

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

Скакун Михайло Васильович

УДК: 633.15:631.86(477.4)(292.85)(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ГІБРИДІВ СИЛОСНОЇ
КУКУРУДЗИ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ДИГЕСТАТУ В УМОВАХ
ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

201 Агрономія

20 Аграрні науки та продовольство

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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



М.В. Скакун

Науковий керівник:
Паламарчук Віталій Дмитрович
доктор сільськогосподарських наук, доцент

Вінниця – 2026

АНОТАЦІЯ

Скакун М. В. Удосконалення системи удобрення гібридів силосної кукурудзи на основі використання дигестату в умовах Лісостепу правобережного. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія. – Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, 2026.

Дисертаційна робота стосується розв'язання актуального науково-практичного завдання, спрямованого на підвищення продуктивності силосної та зернової кукурудзи, збереження родючості ґрунтів за рахунок використання дигестату, макро- та мікродобрих, забезпечення виробництва альтернативних джерел, зокрема біогазу, для отримання дигестату та підвищення економічної ефективності технології вирощування за рахунок заміни синтетичних добрив на дигестат.

Проведені дослідження здійснено у відповідності до загальноприйнятих методик та методів досліджень кукурудзи із визначенням можливості використання дигестату, мінеральних і мікродобрих добрив та порівняння їх ефективності у технологіях вирощування зернової та силосної кукурудзи придатної для виробництва біогазу та біоетанолу.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше в умовах Лісостепу правобережного обґрунтовано ефективність використання різних систем удобрення, що передбачають внесення дигестату, мікроелементів та мінеральних добрив; визначено комплексну дію варіантів удобрення на формування зернової та силосної продуктивності кукурудзи для виробництва біогазу та біоетанолу. Проаналізовано здатність гібридів кукурудзи різних за тривалістю вегетаційного періоду забезпечувати стабільні показники урожайності зерна та побічної продукції за змінних погодних умов і залежно від рівня живлення рослин мінеральними елементами. Розроблено кореляційно-регресійні моделі продуктивності за дії агротехнічних факторів, проведено аналіз енергетичної

ефективності та економічної доцільності елементів технологічного процесу вирощування гібридів кукурудзи, орієнтованого на виробництво біоетанолу та біогазу в зоні Правобережного Лісостепу України.

Удосконалено систему удобрення у технології вирощування гібридів зернової та силосної кукурудзи різних груп стиглості для виробництва біогазу та біоетанолу і визначено їх реакцію на застосування різних варіантів удобрення.

Набули подальшого розвитку удосконалення наукових підходів до розуміння фенологічного розвитку та морфологічних особливостей рослин кукурудзи, а також механізмів формування врожайності та якісних показників зеленої маси і зерна залежно від генетичних властивостей гібридів і системи живлення, зокрема із застосуванням дигестату як компоненту системи удобрення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці науково-практичних рекомендацій виробництву щодо використання альтернативних видів добрив, таких як дигестат, у технологіях вирощування зернової та силосної кукурудзи із можливістю отримання відповідної якості продукції придатної для виробництва біогазу та біоетанолу.

Проаналізовано праці вітчизняних та зарубіжних вчених із особливостей живлення рослин кукурудзи та перспектив використання дигестату, біологічних особливостей кукурудзи в умовах не стабільності клімату, ролі макро- і мікроелементів у технологіях вирощування зернової та силосної кукурудзи, можливості використання основної та побічної продукції в якості сировини для виробництва біогазу та біоетанолу і рециклінгу виробництва із отриманням дигестату.

Встановлені особливості ростових процесів кукурудзи, тривалості вегетаційного періоду та окремих його частин за рахунок оптимізації живлення рослин кукурудзи шляхом застосування дигестату, мікроелементів та мінеральних добрив. Застосування добрив сприяло подовженню тривалості вегетаційного періоду у досліджуваних гібридів кукурудзи на 3-7 діб в порівнянні із варіантом без внесення добрив. Тривалість періоду «сівба-сходи»

на усіх досліджуваних варіантах склала 9 діб і не залежала від застосування добрив, а в більшій мірі визначалася показниками температурного режиму та рівнем забезпеченості ґрунтів вологою. Внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяло подовженню періоду «сходи-цвітіння качанів», «молочна стиглість – молочно-воскова стиглість зерна», «молочно-воскова стиглість - повна стиглість» та періоду «молочно-воскова стиглість - повна стиглість» на 1-2 доби, «цвітіння качанів – молочна стиглість зерна» у досліджуваних гібридів на 1 добу, порівняно із контролем (без добрив).

Внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза, забезпечує подовження вегетаційного періоду на 3-7 днів та зберігає високу активність біохімічних реакцій у рослинному організмі кукурудзи, що забезпечує зниження вмісту лігніну у зеленій масі на 0,25-1,26 % та на 0,22-1,15 %, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

Максимальні показники морфологічних ознак рослин досліджуваних гібридів кукурудзи внесення дигестату в основне та передпосівне удобрення і в підживлення, тобто висоту рослин 260,7-307,6 см, або на 38,5-66,1 см та висоту кріплення качанів – 123,4-148,9 см, або на 22,3-41,1 см більше ніж на контрольному варіанті.

Оптимізація живлення рослин позитивно впливає на формування площі листової поверхні досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості, збільшуючи її на 1,05-14,54 тис. m^2 / га, сприяє зростанню маси листків на 12,0-51,5 г, маси качанів на 30,9-108,6 г та маси стебла на 23,6-45,3 г, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

Внесення дигестату в певній мірі збільшує ураження кукурудзи пухирчастою сажкою на 0,3-11,0 %, але знижує пошкодження рослин стебловим кукурудзяним метеликом на 0,8-10,9 %, а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 0,8-10,2 %, порівняно із контрольним варіантом (без добрив), поліпшує формування елементів структури

врожаю кукурудзи, таких як кількість зерен в ряді, маса 1000 зерен та кількість рядів зерен.

Застосування дигестату біогазових станцій забезпечує зростання кількості обгорток та довжини ніжки качана на 0,5-2,2 шт. та 1,2-3,4 см, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 0,2-1,5 шт. та 1,1-3,5 см, відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив). Кількість рядів зерен в більшій мірі це генетично детермінована ознака, яка не істотно змінювалося залежно від умов вирощування системи удобрення. Внесення дигестату біогазових станцій сприяло збільшенню кількості рядів зерен та кількості зерен в ряду на 0,1-0,3 шт. та 3,3-6,8 шт., а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на 0,1-0,5 шт. та 3,2-5,7 шт., відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив), що в подальшому позитивно впливає на величину урожайності гібридів кукурудзи.

За внесення дигестату спостерігається збільшення урожайності зеленої маси та зерна – на 5,01-7,31 т/га та 1,00-2,43 т/га, а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 4,30-6,91 т/га та 1,36-2,60 т/га, відповідно.

Система застосування добрив позитивно впливає на формування якісних показників зеленої маси та зерна кукурудзи, таких як вміст вуглеводнів, протеїну, клітковини, сухих речовин, в той же час сприяючи незначному зростанню рівня передзбиральної вологості зерна. Застосування дигестату біогазових станцій у технологіях вирощування силосної кукурудзи сприяє зростанню виходу біогазу на 0,904-1,382 тис. м³/га, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на – 1,121-1,704 тис. м³/га, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

Внесення дигестату сприяло зростанню вмісту сухих речовин на 0,50-1,86 %, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом на – 1,35-3,58 % в порівнянні із контролем (без добрив).

Встановлено, що вміст крохмалю у зерні може змінюватися залежно від біологічних особливостей гібридів та системи застосування добрив. Внесення

дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяє зростанню вмісту крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи на 1,90-6,04 % та 0,01-4,06 %, відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив) та виходу крохмалю та біоетанолу із одиниці площі на 0,80-2,624 т/га та 2,910-4,908 тис. л / га, відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив). Доведено, що вирощування кукурудзи для отримання біоетанолу так і для отримання біогазу є більш вигідне ніж для зернових та кормових цілей, про що свідчать отримані рівні рентабельності. Рівень рентабельності вирощування кукурудзи придатної для переробки на біоетанол збільшився на 16,9-58,3 % за застосування дигестату та на 19,6-71,9 % від застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза. Найвищий показник рентабельності відмічали на варіанті де вносився дигестат біогазових станцій у три строки (основне, передпосівне удобрення та підживлення) – 155,0-243,9 %.

Найкращим варіантом для формування урожайності зерна та зеленої маси із відповідним енергетичним коефіцієнтом було триразове внесення дигестату в основне, передпосівне удобрення та підживлення – 7,62-11,61 т/га зерна та енергетичний коефіцієнт – 1,71-2,53 і на силос – 43,68-72,81 т/га та 3,75-4,27, відповідно.

Ключові слова: дигестат, удобрення, підживлення, макроелементи, мікроелементи, урожайність, зелена маса, силос, біогаз, гібрид, суха речовина, зброджування, хімічний склад.

SUMMARY

Skakun M. V. Improvement of the fertilization system of silage corn hybrids on the basis of using digestate in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree, specialty 201 Agronomy. – Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, 2026.

The dissertation addresses a relevant scientific and practical issue aimed at increasing the productivity of silage and grain maize, preserving soil fertility through the use of digestate, macro- and micronutrients, and supporting the production of alternative energy sources, particularly biogas for digestate generation. Additionally, it focuses on enhancing the economic efficiency of maize cultivation by replacing synthetic fertilizers with digestate.

The conducted research was carried out in accordance with generally accepted methodologies and techniques for maize studies, aimed at determining the feasibility of using digestate, mineral, and micronutrient fertilizers, as well as comparing their effectiveness in cultivation technologies of grain and silage maize suitable for biogas and bioethanol production.

Scientific novelty of the obtained results. For the first time under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe, the efficiency of various fertilization systems involving the application of digestate, micronutrients, and mineral fertilizers has been substantiated. The comprehensive effects of different fertilization options on the formation of grain and silage productivity of maize intended for biogas and bioethanol production have been determined. The ability of maize hybrids with different vegetation periods to ensure stable grain and by-product yields under variable weather conditions and depending on the level of plant mineral nutrition has been analyzed. Correlation–regression models of maize productivity under the influence of agrotechnical factors have been developed, along with an analysis of the energy efficiency and economic feasibility of technological elements in the cultivation process of maize hybrids aimed at bioethanol and biogas production in the Right-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine.

The fertilization system in the cultivation technology of grain and silage maize hybrids of different maturity groups for biogas and bioethanol production has been improved, and their response to various fertilization options has been determined.

Further development has been achieved in improving scientific approaches to understanding the phenological development and morphological characteristics of maize plants, as well as the mechanisms of yield formation and the quality parameters

of green biomass and grain, depending on the genetic properties of hybrids and the fertilization system, particularly with the application of digestate as a component of the nutrient management system.

The practical significance of the obtained results lies in the development of scientific and practical recommendations for agricultural production regarding the use of alternative types of fertilizers, such as digestate, in the cultivation technologies of grain and silage maize, ensuring the production of material of appropriate quality suitable for biogas and bioethanol generation.

The works of domestic and foreign scientists have been analyzed regarding the peculiarities of maize plant nutrition and the prospects of digestate utilization, the biological characteristics of maize under conditions of climate instability, the role of macro- and microelements in cultivation technologies of grain and silage maize, as well as the potential use of primary and by-products as feedstock for biogas and bioethanol production and for production recycling involving digestate recovery.

The specific features of maize growth processes, the duration of the vegetation period, and its individual phases have been established as a result of optimizing maize nutrition through the application of digestate, micronutrients, and mineral fertilizers. The use of fertilizers contributed to an extension of the vegetation period in the studied maize hybrids by 3-7 days compared to the unfertilized control. The duration of the «sowing–emergence» period across all studied treatments was 9 days and did not depend on fertilizer application; rather, it was primarily determined by temperature regime indicators and soil moisture availability. The application of digestate from biogas plants and mineral fertilizers at a rate of $N_{90}P_{90}K_{90}$ in combination with the micronutrient fertilizer Nanovit Maize contributed to a prolongation of the «emergence–ear flowering», «milk stage – milk–wax stage of grain», and «milk–wax stage – full maturity» periods by 1–2 days, as well as the «ear flowering – milk stage of grain» period by 1 day in the studied hybrids, compared with the control (no fertilizers).

The maximum values of morphological traits in the studied maize hybrids were observed with the application of digestate during the primary, pre-sowing, and top-

dressing fertilization stages. Plant height reached 260.7–307.6 cm, which was 38.5–66.1 cm higher than in the control treatment, while ear height ranged from 123.4 to 148.9 cm, exceeding the control by 22.3–41.1 cm.

Optimization of plant nutrition positively influenced the formation of the leaf surface area in the studied maize hybrids of different maturity groups, increasing it by 1.05–14.54 thousand m²/ha. It also contributed to an increase in leaf mass by 12.0–51.5 g, ear mass by 30.9–108.6 g, and stem mass by 23.6–45.3 g compared to the control treatment (without fertilizer application).

The application of digestate slightly increased maize infection by common smut by 0.3–11.0%, but reduced damage from the European corn borer by 0.8–10.9%. The use of mineral fertilizers in combination with the micronutrient fertilizer Nanovit maize decreased damage by 0.8–10.2% compared to the control (without fertilization) and improved the formation of yield structure components, such as the number of kernels per row, thousand-kernel weight, and the number of kernel rows.

The application of digestate from biogas plants ensured an increase in the number of husk leaves and ear shank length by 0.5–2.2 units and 1.2–3.4 cm, respectively, while the use of mineral fertilizers in combination with the micronutrient fertilizer Nanovit Maize resulted in increases of 0.2–1.5 units and 1.1–3.5 cm, respectively, compared with the control treatment (no fertilizers). The number of kernel rows is largely a genetically determined trait and did not change significantly depending on growing conditions or fertilization system. The application of digestate from biogas plants contributed to an increase in the number of kernel rows and the number of kernels per row by 0.1–0.3 and 3.3–6.8, respectively, whereas the application of mineral fertilizers in combination with the micronutrient fertilizer Nanovit Maize increased these parameters by 0.1–0.5 and 3.2–5.7, respectively, compared with the control (no fertilizers), which subsequently had a positive effect on the yield of maize hybrids.

The application of digestate resulted in an increase in green biomass and grain yields by 5.01–7.31 t/ha and 1.00–2.43 t/ha, respectively, while the use of mineral fertilizers in combination with the micronutrient fertilizer Nanovit maize increased

green biomass and grain yields by 4.30–6.91 t/ha and 1.36–2.60 t/ha, respectively.

The fertilization system positively influenced the formation of quality parameters of maize green biomass and grain, such as carbohydrate, protein, fiber, and dry matter content, while slightly increasing the pre-harvest moisture content of the grain. The application of digestate from biogas plants in silage maize cultivation technologies contributes to an increase in biogas yield by 0.904–1.382 thousand m³/ha, while the use of mineral fertilizers in combination with the micronutrient fertilizer Nanovit Maize increases biogas yield by 1.121–1.704 thousand m³/ha, compared with the control treatment (no fertilizer application).

The application of digestate contributed to an increase in dry matter content by 0.50–1.86%, while the use of mineral fertilizers in combination with a micronutrient fertilizer resulted in an increase of 1.35–3.58%, compared with the control (no fertilizers).

It was established that starch content in grain may vary depending on the biological characteristics of the hybrids and the fertilization system. The application of digestate from biogas plants and mineral fertilizers in combination with the micronutrient fertilizer Nanovit Maize promotes an increase in starch content in the grain of the studied maize hybrids by 1.90–6.04% and 0.01–4.06%, respectively, compared with the control treatment (no fertilizer application). Additionally, this resulted in an increase in starch yield and bioethanol output per unit area by 0.80–2.624 t/ha and 2.910–4.908 thousand L/ha, respectively, compared with the control (no fertilizer application). It has been demonstrated that cultivating maize for bioethanol and biogas production is more profitable than for grain or fodder purposes, as evidenced by the obtained profitability levels. The profitability of maize cultivation suitable for bioethanol production increased by 16.9–58.3% with the application of digestate and by 19.6–71.9% with the use of mineral fertilizers combined with the micronutrient Nanovit maize. The highest profitability was observed in the variant where digestate from biogas plants was applied in three stages (primary, pre-sowing fertilization, and top-dressing), reaching 155.0–243.9%.

The most effective variant for achieving high grain and green biomass yields

with the corresponding energy efficiency coefficient was the three-time application of digestate during primary, pre-sowing, and top-dressing fertilization. This resulted in grain yields of 7.62–11.61 t/ha with an energy efficiency coefficient of 1.71–2.53, and silage yields of 43.68–72.81 t/ha with an energy efficiency coefficient of 3.75–4.27, respectively.

Keywords: digestate, fertilization, top-dressing, macronutrients, micronutrients, yield, green biomass, silage, biogas, hybrid, dry matter, fermentation, chemical composition.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у міжнародних наукометричних базах даних Scopus та Web of Science:

1. Palamarchuk V., Krychkovskiy V., **Skakun M.** Study of the efficiency of growing maize for silage for processing into biogas and digestate. *Scientific Horizons*. 2024. 27(1). P. 54-61. DOI: 10.48077/scihor1.2024.54. URL:<https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-27-1-2024> (**Scopus**). Квартиль Q₄. (0,86 друк арк. – особистий внесок – досліджено хімічний склад зеленої маси гібридів кукурудзи різних груп стиглості, встановлена можливість використання її для отримання біогазу та дигестату – 0,29 друк. арк.).

2. Palamarchuk V., Lohosha R., **Skakun M.** Economic efficiency of maize cultivation using digestate in Ukraine. *Baltic journal of economic studies*. 2025. Vol. 11. № 4. P. 357-366. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2025-11-4-357-366>. (**Web of Science**). (1,01 друк арк. – особистий внесок – досліджено економічну ефективність використання дигестату у різних системах удобрення кукурудзи – 0,335 друк. арк.).

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю., **Скакун М.В.** Вплив дигестату на агрохімічний склад ґрунту та накопичення в ньому вуглецю. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. Вип. 4 (35). С. 5-16. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-4-1 <http://forestry.vsau.org/storage/articles/December2024/eTKT1oT0cDpkjJVsfu2m.pdf> (0,84 друк арк. – особистий внесок – досліджено вплив дигестату на особливості накопичення органічного вуглецю у сірих лісових ґрунтах – 0,279 друк. арк.).

2. Паламарчук В.Д., **Скакун М.В.** Вплив дигестату на формування архітектоніки рослин гібридів кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 1 (36). С. 69-82. DOI:10.37128/2707-5826-2025-1-6 <http://forestry.vsau.org/en/particles/the-effect-of-digestate-on-the-formation-of-plant-architecture-in-maize-hybrids> (0,97 друк арк. – особистий внесок – досліджено та

узагальнено вплив дигестату на особливості ростових процесів гібридів силосної кукурудзи різних груп стиглості – 0,48 друк. арк.).

3. Паламарчук В.Д., Скакун М.В. Вирощування силосної кукурудзи для виробництва біогазу та отримання дигестату. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 2 (37). С. 13-26. DOI: 10.37128/2707-5826-2025-2-2 <http://forestry.vsau.org/storage/articles/June2025/0Vh3ILpy33JOifpINtUs.pdf> (0,988 друк арк. – особистий внесок – досліджено та узагальнено використання силосної кукурудзи для отримання біогазу та дигестату – 0,494 друк. арк.).

4. Паламарчук В.Д., Скакун М.В. Вплив дигестату на передзбиральний рівень вологості зерна кукурудзи. *Зернові культури*. 2025. Т. 9. № 1. С. 109-116. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0367> (0,776 друк арк. – особистий внесок – досліджено динаміку передзбиральної вологості зерна у гібридів кукурудзи залежно від застосування різних варіантів удобрення – 0,388 друк. арк.).

Матеріали наукових конференцій:

1. Паламарчук В. Д., Скакун М. В. Перспективи вирощування кукурудзи в Україні та оптимізація системи удобрення за рахунок використання дигестату: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми сучасності» [Електронний ресурс]. (Луцьк, 10 травня 2023 р.). Луцьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2023. С. 111-112. (0,137 друк. арк. – особистий внесок – досліджено структуру посіву кукурудзи та перспективи використання її в якості субстрату біогазових станцій для отримання біогазу та дигестату, із застосуванням дигестату в системі удобрення – 0,1 друк. арк.)

2. Паламарчук В. Д., Скакун М. В. Використання дигестату в технологіях вирощування кукурудзи. «Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри». Міжнародний форум: доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції. (Миколаїв, 1-2 червня 2023 р.). Миколаїв: МНАУ, 2023. С. 99-101. (0,165 друк. арк. – особистий внесок – проаналізовані перспективи використання дигестату у технологіях вирощування кукурудзи – 0,15 друк. арк.)

3. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю., Скакун М.В. Перспективи

використання зеленої маси кукурудзи для переробки на біогаз та дигестат. Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 28 березня 2024 р.). Біла Церква: БНАУ, 2024. С. 198-201. (0,278 друк. арк. – особистий внесок – досліджено використання зеленої маси кукурудзи в якості субстрату для отримання біогазу та дигестату, проведено аналіз впливу дигестату на рівень накопичення органічного вуглецю у сірих лісових ґрунтах – 0,2 друк. арк.)

4. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю., Скакун М.В. Перспективи використання дигестату з силосної кукурудзи для біологізації технологій вирощування. Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових розробок у виробництво: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції (Миколаїв, 17-18 жовтня 2024 р.). Миколаїв: МНАУ, 2024. С. 133-136. (0,240 друк. арк. – особистий внесок – досліджено хімічний склад силосної маси та перспективи використання її в якості субстрату для виробництва біогазу та отримання дигестату – 0,1 друк. арк.)

5. Паламарчук В.Д., Скакун М.В. Особливості технології вирощування силосної кукурудзи для виробництва біогазу та отримання дигестату. Єдиний світ – єдине здоров'я: збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 3-4 червня 2025 р.). Одеса, 2025. С. 266-271. (0,363 друк. арк. – особистий внесок – досліджено використання силосної кукурудзи для виробництва біогазу та отримання дигестату – 0,3 друк. арк.)

6. Паламарчук В.Д., Скакун М.В. Характеристика передзбиральної вологості зерна у гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення. «Актуальні питання розвитку сільського господарства: теорія і практика: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції» (м. Івано-Франківськ, 9 жовтня 2025 року). Оброшине: Видавництво інституту сільського господарства Карпатського регіону, 2025. С. 115-119. (0,151 друк. арк. – особистий внесок – досліджено використання дигестату та мінеральних добрив у технологіях вирощування силосної кукурудзи для виробництва біогазу – 0,15 друк. арк.)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	17
ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН КУКУРУДЗИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДИГЕСТАТУ	24
1.1. Біологічні особливості кукурудзи в умовах не стабільності клімату, як основа сучасної технології вирощування	24
1.2. Роль макро- і мікроелементів у технологіях вирощування зернової та силосної кукурудзи	33
1.3. Перспективи використання дигестату у системі удобрення кукурудзи	46
Висновки до розділу 1	56
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	58
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови Правобережного Лісостепу України	58
2.2. Характеристика погодних умов за роками проведених досліджень	63
2.3. Схеми дослідів і методика проведення досліджень	67
2.4. Агротехніка в досліді	71
2.5. Характеристика гібридів кукурудзи	73
Висновки до розділу 2	77
РОЗДІЛ 3. МОРФО-ФЕНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	78
3.1. Характеристика тривалості міжфазних періодів у гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних чинників	78
3.2. Біометричні показники рослин кукурудзи	89
3.3. Динаміка наростання площі листової поверхні кукурудзи	94
3.4. Особливості формування вегетативної маси досліджуваними гібридами кукурудзи залежно від варіанту удобрення	99
Висновки до розділу 3	114
РОЗДІЛ 4. ЕЛЕМЕНТИ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ	117
4.1. Елементи структури врожаю гібридів кукурудзи	117
4.2. Урожайність зерна та зеленої маси у гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення	130
Висновки до розділу 4	134

	16
РОЗДІЛ 5. ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА ТА СИЛОСНОЇ МАСИ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ВАРІАНТУ УДОБРЕННЯ	137
5.1. Формування показників якості зеленої маси та зерна кукурудзи залежно від досліджуваних факторів	137
5.2. Розрахунковий вихід біогазу із силосної маси гібридів кукурудзи під впливом досліджуваних факторів	158
Висновки до розділу 5	161
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ ВАРІАНТІВ УДОБРЕННЯ	165
6.1. Економічна ефективність вирощування кукурудзи	165
6.2. Енергетична ефективність вирощування кукурудзи	180
Висновки до розділу 6	183
ВИСНОВКИ	185
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	191
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	192
ДОДАТКИ	228

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

г – грам та E_k – енергетичний коефіцієнт

га – гектар

грн./т – гривень за тону

ГТК – гідротермічний коефіцієнт (показник зволоження території)

ДНК – дизоксирибонуклеїнова кислота

КУО/г – кількість колонієутворюючих мікроорганізмів у одиницях на грам сирого продукту

м – метр

m^3 – метр кубічний

МВт – Мега ват

мг/га – міліграм на гектар

мг/кг – міліграм на кілограм

мг CO_2 /кг ґрунту/год – міліграм вуглекислого газу ґрунту за годину

МДж/ m^3 – мега джоулів на метр кубічний

млн т – мільйон тон

НВ – найменша вологоємність

ООН – Організація об'єднаних націй

РНК – рибонуклеїнова кислота

см – сантиметр

т – тонна

тис. – тисяч

тис. m^2 / га – тисяч метрів квадратних на гектара

ФАО – всесвітня продовольча та сільськогосподарська організація

шт. – штук

C_4 – тип фотосинтезу

$^{\circ}C$ – одиниця виміру температури, градус Цельсія

CO_2 – вуглекислий газ

C / N або C:N – співвідношення вуглецю до азоту

Zn, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo – цинк, сірка, бор, мідь, залізо, марганець, молібден

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні, в Україні та світі в цілому гостро постає питання забезпеченості населення продуктами харчування та дешевими видами енергії, такими як біогаз, біодизель, біоетанол та інші. Вирішення даних питань вимагає від товаровиробників використання інноваційних підходів щодо впровадження новітніх технологій вирощування, використання нових видів добрив, зокрема і дигестату для реалізації потенціалу продуктивності сучасних гібридів кукурудзи і створення сировинної бази для виробництва відновлювальних джерел енергії та отримання біоорганічних добрив нового покоління, що забезпечить в подальшому енергетичну незалежність України. В Україні існує велика кількість технологічних схем вирощування зернової та силосної кукурудзи, як продовольчої, кормової та біоенергетичної культури, що здатна забезпечувати сировиною різні галузі народного господарства. Проблемам вирощування кукурудзи, вивчення можливості виробництва біогазу та отримання дигестату – цінного біоорганічного добрива у сучасних системах удобрення присвяченні наукові праці Г.М. Калетніка, В.Д. Паламарчука, М.Б. Грабовського, Т.Ю. Марченко, В.Ю. Кричковського, О.А. Коваленка, Г. Гелетухи, Г.С. Ратушняка, В.М. Поліщука, А. Шинкарука, Д.А. Дерев'янка, П.О. Скворцової, В. Пастернака, Ю.О. Лавриненка, Г. Господаренка та ін. Проте, розробка оптимальної системи удобрення із використанням дигестату біогазових станцій шляхом внесенням його у різні строки для забезпечення продовольчої та енергетичної безпеки держави в умовах кліматичних викликів, військового стану є надзвичайно необхідним, що зумовлює актуальність даного дослідження.

Враховуючи істотний внесок цих науковців, варто відмітити, що забезпечення продовольчої, економічної, енергетичної та екологічної безпеки країни має ряд особливостей, серед яких є ефективне використання живих мікроорганізмів для поліпшення живлення, рослин, збалансованість макро- та мікроелементів, використання дигестатів у системі живлення, а також наступними похідними від цього поглядами. Зазначене потребує подальшого

дослідження питання деталізації напрямів підвищення продуктивності кукурудзи, зокрема у напрямку удосконалення системи мінерального й органічного живлення із залученням дигестату, а також підвищення ефективності вирощування зернових і силосних форм гібридів.

Складний і багатогранний характер означеної проблематики обумовив вибір теми дослідження, визначення його мети та основних завдань, а також логічну структуру побудови дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота підготовлена у відповідності до плану наукових досліджень Вінницького національного аграрного університету і є складовою частиною науково-дослідної теми: «Удосконалення системи удобрення гібридів зернової і силосної кукурудзи на основі використання дигестату та мікродобрив в умовах Лісостепу правобережного». Номер державної реєстрації 0123U102227. Термін виконання: 2023-2025 рр., де автором запропоновано вирішення науково-практичного завдання щодо підвищення зернової та силосної продуктивності гібридів кукурудзи за рахунок оптимізації живлення рослин, поліпшення ростових процесів рослин при використанні дигестату біогазових станцій, мінеральних добрив та мікродобрива Нановіт кукурудза.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження було наукове обґрунтування закономірностей формування продуктивності гібридів кукурудзи різних за тривалістю вегетаційного періоду, шляхом інтеграції дигестату біогазових станцій у систему удобрення з метою реалізації їхнього генетичного потенціалу врожайності в умовах Правобережного Лісостепу.

