 5 x d 4 - 10 mm	EN 14961-1
Щільність, DE, кг/дм ³	1,02	≤ 1.12	EN 15415-1
Загальна вологість, W _t , %	6,15	≤ 10	EN/TS 14774-2
Зольність, на сухий стан A ^d , % на робочий стан A ^r , %	0,29 0,35	≤ 0,5	EN/TS 14775
Теплота згоряння: Q _{пв} Вища, МДж/кг (Ккал) Q _{пн} Нижча, МДж/кг (Ккал)	16,2(3869.30) 15,5(3702.11)	≤ 19 —	EN/TS 14918
Механічна міцність гранули, DU, %	98,45	≥ 97,5	EN 15210-1
Запиленість, %	1,16	≤ 2,3	DIN-Plus Section 3.11
Загальна сірка, S _t ^d , %	0,001	≤ 0.03	EN/TS 15408
Вміст хлору, Cl, %	0,004	≤ 0.02	EN/TS 15408
Вміст азоту, N ^d , %	0,03	≤ 0,3	EN/TS 15408

Експертний висновок: зразок має наявність ознаки альтернативного виду палива.

* По даним замовника.

** Клас якості.

29 жовтня 2024р.

Київ, Україна

EUROCERT General Manager:



Yuri Zubenko

"EUROCERT" Ltd., Ukraine, Kyiv, 03057, Smolenska Street, 19,

tel.: + 38 044 228-05-80, + 38 063 237-26-30. eurocert.info@gmail.com

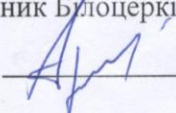
Rev. 1

АКТ

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

- 1. Назва НДР, що впроваджується:** вирощування кукурудзи на фоні внесення $N_{90}P_{70}K_{70}$ перед сівбою у поєднанні з позакореневим підживленням мікродобривами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га).
- 2. Науково-дослідна установа (заклад вищої освіти) якою одержано НТД та запропоновано до впровадження, автори:** Білоцерківський національний аграрний університет, Засуха А.А.
- 3. Ким і коли прийнято рішення про впровадження НТД:** Вченою радою Агробіотехнологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету (протокол №12 від 04.04.24 р.)
- 4. Назва господарства і його адреса, де проводиться впровадження:** ТОВ «ФК-ЛТД» Київська область, Білоцерківський район, смт. Володарка, вул. Зарічна 80, 09301
- 5. Рік і обсяг впровадження:** 2024 р., 153 га
- 6. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, голову, машину і т.п.) і на весь обсяг впровадження:** порівняно з прийнятою в господарстві технологією вирощування кукурудзи отримано на 1 га додаткового прибутку 6250,4 грн а на всю площу – 956,3 тис грн.

Акт складено 1 листопада 2024 року

Представник Білоцерківського НАУ
здобувач  Засуха А.А.

Керівник господарства
 Каплун Т.М.

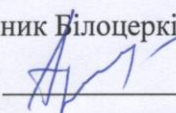


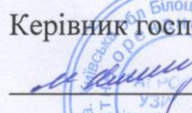
АКТ

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

- 1. Назва НДР, що впроваджується:** вирощування гібриду кукурудзи СИ Октеон (ФАО 380) для виробництва зерна та паливних пелет.
- 2. Науково-дослідна установа (заклад вищої освіти) якою одержано НТД та запропоновано до впровадження, автори:** Білоцерківський національний аграрний університет, Засуха А.А.
- 3. Ким і коли прийнято рішення про впровадження НТД:** Вченою радою Агробіотехнологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету (протокол №12 від 04.04.24 р.)
- 4. Назва господарства і його адреса, де проводиться впровадження:** ПОП «Агрофірма Узинська», Київська область, Білоцерківський район, м. Узин, вул. Волі 26, 09161
- 5. Рік і обсяг впровадження:** 2024 р., 103 га.
- 6. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, голову, машину і т.п.) і на весь обсяг впровадження:** збирання і використання післяжнивних решток (побічної продукції) кукурудзи для виробництва паливних пелет забезпечує додатковий прибуток, до отриманого з продажу зерна 22124,5 грн/га або 2,278 млн грн на всю площу.

Акт складено 5 листопада 2024 року

Представник Білоцерківського НАУ
здобувач  Засуха А.А.

Керівник господарства
 Козачук М.А.