Для реалізації поставленої мети в ході дослідження було сформульовано та вирішено низку конкретних завдань:

- встановити особливості проходження фенологічних фаз розвитку рослин кукурудзи, проаналізувати динаміку формування листкової поверхні та визначити продуктивність фотосинтезу залежно від застосування дигестату в системі живлення;

- визначити лінійні морфологічні показники рослин кукурудзи залежно від

групи стиглості гібридів та варіантів удобрення;

- науково обґрунтувати вплив різних систем удобрення на формування врожайності зерна та зеленої маси, а також на елементи структури врожаю кукурудзи залежно від групи стиглості гібридів;

- дослідити якісні показники зернової та силосної продуктивності гібридів кукурудзи залежно від варіантів удобрення;

- здійснити розрахунки доцільності використання листостеблової маси та зерна гібридів кукурудзи як сировини для виробництва біоетанолу та біогазу;

- проаналізувати економічну та біоенергетичну ефективність вирощування зерна та зеленої маси кукурудзи залежно від досліджуваних факторів.

Об'єкт дослідження – процеси росту і розвитку, формування продуктивності кукурудзи, залежно від варіантів удобрення рослин, зв'язки між абіотичними чинниками та фенотиповою продуктивністю рослин в умовах Лісостепу правобережного.

Предмет дослідження – гібриди кукурудзи, дигестат, варіанти удобрення, гідротермічні умови, урожайність, якісні показники зерна та зеленої маси.

Методи дослідження. У дисертаційній роботі застосовувалися як загальнонаукові, так і спеціальні методи дослідження, що дозволили комплексно вивчити досліджувану проблему та отримати достовірні наукові результати. У дослідженнях використані *польові, лабораторні та лабораторно-польові* методи. На основі проведення *польового методу* відмічали взаємозв'язок об'єкта дослідження з біотичними та абіотичними чинниками в умовах досліджуваної зони; *лабораторного* – проводили біохімічних аналізів якості зерна та зеленої маси, фізіологічних та морфологічних показників рослин; *хімічного* – показники якості продукції (зерна та зеленої маси); *розрахункового* – встановлення площі фотосинтетичної поверхні; *математично-статистичного* – дисперсійний та кореляційний аналізи; *порівняльно-розрахункового* – розрахунок економічної та біоенергетичної ефективності використання досліджуваних елементів технології вирощування кукурудзи.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в обґрунтованні

ефективності використання різних систем удобрення, що передбачають внесення дигестату, мікроелементів та мінеральних добрив; визначено комплексну дію варіантів удобрення на формування зернової та силосної продуктивності кукурудзи для виробництва біогазу та біоетанолу.

Вперше в умовах Лісостепу правобережного удосконалено систему удобрення у агротехніці вирощування гібридів зернової та силосної кукурудзи; визначено комплексну дію варіантів удобрення на формування зернової та силосної продуктивності культури придатної для виробництва біогазу та біоетанолу.

Проведена економічна та енергетична оцінки розроблених елементів технології вирощування гібридів кукурудзи придатних для виробництва біогазу та біоетанолу в умовах Лісостепу правобережного.

Удосконалено: технологію вирощування гібридів зернової та силосної кукурудзи різних груп стиглості на основі оптимізації системи удобрення з метою виробництва біогазу та біоетанолу, а також досліджено їх реакцію на різні варіанти удобрення.

Набули подальшого розвитку наукові аспекти про фенологічні та морфологічні особливості кукурудзи, а також про процеси формування врожайності і якості зерна та зеленої маси з урахуванням генетичних характеристик гібридів і впливу різних систем удобрення.

Практичне значення отриманих результатів. Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці науково-практичних рекомендацій виробництву щодо використання альтернативних видів добрив, таких як дигестат, у технологіях вирощування зернової та силосної кукурудзи із можливістю отримання відповідної якості продукції придатної для виробництва біогазу та біоетанолу.

Досліджені варіанти удобрення у технології вирощування зернової та силосної кукурудзи було впроваджено у виробництво в передових господарствах Вінницької (ФГ «Велес Віта», СТОВ «Писарівка», ТОВ «Племінний завод «Україна»»), ТОВ «Арчі», ПАТ «Племзавод «Літинський»», ТОВ «Органік-Д») та

Хмельницької (ТОВ «Україна 2001») областей на площі 1010 га, а поліпшення умов живлення рослин кукурудзи за рахунок внесення дигестату та макро- і мікродобрив забезпечило зростання врожайності зерна на 2,0-4,0 т/га та зеленої маси на 5,1-12,0 т/га, при цьому рівень рентабельності збільшувався на 30-45 % і покращувалося накопичення пластичних речовин, що істотно розширює можливості переробки отриманої продукції, зокрема для отримання біогазу та біоетанолу. Також встановлений позитивний вплив застосування дигестату на мікробіологічний, механічний та агрохімічний склад ґрунту і накопичення в ньому органічного вуглецю. Крім того використання дигестату в господарствах при вирощуванні кукурудзи розглядається як високоефективна альтернатива застосуванню дороговартісних синтетичних добрив.

Практична цінність отриманих наукових результатів сприяла їх впровадженню у навчально-методичну діяльність та наукові дослідження кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету (довідка № 01.1-60-1521 від 05.12.2024 р.).

Особистий внесок автора. Дисертація є самостійно виконаною науковою роботою. Відображені у ній висновки, рекомендації та положення наукової новизни, які виносяться на захист, отримані здобувачем особисто. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, у дисертаційній роботі використані лише ті ідеї та положення, які є результатом власних напрацювань здобувача.

Апробація результатів дослідження. Основні наукові положення дисертаційної роботи та практичні результати дослідження доповідались на засіданнях кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету (ВНАУ) й науково-практичних конференціях: I Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічні проблеми сучасності» (Луцьк, 10 травня 2023 р.); «Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри»: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Миколаїв, 1-2 червня 2023 р.); V Міжнародній науково-практичній конференції: «Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку» присвяченій видатним вченим

Васильківському С.П. і Молоцькому М.Я. – засновникам наукової школи з селекції та насінництва пшениці і картоплі (Біла Церква, 28 березня 2024 р.); II-й Міжнародній науково-практичній конференції «Єдиний світ – єдине здоров'я» (Одеса, 3-4 червня 2025 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання розвитку сільського господарства: теорія і практика» (м. Івано-Франківськ, 9 жовтня 2025 року); Всеукраїнських науково-практичних конференціях: «Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку» (Вінниця, 24-25 травня 2023 року); «Екологоорієнтовані технології вирощування сільськогосподарської продукції в умовах ґрунтозбереження та кліматичної нейтральності» (Вінниця, 23-24 травня 2024 року) та «Інноваційні технології збереження ґрунтів та екосистем за вирощування сільськогосподарських культур в умовах глобальних змін клімату» (Вінниця, 22-23 травня 2025 року).

Публікації. За результатами дослідження автором опубліковано 12 наукових праць загальним обсягом 6,77 умовн. др. арк. (власний доробок автора 3,27 умовн. др. арк.), 1,87 умовн. др. арк. у наукових фахових виданнях включених до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science; 3,58 умовн. друк. арк. у фахових видання України категорії «Б»; 1,32 умовн. др. арк. у інших виданнях.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основний обсяг дисертації становить 211 сторінок комп'ютерного тексту. Робота містить 32 таблиці, 6 рисунків, 20 додатків, викладених на 25 сторінках. Список використаних джерел включає 340 найменування, із них латиницею 101 джерело.

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН КУКУРУДЗИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДИГЕСТАТУ

1.1 Біологічні особливості кукурудзи в умовах не стабільності клімату, як основа сучасної технології вирощування

Кукурудза в умовах сьогодення є однією із найбільш поширених та високопродуктивних культур не лише України, але і світу в цілому. Площі її вирощування коливаються в межах 145-192 млн. га в світі та 4,68-5,39 млн. га в Україні [1-3].

Найбільшими виробниками зерна кукурудзи у світі є такі країни як США (347,8 млн. т), Китай (206,8 млн. т), Бразилія (101,0 млн. т) та країни Євросоюзу (65,0 млн. т або 3,2 % всього виробництва). Варто відмітити, що в Україні у зерновому балансі кукурудза займає біля 50 % всього вирощеного зерна [2, 4-5].

В Україні, крім зернової кукурудзи, значна увага приділяється вирощуванню силосної кукурудзи, площа якої зменшилась майже в десять разів в порівнянні із 2000 роком і сьогодні складає біля 230 тис. га [6], що пов'язано із нестабільністю кон'юнктури ринку [7].

Для реалізації генетичного потенціалу продуктивності сучасних гібридів кукурудзи важливо правильно використовувати їх біологічні особливості (відношення до вологи, температури, інтенсивності освітлення та родючості ґрунтів), особливо в умовах глобальних змін клімату та появи нових технологічних схем вирощування [8-10].

На разі виробничий потенціал сучасних гібридів кукурудзи знаходиться в межах 16-18 т/га зерна та 50-75 і навіть 100 т/га зеленої маси, хоча потенційний іще вищий. Досягається даний рівень продуктивності оптимальним поєднанням максимальної кількості чинників (волога, тепло, світло та елементи живлення), які зумовлюють реалізацію потенціалу [11-13].

В аграрному виробництві інноваційні технології є вагомим чинником

зростання продуктивності кукурудзи та збереження родючості ґрунтів [14-16]. В багатьох дослідженнях, крім вдосконалення технологій вирощування, приведена тенденція зростання температурних показників і концентрації вуглекислого газу в атмосфері, в умовах змін клімату, що є перешкодою для отримання високих і сталих врожаїв кукурудзи [17, 18]. В розрізі останніх років спостерігається крім значного потепління істотне коливання середньодобових температур та кількості опадів.

Абіотичні чинники (тепло, світло, волога та елементи живлення мають безпосередній вплив на ріст і розвиток рослин кукурудзи. Зміни надходження абіотичних факторів можуть підсилюватися також гідротермічними умовами конкретного року та групою стиглості гібриду [19-22].

Біологічні особливості культури, визначають також й тип фотосинтезу рослин, що важливо враховувати при впровадженні сучасних технологій вирощування [23]. Кукурудза відноситься до культур з C_4 -типом фотосинтезу, і вона краще порівняно із культурами C_3 -типом фотосинтезу (пшениця, ячмінь, жито і т. д.) фіксує вуглекислий газ і витрачаючи сонячну радіацію на формування сухої речовини, особливо в умовах глобального потепління [24-26]. C_4 -тип фотосинтезу дозволяє кукурудзі підвищувати ефективне використання світла за рахунок фіксації вуглекислого газу (CO_2) однією молекулою з чотирма атомами вуглецю, що і обумовлює велику продуктивність даної рослини. Кукурудза здатна за один день формувати до 220 кг сухої маси на гектар, з яких до 110 кг/га припадає на зерно між стадіями 8-го листка, початку утворення качанів та досягнення їхньої стиглості [27].

Агрокліматичні умови ґрунтово-кліматичних зон в Україні мають істотну різноманітність, кожна з яких характеризується ґрунтовими особливостями, зволоженням та температурним режимом [28-29]. Вирощування кукурудзи здійснюється фактично в усіх ґрунтово-кліматичних зонах. Зміна клімату в напрямі посушливості забезпечило найбільшу ефективність вирощування кукурудзи в зоні Полісся, яка ще 50 років тому вважалася не досить сприятливою для кукурудзи [30].

В той же час в зоні Степу вирощування кукурудзи лімітується рівнем вологозабезпечення [31-32], що створює необхідність у технологіях вирощування кукурудзи використовувати зрошення. Достатнє теплове забезпечення та зрошення створюють сприятливі умови для вирощування гібридів кукурудзи з подовженим вегетаційним періодом і високим потенціалом продуктивності [33-35].

Сьогодні в Україні та й у світі загалом перевагу надають гібридам кукурудзи, які суттєво перевищують сорти за врожайністю зерна та зеленої маси. Через те що гібридних рослин першого покоління проявляється висока життєздатність, яка обумовлена явищем гетерозису [31].

В процесі росту і розвитку рослини кукурудзи зазнають впливу значної кількості стресових ситуацій, наслідком яких є біологічні фактори ризику. Вони можуть бути як природного походження так і антропогенного [36].

Для того, щоб зрозуміти можливі стресові фактори ризику за вирощування кукурудзи, детально зупинимося на характеристиці біологічних особливостей.

За відношенням до температури кукурудза належить до групи теплолюбних культур. Для проростання кукурудзи мінімальна температура становить $+6-10^{\circ}\text{C}$, а для появи сходів – $+10-12^{\circ}\text{C}$ [37, 38]. Оптимальною для проростання насіння є температура $+18-25^{\circ}\text{C}$, температури понад 32°C подовжують проростання, а більше 35°C – взагалі його призупиняють. Для появи першої пари розвинутих листків кукурудзі необхідно отримати суму температур, яка становить 140°C [27].

Висівання насіння кукурудзи в непрогрітий ґрунт (менше $+8^{\circ}\text{C}$) сприяє подовженню тривалості проростання та знижує польову схожість рослин. Сходи у фазі 2-3 листків можуть переносити короточасні заморозки до -2°C , а за зниження температури до -3°C рослини гинуть. В Україні періодичність появи весняних заморозків становить один раз на 5-6 років [28, 36, 39, 40]. У разі зниження температури нижче -5°C , навіть кількогадинного, забезпечує вимерзання кукурудзи незалежно від фази розвитку [41, 42].

Високою холодостійкістю характеризуються ранньостиглі гібриди

кременистого підвиду. Використання інкрустованого насіння холодостійких гібридів створює можливість зберігання у ґрунті насіння впродовж 25-30 днів і після настання сприятливих температурних умов – швидкого проростання [43, 44].

За температури $+14-15^{\circ}\text{C}$ в період вегетації ростові процеси у кукурудзи сповільнюються, а за $+10^{\circ}\text{C}$ вони повністю зупиняються (ця температура вважається початковою для ростових процесів). Оптимальною для ростових процесів в період сходи – викидання волотей є температура в діапазоні – $+20-23^{\circ}\text{C}$ і до появи генеративних органів зростання температури до $+25-30^{\circ}\text{C}$ для кукурудзи не шкідливе [45]. Зростання температури у період запилення до більше ніж $+25^{\circ}\text{C}$ негативно впливає на запилення кукурудзи та життєздатність пилку [28]. За температури $+30-35^{\circ}\text{C}$ та вологості повітря менше 30 %, у період викидання волотей і цвітіння, життєздатність пилку досягає 1-2 год (за оптимальних умов життєздатність пилку під час цвітіння в середньому становить 6-10 годин) [17, 18], що викликає негативні стресові ситуації, порушення процесу цвітіння, запилення і запліднення генеративних органів рослин, через що з'являється череззерниця на качанах і насіння формується з низькими посівними якостями.

Регулюючи строки сівби можна знизити негативний вплив високих температур в період цвітіння кукурудзи [36, 46]. Ріст і розвиток кукурудзи зупиняється за максимальної температури $+45-47^{\circ}\text{C}$.

Оптимальна денна температура для ростових процесів кукурудзи ($+24-30^{\circ}\text{C}$) має чергуватися із майже в половину нижчою нічною температурою, через те що за високих температурних режимів в нічний період зростає випаровування вологи, яке супроводжується зниження кількості сухої речовини [46, 47].

До завершення вегетації і настання фізіологічної стиглості зерна із передзбиральною вологістю 35-40 %, кукурудза повинна накопичити певну суму ефективних температур, яка залежно від групи стиглості гібридів становить ФАО 200 – 1030-1090 $^{\circ}\text{C}$, ФАО 300 – 1140-1200 $^{\circ}\text{C}$, ФАО 400 – 1240-1300 $^{\circ}\text{C}$, ФАО 500 – 1360-1420 $^{\circ}\text{C}$ [48, 49].

О. П. Волощук та ін. [28] відмічають, що зниження температури до $+6,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ сприяє зупинці закладання нових листків, а за досить різких коливань нічних і денних температур сповільнюються ростові процеси і подовжується період вегетації кукурудзи. На думку Л. Чернобай [17, 18], найкраще кукурудза росте і розвивається коли температурний режим знаходиться в межах $+25-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, відхилення від даного діапазону негативно позначається на ростових процесах і навіть можуть викликати їх повну зупинку.

Варто відмітити, що до початку утворення качанів (стадія 8-го листка) кукурудза має накопичити суму температур у 700°C , а до цвітіння (стадія 14-го листка) – 1200°C . Підвищення температури посилює реакцію більшості органів рослини, зокрема листя, стебла та кореневої системи, за винятком генеративних органів. За рахунок цього спостерігається інтенсивне накопичення целюлози, і покращення продуктивності рослин та процесу переробки на біогаз та дигестат [27].

Перехід кукурудзи на автономне живлення проходить у розрізі фаз 3-8 листків, в період невисокої температури повітря, спостерігається формування кореневої системи та генеративних органів, кожен наступний листок з'являється через 6-7 діб. Розвиток в розрізі фаз 8-11 листків проходить уже за вищих температурних режимів, із появою нових листків за 1-2 доби. Зниження температурних показників нижче $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$, різкі перепади денних і нічних температур у даний період порушують розвиток кореневої системи і утворення хлорофілу, а також, негативно впливають на асиміляційні процеси, енергію росту, подовжують тривалість вегетації [17, 18]

I. Ozturk, I. S. Kristensen, S. Baby [50] встановили, що підвищення середньорічної температури до $1,5^{\circ}\text{C}$ сприятливо впливало на врожайність кукурудзи, але потепління клімату разом із прогнозованим збільшенням кількості опадів в майбутньому може негативно вплинути на вирощування кукурудзи.

Можливе зростання температури повітря під час вегетації кукурудзи може бути причиною скорочення міжфазних періодів та періоду вегетації в цілому на

10%, що в свою чергу може викликати зменшення врожайності зеленої маси кукурудзи на 4-16 % [51].

Важливим чинником реалізації потенціалу продуктивності кукурудзи є волога, зокрема нагромадження та ефективне використання вологи атмосферних опадів та [52-54]. Рівень вологозабезпечення у поєднанні із генетичними особливостями конкретного гібриду, типу ґрунту та абіотичних і біотичних чинників впливає на ефективність засвоєння елементів живлення, та й взагалі на доступність кожного елементу для рослин [55, 56].

В останні десятиліття в Україні та Світі частка посушливих явищ істотно зросла. Відповідно до даних ООН втрати врожайності сільськогосподарських культур від посушливих умов уже перевищують 20 % загальних втрат від стихійних лих. Зокрема, від посухи щорічні недобори врожаю кукурудзи складають біля 15 % або 120 млн т зерна. За низького рівня агротехніки в господарстві посуха часто стає головним чинником різких коливань урожайності. Наприклад, урожайність кукурудзи на зерно в розвинених країнах Північної Америки та Європи становить в середньому 8,7 т/га, тоді як в менш розвинених тропічних країнах Азії та Африки вона не перевищує 3,7 т/га [17, 18].

Кукурудза за відношенням до вологи належить до відносно посухостійких культур, із добре розвиненою, глибоко проникаючою (2,5-3,5 м) кореневою системою, що здатна поглинати вологу із більш глибоких ґрунтових горизонтів. Для продукування одиниці сухої речовини кукурудза використовує 140-300 одиниць вологи, що практично у два рази менше порівняно із пшеницею (420-450), ячменем (420), вівсом (450) і іншими зерновими культурами. Варто відзначити формування кукурудзою значної вегетативної маси, порівняно із іншими зерновими культурами, що збільшує потребу у волозі. За вегетаційний період, потребу кукурудзи у волозі може забезпечувати кількість атмосферних опадів на рівні 450-600 мм, із значною їх кількістю в липні-серпні [57-59].

Згідно даних К. Фукса, Й. Кастета [60] та М.М. Романенка [57] середньостиглі гібриди кукурудзи мають сумарне водоспоживання за вегетаційний період в межах 3000-5500 т/га (враховуючи вологу, що

випаровується ґрунтом).

Специфічна потреба у воді під час основного вегетаційного періоду зернової кукурудзи становить біля 22 л/м², у силосної кукурудзи – 38 л/м² (за вмісту у біомасі для закладання на силос близько 30 % сухих речовин) [27]. За вегетаційний період однією рослиною кукурудзи середніх розмірів витрачається біля 200 л води, а за густоти посіву 50 тис. рослин / га на 1 га ця кількість буде становити 10 000 т / га води [62].

Критичним періодом за вологозабезпеченням у кукурудзи є період за 10-20 діб до викидання волотей – цвітіння – 30 діб після цвітіння, на даний період припадає 40-50 % загального водоспоживання. Значна потреба у вологі в даний період пов'язана із першої половині вегетації. Дефіцит вологи в даний період, особливо який поєднується із суховіями, викликає передчасне всихання листя, в'янення рослин, зниження продуктивності фотосинтезу, порушення закономірностей процесів запліднення і формування зерна, а отже, зниження урожаю [17, 18, 61]. За тривалості ґрунтової та атмосферної посухи в даний період 2-3 доби зниження врожайності становить 20 %, а 6-7 діб – до 50 %.

Не тривала посуха в період цвітіння кукурудзи здатна негативно вплинути на протікання біохімічних процесів, сприяє появі некрозу листків, стерильності пилку, передчасному всиханню ниток качанів і т. д.. Також можуть з'являтися безплідні рослини, погіршення структури урожаю та череззерниця [17, 18, 63]. Дефіцит вологи може бути основною причиною зменшення маси тисячі насінин у кукурудзи [27], зниження транспірація води (за гострого дефіциту води листки можуть скручуватися) [3, 5, 64].

В інші періоди кукурудза найменш вимоглива до вологи, тобто до утворення 7-8 листка негативна дія дефіциту вологи майже не прослідковується. В процесі проростання кукурудза використовує 30-40% вологи від маси сухого насіння [40, 62]. Крім того через 20-30 днів після викидання та цвітіння волотей вимогливість рослин до вологи істотно знижується. В період активної вегетації (цвітіння – молочна стиглість насіння), для формування оптимального рівня врожайності кукурудзи вологість ґрунту має знаходитись в межах 75-80 % НВ [3,

5].

Як дефіцит, так і надлишок вологи негативно впливають на формування продуктивності кукурудзи. У таких умовах застою води на поверхні поля погіршується газообмін кореневої системи (дихання), знижується доступність елементів живлення, особливо фосфору кореневою системою, що негативно впливає на білковий обмін. Одним із способів боротьби із надлишком вологи є агротехнічні засоби обробітку ґрунту [27, 65, 66].

Кукурудза потребує значно більше за інші зернові культури сонячної енергії і за відношенням до світла відноситься до групи світлолюбивих рослин короткого світлового дня, що дуже негативно реагує на затінення. Найбільш інтенсивно кукурудза вегетує за тривалості світлового дня 8-9 годин, а за тривалості світлового дня 12-14 години відбувається затримка дозрівання. Адаптація кукурудзи до умов довгого світлового дня стала можливою виключно завдяки цілеспрямованій селекції. Чутливість до тривалості світлового дня чітко відображається в класифікації за FAO-числом, що визначає групи стиглості. Варто також відмітити, що скорочення тривалості світлового дня збільшує інтенсивність розвитку кукурудзи та краще впливає на рослину, порівняно із підвищенням температури. До того ж, подовження тривалості вегетаційного періоду гібридів, підсилює реакцію на тривалість світлового дня [17, 18, 27, 36].

Найкраще кукурудза реагує на інтенсивне опромінювання 700-1200 Вт/м². Чим більше рослина кукурудзи фіксує світла, тим інтенсивніше в ній відбуваються ростові процеси, формується листова поверхня, зникаються листки в міжряддях. Найкращими для реалізації потенціалу урожайності кукурудзи є поля, які знаходяться на підвищенні більше 400 м над рівнем моря, де опромінювання найбільш інтенсивніше [27].

Гібриди, які рекомендуються для вирощування в північних регіонах України повинні мати пристосування до умов довгого світлового дня. Варто відмітити, що один і той же самий гібрид у північних районах утворює більше міжвузлів і листя, ніж у південних. Інтенсивність асиміляції вуглекислого газу (CO₂) а відповідно і фотосинтетична діяльність визначаються рівнем освітлення.

В зв'язку із цим розміщення листків на рослині і площа листової поверхні має істотне значення для росту і розвитку кукурудзи. Для кукурудзи на силос оптимальний індекс листової поверхні має становити 3,0-6,0, а , для кукурудзи на зерно – 3,0-4,0 [17-18].

Регулювати ефективність використання сонячної енергії та елементів живлення рослин кукурудзи можна за рахунок оптимізації площі живлення та густоти посіву [67, 68]

Кукурудза середньо вимоглива до родючості ґрунтів, тобто вона потребує оструктурених, добре аерованих і забезпечених елементами живлення ґрунтів, але за правильного обробітку та удобрення може рости та формувати високу продуктивність майже на всіх типах ґрунтів. Для неї значення оптимальної реакції ґрунтового розчину лежить в діапазоні рН 6-7, тому на кислих ґрунтах може спостерігатися пригнічення ростових процесів. Кукурудза демонструє високу врожайність на ґрунтах із рН від 5,6 до 7,5. Якщо показник знижується нижче 5,6, урожайність суттєво скорочується, а при рН 4,0 рослини взагалі не виживають. Надмірна кислотність ґрунту призводить до знебарвлення кореневої системи та загнивання її нижньої частини [28, 69, 70].

Різні за скоростиглістю гібриди кукурудзи на утворення однієї тони врожаю (основної та побічної) засвоюють із ґрунту та різних видів добрив у середньому 17-34 кг азоту, 10-18 – фосфору, 19-36 – калію, 4-10 – магнію і кальцію, 3-4 кг – сірки [71-75], 11 г – бору, 14 – міді, 0,9-1,0 – молібдену, 85 – цинку, 110 – марганцю та 200 г – заліза [76-79]. Відповідно для поглинання такої кількості елементів живлення рослинам кукурудзи необхідно більше 50 кг води, 70 кг кисню та 210 кг вуглекислого газу [71-74, 80].

Не рекомендується висівати кукурудзу на ґрунтах із легким механічним складом та тих полях, де незначний, від поверхні ґрунту, рівень залягання ґрунтових вод. Для вирощування кукурудзи також погано підходять холодні, кислі, важкі глинисті, заболочені, засолені та торфові (де часто не вистачає міді) ґрунти [81-84].

1.2. Роль макро- і мікроелементів у технологіях вирощування зернової та силосної кукурудзи

Оптимальне забезпечення елементами живлення рослин є найбільш ефективним чинником формування високоінтенсивних агроценозів кукурудзи [62, 85, 86].

Ю. О. Лавриненко, В. Б. Рубан [87] та С. Г. Корсун, Н. Г. Буслаєва, Н.І. Довбаш [88] в своїх дослідженнях відмічають позитивний вплив застосування добрив на формування площі листової поверхні та покращення ефективності фотосинтетичної діяльності гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

Для забезпечення рослин кукурудзи макро- і мікроелементами важливе значення мають корисні ґрунтові мікроорганізми. Застосування бактеріальних препаратів, фізіологічно активних речовин та антистресантів сприяє активації у рослинах механізмів імунітету, стресостійкості та адаптивності [89-91].

В. Ф. Камінський, Н. М. Асанішвілі [26] відмічають що для формування урожайності зерна ранньостиглих гібридів на рівні 9,87-10,39 т/га необхідно застосовувати підвищені і високі дози синтетичних (мінеральних) добрив ($N_{180}P_{120}K_{180}$ і $N_{240}P_{180}K_{240}$), які поєднуються із внесенням побічної продукції попередника, застосуванням стимуляторів росту рослин для обробки насіння, ґрунтового і селективного гербіцидів, а також мікроелементів.

В живленні рослин активну участь приймають такі макроелементи, як: азот (N), фосфор (P), калій (K), кальцій (Ca), сірка (S) і мікроелементами: цинк (Zn), Mn (марганець), мідь (Cu), бор (B), залізо (Fe) та ін. [92, 93]. Навіть неістотний дефіцит елементів живлення в ґрунті може загальмовувати процеси росту і розвитку рослин кукурудзи [94, 95]. В цілому культурні рослини включають у свій склад біля 78 елементів із 108 уже відомих у природі, хоча найбільш важливими є 15 елементів: C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn, інші вважаються умовно необхідними [61, 96].

Із 32 млн. га ріллі України, відповідно до даних ННЦ «Інститут

грунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», 18 млн. га (56 %) має низький вміст рухомого цинку (біля 0,20 мг/кг), 2,5 млн. га (8 %) – рухомої міді (1,5-1,9 мг/кг), 8 млн га (25 %) – рухомого бору (0,3-0,5 мг/кг) [28].

Ефективність засвоєння елементів живлення та норми удобрення для кукурудзи залежать від біологічних особливостей гібридів, ґрунтово-кліматичних умов та технології їх вирощування [28, 97, 98].

Варто відмітити, що для живлення кукурудзи однаково важливість мають, як мікро так і макроелементи, які визначають інтенсивність ростових процесів, стійкість до стресових чинників та врожайність з якісними параметрами продукції [99, 100]. Важливим питанням для вирощування потенційних врожаїв кукурудзи є встановлення можливих взаємодій між окремими елементами живлення та надходження і переміщення їх в рослинному організмі [101]. Вирощування силосної кукурудзи потребує на 56 % більше азоту, 74 % – фосфору та на 38% – більше калію, в порівнянні із вирощуванням на зерно [102].

Н. Zhang et al. [103] в свої дослідженнях відмічають, що різні елементи живлення неоднаково впливають на поглинання, надходження, транспорт, розподіл, накопичення, функціонування інших, що визначається не лише наявністю та кількістю певних елементів у середовищі, а й співвідношенням між ними.

Дуже важливим моментом при формуванні урожайності кукурудзи є забезпечення оптимальної кількості елементів живлення в критичні фази росту і розвитку рослин [78, 104-106].

Інтенсивність засвоєння рослинами кукурудзи елементів живлення, має свої ростові закономірності, зокрема в початковий період вегетації (місяць) кукурудза росте повільно і фіксує не велику кількість елементів живлення [57, 107]. Через 35-45 діб після сходів до фази 8-10 листків на рослині, кукурудза використовує лише 2-3 % азоту, 1-2 % фосфору і 4-5 % калію від загальної кількості, яку вона споживає за весь вегетаційний період. Після даної фази і до завершення цвітіння використовує 90 % (біля 18 % – у період від 8-10 листків до викидання волоті, до 70 % – від початку фази викидання волоті до завершення

цвітіння), 80 % фосфору і 90 % калію [107-109].

Висока вимогливість кукурудзи до кількості елементів живлення обумовлюється тривалим періодом вегетації культури, здатністю поглинати елементи живлення впродовж всієї вегетації [74, 107, 110] та високим рівнем формування органічної речовини основної та побічної продукції [71, 111-113].

В процесі живлення рослин кукурудзи може спостерігатися повторне використання уже засвоєного елементу реутилізація (ремобілізація), тобто транспортування і повторне використання в інших органах [3, 114].

В. В. Лихочвор стверджує, що оптимальне забезпечення рослин кукурудзи магнієм, калієм і фосфором підвищує стійкість до дефіциту вологи, температурного стресу, кращому виповненню зерна [115]. Для засвоєння аніонів температурні коефіцієнти вищі порівняно із поглинанням катіонів. Кременисті гібриди кукурудзи найбільш чутливі до кількості рухомих форм елементів живлення [116].

Для кукурудзи існує два критичних періоди у потребі головних елементів живлення, фактично в які найбільш ефективні позакореневі підживлення посівів: перший – період формування 3-7 листків та другий період від утворення 9-10 листків до повного викидання волоті [116-118]. У *перший критичний період* (3-7 листків) закладаються генеративні органи і рослини дуже чутливі до наявності елементів живлення, особливо фосфору, марганцю, цинку та бору починається формування вторинної кореневої системи [107, 117, 119]. Фактично із фази 5-6 листків інтенсивно збільшується потреба у елементах живлення [104, 120, 121]. В *другий критичний період* (фаза 6-10 листків) відбувається інтенсивний ріст, відмирання первинної кореневої системи, активне наростання листкової поверхні рослин, надходження елементів живлення та вологи відбувається за рахунок вторинної кореневої системи, формуються генеративні органи. Для кукурудзи цей період є критичним щодо азотного живлення [76, 79, 117]. Саме в ці періоди найбільш доцільно проводити оптимізацію забезпеченості елементами живлення за рахунок листового підживлення [3, 122].

Детально охарактеризуємо особливості живлення рослин кукурудзи макро-

та мікроелементами. Макроелементи рослинами кукурудзи засвоюються в найбільшій кількості, через те що вони входять до складу значної кількості компонентів рослин, зокрема білків, нуклеїнових кислот, і хлорофілу, забезпечують протікання таких фізіологічних процесів, як фотосинтез, дихання, підтримання осмотичного тиску. Крім того варто відмітити, що кожен макроелемент здатний виконувати лише йому властиві специфічні функції.

Азот (N) найбільш важливий елемент живлення, який засвоюється впродовж періоду інтенсивного росту і розвитку рослин кукурудзи, приймає участь у формуванні білкових речовин, нуклеопротеїнів і нуклеїнових кислот, входить до складу вітамінів (із групи B), алкалоїдів, рибосом, хлорофілу та клітинної протоплазми і є найважливішим будівельним матеріалом рослин, що збільшує вегетативну масу рослин та фотосинтетичну продуктивність [62, 96, 107, 123].

За поглинанням азоту на одиницю продукції, кукурудза належить до азотофітних рослин, що обумовлюється C₄ типом фотосинтезу та природним потенціалом продуктивності (велика біомаса) [115, 124]. За ефективного використання азотних добрив урожайність кукурудзи може зростати на 43 до 68 % [125]. Наприклад, застосування під кукурудзу 200 кг/га д. р. азоту сприяє зростанню урожайності зерна на 17 і 8,5 % більше, ніж за дози азоту 100 і 150 кг/га д. р. [126].

В азоті найбільша потреба для кукурудзи спостерігається в період максимальної інтенсивності ростових процесів, що співпадає із фазою 9-10 листків до викидання волоті або на 27-45 день після сходів [60, 112, 117].

Азот стимулює ріст суцвіть, забезпечує зростання кількості квіток у них. В той же час надмірна кількість азоту може сприяти інтенсивному розвитку надземної (вегетативної) частини та кореневої системи рослин, зростанню витрати води на транспірацію, затримці проростання насіння, зниженню стійкості проти вилягання та до основних хвороб, опікам на листках та призвести до збільшення тривалості вегетаційного періоду та періоду між цвітінням жіночого та чоловічого суцвіття [62, 77, 127].

Надходження азоту до рослинного організму фактично завершується у фазу молочної та воскової стиглості зерна [78, 117, 128]. Орієнтовна потреба в азоті кукурудзи в залежності від програмованого рівня продуктивності може становити 180-250 кг/га діючої речовини [77]. На інтенсивність поглинання азоту суттєво впливає його форма, зокрема на кислих ґрунтах це переважно нітратна форма [57, 62, 110].

Застосування азотних добрив під кукурудзу найбільш ефективно можна проводити за такою схемою 30-50 % від розрахункової норми в передпосівну культивуацію та 50-70 % в підживлення. Бажано не використовувати завчасного внесення азотних добрив на схилових землях, на ґрунтах легкого механічного складу та полях із високим рівнем ґрунтових вод, де висока імовірність розвитку площинної ерозії або вимивання в ґрунтові води [57, 129].

Фосфор (P), досить важливий для кукурудзи макроелемент, який в порівнянні із азотом поглинається більш-менш рівномірно, аж до повної стиглості врожаю [107]. Він сприяє пришвидшенню перетворення азотистих речовин, вітамінів, ферментів, фітину, впливає на дихання, фотосинтез і нагромадженню в клітинах енергії потрібної для дихання, диференціацію конуса наростання та розвитку кореневої системи [62, 96, 120, 130]. Фосфор впливає на засвоєння рослинами кукурудзи цинку, за рахунок можливості утворення у ґрунті малорухомих вторинних та третинних фосфатів. Використання азоту, особливо у амонійній формі (NH_4^+), може забезпечити зростання засвоєння фосфору [131].

Важливим у фосфорному живленні є засвоєння його в перший період вегетації, що обумовлюється обмеженнями температурного режиму. Через те що в даний період рослини мають слабо розвинену кореневу систему а ґрунт ще добре не прогрівся [60, 113, 132]. Крім того засвоєння фосфору кукурудзою залежить від рівня зволоження, механічного складу, зв'язування фосфору магнієм та кальцієм, за рахунок чого утворюються фосфати магнію та кальцію, з оксидами алюмінію та заліза на ґрунтах із високою кислотністю та забезпечення рослин азотом [62, 120]. В усі періоди вегетації застосування зрошення покращує

засвоєння фосфору рослинами кукурудзи.

За дефіциту азоту рослини кукурудзи засвоюють 10 кг/га фосфору, при нестачі калію – 29 кг/га, а за фосфорного голодування – 23 кг/га. В оптимальних умовах живлення надходження фосфору до рослин досягає 33 кг/га. У період від появи волотей до жіночого цвітіння щоденне поглинання фосфору становить 1,2 кг P_2O_5 /га [62].

Дефіцит фосфору в молодих рослинах кукурудзи, пов'язаний із низькими (менше 10-12 °C) температурами, здійснює вплив на побудову пігментів, і через інтенсивний синтез антоціану рослини можуть набувати фіолетового (бузкового) кольору, так званий «холодовий стрес кукурудзи» [40, 62, 133, 134]. За значного дефіциту фосфору в рослинних тканинах нагромаджується нітратний азот і загальмовується синтез білків. Для фосфору типовим є переміщення від старих до молодих органів рослини, і повторне його використання [120].

Обмеження поглинання фосфору рослинами кукурудзи сприяє зниженню стійкості рослин до хвороб, сповільненню ростових процесів вегетативних та генеративних органів, зниженню стресостійкості [96, 107, 117, 128].

Калій (K), як антагоніст кальцію, регулює проникність клітинних оболонок, покращує водозабезпечення рослин (контролюючи закриття та відкриття продихів під час транспірації), а також впливає на врожайність, синтез хлорофілу і фотосинтетичну активність. Крім того, він підвищує якість рослин, їх стійкість до стресових факторів, сприяє гідратації колоїдів цитоплазми, покращує її водоутримуючу здатність і проникливість, а також стимулює активний синтез білків та інших органічних сполук.

В клітинному соці рослин високий вміст калію підвищує тургорність клітин, захищає її від в'янення в період дефіциту вологи та високих температур [96, 105, 133, 135], поліпшує поглинання азоту рослиною [59], відіграє важливу роль у транспортуванні речовин по рослині та активізує значну кількість ензимних реакцій. Більша частина калію, що міститься в листках, переміщується до стебла, внаслідок чого у листовій тканині зростає співвідношення Ca : Mg. Водночас до зерна потрапляє лише третина загальної кількості засвоєного

калію [62].

Калій відіграє ключову роль у синтезі та транспортуванні крохмалю й цукрів до зерна кукурудзи, підвищує стійкість рослин до вилягання завдяки зміцненню стебла та розвитку судин ксилеми. Крім того, він сприяє підвищенню стійкості рослин до стеблових гнилей і відіграє важливу роль у формуванні качанів, впливаючи на розвиток механічної тканини [77, 105, 107, 113].

Інтенсивне засвоєння калію відбувається від фази 5-6 листків до цвітіння [60, 76, 79], і до початку фази викидання волоті рослинами кукурудзи поглинається до 90 % калію [62]. У фазі викидання волоті, цвітіння, формування та наливу зерна кукурудза засвоює близько $\frac{2}{3}$ загальної потреби в калію. Щоденне споживання цього елемента рослинами становить у середньому 4 кг K_2O /га, але в окремі періоди може досягати 7,3 кг K_2O /га [62].

За нестачі в ґрунті азоту кукурудза засвоює калій (K_2O) на рівні 32 кг/га, при дефіциті кальцію – 64 кг/га, а за дефіциту фосфору – 83 кг/га. Водночас, за оптимального забезпечення рослин поживними елементами, поглинання калію може досягати 105 кг/га [62].

Оскільки більшість ґрунтів в Україні добре забезпечені калієм, товаровиробники нерідко нехтують його внесенням. Проте потреба рослин у калію така ж важлива, як і в азоті [77]. Водночас надлишок цього елемента може викликати дефіцит магнію та кальцію, а також обмежувати засвоєння бору, цинку, магнію й аміачної форми азоту [62].

Кальцій (Ca) бере участь у синтезі нуклеїнових кислот, покращує утворення хлорофілу, активізує ферменти та енергетичний обмін клітин, посилюючи метаболічні процеси. Він підвищує в'язкість цитоплазми, що сприяє стійкості рослин до посухи та високих температур, забезпечує розвиток кореневої системи та відіграє вагоме значення у процесах витягування й диференціації клітин [59, 62, 96, 136, 137].

Рослини починають потребувати кальцію вже на стадії проростання насіння, а його інтенсивне поглинання спостерігається під час інтенсивного росту пагонів. Поглинання кальцію зменшується в період наливу зерна [62, 136,

137]. За значного дефіциту кальцію в поживному розчині, особливо коли перевагу мають одновалентні катіони (H^+ , Na^+ , K^+) або катіони Mg^{2+} , порушується фізіологічна рівновага розчину. Це призводить до зупинки росту коренів, їх потовщення та руйнування кореневих волосків. Відсутність кальцію спричиняє розчинення пектинових речовин і ліпоїдів, що веде до руйнування клітинних стінок, витікання вмісту клітин і перетворення тканини на слизьку безструктурну масу [136, 137].

Дефіцит кальцію прослідковується в умовах внесення високих норм мінеральних добрив, на кислих ґрунтах [59, 115]. Дуже часто внесення кальцію асоціюється лише з вапнуванням орієнтовною нормою 3-7 т/га вапнякових матеріалів. Наразі науковці та товаровиробники обговорюють внесення кальцію як елемента живлення в кількості 200-500 кг/га.

Магній (Mg) – важливий макроелемент, що є складовою частиною хлорофілу та мітохондрій. Він бере участь у активації та зв'язуванні ензимів, зокрема в процесі фосфорилування, а також у синтезі вуглеводів і фізіологічно активних речовин, таких як вітаміни А і С. Магній забезпечує транспортування вуглеводів до підземної частини рослини, сприяючи розвитку кореневої системи, енергетичному забезпеченню клітин і переміщенню фосфору. Частина магнію залучена до складу фітину, а разом із кальцієм – до пектинових речовин клітинних оболонок [136, 137].

Дефіцит магнію для живлення рослин спостерігається за його кількості в ґрунті меншій за 2 мг на 100 г ґрунту [136, 137] та характерний він для ґрунтів легкого (піщаного) механічного складу через його вимивання і вилугування та кислих ґрунтів, де він розміщується в зв'язаному стані [76].

У рослинах кукурудзи дефіцит магнію знижує їх стійкість до хвороб [136, 137], негативно впливаючи на процеси цвітіння та запилення, виражаючись у обмеженому зав'язуванні качанів і знижуючи їх озерненість [59, 76, 136, 137].

Сходи кукурудзи уже на 8-9 день свого розвитку вимагають значного засвоєння магнію із поживного середовища. Засвоєння магнію рослинами кукурудзи має постійний та рівномірний характер майже протягом усього

вегетаційного періоду і завершується у період дозрівання плодів (зернівок) [62, 136, 137]. Найбільшу кількість магнію рослини кукурудзи потребують у період утворення та наливу зерна [60, 136, 137].

У хімічному складі зернівок може міститися 0,19 % магнію, а в стеблах – 0,26 % [60]. Магній переміщується з старих листків до молодших, а після цвітіння відбувається його відтік з листків у насіння та накопичення в зародку [136, 137].

Сірка (S) є складовою частиною майже всіх білків через наявність амінокислот, таких як цистеїн, глутатіон, метіонін, ліпоева кислота, трипептид, кофермент А, тіамін, біотин та інші. Вона бере участь у окремих окисно-відновних реакціях, а також є складовою частиною деяких вітамінів групи В і вітаміну Н (біотину). Сірка підтримує нормальний поділ клітин і формування молодих тканин, сприяє перенесенню електронів під час фотосинтезу і азотфіксації [62, 96, 128, 138], а також впливає на стійкість рослин до високих та низьких температур і дефіциту вологи (посух) [59, 138].

Дефіцит сірки призводить до зниження ефективності фотосинтезу на 40 % і вище, руйнування білків та зниження ефективності використання азотних добрив [59, 138]. Також він знижує стійкість рослин до посухи, низьких температур та хвороб, знижує розмір листків та сприяє витягуванню стебла [59], появі «череззерниці» [107, 115].

Ознаки дефіциту сірки схожі з ознаками нестачі азоту, оскільки обидва елементи мають подібні функції в метаболізмі рослин. Проте, на відміну від дефіциту азоту, який спочатку впливає на старі листки, нестача сірки починає проявлятися на молодших листках [96]. Найбільший дефіцит сірки спостерігається на дерново-підзолистих ґрунтах [59].

Впродовж вегетації вміст сірки в рослинах може коливатися, так зокрема у фазу п'яти листків кукурудзи кількість сірки складає 2000-3000 мг/кг, десяти листків – 700-3000 мг/кг, крім того в процесі дозрівання в листках концентрується лише 1000 мг/кг, у стебловій масі – 600-700 мг/кг [62]. Найбільше сірки (більше 50 %) поглинається рослинами кукурудзи в період

дозрівання (наливу) зерна. Один кілограм сірки в діючій речовині допомагає рослинам кукурудзи засвоїти 10 кг азоту (карбаміду) [104, 113, 128], а на думку інших науковців і до 20 кг азоту [79, 107, 115].

Оптимальний період для підживлення рослин кукурудзи сірковмісними мінеральними добривами – це фаза 7-8 листків. Рекомендується проводити підживлення протягом трьох тижнів, здійснюючи 1-3 внесення з інтервалом 7-8 діб [107].

Не менш важливе значення у реалізації потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи мають мікроелементи (марганець (Mn), залізо (Fe), цинк (Zn), мідь (Cu), бор (B) та молібден (Mo)), які входять у склад більше 200 різних ферментних структур, тому в разі їх дефіциту або порушення співвідношення змінюється метаболізм у рослинному організмі, які викликають втрату стійкості до хвороб і різкого зниження їх продуктивності [28, 85, 116]. Основним джерелом надходження мікроелементів у рослину є ґрунт [28].

Внесення мікроелементів потребує певної періодичності, так наприклад, бор та молібден слід застосовувати раз на три роки, а марганець і цинк – раз на шість років. Основним заходом забезпечення рослин мікроелементами є листкове підживлення під час інтенсивного росту та розвитку, коли рослини активно поглинають поживні речовини, а коренева система не завжди може забезпечити їх у достатній кількості [59, 106, 128, 139].

Надлишок або дефіцит мікроелементів (зокрема важких металів або поліютантів) однаково негативно впливають на ростові процеси рослин, адаптивні властивості, якість продукції та рівень продуктивності кукурудзи [96, 140].

Залізо (Fe) активно бере участь в обмінних процесах, перетворенні енергії, а також у регуляції процесів окислення та відновлення. Воно формує залізо-протеїди, що є складовими ферментів цитохромної системи та мають важливе значення для процесів дихання, фотосинтезу та перетворення азотних сполук [59, 62, 96].

За недостачі заліза рослини часто відстають у рості та розвитку, а квітки на

них формуються набагато дрібніші. Досить часто дефіцит заліза проявляється на ґрунтах із значною кількістю кальцію (карбонатних) або після вапнування [59, 96].

На ґрунтах добре забезпечених гумусом та нейтральною або лужною реакцією, особливо після вапнування і в умовах холодної та вологої погоди, у рослин кукурудзи часто відмічається дефіцит марганцю [28, 85]. Марганець є складовою частиною активних груп 10 ферментів, що каталізують різноманітні етапи метаболічних процесів. Він сприяє активізації багатьох ферментів, які беруть участь у процесах фотосинтезу, відновлення нітратів, нітритів та гідроксиламіну, а також у диханні. Він також впливає на синтез складних білків, амінокислот і поліпептидів, вітамінів, стимулюючи ріст рослин і сприяючи вибірково поглинанню іонів з навколишнього середовища [62, 93, 96, 141].

Більшість ґрунтів України характеризується не високим вмістом легкодоступного для рослин марганцю. Дефіцит марганцю інтенсивно проявляється на піщаних та супіщаних ґрунтах і карбонатних торфовищах. Надлишок марганцю сповільнює транспортування заліза від кореневої системи рослин до надземних органів, викликаючи при цьому розвиток залізного хлорозу. Найкраща доступність для рослин марганцю спостерігається за оптимального значення кислотності ґрунту рН – 5,0-6,5 [57, 141].

Бор (В) забезпечує протікання значної кількості фізіолого-біохімічні процесів, приймає активну участь у синтезі вуглеводів (цукрів, крохмалю тощо), їх перетворенні та транспортуванні. Він забезпечує білковий обмін, сприяє синтезу і функціонуванню нуклеїнових кислот (ДНК і РНК), а також енергетичних процесів у клітинах. Бор стимулює синтез фітогормонів (ауксинів), що регулюють ріст, активує ферменти та сприяє накопиченню вітамінів у рослинах, підтримує синтез хлорофілу та асиміляцію CO_2 , позитивно впливає на розвиток всієї кореневої системи і особливо молодих коренів, а також на формування та розвиток квіток, пилку (сприяє зростанню фертильності) [96], запилення (поліпшує проростання пилку в пилкових трубках) і зав'язування качанів, що сприяє підвищенню зернової продуктивності [96, 105, 107, 142].

Через дефіцит бору дуже часто проходить скорочення довжини міжвузль, качани при цьому формуються деформованими і частково без насіння [28, 143].

Товаровиробники сільськогосподарської продукції, що застосовують органічні добрива у вигляді рідкої гноївки, зазвичай не стикаються з проблемами забезпечення рослин кукурудзи бором і в деяких випадках можуть навіть мати надлишок цього елемента. Однак на кислих та легких за механічним складом ґрунтах виникає високий ризик вимивання бору [77, 144]. Дефіцит бору гальмує ростові процеси рослин, викликаючи вкорочення міжвузлів, деформацію качанів, які частково можуть не містити насіння. На листках спостерігаються сірі продовгуваті некротичні плями, для молодого листа можливе скручування і зменшення у розмірах [59, 96].

Бор у рослинах практично не переміщується з нижніх частин до апікальних меристем (точок росту), тобто не реутилізується. До фази 10-14 листків кукурудзи поглинається більше $\frac{1}{3}$ від загальної кількості бору. Процес поглинання бору триває недовго – близько 65 % бору надходить у рослини впродовж лише $\frac{1}{3}$ вегетаційного періоду [3, 145, 146]

Цинк (Zn) є одним із найбільш необхідних мікроелементів для кукурудзи, входить до складу численних ферментів, які регулюють вуглеводневий, ліпідний і фосфорний обмін, а також біосинтез вітамінів. Цинк бере активну участь в формуванні хлорофілу та синтезі вітамінів групи В, В6, Р та С [76, 112], впливає на ростові процеси рослин, підвищуючи їх стійкість до несприятливих чинників, зокрема високих температур та заморозків [60, 75, 128, 138, 141].

Даний мікроелемент впливає на формування та накопичення органічних сполук, а також сприяє засвоєнню азоту, калію, марганцю та молібдену [141]. Зосереджуючись у ядрі та мітохондріях, він приймає участь у діленні клітин та формуванні мітохондрій, а також сприяє синтезу гормону росту – ауксину [76, 93, 96, 112].

Високі концентрації цинку можуть пригнічувати ростові процеси та знижувати урожайність кукурудзи, зокрема через зменшення активності транспорту асимілянтів, дефіцит заліза та міді, а також зниження поглинання

калію, фосфору, азоту та кальцію. Вони негативно впливають на процес наливу зерна, зменшують засвоєння амонійного азоту і підвищують поглинання нітратного азоту. Існує антагоністичний вплив цинку на засвоєння та надходження до рослинного організму фосфору [57, 62].

В рослинах кукурудзи дефіциту цинку зустрічається на легких піщаних та супіщаних, а також карбонатних ґрунтах із нейтральною або слаболужною реакцією, при цьому качани на рослинах можуть не зав'язуватися [76, 78], спостерігається розетковість та вогнища некрозу на листі [141]. Недостатня кількість цинку притаманна для 90 % площ ґрунтових відмін України, особливо за насичення сівозмін цукровими буряками, які виносять з урожаєм значну його кількість. Внесення цинквмістних добрив проводять за вмісту цинку у ґрунтів нижче 0,2-0,3 мг/кг, нормою внесення 3-10 мг/га та шляхом передпосівної обробки насіння з розрахунку 30-50 г сульфату цинку [61].

Мідь (Cu) є складовою частиною багатьох ферментів, активує білковий і вуглеводний обмін, а також позитивно впливає на синтез білка та фотосинтез [96]. Вона підвищує інтенсивність дихальних процесів у рослинах, сприяє зростанню урожайності та покращує формування генеративних органів. Мідь також впливає на розвиток і структуру клітин та тканин у рослинах, збільшує стійкість до бактеріальних та грибкових хвороб, а також підвищує стійкість до вилягання, забезпечує зміцнення клітинних стінок, що покращує її міцність і здатність протистояти негативним чинникам [76, 79, 96]

Дефіцит міді часто спостерігається при внесенні високих доз азотних та фосфорних добрив, вапнуванні ґрунтів, а також за умов сухої і спекотної погоди, коли температура ґрунту та повітря істотно зростають відносно оптимальних параметрів для росту і розвитку кукурудзи [59, 96, 147].

За нестачі для рослин кукурудзи міді сповільнюються ростові процеси, відбувається формування укорочених міжвузлів стебла, а верхівки молодих листків нахилиються. Листя набуває блілого забарвлення, краї його засихають. Мідь сприяє підвищенню стійкості рослин до вилягання, низьких температур (особливо на ранніх етапах розвитку), а також до посухи та високих

температурних режимів [3, 148]. Концентрація міді у рослинному організмі нижче 5 мг/кг сухої речовини негативно позначається на розвитку рослин, в той час як перевищення 10-20 мг/кг вважається пороговим рівнем [28, 149].

Оскільки мідь у рослинах малорухома, її дефіцит першочергово відображається на молодих листках. Їхні кінчики біліють і закручуються, краї набувають жовтого відтінку, а згодом і відмирають. Волоть утворює слабо розвинені або повністю безплідні колоски, що призводить до явища, відомого як «лейкоз», або мідне голодування рослин [59, 96].

1.3. Перспективи використання дигестату у системі удобрення кукурудзи

В Україні для ефективного відновлення запасів гумусу в ґрунті та інтенсивного ведення аграрного виробництва необхідно щорічно вносити 320-340 млн. т органічних добрив, які отримували за рахунок вітчизняного тваринництва [150]. Але на разі поголів'я тварин в Україні різко скоротилося і спостерігається необхідність пошуку нових видів добрив, зокрема і використання дигестату [151].

Зростання показників використання енергії у всіх галузях народного господарства, глобальне потепління, зміна клімату та обмеженість викопних видів паливних ресурсів створює необхідність розвитку фітоенергетики для відновлювальних джерел енергії, зокрема біогазу, біоетанолу, біодизелю та ін. [152-155].

Україна як аграрна країна із потужно розвиненим сільськогосподарським виробництвом біомаси сільськогосподарських культур має вагомий потенціал виробництва біогазу. Використання силосної маси кукурудзи крім згодовування тваринам, можливе в якості сировини для виробництва біогазу в біогазових станціях і отримання дигестату (біоорганічного добрива), але за умови зростання

урожайності силосної маси [156]. Дигестат, що отриманий анаеробним зброджуванням кукурудзяного силосу, містить значну кількість полімерів клітинної стінки, які можуть використовуватися в процесах біопереробки, наприклад під час виробництва етанолу та ксилоолігосахаридів [157].

Використання силосної кукурудзи як сировини для виробництва біогазу та отримання дигестату обумовлюється високою врожайністю зеленої маси [158, 159], високою фіксацією вуглецю (C_4 тип фотосинтезу) навіть в умовах глобального потепління [160], значним поширенням кукурудзи у світі [161], стійкістю до посухи, високих температур і дефіциту поживних речовин [162]. Навіть за урожайності силосної кукурудзи 40-45 т/га з площі посіву 500 га кукурудза здатна забезпечувати сировиною для безперебійної роботи біогазового реактору потужністю 1 МВт [163]. Орієнтовна кількість побічних відходів (дигестату) від роботи біогазової станції потужністю 1 МВт складає біля 100 м³ на добу, а за рік 40-50 тис. т такого дигестату [164].

Враховання можливості використання відходів кукурудзи у якості субстрату для коферментації жиромісних відходів, застосування дигестату як біоорганічного добрива у технологіях вирощування культурних рослин забезпечує замкнений цикл виробництва: ґрунт – рослина – біогазова станція – дигестат – ґрунт [165].

Впровадження біогазових технологій сприяє вирішенню питань екологічної та продовольчої безпеки, біологізації технології вирощування та сталого розвитку аграрного сектору. Переробка органічних відходів (тваринницького та рослинницького походження) істотно знижує антропогенне навантаження на навколишнє середовище. Зокрема у країнах Європейського Союзу в 2021 році було перероблено 211,3 млн т сировини для одержання біля 176,4 млн т дигестату [167-169]. Україна також має істотний енергетичний потенціал фітомаси – 118 810 тис. т, але використовує лише 11,3 % [170].

Дигестат – це анаеробно зброджена біомаса, яка залишається після анаеробного зброджування субстратів різного генезису в біогазових установках [171-173]. В процесі анаеробного зброджування у біогазових

реакторах відбувається розкладання лише біля 30 % органічних компонентів, таким чином після закінчення процесів зброджування маса вихідного субстрату зменшується всього на 3-5 % [174-176].

У зарубіжній та вітчизняній літературі дигестат позначають різними термінами: біодобриво, біогазовий осад, ефлюент, дигестат, біошлам [177].

Переброджений шлам (дигестат) є високоефективним незараженим біоорганічним добривом, яке здатне поповнювати ґрунт поживними речовинами і лігніном як основу формування гумусу [178-180]. Втрата 0,1 % гумусу ґрунту знижує урожайність зерна на 50 кг/га [181, 182].

Анаеробне збродження відходів тваринництва та рослинництва є ефективною біоенергетичною технологією для виробництва біогазу [183]. Згідно з оцінками експертів, приблизно одну третину потреби ЄС для відновлюваних джерел енергії на транспорті можна було б забезпечити за рахунок використання біогазу, виробленого з біовідходів.

Фізико-хімічні властивості дигестату визначаються складом та походженням вихідної сировини, а також умовами процесу збродження. Відходи сільського господарства, як правило, містять значну кількість лігноцелюлози. У цій жорсткій структурі лігнін оточує целюлозу та геміцелюлозу, перешкоджаючи їх розкладу анаеробними бактеріями [184, 185].

Використання дигестату у технологіях вирощування сільськогосподарських культур є найкращим способом його утилізації, оскільки значна кількість поживних речовин повертається в біоцикл, зростає накопичення органічного вуглецю та біогенних елементів у ґрунті [178, 180].