АКТ

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

1. Назва НДР, що впроваджується: проведенням передзбиральної десикації посівів кукурудзи Реглон Супер (3 л/га).
2. Науково-дослідна установа (заклад вищої освіти) якою одержано НТД та запропоновано до впровадження, автори: Білоцерківський національний аграрний університет, Засуха А.А.
3. Ким і коли прийнято рішення про впровадження НТД: Вченою радою Агробіотехнологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету (протокол №12 від 04.04.24 р.)
4. Назва господарства і його адреса, де проводиться впровадження: ТОВ «Мрія», Київська область, Білоцерківський район, с. Блощинці, вул. Білоцерківська 34-А, 09165
5. Рік і обсяг впровадження: 2024 р., 74 га
6. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, голову, машину і т.п.) і на весь обсяг впровадження: проведенням передзбиральної десикації посівів кукурудзи дозволило зменшити вологість зерна, що відповідно зменшило витрати на його сушіння і сприяло отриманню додаткового прибутку на 1 га 1523,4 грн.

Акт складено 28 жовтня 2024 року

Представник Білоцерківського НАУ
здобувач _____ Засуха А.А.

Керівник господарства

Войтовик М.В.



СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових виданнях, включених до переліку фахових видань

України:

1. Засуха А.А. Зміна біометричних показників рослин кукурудзи залежно від застосування добрив та регуляторів росту рослин. *Аграрні інновації*. 2023. № 22. С.46–54. DOI <https://doi.org/10.32848/agrар.innov.2023.22.8>
2. 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. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.6> (планування та проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання статті, частка участі–60%)
3. Засуха А.А. Вплив десикантів на вологість, урожайність зерна та побічної продукції кукурудзи. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9. С. 235–246. DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.24>
4. Засуха А.А., Вахній С.П. Особливості формування урожайності, якісних показників зерна і побічної продукції кукурудзи та розрахунковий вихід паливних пелет залежно від елементів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 41–52. DOI <https://doi.org/10.32848/agrар.innov.2024.26.6> (планування та проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання статті, частка участі – 50 %)

Матеріали наукових конференцій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Засуха А.А. Формування площі листової поверхні рослин кукурудзи за різних доз мінеральних добрив. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві», м. Біла

Церква, 21 жовтня 2021 р., БНАУ, С. 8–9.

6. **Засуха А.А.**, Козак Л.А., Качан Л.М. Використання побічної продукції кукурудзи для виробництва паливних брикетів. Матеріали Міжнародної науково–практичної конференції *«Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети»*, м. Одеса, 30 вересня 2022, ІКОСГ НААН, С. 192–195. (авторство 45 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)

7. **Засуха А.А.**, Вахній С.П., Козак Л. А. Вплив регуляторів росту та мікродобрих на площу листкової поверхні рослин кукурудзи. Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції *«Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети»*, м. Одеса, 24 березня 2023 р., ІКОСГ НААН, С. 246–248. (авторство 50 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)

8. **Засуха А.А.**, Козак Л. А. Післяжнивні залишки кукурудзи як джерело енергії. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів *«Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур»*, с. Центральне, 21 квітня 2023 р., МП НААН, С. 50. (авторство 60 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)

9. **Засуха А.А.**, Вахній С.П., Козак Л. А. Динаміка проходження фаз росту і розвитку рослин гібридами кукурудзи під впливом макро- і мікродобрих та регуляторів росту рослин. Матеріали міжнародної наукової конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова *«Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення»*, м. Дніпро, 12–13 жовтня 2023 р., ДУ ІЗГ НААН, С. 121–122. (авторство 40 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)

10. **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. *(авторство 60%, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

11. Вахній С.П., **Засуха А.А.**, Павліченко К.В., Німенко С.С. Формування висоти рослин і прикріплення качана у рослин кукурудзи під впливом макро- і мікродобрих. Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції *«Хімія, біотехнологія, екологія та освіта»*, м. Полтава, 15–16 травня 2024 року, ПДАУ, С. 195–197. *(авторство 30%, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

12. **Засуха А. А.**, Качан Л. М., Німенко С. С. Економічна оцінка виробництва пелет з побічної продукції кукурудзи за різних варіантів десикації посівів. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції *«Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку»*, м. Київ, 8 жовтня 2024 р., Український інститут експертизи сортів рослин, С. 91–93. *(авторство 40 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*

13. **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. *(авторство 30 %, отримано експериментальні дані, проведено аналіз результатів, написання тез)*