Силосна маса кукурудзи, в порівнянні із іншими біоенергетичними рослинами, характеризується не високою затратністю на її отримання і зберігання та значним виходом біометану – 52-58 %. Вихід біогазу (біометану) з 1 тони силосу кукурудзи може коливатися в межах 200-450 м³ [7, 186], пшениці – 384-426 м³ [187, 188], сорго – 236-428 м³ [189], соломи злакових культур – 242-324 м³, багаторічних трав – 298-467 м³ [188] соняшнику – 177-400 м³ [190-191], конопель – 355-409 м³ [192]. Також, останнім часом, для виробництва біогазу та

отримання дигестату в якості сировини можуть використовуватися нові культури, такі як кенаф (*Hibiscus cannabinus*) і амарант (*Amaranthus cruentus*) та інші [193]. Для анаеробного зброджування в біогазових реакторах можуть використовуватись також ячмінь, тритикале, коренеплоди, картопля [194-195], злакові трави [196].

Варто відмітити, що не кожен вид сировини в однаковій мірі придатний для прямої моноферментації через дисбаланс співвідношення поживних речовин, відсутність різноманітних мікроорганізмів і негативний вплив на сам процес. Дуже часто використовується сумісне поєднання двох або більше видів сировини [197-199].

Основним елементом процесу комплексного зброджування є правильний відбір ко-субстратів зі збалансованим складом основної сировини процесу, з необхідним балансом поживних речовин, співвідношенням C / N і можливістю розчинення сполук, які інгібують або токсичні для процесу бродіння, за використання основної біомаси [200, 201].

Для виробництва біогазу і відповідно отримання дигестату важливе значення має характеристика попередньої підготовки до зброджування біомаси, зокрема збирання, силосування та зберігання силосної маси. Також на якість біомаси значний вплив мають генетичні особливості гібридів, технології вирощування та ґрунтово-кліматичні умови зони [202].

Для якісного анаеробного зброджування речовини в біогазових реакторах, в якості підготовчих етапів використовують регулювання тиску температури, додавання хімічних (NaOH і H_2SO_4) речовин [203, 204].

Для анаеробного зброджування сировини багатой на лігнін, геміцелюлозу та целюлозу високу ефективність мають грибові мікроорганізми відповідних штамів, які за допомогою ферментів розчиняють ці сполуки [205-207].

Після анаеробного зброджування в біогазовій установці зменшується кількість патогенних мікроорганізмів, знищуються яйця і личинки гельмінтів, насіння бур'янів. Спостерігається загибель 90 % патогенних мікроорганізмів, які здатні викликати інфекційні хвороби людей і тварин [208-210].

Інтенсивність розкладання рослинницьких та тваринницьких відходів (біоконверсія) залежить від експозиції. Як правило, у виробництві для отримання якісних біоорганічних добрив (дигестату) використовують мезофільний режим збродження (40-45 °C), за тривалості експозиції 20-22 доби та рівня біоконверсії органічної речовини – 30-33 % [164]. Необхідно зазначити, що в біогазових установках безперервної і квазібезперервної дії деяка частина субстрату може залишатися в не перебродженому стані. За психрофільного температурного режиму, в установках періодичної дії середня тривалість бродиння субстрату становить 30-40 і більше діб, за мезофільного режиму – 10-20 діб, термофільного – 5-10 діб [212].

Під час анаеробного зброджування тваринницьких відходів у біогазових реакторах утворюється біогаз і проходить розклад складних органічних речовин до простіших сполук. При цьому зростає вміст аміачного азоту на 10-70 %, а співвідношення C/N знижується завдяки вивільненню частини вуглецю з біогазом, досягаючи оптимального рівня 20-30 для метанового бродиння. Крім того, істотно зменшується кількість патогенних мікроорганізмів і життєздатного насіння бур'янів під впливом температури (+38-40 °C) та кислотності в метантенку протягом тривалого періоду (не менше 25-30 діб). У процесі анаеробного метанового зброджування органічних відходів аміак вивільняється з органічних азотистих сполук і, взаємодіючи зі сполуками фосфору та калію, що містяться в субстраті або утворюються під час розкладу, перетворює перероблену масу на біоорганічне добриво (дигестат), збагачене поживними речовинами. Одночасно розкладаються органічні сполуки, які спричиняють неприємний запах у вихідному матеріалі, що значно зменшує його запахові характеристики [212, 213].

В біогазовій установці в процесі поділу осаду отримується тверда фракція (погазований шлам) і рідка (фугат) частина дигестату, які є органо-мінералізованим добривом, що можна використовувати для прикореневого підживлення сільськогосподарських культур, нормою 500-1000 л на 1 гектар [214-216], як компонент компостів, особливо для твердої фракції дигестату [217,

218].

Використання дигестату у рослинництві передбачає підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, збереження родючості ґрунтів та можливості часткового або повного заміщення використання мінеральних добрив [219, 220]. Оскільки на думку В. Д. Паламарчука, В. Ю. Кричковського [221] тривале застосування синтетичних (мінеральних) добрив викликало інтенсивну мінералізацію органічної речовини та зменшенню гумусу, який є фундаментом основних агрономічно-цінних властивостей ґрунту та його родючості [180, 221], обмежується рухомість основних мікроелементів [7].

Дуже часто у технологіях застосування дигестату спостерігається не дотримання рекомендованої норми внесення, особливо на полях які знаходять близько від біогазових станцій, що не потребує додаткових затрат на транспортування даного біоорганічного добрива. Це в свою чергу створює шкідливу концентрацію поживних речовин у ґрунті та забруднює навколишнє середовище [222, 223], шляхом вимивання поживних речовин із ґрунту, накопичення їх в ґрунтових водах забруднюючи прилеглі річки та негативно впливаючи на розвиток водних флори і фауни [224, 225].

Вирішення питання ефективного використання дигестату на всій площі, не залежно від відстані від поля, стає можливим за рахунок фракційного поділу на рідку та тверду фази із подальшою фільтрацією [180, 225]. Для внесення рідкої фракції дигестату є обмеження по відстані до поля від біогазового заводу – 30-40 км.

П. Кучерук [226] відмічає, що внесення на поля без попередньої обробки «сирого» дигестату в якості біоорганічного добрива є найпростішим способом, що має ряд обмежень та недоліків. Біогазові станції працюють цілий рік, а необхідність накопичувати дигестат є у період між осіннім та весняним внесенням на поля у спеціальних спорудах «лагунах».

Тривале зберігання дигестату у відкритих лагунах сприяє осіданню та накопиченню твердих часток на дні лагуни, підвищує кількість викидів в навколишнє середовище (атмосферу) парникових газів, зокрема метану (до 10 %

його потенціалу у сировині), через те що в лагунах та навіть і на полях після внесення, продовжується процес розкладу, оскільки в біогазовому реакторі зброджується не більше 50 % органічних речовин. Рідка фракція дигестату при цьому добре збагачена азотом та калієм і має 1-8 % сухих речовин, тверда фракція насичена вуглецем та фосфором і включає 20-40 % сухих органічних речовин [227-229].

В порівнянні із мінеральними добривами, що засвоюються лише на 35-50 %, дигестат (органомінералізоване добриво) практично повністю засвоюється кореневою системою культурних рослин. Крім того в ньому значна кількість азоту міститься в амонійній формі, що становить 24 % і навіть 50-75 % від загальної кількості азоту в органічній формі. У збродженому осаді аміак окислюється швидше, що сприяє загальній мінералізації азоту та активізації процесів денітрифікації. Фосфор у ньому переважно представлений у формі фосфатів і нуклеопротеїдів, а калій міститься у вигляді легкозасвоюваних солей, що підвищує їх доступність для рослин. Під час ферментації у біогазових реакторах вміст калію майже не змінюється, водночас кількість засвоюваного фосфору зростає вдвічі. Крім того, у погазованому шламі міститься кальцій (1,0-2,3 %), магній (0,3-0,7 %) і сірка (0,2-0,4 %) [230, 231].

Важливо також відмітити важливе значення при застосуванні дигестату, продукту ферментації з виробництва біогазу, у виробництві органічної продукції. За рахунок вмісту легкодоступних форм азоту (2,3-4,2 кг/т), фосфору (0,9-2,5 кг/т), калію (1,3-8,8 кг/т), сірки та мікроелементів, дигестат є повноцінним добривом, яке дякуючи своїм властивостям може замінити синтетичні мінеральні добрива [165, 232, 233].

Дигестат містить органічний вуглець, зокрема у вигляді гумінових сполук (1-3 % від маси), а також характеризується високою часткою доступного для рослин азоту (на 10-70 % більше, ніж у незброджених матеріалах). Він має оптимальне для ґрунту співвідношення C:N і нейтральну або слаболужну реакцію рН 6,8-7,5 [212, 234, 235]. У рідкій фракції дигестату міститься 0,21 % гумінових кислот і 0,07 % фульвокислот, тоді як у твердій їх концентрація значно

вища – 1,87 % і 0,94 % відповідно. Крім того, співвідношення вуглецю до азоту в дигестаті варіюється від 20:1 до 30:1, що вважається оптимальним для ґрунтових умов [164]. Органічна компонента дигестату покращує гуміфікацію, родючість ґрунту та зв'язує важкі метали у ньому [236, 237].

Органічна речовина ґрунту відіграє ключову роль у покращенні живлення рослин, сприяючи формуванню сприятливих фізико-хімічних властивостей ґрунту та підвищуючи рухомість різних хімічних елементів, оскільки найважливіші процеси в ґрунті безпосередньо пов'язані з органічними сполуками [214].

У зв'язку з високою вартістю мінеральних добрив з'являється необхідність використовувати альтернативні джерела для підвищення продуктивності кукурудзи [238].

Оптимізація забезпечення рослин кукурудзи макро- та мікроелементами подовжує тривалість активності фотосинтетичного апарату рослин та покращує асиміляцію органічної речовини на високому рівні [239].

В Україні через військову агресію росії гостро постала проблема наслідків бойових дій, які впливають на всі компоненти екосистеми. Це стосується зростання кількості у ґрунтах, які зазнали впливу військових дій, концентрації кадмію, нікелю, свинцю, марганцю, цинку, заліза та міді [240, 241].

В складі дигестату присутня значна кількість корисних мікроорганізмів [208, 242], а як нам відомо саме мікроорганізми у фітореMediaції ґрунтів відіграють вирішальну роль зв'язуючи токсичні речовини в процесах власного метаболізму [243]. Тому внесення дигестату забезпечує покращення мікробної активності ґрунту [244] та забезпеченість рослин фосфором [245].

Властивості та якість отриманого дигестату в основному залежать від типу використовуваного субстрату для анаеробного зброджування. Через це і система підготовчих заходів для дигестату має визначатися показниками рН, вмісту вуглецю, азоту, фосфору, важких металів тощо. На сьогодні основними джерелами отримання дигестату є відходи рослинництва (стебла кукурудзи, силос, побічна продукція), тваринництва (гній свиней та великої рогатої худоби,

курачий послід), харчові відходи та осад стічних вод з очисних споруд. Окрім того, спільне зброджування різних видів відходів (наприклад, рослинних решток та гною) дозволяє досягти кращих результатів у виробництві біогазу та поліпшити якість дигестату [246, 247].

Концентрація загального азоту в рідкій фракції дигестату може коливатися в межах від 1000 до 3100 мг N/л, із якого основну частку займає амонійний азот [248, 249]. В той же час фільтрати від зневоднення дигестату містять високі концентрації фосфору біля 1500 мг P/л, з низькою концентрацією органічної речовини [248, 250].

Дигестат біогазових станцій, не зважаючи на високу цінність в якості комплексного біоорганічного добрива, що включає мікро- та макроелементи, органічний вуглець, необхідні для забезпечення ростових процесів рослин, має і ряд негативних властивостей, що обмежують його комерціалізацію та застосування. Основною проблемою є нестабільність фізико-хімічних властивостей дигестату, що обумовлена рядом факторів: варіативністю складу вхідної сировини та обсягів її завантаження в метантенк, складністю контролю за біохімічними процесами, що відбуваються під час анаеробного бродіння, а також залишковою хімічною та біологічною активністю після ферментації. Все це в кінцевому результаті може знижувати конкурентоспроможність дигестату. Також в Україні відсутній єдиний підхід до сертифікації дигестату, що також обмежує його використання [251, 252].

В складі дигестату можуть бути і негативні компоненти, такі як: патогени, залишки фармацевтичних препаратів, антибіотики, бур'яни [253, 254], пестициди, важкі метали тощо [210], що створює певні обмеження у застосуванні дигестату із окремих видів субстрату. Через це дигестат, в залежності від типу використовуваної сировини, технологічних режимів і параметрів процесу анаеробного зброджування, може потребувати попереднього очищення перед внесенням у ґрунт. Підготовка включає три основні групи методів: фізичні (опромінення, подрібнення, паровий вибух, вплив мікрохвиль, обробка гарячою водою), хімічні (кислі, лужні, окиснювальні обробки, розчин амоніаку,

неорганічні солі) та біологічні (ферментативні або грибові обробки) [180, 237].

Приклади ефективного використання дигестату (органо-мінералізованого добрива) для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур відмічають вчені України, Латвії, Казахстану та Киргизстану. Зростання урожайності, при цьому, для пшениці складає 15-30 %, кукурудзи на силос – на 70-80 %, кукурудзи на зерно – на 49 %, картоплі – на 100-150 %, ягід – на 60-100 % [208, 255].

Внесення дигестату в нормі 2 т/га рідкої фракції та 15 т/га твердої фракції відповідно, на посівах пшениці сприяє інтенсифікації ростових процесів на 4,74-7,23 %, кукурудзи – на 10 % [165].

За даними В.Д. Паламарчука [256], внесення дигестату (Ефлюент) та мінеральних добрив забезпечує зростання урожайності кукурудзи на 2,93-5,92 т/га, порівняно із контролем.

Зростання продуктивності сільськогосподарських культур від застосування дигестату може складати 10-50 % [5, 177, 208].

Внесення дигестату в ґрунт в процесі вирощування сільськогосподарських культур сприяє покращенню біосинтезу біологічних стимуляторів росту, зокрема ауксинів. Це, в свою чергу, пришвидшує засвоєння карбону та азоту, що стимулює ріст і поділ клітин, сприяє утворенню бічних коренів і розвитку плодів [230]. Зокрема, внесення збродженого осаду з біогазових станцій (дигестату) сприяє значному зростанню врожайності: картоплі на 30 %, багаторічних злакових трав для газонів – в 3 рази, розсади капусти та томатів – на 12-15 %, та біомаси рослин в цілому – на 30-50 % [214].

Застосування дигестату отриманого шляхом збродження гною ВРХ в біогазових станціях позитивно впливало на продуктивність сафлору [257], цибулі-порей [258], цибулі на перо [259], кукурудзи [260].

F. Montemurro, S. Canali, G. Convertini, C. Vitti [230] відмічають, що при вирощуванні люцерни не було виявлено значної різниці в сумарній сухій вазі рослин за рахунок застосування дигестату та мінеральних добрив. Однак, середня продуктивність грятіці збірної за внесення дигестату була вищою: в

перший рік на 41,3 %, а в другий рік – на 23,0 %.

Згідно даних S. Wentzel, R. G. Joergensen [261], використання дигестату (твердої фракції) при вирощуванні італійського райграсу сприяло збільшенню середньої загальної надземної біомаси рослин на 66 %, тоді як несепарований дигестат збільшив її на 35 % порівняно з контролем, де добрива не вносилися. Застосування дигестату не тільки покращує розвиток біомаси рослин, а й сприяє підвищенню родючості ґрунтів.

Високий вміст азоту і лігніну у твердому дигестаті отриманого із силосу кукурудзи робить його досить привабливим субстратом для вирощування їстівних і лікарських грибів [262].

Висновки до розділу 1

Узагальнюючи дані огляду наукової літератури, можна зробити такі висновки:

Вивчення можливості пошуку оптимальних рішень щодо системи удобрення кукурудзи, шляхом врахування біологічних особливостей культури, властивостей основних елементів живлення та використання нових біоорганічних добрив таких як дигестат в умовах різних агрокліматичних зонах України має не лише наукову, а й практичну цінність. Численними дослідженнями доведено важливість системи удобрення у реалізації генетичного потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи, покращення якості отримуваної продукції та можливості розширення напрямків її використання.

Отже, аналіз даних літературних джерел вказує на те, що в умовах постійного зростання цін на енергоресурси та мінеральні добрива важливим є пошук технологічних рішень для вирощування кукурудзи на зерно та силос, які б дозволяли забезпечувати високу ефективність та підвищувати продуктивність посівів. Також важливо враховувати потенціал використання кукурудзи в біоенергетичних цілях, що сприятиме зменшенню залежності від традиційних джерел енергії та підтримці сталого розвитку агросектору. Через це необхідно провести дослідження ряду питань, які на разі неповністю вивчені, а саме:

- оцінити вклад біологічних особливостей кукурудзи в показники рівня засвоєння основних елементів живлення при застосуванні дигестату;

- встановити особливості ростових процесів у кукурудзи та формування урожаю зерна, залежно від застосування різних варіантів удобрення, що передбачають внесення дигестату у різні строки;

- провести дослідження якісних показників урожаю кукурудзи, з метою встановлення оптимальних напрямків переробки продукції залежно від досліджуваних факторів та встановити вплив дигестату на особливості накопичення органічного вуглецю у ґрунті.

Тому, встановлення закономірностей росту, розвитку та формування продуктивності рослин кукурудзи залежно від системи удобрення та внесення дигестату є важливим як з теоретичної, так і з практичної точки зору. Це дозволяє краще розуміти, як органічні добрива, зокрема дигестат, можуть впливати на ріст та врожайність кукурудзи, а також на покращення родючості ґрунтів. Розробка оптимальних систем удобрення допоможе підвищити ефективність використання ресурсів, знизити витрати на мінеральні добрива та збільшити екологічну сталість сільськогосподарського виробництва. Різні твердження вітчизняних та зарубіжних вчених з окремих питань продуктивності гібридів та якості зерна та зеленої маси, підтверджують актуальність та необхідність подальших досліджень з даної проблеми.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтово-кліматичні умови Правобережного Лісостепу України

Польові дослідження проводились впродовж 2023-2025 рр. на дослідному полі кафедри рослинництва та садівництва факультету агрономії, садівництва та захисту рослин ННІ Агротехнологій та природокористування на базі ТОВ «Органік-Д» Вінницького національного аграрного університету.

Протяжність зони Лісостепу України становить більше 1 тис. км від Карпатських районів до східних кордонів України, за площею вона сягає понад 20,1 млн. га, або 33,6 % території держави. Формування ґрунтових відмін зони відбулося в умовах нестабільного зволоження, шляхом поєднання дернового та підзолистого процесів [263]. Сірі лісові та чорноземні ґрунти є найбільш поширеними для Вінницької області, зокрема центральної її частини, там де розташоване дослідне господарство.

Ґрунти дослідної ділянки – сірі лісові сформовані на лесі та лесовидних суглинках. Механічний склад даних ґрунтів середньо-суглинковий, товщина орного горизонту досягає 30 см. За агрохімічними показниками сірий лісовий ґрунт має такі значення вміст гумусу (за Тюрнімом) становив 1,5-2,3 %; вміст

азоту – 9,6-14,3 мг/100 г ґрунту (за Корнфілдом), рухомого фосфору – 7,5-13,9 і обмінного калію – 10,3-23,0 мг/100 г ґрунту (за Чириковим) (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Загальний вигляд сканера ґрунту Soil Scanner (AgroCares)

В процесі проведення досліджень визначали також вміст органічного

вуглецю у ґрунті шаром 30 см. Визначення агрохімічного складу ґрунту проводили у акредитованій та сертифікованій агрохімічній лабораторії KernelLab та за допомогою приладу Soil Scanner (AgroCares) (рис. 2.1). Для відбору зразків ґрунту використовували мобільний, автоматичний, гідравлічний пробовідбірник на базі вантажного автомобіля компанії Френдт (Frendt) – Amity 2450.

Мікробіологічний склад ґрунту здійснювали у сертифікованій лабораторії ТОВ «Центр лабораторних досліджень та розробок «МІКРОБІО ЛАБА».

Дигестат використаний у дослідженнях отриманий шляхом 14-денного анаеробного збродження свинячого гною у біогазовому реакторі (табл. 2.1.).

Таблиця 2.1

Вміст у дигестаті біогазових станцій на основі свинячого гною макро- та мікроелементів, (за 2019-2025 рр.)

№ з/п	Назва показника, одиниці виміру	Результати випробувань
1.	pH <small>сольове</small>	8,2-8,5
2.	Масова частка вологи, %	97,5-98,4
Вміст макроелементів:		
1.	Загального азоту, кг/т	2,9-4,1
2.	Рухомого фосфору (P ₂ O ₅), кг/т	0,9-1,3
3.	Рухомого калій (K ₂ O), кг/т	1,8-3,2
4.	Сірки у вигляді SO ₃ , кг/т	0,54
5.	Магнію (MgO), кг/т	0,42-0,52
6.	Кальцію (CaO), кг/т	1,1-3,5
Вміст мікроелементів:		
1.	Міді, мг/кг	4,6-19,0
2.	Цинку, мг/кг	32,0-43,0
3.	Марганцю, мг/кг	14,9-20,0
4.	Заліза, мг/кг	45,1-120,0
5.	Молібдену, мг/кг	0,23

Джерело: за даними Сервісно-аналітичного центру Відокремленого структурного підрозділу ТОВ «ФАБРИКА АГРОХІМІКАТІВ» «ІНСТИТУТ ЗДОРОВ'Я РОСЛИН»

Свинячий гній отримували від свиней які мали пробіотичний тип годівлі без використання в раціоні антибіотиків, для кращої діяльності метантекових

мікроорганізмів. Отриманий дигестат містив макро- (азот, фосфор, калій, кальцій, магній та сірка) та мікроелементами (мідь, цинк, марганець, залізо та молібден) і характеризувався позитивним мікробіологічним складом (табл. 2.1).

Відмічено, що застосування дигестату позитивно впливало на мікробіологічний склад ґрунту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

**Мікробіологічний склад ґрунту залежно від застосування дигестату,
(за 2024 рік)**

№, з/п	Показники	Варіант досліджу	
		без внесення дигестату	внесення дигестату
Визначення швидкості мікробіологічного дихання ґрунту			
1	Базальне дихання, мг СО ₂ /кг ґрунту/год	11,0	12,1
2	Субстрат-індуковане дихання, мгСО ₂ /кг ґрунту/год	38,5	25,3
3	Коефіцієнт мікробного дихання	0,29	0,47
Визначення еколого-функціональних груп ґрунтових мікроорганізмів			
1	Олігонітрофільні та азотфіксувальні бактерії, КУО/г	3,82*10 ⁷	5,75*10 ⁷
2	Фосфатмобілізувальні бактерії, КУО/г	5,11*10 ⁶	1,67*10 ⁶
3	Стрептоміцети, КУО/г	7,48*10 ⁶	8,63*10 ⁶
4	Педотрофи, КУО/г	7,48*10 ⁷	4,83*10 ⁷
5	Амоніфікатори, КУО/г	3,28*10 ⁷	1,84*10 ⁷
6	Амілолітичні бактерії, КУО/г	8,11*10 ⁷	3,74*10 ⁷
7	Оліготрофи, КУО/г	1,26*10 ⁷	8,28*10 ⁶
8	Мікроміцети, КУО/г	2,59*10 ⁵	2,76*10 ⁵
9	Целюлозолітичні бактерії, КУО/г	2,82*10 ⁴	1,15*10 ⁴
10	Целюлозолітичні мікроміцети, КУО/г	3,16*10 ⁴	1,61*10 ⁴
11	Нітрифікатори, КУО/г	9,5*10 ⁵	9,5*10 ⁵
Санітарний стан ґрунту			
1	Salmonella spp	не виявлено	не виявлено
2	Clostridium perfringens	не виявлено	не виявлено
3	Бактерії групи кишкової палички, КУО/г	4,31*10 ⁵	1,0*10 ⁵
4	Escherichia coli	не виявлено	не виявлено
5	Термофільні бактерії, КУО/г	1,96*10 ⁴	2,0*10 ⁴
6	Токсичність ґрунту до мікроорганізмів	не виявлено	не виявлено

Джерело: за даними ТОВ «Центр лабораторних досліджень та розробок «МІКРОБІО ЛАБА»

За реакцією розчину отриманий дигестат отриманий дигестат характеризувався лужною реакцією ($pH_{\text{сольове}} - 8,2-8,5$) та містив масову частку вологи на рівні 97,5-98,4 %.

Базальне й субстрат-індуковане дихання та коефіцієнт мікробного дихання, як екофізіологічні параметри мікробного угруповання, є головними індикаторами стану ґрунтових екосистем сірих лісових ґрунтів. Нами встановлено, що базальне дихання за внесення дигестату складало 12,0 мг CO_2 /кг ґрунту/год, а на варіанті без внесення дигестату 11,0 мг CO_2 /кг ґрунту/год. В той же час субстрат-індуковане дихання (дихання мікроорганізмів із збагаченням мінеральними сполуками та глюкозою), що характеризує мінералізацію органічного вуглець, було найвищим (38,5 мг CO_2 /кг ґрунту/год) на варіанті де не вносили дигестат, тоді як внесення дигестату дещо знижувало значення даного показника (25,3 мг CO_2 /кг ґрунту/год). При цьому коефіцієнт мікробного дихання, що є показником стану й збалансованості процесів трансформації органічних речовин у ґрунті, на варіанті із внесенням дигестату становив 0,47, а на варіанті без внесення дигестату – 0,29.

Визначення еколого-функціональних груп ґрунтових мікроорганізмів показало зростання на варіанті із внесенням дигестату біогазових станцій кількості таких мікроорганізмів, як олігонітрофільні та азотфіксувальні бактерії – $5,75 \cdot 10^7$ КУО/г, стрептоміцети – $8,63 \cdot 10^6$ КУО/г, оліготрофи – $8,28 \cdot 10^6$ КУО/г, мікроміцети – $2,76 \cdot 10^5$ КУО/г, порівняно із варіантом без внесення дигестату де вміст даних мікроорганізмів у 2024 році становив – $3,82 \cdot 10^7$ КУО/г, $7,48 \cdot 10^6$ КУО/г, $1,26 \cdot 10^7$ КУО/г та $2,59 \cdot 10^5$ КУО/г, відповідно.

Оцінка санітарного стану ґрунту показала, що на варіанті із внесенням дигестату зменшувалася кількість бактерії групи кишкової палички до $1,0 \cdot 10^5$ КУО/г порівняно із $4,31 \cdot 10^5$ КУО/г на варіанті без внесення дигестату.

Для формування основних агрономічно-цінних властивостей ґрунту важливе значення має вміст у ньому органічної речовини та вуглецю, як можуть змінюватися залежно від застосування дигестату (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Вплив дигестату на вміст у сірому лісовому ґрунті органічної речовини та органічного вуглецю, за 2024 р.

Показники	Варіант удобрення дигестатом*					
	1	2	3	4	5	6
Вміст у ґрунті органічної речовини визначений за допомогою приладу Soil Scanner, %	2,3	2,9	2,7	2,5	2,4	2,3
Вміст у ґрунті органічної речовини визначений у лабораторії KernelLab	2,1	2,6	5,4	2,5	2,5	2,3
Вміст органічного вуглецю визначений за допомогою приладу Soil Scanner, %	1,23	1,54	1,40	1,31	1,26	1,21
Вміст органічного вуглецю визначений у лабораторії KernelLab	1,13	1,37	2,89	1,35	1,32	1,25

Примітка: * – **варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне дигестатом (60 т/га) + підживлення (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).

Із даних таблиці 2.3 видно, що внесення дигестату позитивно впливає на накопичення в ґрунті органічного вуглецю та органічної речовини. Найвищий вміст органічної речовини відмічено на варіанті із триразовим внесенням дигестату нормою 60 т/га – 2,6-2,9 %. Крім того за даними агрохімічної лабораторії KernelLab на третьому варіанті (де проводили підживлення кукурудзи дигестатом – 60 т/га) відмічене різке підвищення вмісту органічної речовини (до 5,4 %) та органічного вуглецю (до 2,89 %), хоча за визначення цих показників шляхом сканування такого істотного зростання не відмічали, він становив – 2,7 та 1,4 %, відповідно.

Вміст органічного вуглецю та органічної речовини на контрольному варіанті (без внесення дигестату та мінеральних добрив) виявився найнижчим, не залежно від методики визначення, і склав 2,1-2,3 та 1,13-1,23 %, відповідно. Тобто внесення дигестату позитивно впливає на мікробіологічний склад ґрунту та на накопичення в ньому органічної речовини та органічного вуглецю.

Згідно даних заключного туру агрохімічного обстеження ґрунтів, сірі лісові ґрунти характеризуються кислою та слабокислою реакцією ґрунтового розчину (рН 5,4-5,9). В зв'язку з цим для оптимізації рухомості елементів живлення варто поєднувати внесення добрив із проведенням хімічної меліорації (вапнування).

В цілому сірі лісові ґрунту характеризуються не поганою родючістю і за умови високої культури землеробства здатні забезпечувати формування високого рівня продуктивності основних сільськогосподарських культур, зокрема і кукурудзи.

2.2 Характеристика погодних умов за роками проведених досліджень

За кліматичними умовами зона досліджень відноситься до території з помірними та теплими кліматичними умовами [264, 265]. За рік середньо-багаторічні показники температури повітря коливаються в межах 6,7 °С на західній частині і 7,6 °С на східній частині ґрунтово-кліматичної зони. Поява снігового покриву притаманна для другої половини листопада місяця і зберігається до третьої декади березня. Коливання висоти снігового покриву становить 12-21 см в західній і південній частинах зони та 25-35 см в східній частині. Досить часто в межах даної зони спостерігаються тривалі відлиги, впродовж яких температурні показники в окремі роки можуть перевищувати + 12-14 °С, що наприклад характерно було для 2024 року грудня та січня місяців. Поява весняних заморозків характерна, в розрізі переважної кількості років, до 25 квітня.

Літній період характеризується найвищими значеннями температурного режиму, із піковими показниками в липні місяці. Середньомісячна температура повітря може коливатися в липні від 10 °С на західній частині і до 20 °С на східній. Абсолютний максимум позитивних температур досягає +39-49 °С, і навіть більше.

Тривалість вегетаційного періоду для даної зони складає в середньому 150-170 діб. В останні десятиліття, практично щорічно спостерігаються тривалі (більше 25 діб) посушливі періоди та суховії.

Відповідно до даних Вінницької агрометеорологічної метеостанції, основні показники кліматичних умов в роки проведення досліджень суттєво відрізнялися від середньо-багаторічних значень (рис. 2.2).

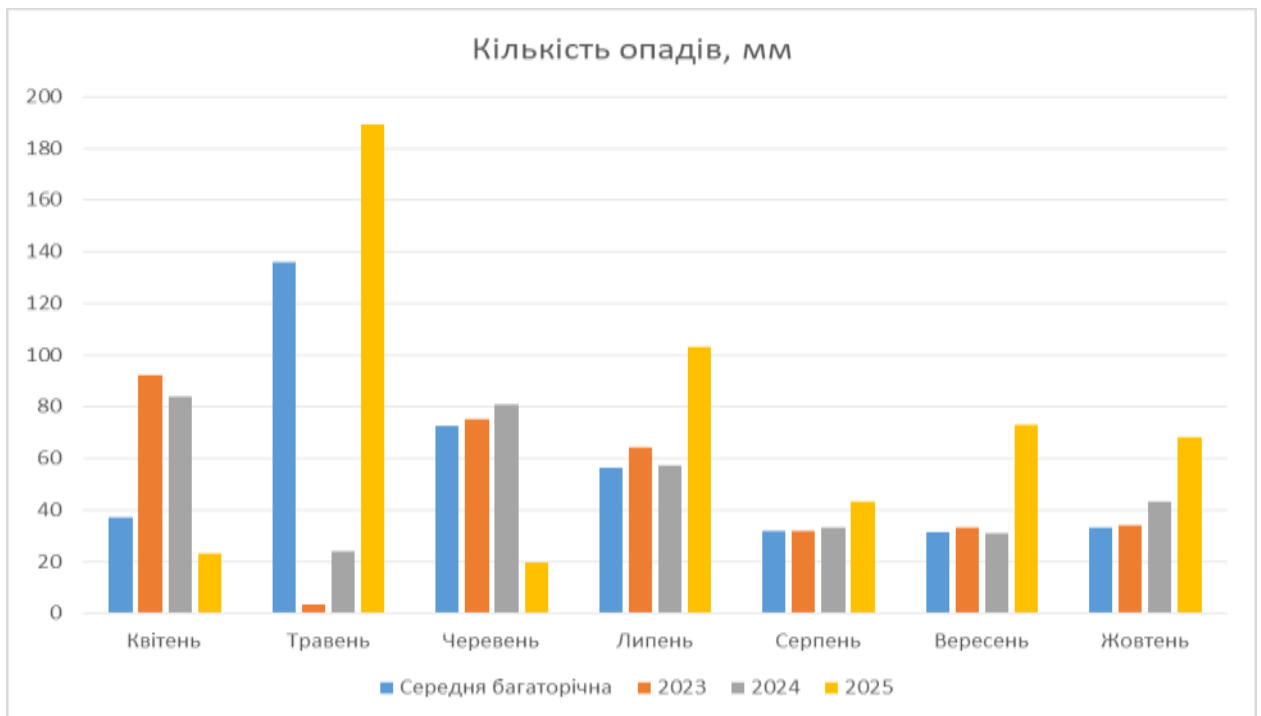
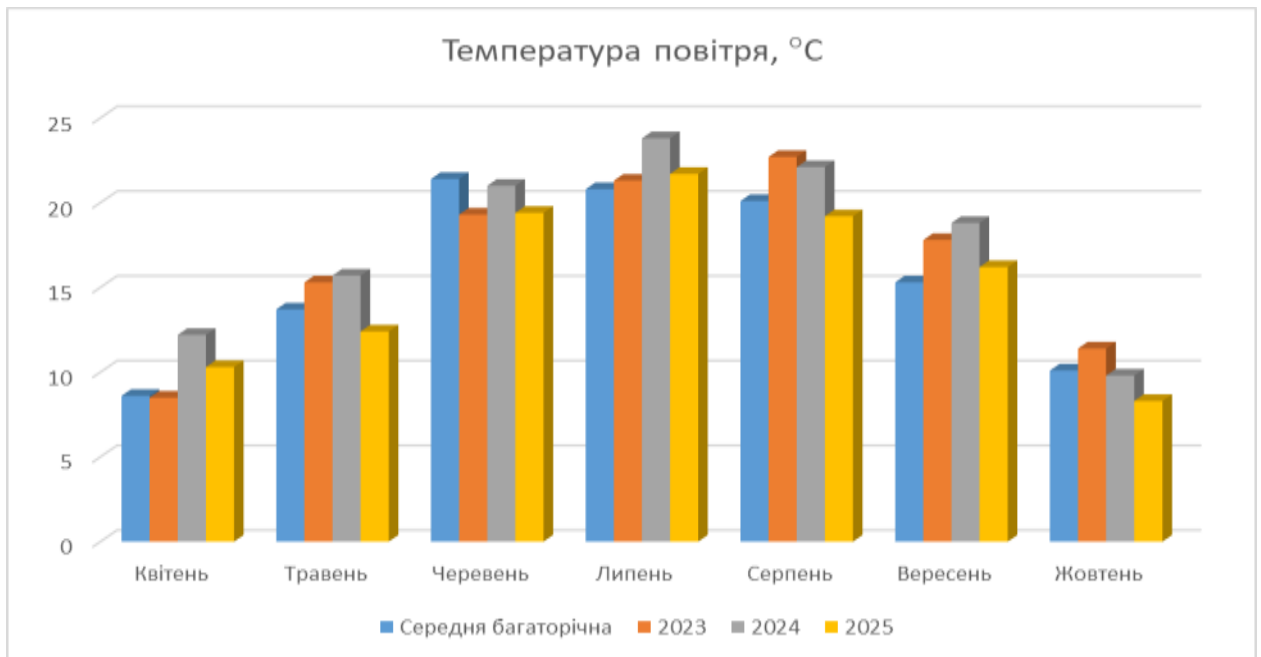


Рис 2.2. Характеристика метеорологічних умов за роки досліджень

Як свідчить аналіз кліматичних умов, їхні показники суттєво варіюють залежно від року, що створює сприятливі умови для глибокого вивчення взаємозв'язку між погодними факторами та морфолого-біологічними особливостями кукурудзи, які впливають на формування врожайності її зеленої маси та зерна. Погодні умови в **2023 році** виявилися відмінними від середньо-багаторічних показників, зокрема у весняний період в першій-другій декаді квітня спостерігалися зниження температурних показників, що обумовлювало обмеження ранніх строків сівби кукурудзи. В даному році сівбу досліджуваних гібридів кукурудзи було проведено в третій декаді квітня.

Дефіцит вологи в розрізі квітня місяця викликав нерівномірність проростання насіння, яка в процесі випадання опадів нівелювалася. Різниця у розвитку між рослинами в подальшому майже не спостерігалася.

В **2024 році** кліматичні умови виявилися істотно відмінні за значенням температури та розподілом опадів протягом вегетаційного періоду, що в кінцевому результаті негативно позначилось на продуктивності усіх сільськогосподарських культур в тому числі і кукурудзи. У весняний період відмічалось поступове зростання температурних показників та рівномірне випадання опадів, але уже із червня місяці відбулося різке підвищення температурного режиму і тривала відсутність опадів аж до вересня місяці. В період липня-серпня значення температурних показників досягало 42-47°C, що часто у рослин кукурудзи супроводжувалось втратою тургорності та зав'ядання листової пластини нижніх ярусів листків.

В **2025 році** спостерігалася рання та холодна весна. В квітні-травні спостерігалися зниження температурних показників до 0 °C і навіть нижче, що вплинуло на проведення сівби кукурудзи. Крім того відмічалось випадання значної кількості вологи. В травні-червні температурні показники коливалися на рівні 22-28°C, що позитивно позначилося на ростових процесах у рослин кукурудзи на формування їх продуктивності.

Проаналізовані кліматичні умови за роки досліджень, вказують на їх істотну відмінність із року в рік, що в свою чергу забезпечує можливість

дослідити залежність погодних умов із показниками та властивостями гібридів кукурудзи, які визначають їх продуктивність, хімічний склад зеленої маси та якісний склад зерна і ефективність досліджуваних чинників технології вирощування.

Оцінюючи зону вирощування досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості за кліматичними показниками ми використовували значення *гідротермічного коефіцієнту (ГТК)*. Значення даного показника визначає співвідношення кількості опадів до значення температурних режимів конкретного року, або періоду року.

Відповідно до визначення ГТК (показник зволоження території) – це сума опадів, в період коли значення середньодобової температури повітря вище +10 °С, поділена на суму активних температур за цей же період зменшена в 10 разів (2.1).

$$ГТК = \frac{\Sigma_{опадів}}{0,1\Sigma_{температур}} \quad (2.1)$$

Даний індикатор є показником оцінки умов зволоження, який враховує вологу що надходить у атмосферних опадів, так і сумарну їх витрату на випарювання.

Характеристику погодних умов років досліджень за забезпеченістю теплом і вологою відповідно до значення гідротермічного коефіцієнту подано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Гідротермічний коефіцієнт за 2023-2025 рр.

№ з/п	Роки досліджень	Сума опадів за період із $t > +10\text{ }^{\circ}\text{C}$	Сума температур за період із $t > +10\text{ }^{\circ}\text{C}$, зменшена у 10 разів	ГТК
1.	2023	241,3	313,7	0,77
2.	2024	309,9	354,3	0,87
3.	2025	450,7	282,7	1,59
4.	Середньо-багаторічна	361,2	300,6	1,20

Значення ГТК [47, 266]:

0,4-0,7 – дуже посушливий;

0,7-1,0 – посушливий;

1,0-1,3 – слабо посушливий;

1,3-1,6 – оптимальний;

>1,6 – перезволожений.

Гідротермічні умови в 2023 році виявилися посушливими, гідротермічний коефіцієнт склав 0,77 (табл. 2.4), так же як і в 2024 році, який мав найбільш стресові за значенням абсолютного максимуму температурних значень та тривалого посушливого періоду (червень-серпень) гідротермічний коефіцієнт при цьому склав – 0,87, а в 2025 році погодні умови в період вегетації кукурудзи виявилися досить сприятливим для росту і розвитку рослин кукурудзи – ГТК – 1,59, тоді як за середньобагаторічними значеннями він становив – 1,20.

Загалом кліматичні умови 2025 року виявилися сприятливими для росту й розвитку кукурудзи, тоді як у 2023 та 2024 роках обмежувальним фактором стала вологість, що зрештою вплинуло на продуктивність досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

2.3 Схеми досліду і методика проведення досліджень

Відповідно до програми досліджень було передбачено удосконалення технології вирощування силосної та зернової кукурудзи за рахунок використання у системі удобрення дигестату біогазових станцій, мінеральних добрив та мікродобрив і дослідження особливостей формування урожайності і якості продукції гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Лісостепу правобережного України, що ґрунтується на результатах вивчення впливу ґрунтово-кліматичних умов, варіантах удобрення, екологічної пластичності гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

Проведення досліджень здійснювали впродовж 2023-2025 рр. на дослідному полі ТОВ «Органік-Д», що знаходиться в смт. Сутиски Вінницького

району Вінницької області і є флагманом вирощування овочевої та рослинницької продукції, постійним новатором сучасних інноваційних підходів до технології вирощування та поліпшення якості отримуваної продукції.

Закладення польових дослідів виконували у відповідності до загальноприйнятих рекомендацій, представлених у «Методиці польових дослідів із кукурудзою» [267].

В дослідях приведений вплив системи удобрення на комплекс господарсько-цінних ознак гібридів кукурудзи різних груп стиглості. При цьому застосовували польовий, лабораторний та лабораторно-польовий методи досліджень. Використовувалась облікова площа ділянок 25,0 м². Розміщення ділянок – методом рендомізованих блоків із 4-х разовою повторністю.

Для цього закладалися такий виробничий польовий дослід:

Таблиця 2.5

Вивчення впливу системи удобрення на продуктивність та комплекс господарсько-цінних ознак гібридів кукурудзи (2023-2025 рр.).

Фактор А. Гібрид кукурудзи	Фактор В. Система удобрення
Амарос (ФАО 230)	Варіант удобрення* 1; 2; 3; 4; 5; 6.
P8754 (ФАО 240)	Варіант удобрення 1; 2; 3; 4; 5; 6.
Бігбіт (ФАО 290)	Варіант удобрення 1; 2; 3; 4; 5; 6.
Богатир (ФАО 290)	Варіант удобрення 1; 2; 3; 4; 5; 6.
КВС 381 (ФАО 350)	Варіант удобрення 1; 2; 3; 4; 5; 6.
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	Варіант удобрення 1; 2; 3; 4; 5; 6.
ДН Аншлаг (ФАО 420)	Варіант удобрення 1; 2; 3; 4; 5; 6.
P 0217 (ФАО 460)	Варіант удобрення 1; 2; 3; 4; 5; 6.

Примітка: **Варіант удобрення***: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л / га).

Проведення досліджень передбачало визначення фенологічних фаз росту та розвитку гібридів кукурудзи в залежності від біологічних особливостей конкретного гібриду, їх групи стиглості та варіанту удобрення. Впродовж вегетації відмічали такі фенологічні фази росту і розвитку, як: сходи, цвітіння волотей та качанів (появи тичинкових ниток) та повна стиглість зерна, у

відповідності до загальноприйнятих методик для кукурудзи [267-272].

Морфологічні ознаки рослин (висота рослин, кріплення качанів, маса листків, стебла) та качанів, а також елементи структури урожаю (на 10 качанах у кожному повторенні), визначали дотримуючись загальноприйнятих методик [267, 271-273].

Загальну площу листової поверхні рослин кукурудзи визначали у добре розвинених листків за їх параметрами у відповідності до формули (2.2) [272, 274]:

$$S=0,75 \times a \times b \quad (2.2)$$

де, S – загальна площа листкової проби, см²;

0,75 – перерахунковий коефіцієнт для кукурудзи;

a – довжина листової пластини, см;

b – ширина листової пластини у найширшому місці, см.

В фазу молочно-воскової стиглості зерна здійснювали оцінку стійкості гібридів до пошкодження стебловим кукурудзяним метеликом залежно від варіанту удобрення. Визначення проводили у відсотках (за наявністю червоточин в стеблі та ніжці качана), згідно методики В.В. Волкодава [269].

Визначення довжини ніжки качана проводили за сумою відрізків вузлів, використовуючи штангель-циркуль у відповідності до методики Є.М. Лебідя та ін. [267].

Вологість зерна і зеленої маси, масу 1000 зерен, кількість рядів зерен та зерен в ряді, вихід зерна із одного качана визначали у відповідності до методики С. Мельника [272]

Облік урожаю (зерна та зеленої маси) кукурудзи із облікової площі проводили дотримуючись методики В.В. Волкодава [269] та методики для кукурудзи [267].

Розрахунок біологічної урожайності гібридів кукурудзи здійснювали у відповідності до формули (2.3) [270]:

$$Уб = M \times K : 1000000 \text{ (т/га)}, \quad (2.3)$$

де: M – маса зерна з 1 господарсько-цінного (продуктивного) качана;

К – кількість господарсько-цінних качанів з 1 га, шт.

Вміст крохмалю був визначений у сертифікованій та акредитованій лабораторії моніторингу якості та безпеки кормів і сировини Інституту кормів та сільського господарства Поділля за допомогою спеціалізованого поляриметра типу А з точністю до 0,1 % [275].

Для розрахунку виходу біоетанолу використовували вихід етанолу, що одержують з однієї тони вуглеводів в перерахунку на крохмаль. За рівнянням спиртного бродіння розраховували теоретичний вихід біоетанолу: $C_6H_{12}O_6=2C_2H_5OH+2CO_2$, враховуючи, що із 100 кг гексоз отримується 51,14 кг безводного етанолу і 48,86 кг вуглекислого газу (CO_2). За відносної густоти етанолу $d_{20}^4=0,78927$ його теоретичний вихід складає 64,79 л [276].

Для розрахунку виходу біогазу з 1 га посівів сільськогосподарської культури використовують наступне рівняння:

$$F = \frac{U \cdot c \cdot q}{100}, \quad (2.4)$$

де, F – вихід біогазу, тис. $m^3/га$;

U – урожайність зеленої маси, т/га;

c – вміст сухої речовини в рослинах, %;

q – питомий вихід біогазу з 1 кг сухої речовини, $m^3/кг$ (силос кукурудзи 0,4-0,6 $m^3/кг$) [277, 278].

Кількість енергії, що може бути отримана з біогазу, виробленого з одного гектара посівів сільськогосподарської культури, розраховують за формулою:

$$E_r = F \times V \quad (2.5)$$

де E_r – вихід енергії, ГДж/га;

F – вихід біогазу з 1 га, тис. $m^3/га$;

V – енергоємність біогазу, МДж/ m^3 (за вмісту метану 60 % $V=21,8$ МДж/кг) [278].

Оцінка економічної ефективності вирощування досліджуваних гібридів кукурудзи з урахуванням застосування різних систем удобрення була проведена за використання технологічних карт вирощування, в яких наведені статті витрат,

зокрема вартість добрив, насіння, пестицидів, паливно-мастильних матеріалів, врожаю та інших. Всі витрати були оцінені за розцінками 2025 року. Вартість продукції брали за фактичною реалізаційною ціною (10150 грн./т), станом на квітень 2025 року [30, 279-281].

Енергетичну ефективність досліджуваних варіантів удобрення в технологіях вирощування гібридів кукурудзи різних груп оцінювали за методикою Ю. О. Тараріко, О.Є. Несмашної, Л. Д. Глушенка [282]. При цьому розраховували енергетичний коефіцієнт, шляхом співвідношення енергії отриманої від основної та побічної продукції до затраченої на її вирощування.

Отримані результати досліджень піддавалися дисперсійному, кореляційному і регресійному методам аналізу на [283, 284] персональному комп'ютері із використанням спеціалізованих прикладних програм для Windows – 2013/2019: Excel-13.0, Mathcad 2010.

2.4 Агротехніка в досліді

Технологія вирощування кукурудзи загальноприйнята для зони дослідження за виключенням елементів, які досліджувались (варіантів удобрення).

Попередником була соя. Після її збирання система основного обробітку ґрунту передбачала проведення лушення стерні важкими дисковими боронами БДТ-7 та оранку плугом ПЛН-3-35 у поєднанні з трактором ДТЗ-1204.

Передпосівний обробіток ґрунту, для якісного та швидкого отримання сходів кукурудзи, здійснювали за допомогою компактора (Європак) АКПК-3 із робочою шириною захвату 3 метри зі швидкістю 10-12 км/год. За один прохід даного агрегату здійснювали подрібнення, вирівнювання, розпушування ґрунту та створення насінневого ложа на точно задану глибину.

Сівбу гібридів кукурудзи проводили в період коли температура ґрунту на глибині загортання насіння становитиме 10-12 °С, пневматичною 8 - рядною сівалкою John Deere 7000, нормою висіву насіння 70 тис. шт. насінин на гектар.

Для дослідження були взяті гібриди компанії «Піонер» та «КВС»:

середньоранньої – Амарос (ФАО 230), P8754 (ФАО 240), Бігбіт (ФАО 290), Богатир (ФАО 290), середньостиглої – КВС 381 (ФАО 350), КВС Інтелегенс (ФАО 380), середньопізньої – ДН Аншлаг (ФАО 420), P 0217 (ФАО 460).

Система удобрення передбачала внесення дигестату (біоорганічного добрива) у різні строки (основне, передпосівне удобрення та підживлення) нормою 60 т/га та внесення комплексного мінерального добрива нітроамофоски у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза.

Нановіт кукурудза це рідке комплексне мікродобриво придатне для застосування на посівах сорго та кукурудзи і містить у своєму складі макроелементи (азот (N), фосфор (P_2O_5), магній (MgO), сірка (S)), мікроелементи (цинк (Zn) та мідь (Cu) та біологічно-активний комплекс «NANOACTIV». Крім того до складу даного мікродобрива входять 15 L-амінокислот (Гліцин, Лізин, Пролін, Аланін, Цистин, Валін, Метіонін, Ізолейцин, Лейцин, Тирозин, Триптофан, Гістидин, Фенілаланін, Глутамін, Глутамінова кислота), фітогормони, моносахариди та органічні кислоти (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Характеристика мікродобрива Нановіт Кукурудза* за хімічним складом

Елементи живлення	Азот загальний	Фосфор (P_2O_5)	Магній (MgO)	Сірка (SO_3)	Бор (B)	Мідь (Cu)	Залізо (Fe)	Марганець (Mn)	Цинк (Zn)	Амінокислоти	Органічні кислоти	Фітогормони	Моносахариди
Вміст г/л	39,9	79,8	13,3	39,9	5,32	9,31	1,33	2,66	33,25	35,5	8,4	0,0050	0,046

Примітка: * – за даними компанії виробника *Agrovit Group*

Додатково до складу мікродобрива Нановіт кукурудза входить полісахаридний прилипач.

За рахунок внесення даного мікродобрива покращується фотосинтетичну активність, покращується ріст і розвиток рослин та озерненість качанів. Крім того зростає стійкість рослин до хвороб, шкідників та стресових кліматичних показників у період вегетації кукурудзи. Позитивні результати забезпечуються внесенням даного мікродобрив на початкових стадіях розвитку рослин та в

періоди активного росту.

Внесення мікродобрива Нановіт кукурудза проводили у фазу 5-7 листків кукурудзи, нормою 1,5 л /га ранцевим оприскувачем із нормою витрати робочої рідини 5 л / 1 сотку.

У рамках заходів з догляду за посівами у фазі 5-7 листків кукурудзи вносили після-сходовий (селективний) гербіцид системної дії Мелагро (діюча речовина – нікосульфурон) у поєднанні з прилипачем Тренд для контролю однорічних і багаторічних дводольних та злакових бур'янів у нормі 1,25 л/га. Обприскування дослідних ділянок здійснювали вранці або ввечері використовуючи ранцевий оприскувач, норма внесення робочої рідини при цьому становила 5 л/сотку.

2.5 Характеристика гібридів кукурудзи

Амарос (Amaros) (ФАО 230) це середньоранній, зубовидний гібрид універсального використання (зерно, силос, біогаз, крупи та комбікорм). Оригінатором даного гібриду є компанія KWS. Даний гібрид відноситься до зубовидного підвиду.

Зерно придатне для виробництва круп. Рослини мають високий (82-83%) вихід зерна. Гібрид Амарос характеризується інтенсивним стартовим ростом, ремонтантністю із еректоїдністю листків; швидкою вологовіддачею, що дозволяє не витратити час на просушування; стійкістю до найпоширеніших хвороб: пухирчата сажка і гельмінтоспоріоз.

Висота рослин становить 330-340 см, а висота кріплення качанів – 120-130 см. Кількість рядів зерен становить 14-16 шт., кількість зерен в ряді 38-44 шт., маса 1000 зерен 340-360 г.

Фактична врожайність зерна при дотриманні технології вирощування складає 9,0-10,0 тон з гектара. Середній показник урожайності за 2018 рік становив 12,7 т/га.

Рекомендований для вирощування у зоні Полісся та Лісостепу. Рекомендації по густоті під час збору врожаю Амарос: зона недостатнього

зволоження 55-65 тис. шт./га, зона достатнього зволоження 65-75 тис. шт./га.

P8754 (ФАО 240) простий зубовидний гібрид кукурудзи компанії Піонер. Максимально ефективно використовує наявну вологу.

Характеризується середньою висотою рослин з високим кріпленням качана, стійкістю до стеблового та кореневого вилягання, високою ремонтантністю (стей-грін-ефект), віддачою вологи та посухостійкістю.

Напрямок використання на зерно, спирт. Стійкість до сажкових хвороб – 6-9 балів.

Гібрид реалізується із протруєним від сажкових та інших хвороб насінням, яке ефективно використовується за монокультурного вирощування, придатний до AQ - технологія Optimum® AQUAmax®.

Найбільш придатні оптимальні строки сівби, негативно реагує на пізні строки збирання. Рекомендована густина передзбиральна густина стояння рослин: для зони достатнього зволоження – 70-75 тис. шт./га, зони недостатнього зволоження – 65-70 тис. шт./га.

Бігбіт (ФАО 290) середньоранній, високоврожайний із високим вмістом сухої речовини, кременистий з високим вмістом by-pass крохмалю, ремонтантний з еректоїдним типом листків. Оригінація компанія KWS (KWS), гібрид Німецької селекції.

Даний гібрид кукурудзи, призначений для використання на зерно, силос і біогаз, відзначається високою пластичністю та швидким стартовим ростом. Рослина має потужний розвиток, досягаючи висоти 300-310 см, з кріпленням качанів на рівні 120-130 см. Качани містять 14-16 рядів зерен, з 35-37 зерен у кожному ряду. Маса 1000 зерен коливається між 310-320 г. Потенціал урожайності цього гібрида становить 75-80 т/га для зерна і силосу.

Рекомендовані зони вирощування: Степ, Лісостеп та Полісся. Рекомендована густина стояння на період збирання: зона достатнього зволоження 75-80 тис. шт. / га, недостатнього зволоження – 50-65 тис. шт. /га.

Богатир (ФАО 290) середньоранній, кременистий, ремонтантний гібрид кукурудзи, з високим потенціалом урожайності зеленої маси. Гібрид

рекомендований для посіву в зонах Лісостепу і Полісся. Напряв використання силос, зерно та біогаз.

Даний гібрид кукурудзи характеризується міцною кореневою системою, що забезпечує високу стійкість рослин до вилягання. Листки мають еректоїдний тип, що допомагає зберігати оптимальний кут нахилу листя та сприяє кращому поглинанню сонячного світла, покращуючи фотосинтез і загальний ріст рослин. Потенціал урожайності 9,0-12,0 т/га зерна та 85 т/га зеленої маси.

Висота рослин 330-340 см, а висота прикріплення качанів 110-120 см. Кількість рядів зернин –14-16 шт., кількість зернин в ряду – 33-37 шт., маса 1000 зерен – 310-330 г. Силосна маса відмінної якості завдяки високому вмісту крохмалю та сухих речовин.

Стійкий до пухирчатої сажки, гельмінтоспориозу та ін. Густота стояння на період стояння у зоні недостатнього зволоження 65-75 тис. шт. / га, зоні достатнього зволоження 85-90 тис. шт. /га, середнього зволоження – 65-75 тис. шт. / га.

КВС 381 (ФАО 350) зубовидний, високоврожайний, пластичний, середньостиглий гібрид кукурудзи. Оригінація компанія КВС (KWS). Напряв використання зерно, силос, біогаз.

Гібрид має ремонтантне стебло з еректоїдним типом листків, що робить його придатним для вирощування як за інтенсивною, так і за екстенсивною технологією. Він відзначається високою стійкістю до посухи та вилягання, що дозволяє отримувати стабільні врожаї навіть за несприятливих умов.

Висота рослин – 290-300 см, кріплення качанів – 110-120 см, кількість зерен в ряду – 36-40 шт., кількість рядів зерен – 14-16 шт., маса 1000 зерен – 350-360 г.

Рекомендована зона вирощування Полісся, Лісостеп та Степ. Потенціал зернової продуктивності даного гібриду становить 16 т/га, а зеленої маси – 80 т/га. Рекомендована густота сівби на період стояння рослин: зона достатнього зволоження – 70-80 тис. шт. / га, середнього зволоження – 55-65 тис. шт. / га, недостатнього зволоження – 45-50 тис. шт. / га.

КВС Интелегенс (ФАО 380) середньостиглий, зубовидний, пластичний, ремонтантний із еректоїдним типом листків, гібрид кукурудзи. Оригігатор компанія КВС (KWS) (Франція).

Напряг використання – зерновий, силосний. Рекомендована зона вирощування: Степ, Лісостеп та Полісся. Потенціал урожайності зеленої маси становить 80-85 т/га.

Гібрид має тривалий період збирання на силос, швидкий стартовий ріст, високу стійкість до посухи (6-9 балів), стеблових гнилей (9 балів), вилягання (9 балів), пухирчастої сажки (7-9 балів), гелмінтоспориозу (7-9 балів), до кукурудзяного метелика (5-8 балів). Тривалість періоду вегетації складає 115-125 діб. Висота рослин становить 247,6-310 см, кріплення качанів – 83,8-110,0 см, кількість рядів зерен – 14-16 шт., кількість зерен в ряду – 35-37 шт., маса 1000 зерен – 350-360 г. Вихід зерна при обмолоті – 82,4-84,1 %. Вміст білка у зерні – 8,3-9,9 %, крохмалю – 71,9-73,5 %.

Рекомендована густина стояння на період стояння рослин: зона достатнього зволоження – 70-75 тис. шт. / га, недостатнього зволоження – 55-65 тис. шт. / га.

ДН Аншлаг (ФАО 420) простий, зубовидний, міжлінійний, середньопізній гібрид кукурудзи. Призначений для вирощування – зерновий, силосний. Забезпечує високу якість силосу. Оригігатором даного гібриду є АПК МАЇС.

Потенціал урожайності зерна становить 15,0-16,0 т/га. Характеризується високими показниками потенціалу врожайності зерна 15-16 т/га, стійкістю до посухи (9 балів), низьких температур (8 балів), вилягання (9 балів), фузаріозу (9 балів), сажкових хвороб (8 балів), до кукурудзяного стеблового метелика (8 балів).

Висота рослин 320-390 см, кріплення качанів – 110-115 см, довжина качана – 24-25 см, кількість рядів зерен – 16 шт., зерен в ряді – 43-45 шт., маса 1000 зерен – 320-330 шт. Рівень передзбиральної вологості – 24-27 %.

Рекомендована густина стояння на період стояння рослин: зона

достатнього зволоження – 60-70 тис. шт. / га, недостатнього зволоження – 40-45 тис. шт. / га.

P 0217 (P0217 AQ) (ФАО 460) простий, зубовидний, ремонтантний, середньо-пізньостиглий гібрид кукурудзи. Оригіном даного гібриду є компанія Піонер. Напрямок використання – зерно, спирт

Гібрид має високу стійкість до стеблових вилягань, сажкових хвороб (6-9 балів), посухостійкість, високу толерантність до гельмінтоспоріозу. Придатний для вирощування за монокультури та за мінімальної обробки ґрунту, характеризується не високою витратою вологи на одиницю сухої речовини.

Рекомендована густина стояння на період стояння рослин: зона достатнього зволоження – 60-65 тис. шт. / га, недостатнього зволоження – 55-60 тис. шт. / га.

Досліджувані гібриди кукурудзи є типовими представниками своєї групи стиглості та мають силосно-зерновий напрямок використання.

Висновки до розділу 2:

1. За характеристиками ґрунту дослідного поля ТОВ «Органік-Д», можна зробити висновок, що він відповідає типовим для центральної частини Правобережного Лісостепу показникам. Ґрунт є придатним для отримання високих урожаїв кукурудзи, якщо буде правильно застосовано агротехнічні методи, враховуючи культуру землеробства та науково обґрунтований підхід до технології вирощування.

2. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень якісно відображають агроекологічний потенціал зони Лісостепу правобережного України, що робить отримані експериментальні дані придатними для впровадження у виробничу практику.

3. Польові та лабораторні дослідження проводились відповідно до загальноприйнятих методичних рекомендацій для досліджень із кукурудзою. Агротехніка досліджень відповідала стандартам для цієї зони, за винятком чинників, які були предметом дослідження.

РОЗДІЛ 3

МОРФО-ФЕНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

3.1 Характеристика тривалості міжфазних періодів у гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних чинників

Тривалість фенологічних фаз та окремих періодів вегетації має важливе значення для майбутнього рівня продуктивності гібридів кукурудзи, оскільки яскраво демонструє рівень забезпеченості рослин факторами життя. Крім того розуміння процесів формування вегетативних і генеративних органів кукурудзи, а також послідовності якісних змін у рослині та ростових процесів, дає можливість ефективно керувати майбутньою продуктивністю. Оптимальне регулювання або мінімальне втручання в розвиток рослин на різних етапах органогенезу допомагає знизити ризик аномальних відхилень і сприяє стабільності агроценозу, забезпечуючи високу врожайність [29, 134].

Тривалість вегетаційного періоду кукурудзи загалом коливається в межах 90-150 діб і залежить від таких чинників, як особливості гібрида, рівень вологозабезпеченості, температурний режим, а також наявність макро- та мікроелементів [285, 286].

Протягом тривалого вегетаційного періоду кукурудза формує розвинену кореневу систему та значну надземну масу, що зумовлює високі потреби у поживних речовинах. При цьому поглинання елементів живлення відбувається нерівномірно, залежно від фази розвитку рослини [286]. Нестача навіть одного елемента в поживному балансі уповільнює ріст і розвиток кукурудзи, негативно впливаючи на формування листків, цвітіння волоті, запліднення та утворення зерна.

На будь-якому етапі органогенезу рослини можуть зазнавати негативного впливу біотичних і абіотичних факторів, що здатні порушити або уповільнити подальший процес формування генеративних органів. Особливо критичним цей

вплив є на ранніх стадіях розвитку (до фази 11-го листка), коли рослина найбільш чутлива до стресових умов [61, 134, 287].

В своїх дослідженнях В. Д. Паламарчук [29] відмічає, що тривалість вегетаційного періоду, крім продуктивності, істотно впливає на висоту закладання качанів та загальну архітектуру рослин кукурудзи. Крім того сама тривалість вегетаційного періоду, та окремих його періодів у одного і того ж самого гібриду може варіювати залежно від надходження теплових ресурсів та вологи в умовах конкретного року.

Крім умов вирощування на тривалість вегетаційного періоду істотний вплив здійснює забезпеченість рослин макро- та мікроелементами. Дослідженнями Н. В. Шевченко [286] встановлене зростання тривалості вегетаційного періоду в гібридів середньоранньої та середньостиглої груп на варіантах із застосуванням передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином та позакореневого підживлення Мікро-Мінералісом (кукурудза) та Мікро-Мінералісом (кукурудза) + Стимпо.

І. П. Сатановська [288] вказує на те що передпосівна обробка насіння регулятором росту Емістим С у поєднанні з позакореневим підживленням мікродобривом Еколист багатоконпонентний сприяє подовженню періоду «викидання волоті – молочно-воскова стиглість зерна», який настає через 37-40 діб після викидання волоті. Також ці препарати забезпечують швидшу появу сходів кукурудзи (на 1-2 доби раніше порівняно з необробленим насінням) та подовжують вегетаційний період на 4-8 доби.

Результатами проведених досліджень встановлено, що тривалість вегетаційного періоду та окремих його частин суттєво залежить від біологічних особливостей конкретного гібриду, умов вирощування та застосування дигестату, який сприяє оптимізації живлення рослин за рахунок високого вмісту в його складі мікро- та макроелементів.

Характеристику гібридів кукурудзи середньоранньої групи стиглості за тривалістю вегетаційного періоду та окремих його частин залежно від застосування дигестату біогазових станцій, мінеральних добрив та мікродобрива

Нановіт кукурудза приведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Тривалість міжфазних періодів у середньоранніх гібридів кукурудзи (ФАО 230-240) залежно від варіанту удобрення, діб (середнє за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Тривалість основних міжфазних періодів вегетації, діб					
		сівба - сходи	сходи-цвітіння качанів	цвітіння качанів – молочна стиглість	молочна стиглість – молочно-воскова стиглість	молочно-воскова стиглість - повна стиглість	сходи-повна стиглість зерна
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	9	52	21	14	17	104
	2	9	53	22	16	19	110
	3	9	53	22	16	19	110
	4	9	53	22	16	19	110
	5	9	52	22	15	18	107
	6	9	52	22	15	18	107
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	9	53	20	15	18	106
	2	9	54	22	16	19	111
	3	9	54	22	16	19	111
	4	9	54	22	16	19	111
	5	9	54	22	16	19	111
	6	9	54	22	15	19	110

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).

Із даних таблиці 3.1 видно, що тривалість вегетаційного періоду у досліджуваних гібридів, в середньому по досліді склала Амарос (ФАО 230) – 108 діб та P8754 (ФАО 240) – 110 діб.

Застосування дигестату у різні строки сприяло зростанню тривалості вегетаційного періоду на 3-6 діб у гібриду Амарос (ФАО 230) та на 5 діб у гібриду P8754 (ФАО 240) в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив). Внесення мінеральних добрив у нормі N₉₀P₉₀K₉₀ сприяло подовженню вегетації гібриду Амарос (ФАО 230) на 3 доби, а гібриду P8754 (ФАО 240) на 4

доби відносно контрольного варіанту (без добрив).

Тривалість періоду «сівба-сходи» на усіх досліджуваних варіантах склала 9 діб і не залежала від застосування добрив, як біоорганічних так і мінеральних макро- і мікродобрив, а в більшій мірі визначалася показниками температурного режиму та рівнем забезпеченості ґрунтів вологою.

Період «сходи-цвітіння качанів» на варіантах із внесенням дигестату та мінеральних добрив у середньоранніх гібридів кукурудзи із найменшим ФАО Амарос (ФАО 230) та Р8754 (ФАО 240) зростав на 1 добу, за виключенням варіанту 5, що передбачав внесення дигестату в основне удобрення у нормі 60 т/га, для гібриду Амарос (ФАО 230). На даному варіанті значення тривалості періоду «сходи-цвітіння качанів» виявилось ідентичним до контрольного варіанту – 52 доби.

Тривалість періоду «цвітіння качанів – молочна стиглість зерна» на контрольному варіанті (без добрив) склала для гібриду Амарос (ФАО 230) – 21 добу, а для гібриду Р8754 (ФАО 240) – 20 діб. Внесення дигестату у різні строки та мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (1,5 л/га) сприяло подовженню даного періоду у досліджуваних гібридів на 1 добу.

Період «молочна стиглість – молочно-воскова стиглість зерна» на контролі, в середньому за роки дослідження склала для гібриду Амарос (ФАО 230) – 14 діб, а для гібриду Р8754 (ФАО 240) – 15 діб. Внесення дигестату подовжувало даний період у досліджуваних гібридів на 1-2 доби, хоча застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (1,5 л/га) не змінило значення даного періоду у гібриду Р8754 (ФАО 240), а для гібриду Амарос (ФАО 230) – зростання склало всього 1 добу.

Тривалість періоду «молочно-воскова стиглість - повна стиглість» коливалась в межах 17-19 днів. Так, на контрольному варіанті (без внесення добрив) вона склала, для гібриду Амарос (ФАО 230) – 17 діб, а для гібриду Р8754 (ФАО 240) – 18 діб. Внесення дигестату сприяло подовженню тривалості даного періоду на 1-2 доби, а внесення мінеральних добрив у поєднанні із

мікродобривом Нановіт кукурудза – на 1 добу.

Характеристику тривалості вегетаційного періоду та окремих його частин, залежно від варіантів удобрення у гібридів кукурудзи середньоранньої групи стиглості приведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Тривалість міжфазних періодів у середньоранніх гібридів кукурудзи (ФАО 290) залежно від варіанту удобрення, діб (середнє за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Тривалість основних міжфазних періодів вегетації, діб					
		сівба - сходи	сходи-цвітіння качанів	цвітіння качанів – молочна стиглість	молочна стиглість – молочно-воскова стиглість	молочно-воскова стиглість - повна стиглість	сходи-повна стиглість зерна
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	9	56	22	15	23	116
	2	9	57	23	17	24	121
	3	9	57	23	17	24	121
	4	9	57	23	17	24	121
	5	9	57	23	16	23	120
	6	9	56	23	17	23	120
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	9	56	22	17	23	118
	2	9	57	24	19	24	124
	3	9	57	23	19	24	123
	4	9	57	23	19	24	123
	5	9	57	23	18	24	122
	6	9	57	23	18	24	122

Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).

Із даних таблиці 3.2 видно, що оптимізація живлення рослин за рахунок внесення біоорганічних добрив на основі дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (1,5 л/га) забезпечило зростання тривалості вегетаційного періоду та подовження тривалості окремих його частин.

У гібридів середньоранньої групи стиглості тривалість періоду «сівба –

сходи» не залежала від варіантів удобрення і на всіх варіантах досліду склала 9 діб.

Тривалість періоду «сходи-цвітіння качанів» у середньоранніх гібридів кукурудзи Бігбіт (ФАО 290) та Богатир (ФАО 290) на контролі (без добрив) склала 56 діб. Внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (1,5 л/га) сприяло подовженню даного періоду на одну добу на всіх досліджуваних варіантах удобрення.

Значення тривалості періоду «цвітіння качанів – молочна стиглість» на контролі (без добрив) для гібридів середньоранньої групи стиглості Бігбіт (ФАО 290) та Богатир (ФАО 290) склало 22 доби, внесення дигестату в різні строки та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза для гібриду Бігбіт (ФАО 290) сприяло подовженню даного періоду на одну добу. В той же час внесення дигестату в основне удобрення (60 т/га) + передпосівне (60 т/га) + підживлення (60 т/га) забезпечило найвище значення тривалості періоду «цвітіння качанів – молочна стиглість» у гібриду Богатир (ФАО 290) – 24 доби, що на 2 доби довше в порівнянні із контрольним варіантом без добрив.

Внесення дигестату у різні строки та мінеральних добрив також сприяло подовженню на 1-2 доби періоду «молочна стиглість – молочно-воскова стиглість» у гібридів середньоранньої групи стиглості Бігбіт (ФАО 290) та Богатир (ФАО 290). Так на контрольному варіанті (без добрив) тривалість періоду «молочна стиглість – молочно-воскова стиглість» склала у гібриду Бігбіт (ФАО 290) – 15 діб, а у Богатир (ФАО 290) – 17 діб. За внесення мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза величина зростання тривалості даного періоду виявилася найнижчою і склала всього 1 добу. На одну добу подовження тривалості періоду «молочна стиглість – молочно-воскова стиглість» відмічено також на варіанті із внесенням в основне удобрення дигестату (60 т/га).

Тривалість періоду «молочно-воскова стиглість - повна стиглість» у середньоранніх гібридів кукурудзи Бігбіт (ФАО 290) та Богатир (ФАО 290) на контрольному варіанті склала 23 доби. Варіанти удобрення із внесенням

дигестату на посівах середньораннього гібриду кукурудзи Бігбіт (ФАО 290): Варіант 2. Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне дигестатом (60 т/га) + підживлення (60 т/га); Варіант 3. – Підживлення дигестатом (60 т/га) та Варіант 4. – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га) сприяли подовженню на 1 добу тривалості періоду «молочно-воскова стиглість - повна стиглість», тоді як варіанти удобрення 5 (основне удобрення дигестатом – 60 т/га) та 6 (внесення мінеральних добрив нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – 1,5 л/га) не сприяли подовженню даного періоду і він залишився на рівні контрольного варіанту – 23 доби.

Для середньораннього гібриду Богатир (ФАО 290) внесення дигестату у різні строки та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяло зростанню на 1 добу тривалості періоду «молочно-воскова стиглість - повна стиглість».

Загальна тривалість вегетаційного періоду у середньоранніх гібридів кукурудзи на контрольному варіанті склала Бігбіт (ФАО 290) – 116 діб, Богатир (ФАО 290) – 118 діб. Найбільшу тривалість вегетаційного періоду в гібриду Бігбіт (ФАО 290) відмічено при застосуванні 2, 3 та 4 варіанту удобрення дигестатом – 121 доба, тоді як на 5 варіанті внесення дигестату та на 6 варіанті внесення мінеральних добрив нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (1,5 л/га), вона склала – 120 діб.

Для гібриду Богатир (ФАО 290) найбільшу тривалість вегетаційного періоду – 124 доби, відмічено на 2 варіанті удобрення, що передбачав внесення дигестату в основне (60 т/га), передпосівне удобрення (60 т/га) та підживлення (60 т/га). На третьому і четвертому варіанті внесення дигестату тривалість вегетаційного періоду склала 123 доби, а на 5 варіанті внесення дигестату та на 6 варіанті із внесенням мінеральних добрив та мікродобрива Нановіт кукурудза тривалість вегетаційного періоду була у межах – 122 діб.

У групі середньостиглих гібридів кукурудзи прослідковується аналогічна залежність впливу внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на подовження тривалості вегетаційного

періоду та окремих його частин, як і у групі середньоранніх гібридів кукурудзи (табл. 3.3).

Тривалість періоду «сходи-цвітіння качанів» на контрольному варіанті (без добрив) у КВС 381 (ФАО 350) склало 58 діб, у КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 60 діб. Внесення дигестату у різні строки та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза забезпечило подовження даного періоду на 1-2 доби в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Таблиця 3.3

Тривалість міжфазних періодів у середньостиглих гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення, діб (середнє за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Тривалість основних міжфазних періодів вегетації, діб					
		сівба - сходи	сходи-цвітіння качанів	цвітіння качанів - молочна стиглість	молочна стиглість – молочно-воскова стиглість	молочно-воскова стиглість - повна стиглість	сходи-повна стиглість зерна
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	9	58	23	19	24	124
	2	9	59	25	20	26	130
	3	9	59	25	20	25	129
	4	9	59	25	20	25	129
	5	9	59	24	20	25	128
	6	9	59	24	20	25	128
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	9	60	24	19	25	128
	2	9	61	26	21	26	134
	3	9	61	26	21	25	133
	4	9	61	26	21	25	133
	5	9	61	25	20	25	131
	6	9	61	25	20	25	131

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л / га).

Період «цвітіння качанів - молочна стиглість» на контрольному варіанті (без добрив) у гібриду КВС 381 (ФАО 350) становив 23 доби, а у гібриду

КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 24 доби. Внесення дигестату у різні строки та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза забезпечило подовження даного періоду у гібриду КВС 381 (ФАО 350) до 24-25 діб, а у гібриду КВС Інтелегенс (ФАО 380) до 25-26 діб.

Характеризуючи тривалість періоду «молочна стиглість – молочно-воскова стиглість» варто відмітити, що у групі середньостиглих гібридів вона знаходилась в межах від 19 до 21 доби. Найвище значення тривалості даного періоду відмічено на 2, 3 та 4 варіантах застосування дигестату, для гібриду КВС 381 (ФАО 350) – 25 діб, а для гібриду КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 26 діб

Тривалість періоду «молочна стиглість – молочно-воскова стиглість» на контрольному варіанті (без добрив) для середньостиглих гібридів КВС 381 (ФАО 350) та КВС Інтелегенс (ФАО 380) склала 19 діб. Внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза подовжувало даний період у гібридів середньостиглої групи стиглості КВС 381 (ФАО 350) та КВС Інтелегенс (ФАО 380) на 1-2 доби порівняно із контрольним варіантом (без добрив).

Найвище значення тривалості періоду «молочно-воскова стиглість - повна стиглість» відмічена на 2 варіанті удобрення, що передбачав внесення дигестату у основне удобрення (60 т/га), передпосівне (60 т/га) та підживлення (60 т/га) для гібридів кукурудзи КВС 381 (ФАО 350) та КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 26 діб, тоді як на контрольному варіанті вона становила КВС 381 (ФАО 350) – 24 доби, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 25 діб.

Тривалість вегетаційного періоду на контролі (без добрив) склала у гібриду КВС 381 (ФАО 350) – 124 доби та у гібриду КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 128 діб. Внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяло зростанню тривалості вегетаційного періоду на 3-6 діб в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

У групі середньопізніх гібридів кукурудзи (табл. 3.4) тривалість вегетаційного періоду виявилася найбільшою і склала ДН Аншлаг (ФАО 420) – 133-139 діб та Р 0217 (ФАО 460) – 134-141 доба. Застосування добрив (дигестату

та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза) сприяло подовженню тривалості вегетаційного періоду у досліджуваних гібридів кукурудзи на 4-7 діб в порівнянні із варіантом без внесення добрив.

Тривалість періоду «сівба – сходи» у середньопізніх гібридів кукурудзи становила 9 діб. Не встановлено залежності тривалості проростання насіння у середньопізніх гібридів кукурудзи і застосування біоорганічних (дигестату) та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза.

Таблиця 3.4

Тривалість міжфазних періодів у середньопізніх гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення, діб (середнє за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Тривалість основних міжфазних періодів вегетації, діб					
		сівба – сходи	сходи – цвітіння качанів	цвітіння качанів – молочна стиглість	молочна стиглість – молочно-воскова стиглість	молочно-воскова стиглість - повна стиглість	сходи-повна стиглість зерна
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	9	65	23	20	25	133
	2	9	66	25	22	26	139
	3	9	66	25	22	26	139
	4	9	66	25	22	26	139
	5	9	66	24	21	26	137
	6	9	66	24	21	26	137
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	9	66	23	21	24	134
	2	9	67	25	23	26	141
	3	9	67	24	22	26	139
	4	9	67	24	23	26	140
	5	9	67	24	22	25	138
	6	9	67	24	22	25	138

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л / га).

Період «сходи - цвітіння качанів» на контрольному варіанті (без добрив) становив у гібриду ДН Аншлаг (ФАО 420) – 65 діб, а у гібриду Р 0217 (ФАО 460)

– 66 діб. Внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза подовжували тривалість даного періоду у середньопізніх гібридів кукурудзи на 1 добу порівняно із контрольним варіантом.

Тривалість періоду «цвітіння качанів – молочна стиглість» на контрольному варіанті у середньопізніх гібридів кукурудзи ДН Аншлаг (ФАО 420) та Р 0217 (ФАО 460) склала – 23 доби. Внесення дигестату у варіантах удобрення 2, 3 та 4 для гібриду ДН Аншлаг (ФАО 420) сприяло найбільш тривалому значенню періоду «цвітіння качанів – молочна стиглість» – 25 діб, тоді як на 5 та 6 варіанті удобрення цей показник знаходився на рівні 24 діб. У гібриду Р 0217 (ФАО 460) найбільш тривалим цей період був на другому варіанті удобрення, що передбачав трьохразове внесення дигестату нормою 60 т/га в основне, передпосівне удобрення та підживлення – 25 діб, на інших варіантах він не перевищував 24 діб.

Період «молочна стиглість – молочно-воскова стиглість» на контрольному варіанті без добрив у середньопізніх гібридів кукурудзи становив ДН Аншлаг (ФАО 420) – 20 діб, Р 0217 (ФАО 460) – 21 доба. Внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза забезпечило зростання тривалості даного періоду на 1-2 доби порівняно із контролем.

Тривалість періоду «молочно-воскова стиглість -повна стиглість» на контролі склала ДН Аншлаг (ФАО 420) – 25 діб, Р 0217 (ФАО 460) – 24 доби, внесення добрив подовжило тривалість даного періоду на 1-2 доби.

Отже, поліпшення живлення рослин досліджуваних гібридів кукурудзи усіх груп стиглості, шляхом застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяє подовженню тривалості окремих періодів вегетації, таких як «сходи – цвітіння качанів», «цвітіння качанів – молочна стиглість», «молочна стиглість – молочно-воскова стиглість» та «молочно-воскова стиглість – повна стиглість» на 1-2 доби, та загальну тривалість вегетації на 3-7 діб в порівнянні із контрольним варіантом (без застосування добрив).

3.2. Біометричні показники рослин кукурудзи

Із загальної кількості морфологічних ознак кукурудзи найбільш вагоме значення має висота рослин та висота закладання качанів, які не лише впливають на характеристику кількості утвореної органічної речовини, але і визначають технологічність вирощування та збирання, крім того у силосної кукурудзи висота рослин асоціюється із кількістю зеленої маси яка утворюється на одиниці площі.

За даними літературних джерел [31, 37, 289, 290] формування лінійних розмірів рослин кукурудзи визначається генетичними особливостями гібриду, кліматичними умовами року та технологією вирощування, особливо забезпеченістю основними елементами живлення.

Висота рослин та закладання качанів це саме ті морфологічні ознаки, які характеризують ростові процеси у рослин кукурудзи [33, 291]. Розуміння та об'єктивні дані про ростові процеси кукурудзи в онтогенезі дозволяють ефективно впливати на процес формування потенційної продуктивності самої культури [292]. Висота рослин та кріплення качанів можуть змінюватися залежно від кліматичних умов конкретного року та технологічної схеми вирощування [293].

Формування висоти рослин істотно залежить від групи стиглості гібридів, та з скороченням тривалості вегетаційного періоду знижується і значення даного показника підсилюючись впливом умов навколишнього середовища [46, 294].

Оптимізація живлення рослин кукурудзи істотно поліпшує наростання зеленої маси, сприяє зростанню площі листової поверхні і відповідно фотосинтетичної продуктивності рослин та інтенсивному росту і розвитку стебла, ефективному використанню ґрунтової вологи, що в кінцевому результаті забезпечує зростання урожайності посіву [295, 296].

І. І. Сеник, В. І. Оничко, Є. О. Наумов [297] вказують на те, що висота рослин кукурудзи перебуває у прямій кореляційній залежності від норми внесення мінерального азоту, із максимальним значенням за норми внесення нітрогену – 210 кг/га.

Результатами проведених досліджень встановлено вплив системи удобрення на формування лінійних розмірів рослин та висоти закладання качанів (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Вплив системи удобрення на лінійних розміри рослин досліджуваних гібридів кукурудзи, см (за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Висота рослин				Висота кріплення качанів			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	232,7	203,9	227,4	221,3	115,1	84,5	110,3	103,3
	2	286,8	257,4	280,4	274,9	139,5	122,3	130,5	130,8
	3	273,2	230,2	266,2	256,5	127,6	114,7	122,2	121,5
	4	278,3	247,1	273,9	266,4	130,1	121,5	125,5	125,7
	5	260,7	232,5	255,8	249,7	125,7	109,9	117,8	117,8
	6	238,8	219,5	240,2	232,8	123,2	103,5	117,5	114,7
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	207,1	197,5	205,5	203,4	84,8	79,2	82,8	82,3
	2	265,5	254,4	262,3	260,7	127,3	118,4	124,4	123,4
	3	257,1	229,9	254,5	247,2	115,7	111,4	109,9	112,3
	4	264,8	245,9	261,7	257,5	115,6	115,8	111,3	114,2
	5	257,5	226,6	250,9	245,0	104,9	104,5	102,4	103,9
	6	228,8	208,9	226,3	221,3	104,8	99,7	103,1	102,5
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	263,8	204,3	249,8	239,3	105,6	98,2	102,2	102,0
	2	317,9	292,7	305,6	305,4	146,5	134,8	140,3	140,5
	3	307,4	268,8	294,7	290,3	141,3	115,4	136,8	131,2
	4	308,8	284,7	295,5	296,3	144,5	116,1	139,5	133,4
	5	269,4	242,8	267,6	259,9	141,9	109,3	135,8	129,0
	6	278,8	225,7	265,5	256,7	116,5	105,9	114,5	112,3
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	250,8	220,7	246,7	239,4	113,3	96,9	101,4	103,9
	2	306,3	281,9	297,1	295,1	142,8	128,4	132,5	134,6
	3	300,1	266,6	293,6	286,8	129,3	111,5	127,4	122,7
	4	304,9	280,6	289,4	291,6	139,9	112,5	132,3	128,2
	5	265,8	253,1	262,3	260,4	126,8	108,4	121,5	118,9
	6	262,3	231,2	262,4	252,0	124,7	105,4	113,6	114,6
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	275,3	228,9	265,6	256,6	119,5	101,7	113,3	111,5
	2	310,1	294,7	299,5	301,4	147,4	138,3	141,8	142,5

<i>Продовження таблиці 3.5</i>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КВС 381 (ФАО 350)	3	292,2	278,1	284,3	284,9	130,6	117,3	125,6	124,5
	4	302,5	283,9	291,2	292,5	138,9	125,4	129,7	131,3
	5	286,8	264,3	279,9	277,0	129,8	109,6	124,5	121,3
	6	282,9	238,3	273,8	265,0	129,3	107,8	123,4	120,2
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	277,8	235,8	265,2	259,6	129,6	103,4	120,9	118,0
	2	314,2	297,7	305,4	305,8	148,1	136,3	136,5	140,3
	3	302,9	279,4	294,6	292,3	143,3	119,9	134,6	132,6
	4	313,2	288,5	302,6	301,4	144,4	126,6	135,2	135,4
	5	290,3	270,5	282,7	281,2	134,8	119,7	127,4	127,3
	6	279,6	247,6	275,4	267,5	130,6	109,8	124,6	121,7
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	278,4	240,9	265,4	261,6	130,3	106,7	123,4	120,1
	2	318,7	291,5	312,5	307,6	158,8	138,4	149,4	148,9
	3	303,2	280,9	297,4	293,8	141,1	132,2	132,8	135,4
	4	314,6	289,5	304,7	302,9	145,5	135,4	134,4	138,4
	5	295,1	278,6	283,9	285,9	137,2	124,6	128,7	130,2
	6	284,9	257,3	279,7	274,0	137,2	118,9	129,2	128,4
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	280,5	249,2	275,4	268,4	133,7	107,9	122,3	121,3
	2	311,4	299,7	309,6	306,9	152,3	137,8	145,6	145,2
	3	310,3	285,1	307,9	301,1	139,4	130,4	134,7	134,8
	4	310,5	293,6	308,5	304,2	146,6	135,1	139,8	140,5
	5	308,7	281,9	300,4	297,0	139,3	123,4	130,4	131,0
	6	310,2	262,1	305,4	292,6	141,8	120,1	129,8	130,6
НІР ₀₅ гібрид		2,5	2,5	2,7		2,0	1,8	2,0	
НІР ₀₅ удобрення		5,1	5,0	5,5	-	4,0	3,6	4,1	-
НІР ₀₅ взаємодія АВ		3,6	3,5	3,9		2,9	2,6	2,9	

*Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).*

Висота рослин та висота кріплення качанів істотно залежали від групи стиглості гібридів та їх генетичних особливостей, так зокрема у групі середньоранніх гібридів із найменшим ФАО, в середньому по досліді значення даних ознак склали Амарос (ФАО 230) – 250,3 та 119,0 см, Р8754 (ФАО 240) –

239,2 та 106,4 см, у групі середньоранніх гібридів із ФАО 290: Бігбіт – 274,7 та 124,7 см, Богатир – 270,9 та 120,5 см, середньостиглих: КВС 381 (ФАО 350) – 279,6 та 125,2 см, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 284,6 та 129,2 см.

Найвище значення висоти рослин та висоти кріплення качанів відмічено у гібридів середньопізньої групи стиглості, які характеризувалися найбільш тривалим вегетаційним періодом – ДН Аншлаг (ФАО 420) – 287,6 та 133,6 см, Р 0217 (ФАО 460) – 295,0 та 133,9 см, що повністю підтверджує дані літературних джерел про існування закономірностей формування лінійних параметрів рослин у гібридів кукурудзи залежно від групи стиглості, і з подовженням тривалості вегетації зростає і значення морфологічних ознак.

В розрізі років досліджень також відмічена зміна значення лінійних розмірів рослин та висоти закладання качанів. Так, зокрема, в 2023 році в середньому по досліді висота рослин виявилася найвищою та склала 284,2 см, а висота кріплення качанів – 131,6 см. Що говорить про формування в період вегетації даного року сприятливих умов за температурними показниками та рівнем опадів для ростових процесів гібридів кукурудзи.

В 2024 році, в зв'язку із тривалим періодом дефіциту вологи та високими значеннями температурного режиму в червні-серпні місяці відмічалось загальне зниження ростових процесів у досліджуваних гібридів кукурудзи, що в кінцевому результаті вплинуло на значення висоти рослин, яка склала 256,8 см та висоти закладання качанів – 115,7 см.

В 2025 році висота рослин, в середньому по досліді склала 277,2 см, а висота кріплення качанів – 124,9 см.

Також відмічений істотний вплив на прояв морфологічних ознак таких, як висота рослин та кріплення качанів, варіантів удобрення. Так, найнижче значення даних ознак відмічено на контрольному варіанті (без добрив), для гібридів кукурудзи усіх груп стиглості – Амарос (ФАО 230) – 221,3 та 103,3 см, Р8754 (ФАО 240) – 203,4 та 82,3 см, Бігбіт (ФАО 290) – 239,3 та 102,0 см, Богатир (ФАО 290) – 239,4 та 103,9 см, КВС 381 (ФАО 350) – 256,6 та 111,5 см, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 259,6 та 118,0 см, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 265,4 та

120,1 см, Р 0217 (ФАО 460) – 268,4 та 121,3 см, відповідно.

Застосування дигестату на 2 варіанті удобрення (60 т/га в основне удобрення + 60 т/га в передпосівне + 60 т/га в підживлення) забезпечило найвищий показник лінійних розмірів рослин 260,7-307,6 см, або на 38,5-66,1 см більше в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив). При цьому висота кріплення качанів коливалась у межах 123,4-148,9 см, або на 22,3-41,1 см більше ніж на контрольному варіанті.

Внесення дигестату в підживлення у нормі 60 т/га (варіант 3) сприяло збільшенню висоти рослин на 28,3-51,0 см, а висоти кріплення качанів на 13,0-30,0 см, в порівнянні із контролем. Значення висоти рослин у досліджуваних гібридів кукурудзи на даному варіанті удобрення, в середньому за три роки досліджень, знаходилось в межах 247,2-301,1 см, а висоти кріплення качанів – 112,3-135,4 см.

Четвертий варіант удобрення, який передбачав внесення дигестату нормою 60 т/га у передпосівне удобрення забезпечив значення висоти рослин, у досліджуваних гібридів кукурудзи, на рівні 257,5-304,2 см та висоти кріплення качанів – 114,2-140,5 см, або на 35,8-57,0 см та 17,4-31,9 см більше в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Внесення дигестату в основне удобрення нормою 60 т/га (5 варіант удобрення) забезпечив зростання лінійних розмірів рослин досліджуваних гібридів кукурудзи на 20,4-41,6 см та висоти закладання качанів – на 9,3-27,0 см, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Удобрення посівів мінеральними добривами у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (6 варіант удобрення) також забезпечило зростання величини морфологічних ознак у досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості. При цьому висота рослин збільшилась на 7,9-17,9 см, а висота кріплення качанів на 3,7-20,2 см в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Отже, покращення забезпеченості рослин кукурудзи елементами живлення за рахунок внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із

мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливає на прояв таких морфологічних ознак, як висота рослин та кріплення качанів. При цьому найкращий варіант щодо формування даних ознак забезпечує варіант удобрення, який передбачає внесення дигестату в основне, передпосівне удобрення та у підживлення.

3.3. Динаміка наростання площі листової поверхні кукурудзи

Для формування продуктивності гібридів кукурудзи важливе значення має площа асиміляційної поверхні та тривалість періоду її активної діяльності, оскільки саме від даного показника залежить кількість засвоєної сонячної радіації та утвореної органічної речовини. Тому для ефективного накопичення органічної речовини рослини кукурудзи мають мати оптимальну площу асиміляційного апарату. Майже вся утворена органічна речовина (до 90-95 %) у рослина формується саме у листках [298].

Площа листової поверхні має вирішальне значення не лише для формування загальної продуктивності, але і для отримання продукції відповідної якості, яка може використовуватись різними галузями народного господарства [3, 46].

Зменшення площі листової поверхні посівів кукурудзи, як правило зумовлює зменшення [12, 46, 114]. Оптимальні показники продуктивності асиміляційної поверхні створюються тоді коли вона в 3-6 разів перевищує площу ґрунту [16, 47].

Одним із найбільш ефективних заходів регулювання продуктивності є управління фотосинтетичною діяльністю рослин, шляхом оптимізації площі живлення [299].

Кліматичні особливості (вологість, сонячна енергія, температура) регіону вирощування та навіть окремого року, забезпеченість поживними речовинами та технологічні показники можуть істотно впливати на формування листового

апарату кукурудзи [3, 47].

М. Б. Грабовський [55] встановив суттєву різницю між площею листової поверхні та впливом сукупної фітомаси листя на продуктивність кукурудзи. Тобто площа листової поверхні визначає ефективність фотосинтезу, тоді як загальна біомаса листя впливає на розподіл асимілятів і формування врожаю.

А. А. Засуха [300] вказує на те, що у фазу цвітіння волотей (ВВСН 65) за умови проведення позакореневих підживлень мікроелементами формується найвище значення площі листової поверхні, а уже починаючи із фази молочної стиглості зерна (ВВСН 76) спостерігається зменшення даного показника, що пов'язано із фізіологічними особливостями рослини. Крім того зміна площі листової поверхні має істотну залежність від внесення мінеральних добрив, регуляторів росту та позакореневих підживлень мікроелементами.

В той же час застосування високих норм азотних добрив негативно впливає на урожайність зерна кукурудзи через те що навіть за збільшення площі листової поверхні спостерігається зниження фотосинтетичної діяльності [301]. Внесення мікроелементів може мати позитивний вплив на формування загальної площі листової поверхні та кількість засвоєної органічної речовини [302]. Саме оптимізація живлення рослин за рахунок внесення як макро- так і мікроелементів суттєво поліпшує фотосинтетичну діяльність у рослин кукурудзи та їх продуктивність [9, 13, 303].

Характеристику досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості за площею листової поверхні залежно від варіантів удобрення наведено в таблиці 3.6.

Значення загальної площі листової поверхні у досліджуваних гібридів кукурудзи коливалось в межах 19,77-50,22 тис. м² / га, із поступовим зростанням її у гібридів із більш тривалим вегетаційним періодом. Так зокрема у гібридів середньоранньої групи стиглості із найменшим ФАО, в середньому за три роки, площа листової поверхні склала: Амарос (ФАО 230) – 29,38 тис. м² / га, Р8754 (ФАО 240) – 26,97 тис. м² / га, середньоранньої із ФАО 290: Бігбіт – 30,19 тис. м² / га, Богатир – 33,41 тис. м² / га, середньостиглої: КВС 381 (ФАО 350) – 35,38 тис.

м² / га, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 37,66 тис. м² / га та середньопізньої: ДН Аншлаг (ФАО 420) – 40,00 тис. м² / га, Р 0217 (ФАО 460) – 42,67 тис. м² / га.

Таблиця 3.6

Вплив варіантів удобрення на формування площі листової поверхні у гібридів кукурудзи, тис. м²/га (за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Площа листової поверхні			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.
1	2	3	4	5	6
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	22,46	20,47	21,53	21,49
	2	37,32	34,55	35,69	35,85
	3	32,75	30,02	31,57	31,45
	4	36,21	33,32	35,54	35,02
	5	28,89	25,58	26,95	27,14
	6	26,32	23,95	25,64	25,30
Р8754 (ФАО 240)	1 (К)	20,65	19,77	19,32	19,91
	2	35,56	33,52	34,27	34,45
	3	31,34	28,38	30,75	30,16
	4	33,25	29,88	31,98	31,70
	5	24,56	21,57	23,32	23,15
	6	23,51	20,81	22,95	22,42
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	28,31	24,26	26,45	26,34
	2	35,52	32,08	34,61	34,07
	3	31,79	28,61	29,95	30,12
	4	33,57	31,46	32,12	32,38
	5	30,48	28,41	29,33	29,41
	6	29,95	27,61	28,81	28,79
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	31,29	25,26	30,72	29,09
	2	40,25	37,33	39,67	39,08
	3	34,49	31,19	33,18	32,95
	4	37,93	35,56	36,54	36,68
	5	34,02	30,04	33,51	32,52
	6	31,26	28,68	30,47	30,14
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	33,67	27,90	32,49	31,35
	2	43,45	39,42	42,97	41,95
	3	36,56	33,27	35,13	34,99
	4	38,63	34,49	37,55	36,89
	5	35,49	32,58	34,17	34,08

<i>Продовження таблиці 3.6</i>					
1	2	3	4	5	6
КВС 381	6	33,28	31,83	33,95	33,02
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	34,55	29,96	33,69	32,73
	2	46,73	43,02	45,57	45,11
	3	39,92	36,11	38,73	38,25
	4	40,11	36,40	39,85	38,79
	5	37,79	34,76	36,91	36,49
	6	36,15	32,28	35,37	34,60
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	36,21	30,13	35,79	34,04
	2	47,93	41,34	46,88	45,38
	3	41,31	36,93	40,25	39,50
	4	42,02	37,50	41,99	40,50
	5	43,55	37,93	42,12	41,20
	6	42,69	33,86	41,55	39,37
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	39,39	33,53	38,41	37,11
	2	50,22	43,70	48,35	47,42
	3	45,91	40,95	43,62	43,49
	4	46,32	38,77	45,31	43,47
	5	46,05	38,06	44,97	43,03
	6	45,62	34,13	44,75	41,50
НІР ₀₅ гібрид		1,04	0,95	0,86	
НІР ₀₅ удобрення		2,07	1,89	1,73	–
НІР ₀₅ взаємодія АВ		1,47	1,34	1,22	

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л / га).

В середньому по досліді площа листової поверхні в 2023 році становила 36,15 тис. м² / га, в 2024 році – 32,11 тис. м² / га та в 2025 році – 35,11 тис. м² / га. Різниця у значенні площі листової поверхні за роками дослідження пов'язана із різними показниками забезпеченості рослин температурою та вологою в кожен рік досліджень. Покращення даних температури та вологи в період вегетації рослин зумовлює кращий розвиток площі листової поверхні (2023 та 2025 рр.), а дефіцит навпаки пригнічує розвиток, як самої рослин, так і площі листової

поверхні, наприклад кліматичні умови 2024 року.

На контрольному варіанті (без добрив) площа листової поверхні у досліджуваних гібридів кукурудзи виявилася найменшою, і в середньому за три роки досліджень, склала для гібриду Амарос (ФАО 230) – 21,49 тис. м² / га, Р8754 (ФАО 240) – 19,91 тис. м² / га, Бігбіт (ФАО 290) – 26,34 тис. м² / га, Богатир (ФАО 290) – 29,09 тис. м² / га, КВС 381 (ФАО 350) – 31,35 тис. м² / га, КВС Інтелгенс (ФАО 380) – 32,73 тис. м² / га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 34,04 тис. м² / га, Р 0217 (ФАО 460) – 37,11 тис. м² / га.

Найбільше значення загальної площі листової поверхні, в середньому за три роки, у досліджуваних гібридів встановлене на варіанті де застосовували внесення дигестату біогазових станцій в основне (60 т/га) + припосівне (60 т/га) удобрення + підживлення (60 т/га): Амарос (ФАО 230) – 35,85 тис. м² / га, Р8754 (ФАО 240) – 34,45 тис. м² / га, Бігбіт (ФАО 290) – 34,07 тис. м² / га, Богатир (ФАО 290) – 39,08 тис. м² / га, КВС 381 (ФАО 350) – 41,95 тис. м² / га, КВС Інтелгенс (ФАО 380) – 45,11 тис. м² / га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 45,38 тис. м² / га, Р 0217 (ФАО 460) – 47,42 тис. м² / га, або на 7,73-14,54 тис. м² / га більше в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

На варіанті удобрення, який передбачав внесення дигестату (60 т/га) в підживлення площа листової поверхні у досліджуваних гібридів кукурудзи, в середньому за три роки досліджень, зросла на 3,64-10,25 тис. м² / га, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив). Зростання площі листової поверхні у гібридів кукурудзи за проведення передпосівного удобрення дигестом (60 т/га), у середньому за три роки досліджень, склала 5,54-13,53 тис. м² / га.

Внесення дигестату (60 т/га) в основне удобрення сприяло зростанню площі листової поверхні у досліджуваних гібридів кукурудзи на 2,73-7,16 тис. м² / га, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив). На варіанті де вносились мінеральні добрива нормою N₉₀P₉₀K₉₀ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза, зростання площі листової поверхні, в середньому за три роки, склало 1,05-5,33 тис. м² / га.

Для встановлення величини впливу досліджуваних чинників на значення

площі листової поверхні, досліджуваних гібридів кукурудзи проведений факторний аналіз (рис. 3.1).

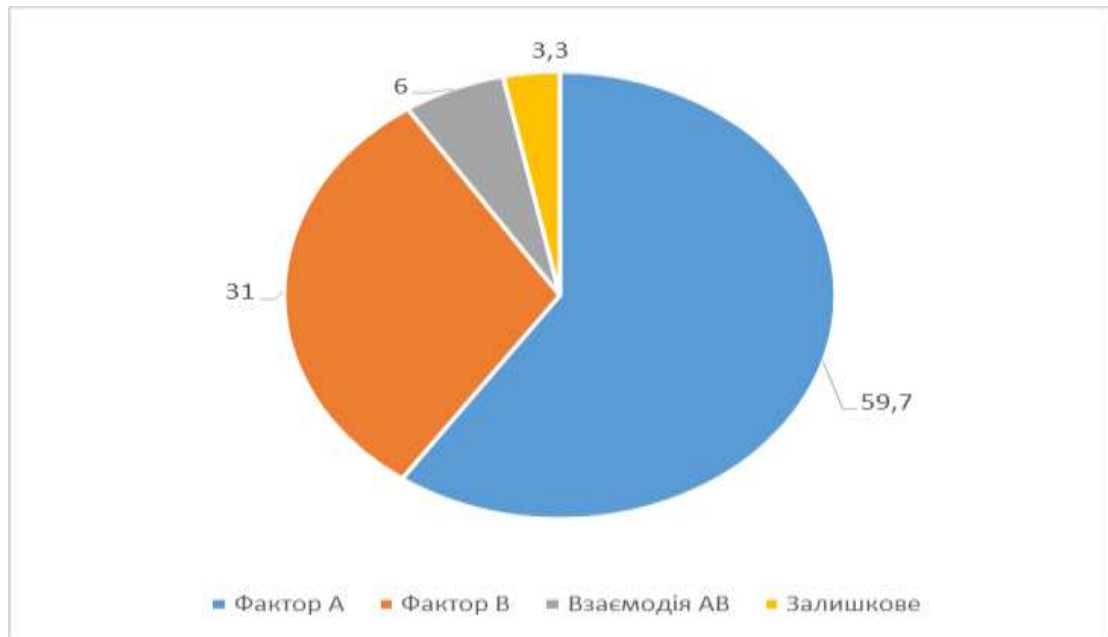


Рис. 3.1 Питома вага впливу досліджуваних чинників на формування площі листової поверхні, %

Відповідно до проведеного факторного аналізу, питома вага впливу досліджуваних факторів у формуванні площі листової поверхні, склала: генетичні особливості гібридів – 59,7 %, варіант удобрення – 31,0 %, взаємодія між двома факторами АВ – 6,0 % та 3,3 % дольова частка інших факторів, які не вивчалися.

Отже, покращення забезпеченості рослин елементами живлення за рахунок внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливає на формування площі листової поверхні досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості, збільшуючи її на 1,05-14,54 тис. м² / га, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

3.4. Особливості формування вегетативної маси досліджуваними гібридами кукурудзи залежно від варіанту удобрення

Для отримання якісного силосу важливе значення має формування вегетативної маси і особливо співвідношення між листовою, стебловою масою та

качанами, тому що саме воно визначає поживну цінність силосу кукурудзи.

Для отримання якісного врожаю силосної кукурудзи варто враховувати оптимальне співвідношення між листостебловою та зерною масою, що називається індексом врожаю. У кукурудзи даний показник коливається в межах 38-42 % [304].

В. Д. Паламарчук та ін. [61], відмічають що сучасні гібриди кукурудзи характеризуються індексом урожайності більше 40 %, в той час як сорти мають біля 25 %.

Характеристику гібридів кукурудзи за масою листків, стебла та качанів залежно від варіантів удобрення наведено в таблицях 3.7, 3.8 та 3.9.

Таблиця 3.7

Маса листків з однієї рослини у гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення, г (за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Маса листків з 1 рослини, г			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.
1	2	3	4	5	6
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	165,5	158,3	163,8	162,5
	2	222,5	199,2	220,3	214,0
	3	178,3	176,5	175,6	176,8
	4	193,8	187,3	186,9	189,3
	5	176,6	175,5	175,4	175,8
	6	200,6	170,2	196,8	189,2
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	179,5	169,6	172,4	173,8
	2	227,3	200,2	223,5	217,0
	3	202,4	197,9	199,4	199,9
	4	207,6	200,7	203,2	203,8
	5	186,1	172,7	184,5	181,1
	6	219,9	175,1	215,4	203,5
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	216,4	190,1	212,2	206,2
	2	235,7	223,7	229,4	229,6
	3	220,9	216,8	218,3	218,7
	4	223,4	217,6	220,5	220,5
	5	220,2	196,5	218,8	211,8
	6	234,7	207,8	231,3	224,6
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	222,5	206,1	220,7	216,4
	2	239,6	230,3	231,5	233,8
	3	231,4	219,8	227,3	226,2

<i>Продовження таблиці 3.7</i>					
1	2	3	4	5	6
Богатир (ФАО 290)	4	238,6	223,9	235,3	232,6
	5	226,5	210,3	220,8	219,2
	6	237,8	212,4	235,2	228,5
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	252,4	220,5	248,5	240,5
	2	279,3	249,2	272,8	267,1
	3	270,5	236,1	267,7	258,1
	4	277,6	243,4	271,5	264,2
	5	265,4	227,5	259,7	250,9
	6	278,2	234,9	281,9	265,0
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	256,9	232,7	254,5	248,0
	2	295,6	263,6	290,6	283,3
	3	281,3	254,4	278,5	271,4
	4	287,4	261,3	283,4	277,4
	5	278,5	243,3	276,5	266,1
	6	289,8	234,6	286,3	270,2
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	267,3	234,3	264,3	255,3
	2	298,3	275,7	295,3	289,8
	3	284,5	259,3	278,9	274,2
	4	290,2	262,4	285,1	279,2
	5	281,1	250,1	278,8	270,0
	6	293,2	251,6	289,3	278,0
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	270,5	246,1	268,9	261,8
	2	301,9	272,2	297,3	290,5
	3	295,5	273,5	289,5	286,2
	4	292,5	270,9	286,4	283,3
	5	288,2	270,8	285,3	281,4
	6	300,5	263,5	295,5	286,5
НІР ₀₅ гібрид		1,8	1,9	2,0	
НІР ₀₅ удобрення		3,7	3,8	3,9	–
НІР ₀₅ взаємодія АВ		2,6	2,7	2,8	

*Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (норма внесення 1,5 л / га).*

Розвиток листової поверхні рослин у досліджуваних гібридів кукурудзи залежав від кліматичних умов року, і в середньому по досліді він склав за 2023 рік 247,6 г, в 2024 році – 224,4 г та в 2025 році – 243,9 г. Зниження даного показника в 2024 році обумовлене високими температурами в період активної вегетації та тривалим дефіцитом вологи, який спостерігався із червня по серпень місяць.

Біологічні особливості кожного гібриду також істотно впливали на формування маси листків, зокрема в середньому маса листків для гібриду Амарос (ФАО 230) становив 184,6 г, Р8754 (ФАО 240) – 196,5 г, Бігбіт (ФАО 290) – 218,6 г, Богатир (ФАО 290) – 226,1 г, КВС 381 (ФАО 350) – 257,6 г, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 269,4 г, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 274,4 г та Р 0217 (ФАО 460) – 281,6 г.

Встановлений також вплив внесення добрив на формування листової поверхні. Зокрема найвище значення маси листків із однієї рослини отримано на варіанті удобрення де вносили трьохразово (основне удобрення + передпосівне удобрення та підживлення) дигестат нормою 60 т/га: Амарос (ФАО 230) – 214,0 г, Р8754 (ФАО 240) – 217,0 г, Бігбіт (ФАО 290) – 229,6 г, Богатир (ФАО 290) – 233,8 г, КВС 381 (ФАО 350) – 267,1 г, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 283,3 г, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 289,8 г та Р 0217 (ФАО 460) – 290,5 г, тоді як на контролі (без добрив) цей показник склав – 162,5 г; 173,8 г; 206,2 г; 216,4 г; 240,5 г; 248,0 г; 255,3 г та 261,8 г, відповідно. Зростання маси листків на кращому варіанті в порівнянні із контролем склало – 17,4-51,5 г, відповідно.

Внесення мінеральних добрив нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (1,5 л/га) сприяло зростанню маси листків із однієї рослини на 12,0-29,6 г в порівнянні із контролем.

Проведений факторний аналіз дозволив виділити дольову частку впливу кожного досліджуваного чинника на формування загальної маси листків у гібридів кукурудзи (рис. 3.2).

Згідно проведеного факторного аналізу, питома вага впливу досліджуваних факторів у формуванні загальної маси листків гібридів кукурудзи, склала: генетичні особливості гібридів – 89,0 %, варіант удобрення – 8,7 %, взаємодія між двома факторами АВ – 2,0 % та 0,3 % дольова частка інших факторів, які не вивчалися.

Отже, маса листків із однієї рослини залежить від умов вегетації, біологічних особливостей конкретного гібриду та застосування добрив. Саме оптимізація живлення рослин досліджуваних гібридів кукурудзи за рахунок

внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяє найбільшому зростанню даного показника, що складає 12,0-51,5 г в порівнянні із контролем (без внесення добрив).

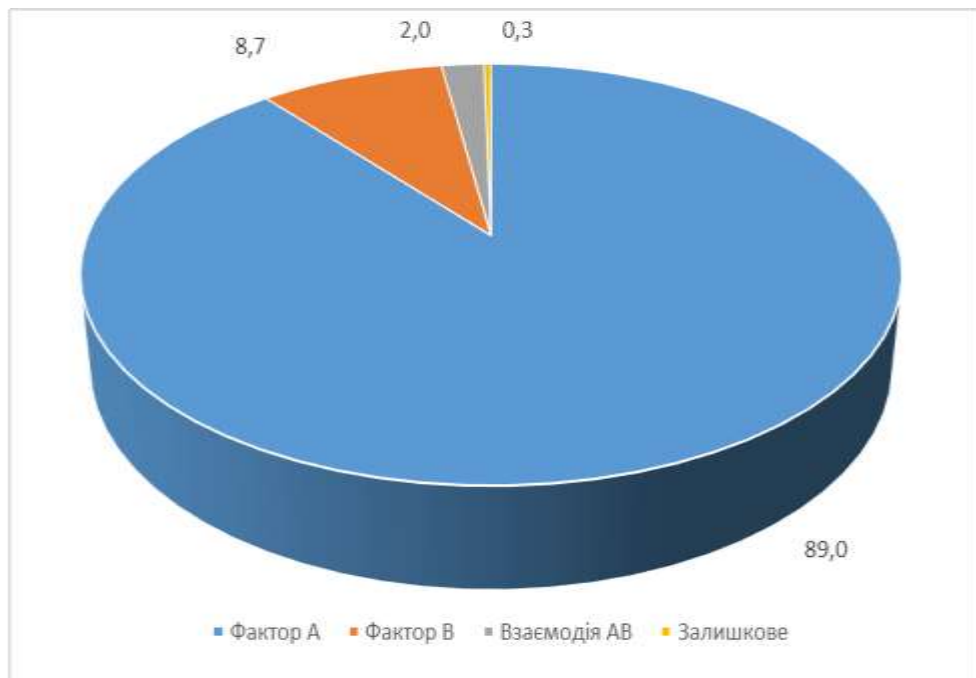


Рис. 3.2 Питома вага впливу досліджуваних чинників на формування загальної маси листків гібридів кукурудзи, %

В таблиці 3.8 приведена характеристика маси качана у досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від системи удобрення.

Нами встановлено, що маса качанів змінювалася протягом років досліджень, і в 2023 році, в середньому по досліді, маса качана з обгортками становила 563,0 г, а качана без обгортки – 455,8 г, в 2024 році – 490 та 405,3 г та в 2025 році – 556,9 та 450,8 г, відповідно.

На значення маси качанів істотний вплив здійснювали і біологічні особливості гібридів. Зокрема, в середньому, маса качана з обгортками та без обгортки, для гібриду Амарос (ФАО 230) – 450,1 та 383,0 г, Р8754 (ФАО 240) – 464,7 та 354,3 г, Бігбіт (ФАО 290) – 474,2 та 400,2 г, Богатир (ФАО 290) – 542,7 та 448,2 г, КВС 381 (ФАО 350) – 577,6 та 467,6 г, КВС Інтелгенс (ФАО 380) – 585,8 та 474,0 г, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 593,8 та 477,5 г та Р 0217 (ФАО 460) – 604,1 та 493,6 г, відповідно. Встановлене зростання маси качанів із подовженням тривалості вегетаційного періоду і найбільше значення даної ознаки отримано

для гібридів середньопізньої групи із ФАО 420-460, в порівнянні із середньоранніми гібридами із ФАО 230-240.

Таблиця 3.8

Характеристика маси качана у гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від варіанту удобрення, г (за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Маса качана з обгортками, г				Маса качана без обгортки, г			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	424,5	350,7	419,4	398,2	374,9	281,9	365,6	340,8
	2	525,0	478,2	517,3	506,8	454,0	369,6	447,8	423,8
	3	482,0	394,1	478,5	451,5	439,3	314,3	435,7	396,4
	4	503,8	456,4	495,9	485,4	423,6	355,6	417,8	399,0
	5	441,0	381,5	436,6	419,7	384,3	310,8	379,5	358,2
	6	484,7	356,1	475,5	438,8	417,5	309,1	412,6	379,7
Р8754 (ФАО 240)	1 (К)	450,5	376,7	446,8	424,7	334,6	316,0	331,5	327,4
	2	550,0	408,5	539,4	499,3	386,5	363,9	375,4	375,3
	3	534,2	386,8	526,7	482,6	376,7	347,1	371,2	365,0
	4	535,2	392,7	531,3	486,4	377,8	350,3	375,6	367,9
	5	465,9	389,0	460,5	438,5	340,0	317,2	337,8	331,7
	6	491,1	391,3	488,3	456,9	378,9	323,2	374,5	358,9
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	452,5	410,2	445,4	436,0	375,6	331,6	369,8	359,0
	2	543,3	442,5	532,5	506,1	467,3	381,1	458,6	435,7
	3	523,6	421,8	519,4	488,3	439,9	364,2	431,5	411,9
	4	524,5	427,5	520,7	490,9	445,3	367,3	439,4	417,3
	5	455,2	425,4	451,1	443,9	396,8	339,8	390,8	375,8
	6	505,2	435,3	498,7	479,7	431,5	352,2	421,3	401,7
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	544,5	439,4	537,3	507,1	437,8	383,3	434,8	418,6
	2	603,7	499,6	598,6	567,3	485,5	448,2	478,5	470,7
	3	585,3	473,2	580,4	546,3	472,3	413,5	466,3	450,7
	4	601,0	487,1	593,7	560,6	481,1	441,5	475,8	466,1
	5	566,7	456,8	562,2	528,6	450,5	406,3	443,9	433,6
	6	592,1	460,7	586,7	546,5	472,9	410,3	465,5	449,6
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	559,7	476,7	554,5	530,3	444,2	393,3	440,2	425,9
	2	634,3	586,9	625,3	615,5	512,3	466,3	507,3	495,3
	3	597,0	575,5	593,3	588,6	475,8	441,4	470,8	462,7
	4	618,8	569,7	608,9	599,1	498,3	464,2	495,6	486,0
	5	576,8	507,5	573,5	552,6	470,6	433,9	466,4	457,0
	6	616,4	515,4	605,8	579,2	503,3	434,5	498,8	478,9
КВС Інтелегенс	1 (К)	564,6	482,5	557,6	534,9	454,7	397,1	448,9	433,6
	2	639,6	587,3	632,3	619,7	513,5	470,0	509,3	497,6

<i>Продовження таблиці 3.8</i>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КВС Интелегенс (ФАО 380)	3	605,7	580,1	598,8	594,9	481,9	445,2	477,5	468,2
	4	622,9	576,2	615,3	604,8	502,3	465,7	496,6	488,2
	5	585,6	537,4	581,3	568,1	478,6	444,4	475,8	466,3
	6	619,5	542,6	615,5	592,5	512,2	449,3	509,3	490,3
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	568,8	483,6	563,8	538,7	456,2	401,5	453,3	437,0
	2	642,9	594,8	635,3	624,3	519,3	476,8	515,5	503,9
	3	612,2	587,3	608,8	602,8	488,6	451,5	482,3	474,1
	4	622,4	591,5	615,3	609,7	507,7	465,9	502,7	492,1
	5	591,7	570,9	586,7	583,1	489,4	446,3	486,6	474,1
	6	630,8	556,1	625,9	604,3	510,3	433,2	507,1	483,5
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	572,1	489,5	565,7	542,4	464,8	418,9	459,5	447,7
	2	644,6	614,4	635,9	631,6	522,8	498,2	518,7	513,2
	3	631,3	599,7	627,3	619,4	499,7	493,8	496,9	496,8
	4	632,5	604,6	629,5	622,2	514,7	496,7	511,2	507,5
	5	608,3	579,0	601,4	596,2	494,8	493,1	490,5	492,8
	6	638,8	567,6	631,5	612,6	519,5	475,2	516,4	503,7
НІР ₀₅ гібрид		3,9	3,4	2,5		2,2	2,6	2,5	
НІР ₀₅ удобрення		7,7	6,8	5,1	–	4,4	5,1	5,0	–
НІР ₀₅ взаємодія АВ		5,5	4,8	3,6		3,1	3,6	3,5	

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).

На масу качанів із однієї рослини істотний вплив здійснювало внесення дигестату (біоорганічного добрива) біогазових станцій на основі свинячого гною та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза. Зокрема найвище значення маса качана з обгортками та без обгорток відмічене на варіанті із триразовим внесенням дигестату біогазових станцій в основне удобрення (60 т/га) + передпосівне удобрення (60 т/га) + підживлення (60 т/га): Амарос (ФАО 230) – 423,8 та 506,8 г, Р8754 (ФАО 240) – 499,3 та 375,3 г, Бігбіт (ФАО 290) – 506,1 та 435,7 г, Богатир (ФАО 290) – 567,3 та 470,7 г, КВС 381 (ФАО 350) – 615,5 та 495,3 г, КВС Интелегенс (ФАО 380) – 619,7 та 497,6 г, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 624,3 та 503,9 г та Р 0217 (ФАО 460) – 631,6 та 513,2 г, відповідно. На варіанті де вносились мінеральні добрива у поєднанні із

мікродобривом Нановіт кукурудза даний показник становив – 379,7 та 438,8 г; 358,5 та 456,9 г, 401,7 та 479,7 г; 449,6 та 546,5 г; 478,9 та 579,2 г; 490,3 та 592,5 г; 483,5 та 604,3 г і 503,7 та 612,6 г, відповідно.

Зростання маси качанів за рахунок внесення мінеральних, органічних та мікродобрив у досліджуваних гібридів кукурудзи склало 32,3 та 108,6 г і 30,9 та 83,0 г, відповідно з обгортками та без них.

Факторний аналіз, який був проведений на основі дисперсійного аналізу дозволив виділити дольову частку впливу кожного досліджуваного чинника на формування маси качанів (з обгортками) на рослині у кукурудзи (рис. 3.3).

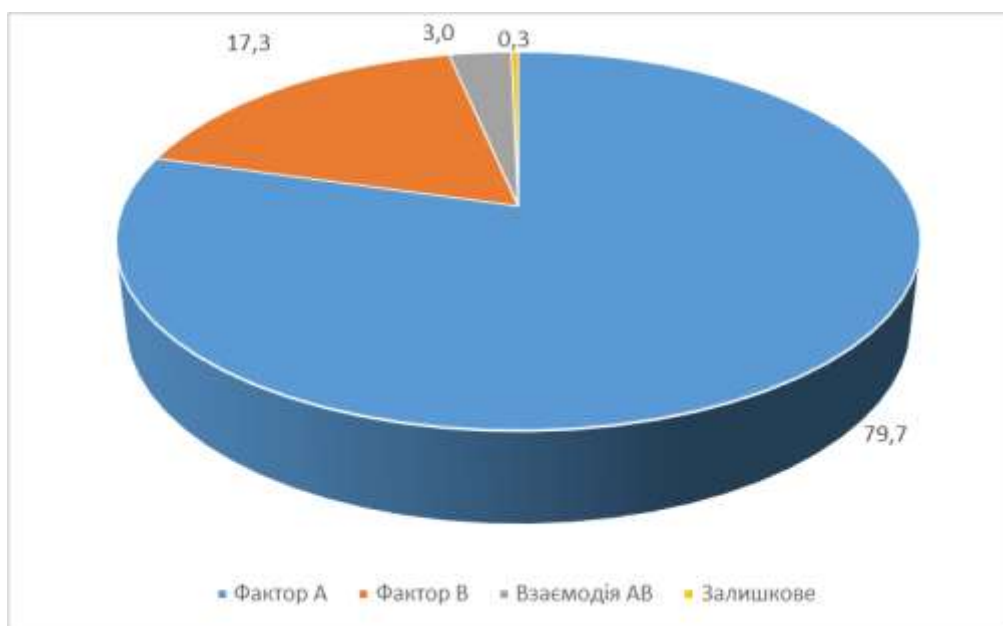


Рис. 3.3 Питома вага впливу досліджуваних чинників на масу качанів у кукурудзи, %

Згідно проведеного факторного аналізу, питома вага впливу досліджуваних факторів у формуванні маси качанів на рослині в гібридів кукурудзи, склала: генетичні особливості гібридів – 79,7 %, варіант удобрення – 17,3 %, взаємодія між двома факторами АВ – 3,0 % та 0,3 % дольова частка інших факторів, які не вивчалися.

Отже, застосування органічних та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливає на формування маси качанів у досліджуваних гібридів кукурудзи, що відображається у збільшенні даного показника на 30,9-108,6 г в порівнянні із контрольним варіантом (без

внесення добрив).

Вплив системи удобрення на значення маси стебла у досліджуваних гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення наведено в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Характеристика маси стебла у гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення, г (за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Маса стебла однієї рослини, г			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.
1	2	3	4	5	6
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	318,4	290,4	316,8	308,5
	2	385,7	335,4	377,9	366,3
	3	358,9	331,2	347,5	345,9
	4	372,7	333,6	365,2	357,2
	5	326,3	323,2	324,3	324,6
	6	361,2	326,8	357,5	348,5
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	335,8	315,1	330,4	327,1
	2	410,9	405,5	406,7	407,7
	3	375,4	390,4	369,4	378,4
	4	400,5	392,1	391,8	394,8
	5	327,6	322,7	325,6	325,3
	6	365,5	325,2	361,4	350,7
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	399,1	378,6	393,4	390,4
	2	472,7	432,2	467,5	457,5
	3	457,3	415,6	449,3	440,7
	4	458,5	420,5	455,4	444,8
	5	403,4	394,1	397,5	398,3
	6	451,1	408,5	447,3	435,6
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	421,6	403,6	416,9	414,0
	2	485,7	471,6	475,8	477,7
	3	469,5	442,6	462,5	458,2
	4	475,4	460,4	469,8	468,5
	5	435,7	424,9	428,5	429,7
	6	466,8	416,7	461,6	448,4
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	439,2	417,5	435,4	430,7
	2	497,5	472,7	493,7	488,0
	3	475,8	447,4	471,1	464,8

<i>Продовження таблиці 3.9</i>					
1	2	3	4	5	6
КВС 381 (ФАО 350)	4	489,3	462,5	482,6	478,1
	5	450,3	430,7	448,5	443,2
	6	487,2	437,3	483,4	469,3
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	457,1	432,5	454,4	448,0
	2	511,7	490,6	507,3	503,2
	3	484,5	474,8	481,2	480,2
	4	500,6	489,5	495,6	495,2
	5	476,3	448,1	472,7	465,7
	6	509,5	461,4	506,3	492,4
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	459,7	445,7	456,3	453,9
	2	515,3	498,6	508,5	507,5
	3	492,5	478,3	457,9	476,2
	4	505,6	493,7	499,5	499,6
	5	489,3	459,4	485,7	478,1
	6	504,7	458,3	500,2	487,7
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	474,3	479,8	469,8	474,6
	2	533,5	518,4	528,5	526,8
	3	525,9	512,4	519,5	519,3
	4	531,9	517,6	526,7	525,4
	5	520,3	507,5	518,3	515,4
	6	529,9	495,7	525,9	517,2
НІР ₀₅ гібрид		2,1	1,9	2,0	
НІР ₀₅ удобрення		4,2	3,9	4,1	–
НІР ₀₅ взаємодія АВ		3,0	2,8	2,9	

*Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).*

Маса стебла у досліджуваних гібридів істотно залежала від кліматичних умов року, біологічних особливостей гібридів та системи удобрення. Так зокрема, найвище значення маси стебла, в середньому по досліді, отримано в 2023 році – 450,0 г, тоді як в 2025 році вона була на рівні 444,4, а в 2024 році виявилася найнижчою – 426,9 г, що в більшій мірі обумовлено стресовими

умовами за забезпеченням вологою та високими температурними показниками в період вегетації кукурудзи.

В розрізі досліджуваних гібридів маса стебла, в середньому за роки досліджень склала Амарос (ФАО 230) – 341,8 г, Р8754 (ФАО 240) – 364,0 г, Бігбіт (ФАО 290) – 427,9 г, Богатир (ФАО 290) – 449,4 г, КВС 381 (ФАО 350) – 462,3 г, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 480,8 г, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 483,8 г та Р 0217 (ФАО 460) – 513,1 г. Подовження тривалості вегетаційного періоду в досліджуваних гібридів кукурудзи позитивно впливало на збільшення лінійних розмірів рослин, та й відповідно на зростання маси стебла. Найбільшу масу стебла (483,8-513,1 г) зафіксовано для гібридів середньопізньої групи стиглості із ФАО 420-460, тоді як у групі середньоранніх гібридів із ФАО 230-240 маса стебла склала лише 341,8-364,0 г.

Застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно вплинуло на формування маси стебла досліджуваних гібридів кукурудзи. Так найвище значення маси стебла відмічено на варіанті триразовим внесенням дгестату біогазових станцій в основне удобрення (60 т/га) + передпосівне удобрення (60 т/га) + підживлення (60 т/га): Амарос (ФАО 230) – 366,3 г, Р8754 (ФАО 240) – 407,7 г, Бігбіт (ФАО 290) – 457,5 г, Богатир (ФАО 290) – 477,7 г, КВС 381 (ФАО 350) – 488,0 г, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 503,2 г, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 507,5 г та Р 0217 (ФАО 460) – 526,8 г, тоді як на варіанті із внесенням мінеральних добрив нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (1,5 л/га) зростання маси стебла склало – 23,6-45,3 г, в порівнянні із контрольним варіантам, де значення даної ознаки виявилось мінімальним і склало – 308,5 г, 327,1 г, 390,4 г, 414,0 г, 430,7 г, 448,0 г, 453,9 г та 474,6 г, відповідно.

Факторний аналіз, який був проведений на основі дисперсійного аналізу дозволив виділити дольову частку впливу кожного досліджуваного чинника на формування маси стебла у кукурудзи (рис. 3.4).

Згідно проведеного факторного аналізу, питома вага впливу

досліджуваних факторів у формуванні маси качанів на рослині в гібридів кукурудзи, складала: генетичні особливості гібридів – 85,7 %, варіант удобрення – 12,0 %, взаємодія між двома факторами АВ – 2,0 % та 0,01 % дольова частка інших факторів, які не вивчалися.

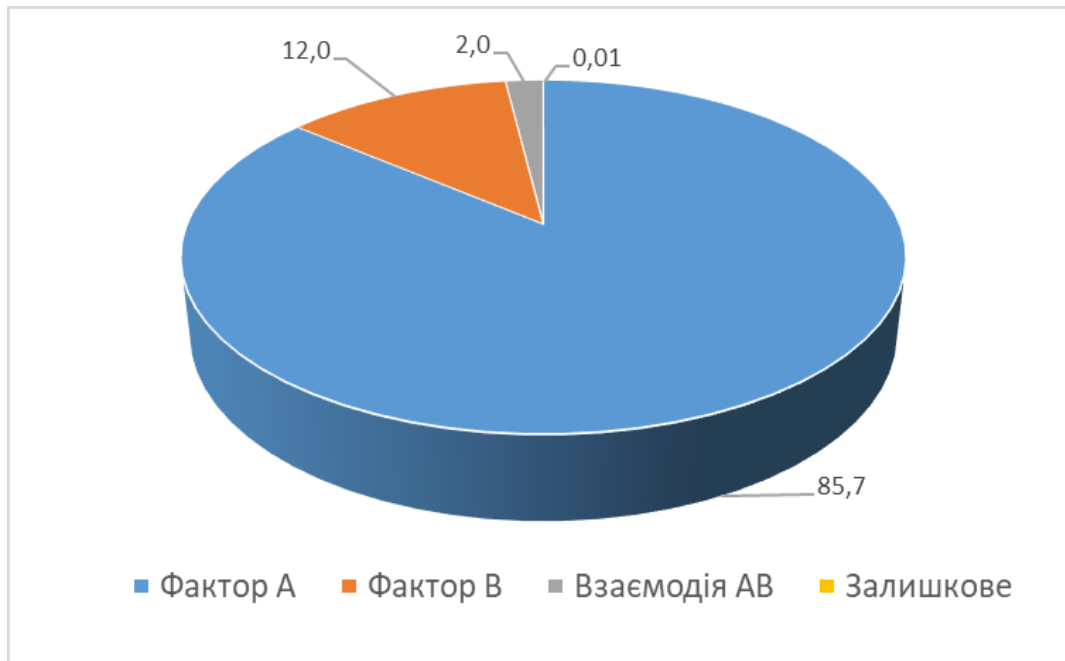


Рис. 3.4 Питома вага впливу досліджуваних чинників на масу стебла у кукурудзи, %

Отже, величина маси стебла у досліджуваних гібридів кукурудзи визначалася умови вирощування, групою стиглості та біологічними особливостями гібридів та варіантом удобрення. Найкращі умови для формування маси стебла за забезпеченням елементами живлення склалися за внесення дигестату в нормі в основне (60 т/га), передпосівне (60 т/га) удобрення та підживлення (60 т/га).

На величину продуктивності гібридів кукурудзи істотний вплив здійснює поширення хвороб та шкідників. Із даних джерел наукової літератури величина таких втрат може сягати 25-50 % і навіть більше [3, 46].

Вплив системи удобрення, яка передбачає використання дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на кількість рослин уражених пухирчастою сажкою та пошкоджених стебловим метеликом приведено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Вплив системи удобрення на стійкість кукурудзи до пухирчастої сажки та стеблового метелика, % (за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Кількість рослин уражених пухирчастою сажкою, %				Кількість рослин пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом, %			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	3,2	5,4	2,7	3,8	5,8	2,1	4,7	4,2
	2	6,7	13,8	5,8	8,8	3,2	1,5	2,1	2,3
	3	8,5	26,1	6,9	13,8	2,5	1,1	2,2	1,9
	4	7,9	19,3	5,5	10,9	2,6	1,1	2,0	1,9
	5	3,5	5,3	1,2	3,3	2,5	1,1	2,1	1,9
	6	1,4	4,7	1,3	2,5	4,6	1,5	3,5	3,2
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	2,6	6,3	2,1	3,7	15,6	13,2	14,3	14,4
	2	4,1	4,4	3,6	4,0	6,9	4,5	6,2	5,9
	3	5,5	6,2	4,9	5,5	10,4	6,2	9,7	8,8
	4	6,9	8,5	5,7	7,0	6,7	3,4	5,9	5,3
	5	7,3	9,2	6,6	7,7	12,4	11,5	12,1	12,0
	6	1,5	2,8	1,2	1,8	11,7	10,9	11,5	11,4
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	5,9	7,6	5,5	6,3	14,3	12,7	13,5	13,5
	2	4,7	6,2	4,3	5,1	10,2	6,9	8,8	8,6
	3	6,9	7,3	6,7	7,0	10,8	7,4	9,4	9,2
	4	9,3	11,6	8,8	9,9	9,7	6,8	7,5	8,0
	5	10,1	12,4	9,5	10,7	11,2	10,3	10,8	10,8
	6	4,3	5,5	3,6	4,5	13,7	11,5	12,9	12,7
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	6,5	8,3	6,4	7,1	7,6	7,2	7,5	7,4
	2	14,5	18,7	13,4	15,5	6,1	4,5	5,7	5,4
	3	15,2	20,3	14,1	16,5	7,2	6,1	6,4	6,6
	4	12,7	19,2	10,3	14,1	5,7	4,2	5,5	5,1
	5	11,5	19,7	10,1	13,8	6,3	5,5	5,9	5,9
	6	6,6	8,1	5,7	6,8	4,5	3,6	4,1	4,1
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	2,3	3,1	1,8	2,4	14,1	12,6	13,7	13,5
	2	3,2	3,5	2,3	3,0	3,5	1,8	2,4	2,6
	3	6,5	7,2	5,8	6,5	5,2	3,5	4,8	4,5
	4	4,1	4,9	3,6	4,2	4,8	3,3	4,2	4,1
	5	3,8	4,4	2,7	3,6	6,7	5,2	5,9	5,9
	6	1,5	2,1	1,2	1,6	4,1	2,3	3,5	3,3

<i>Продовження таблиці 3.10</i>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	0,5	1,5	0,5	0,8	15,2	13,7	14,6	14,5
	2	2,2	2,6	1,5	2,1	5,6	2,4	5,1	4,4
	3	2,9	3,3	2,1	2,8	4,9	3,8	4,2	4,3
	4	3,5	4,8	2,9	3,7	5,2	4,3	4,7	4,7
	5	0,0	1,5	0,0	0,5	9,1	7,5	8,8	8,5
	6	0,0	1,1	0,0	0,4	11,3	10,4	10,6	10,8
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	8,5	10,6	6,7	8,6	12,9	10,5	11,4	11,6
	2	19,8	21,3	17,7	19,6	5,6	2,8	5,3	4,6
	3	17,3	19,7	16,3	17,8	5,1	2,5	4,4	4,0
	4	13,7	14,5	11,2	13,1	8,9	7,3	7,9	8,0
	5	9,8	10,8	8,5	9,7	6,2	4,5	5,4	5,4
	6	5,9	7,5	4,8	6,1	9,5	8,2	8,7	8,8
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	2,8	4,5	2,2	3,2	13,4	11,5	12,7	12,5
	2	4,9	6,2	4,5	5,2	6,3	3,7	5,3	5,1
	3	2,5	4,8	2,3	3,2	5,9	6,4	5,5	5,9
	4	2,1	4,3	1,8	2,7	10,2	8,8	9,6	9,5
	5	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	9,3	10,8	10,5
	6	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	10,4	11,1	11,2
НІР ₀₅ гібрид		0,9	1,1	0,8		0,6	0,7	0,6	
НІР ₀₅ удобрення		1,9	2,3	1,5	–	1,1	1,4	1,3	–
НІР ₀₅ взаємодія АВ		1,4	1,6	1,1		0,8	1,0	0,9	

*Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).*

Із даних таблиці 3.10, що кількість рослин уражених пухирчастою сажкою змінювалась залежно від кліматичних умов конкретного року досліджень. Зокрема в 2023 році в середньому по досліді вона склала 5,9 %, в 2024 році – 8,36 %, а в 2025 році – 5,13%. Це говорить про те що шкодочинність даної хвороби підсилюється дефіцитом вологи, як наприклад спостерігалось в 2024 році.

Варто також відмітити, що ступінь поширення пухирчастої сажки обумовлювався генетичними особливостями гібридів, зокрема в середньому в

досліді відсоток уражених рослин для досліджуваних гібридів кукурудзи становив Амарос (ФАО 230) – 7,2 %, Р8754 (ФАО 240) – 5,0 %, Бігбіт (ФАО 290) – 7,2 %, Богатир (ФАО 290) – 12,3 %, КВС 381 (ФАО 350) – 3,6 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 1,7 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 12,5 % та Р 0217 (ФАО 460) – 2,4 %. Тобто можна сказати, що не залежно від групи стиглості були гібриди схильні до ураження збудником даної хвороби і стійкі до нього.

Внесення як органічних так і мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза також здійснювало вплив на поширення пухирчастої сажки. Зокрема внесення дигестату в більшій мірі забезпечувало зростання відсотка рослин уражених пухирчастою сажкою на 0,3-11,0 % в порівнянні із контролем. Це, на нашу думку, пов'язано із тим що наявна в складі дигестату сапрофітна мікрофлора може сприяти кращому розвитку збудника хвороби гриба *Ustilago zaeae* (Beckm.) Unger (син. *U. maydis* (DC) Corda). В той же час внесення мінеральних добрив покращувало стійкість рослин досліджуваних гібридів кукурудзи до збудника пухирчастої сажки на 0,3-2,5 % в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Кількість рослин пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом також істотно залежала від кліматичних умов року. Зокрема в середньому по досліді, за 2023 рік вона склала – 8,12%, в 2024 році – 6,28 %, а в 2025 році – 7,39 %.

На кількість рослин пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом істотний вплив здійснювали також генетичні особливості конкретного гібриду. Так кількість рослин пошкоджених даним шкідником у гібриду Амарос (ФАО 230) становила 2,6 %, Р8754 (ФАО 240) – 9,6 %, Бігбіт (ФАО 290) – 10,5 %, Богатир (ФАО 290) – 5,8 %, КВС 381 (ФАО 350) – 5,6 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 7,9 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 7,1 % та Р 0217 (ФАО 460) – 9,1 %.

Внесення дигестату зменшувало кількість рослин пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом на 0,8-10,9%, а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 0,8-10,2 % в порівнянні із контрольним варіантом без добрив.

Отже, оптимізація живлення рослин за рахунок застосування дигестату

біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливає на підвищення стійкості рослин до пошкодження стебловим метеликом на 0,8-10,9 % в порівнянні із контролем. Що стосується стійкості до пухирчастої сажки то внесення дигестату дещо підвищує відсоток рослин уражених даним збудником (на 0,3-11,0 %), тоді як внесення мінеральних добрив обмежує шкодочинність даного гриба на 0,3-2,5 % в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Висновки до розділу 3:

1. Тривалість вегетаційного періоду в гібридів кукурудзи склала Амарос (ФАО 230) – 108 діб, Р8754 (ФАО 240) – 110 діб, Бігбіт (ФАО 290) – 116 діб, Богатир (ФАО 290) – 118 діб, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 133-139 діб та Р 0217 (ФАО 460) – 134-141 доба. Застосування добрив (дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза) сприяло подовженню тривалості вегетаційного періоду у досліджуваних гібридів кукурудзи на 3-7 діб в порівнянні із варіантом без внесення добрив.

2. Тривалість періоду «сівба-сходи» на усіх досліджуваних варіантах склала 9 діб і не залежала від застосування добрив, а в більшій мірі визначалася показниками температурного режиму та рівнем забезпеченості ґрунтів вологою.

3. Внесення дигестату та мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяло подовженню періоду «сходи-цвітіння качанів», «молочна стиглість – молочно-воскова стиглість зерна», «молочно-воскова стиглість - повна стиглість» та періоду «молочно-воскова стиглість - повна стиглість» на 1-2 доби, «цвітіння качанів – молочна стиглість зерна» у досліджуваних гібридів на 1 добу, порівняно із контролем (без добрив).

4. Найвище значення висоти рослин та висоти кріплення качанів відмічено у гібридів середньопізньої групи стиглості, які характеризувалися найбільш тривалим вегетаційним періодом – ДН Аншлаг (ФАО 420) – 287,6 та 133,6 см, Р 0217 (ФАО 460) – 295,0 та 133,9 см.

5. Досліджено, що трьох-разове внесення дигестату в основне та

передпосівне удобрення і в підживлення забезпечує найвище значення лінійних розмірів рослин 260,7-307,6 см, або на 38,5-66,1 см та висоти кріплення качанів – 123,4-148,9 см, або на 22,3-41,1 см більше ніж на контрольному варіанті. Удобрення посівів мінеральними добривами у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза збільшило висоту рослин у досліджуваних гібридів кукурудзи на 7,9-17,9 см, та висоту кріплення качанів на 3,7-20,2 см в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

6. Покращення забезпеченості рослин елементами живлення за рахунок внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливає на формування площі листової поверхні досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості, збільшуючи її на 1,05-14,54 тис. m^2 / га, в порівнянні із контрольним варіантом.

7. Досліджено, що оптимізація живлення рослин досліджуваних гібридів кукурудзи за рахунок внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяє зростанню маси листків на 12,0-51,5 г, маси качанів на 30,9-108,6 г та маси стебла на 23,6-45,3 г, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

8. Внесення дигестату в більшій мірі забезпечувало зростання відсотка рослин уражених пухирчастою сажкою на 0,3-11,0 % в порівнянні із контролем, що пов'язано із тим що наявна в складі дигестату сапрофітна мікрофлора сприяє кращому розвитку збудника хвороби гриба *Ustilago zaeae* (Beckm.) Unger (син. *U. maydis* (DC) Corda). В той же час внесення мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза покращувало стійкість рослин досліджуваних гібридів кукурудзи до збудника пухирчастої сажки на 0,3-2,5 % в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

9. Відмічено, що внесення дигестату біогазових станцій зменшує кількість рослин пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом на 0,8-10,9 %, а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 0,8-10,2 % в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Основні положення дисертації викладені в наукових працях [305-307].

РОЗДІЛ 4

ЕЛЕМЕНТИ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

4.1. Елементи структури врожаю гібридів кукурудзи

Розуміння продуктивності рослин кукурудзи не можливе без знання ознак, що її формують. Особливо важливо враховувати формування елементів продуктивності в розрізі оптимізації елементів технології вирощування та зміни кліматичних чинників.

Потенційну урожайність зерна кукурудзи із високими параметрами якості можна отримати лише за оптимального значення елементів структури врожаю, таких як: кількість рядів зерен на качані, маса 1000 зерен, кількість господарсько-цінних качанів на рослині, кількість зерен в ряді, вихід зерна із качана [308, 309], кількість обгорток качана, довжина ніжки качана [4, 16, 46], довжина та діаметр качана та ін. [46, 308, 309].

Для силосної кукурудзи основними елементами продуктивності є густина посіву [310], маса листової частини, характер розміщення листків на рослині (еректоїдність), що може дозволяти збільшувати густоту посіву навіть до 100 тис. шт./га [311-312], маса качанів, кількість качанів на рослині, співвідношення листостебельної маси до качанів та ін. [4, 16, 46].

Порушення формування одного елемента структури врожаю може компенсуватися за рахунок іншого, оскільки окремі елементи структури врожаю формуються на різних етапах органогенезу рослин то для їх розвитку потрібні неоднакові умови [308, 313].

Враховання елементів структури врожаю та пластичності нових гібридів кукурудзи дозволить реально скоротити розрив між потенційною та фактичною урожайністю [4, 46].

Тому показники структури врожаю кукурудзи є важливими для вивчення, оскільки дозволяють зрозуміти саме за рахунок яких складових формується

певний рівень урожайності в конкретному варіанті досліді. В сучасних технологіях вирощування зернових та силосних гібридів кукурудзи структура врожаю є важливим компонентом, що дозволяє оцінити їх рівень біологічних реакцій на агротехнологічні прийоми та заходи, що регулюють рівень забезпечення культури ресурсами, ріст і розвиток, накопичення біомаси. В науковій літературі [4, 46, 311] існує думка, що показники структури врожаю, можна розглядати як метод оптимізації технології вирощування шляхом використання різних компонентів агроценозу та продуктивної його частини.

Характеристику досліджуваних гібридів за кількістю обгорток на качані та довжиною ніжки качана залежно від варіанту удобрення наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Вплив системи удобрення на формування кількості обгорток та довжини ніжки качана, (за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Кількість обгорток качана, шт.				Довжина ніжки качана, см			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	5,8	7,4	5,7	6,3	6,9	5,4	6,8	6,4
	2	7,6	9,6	7,2	8,1	12,6	8,3	11,5	10,8
	3	6,8	9,2	6,5	7,5	9,7	6,7	9,4	8,6
	4	7,4	9,2	7,1	7,9	12,3	7,5	10,9	10,2
	5	6,2	9,2	5,7	7,0	9,4	5,8	8,7	8,0
	6	6,4	8,8	6,2	7,1	10,7	6,9	10,3	9,3
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	6,4	6,8	6,3	6,5	6,3	5,8	6,2	6,1
	2	7,4	10,8	7,1	8,4	13,1	9,9	11,7	11,6
	3	7,2	8,4	6,5	7,4	8,6	7,2	8,3	8,0
	4	8,4	8,8	8,2	8,5	12,1	9,2	11,4	10,9
	5	7,2	6,4	6,4	6,7	8,2	6,6	7,9	7,6
	6	8,6	7,3	8,2	8,0	10,4	8,7	9,8	9,6
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	5,6	10,2	5,5	7,1	7,1	5,9	7,1	6,7
	2	9,2	12,2	8,9	10,1	10,5	9,7	9,9	10,0
	3	8,1	11,2	7,8	9,0	9,3	8,4	8,8	8,8
	4	8,6	11,8	8,4	9,6	9,7	9,2	9,4	9,4
	5	7,5	10,4	7,3	8,4	7,8	6,7	7,5	7,3
	6	7,8	10,4	7,7	8,6	8,7	8,6	8,6	8,6

<i>Продовження таблиці 4.1</i>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	8,2	10,2	8,2	8,9	8,4	6,4	8,2	7,7
	2	10,5	12,2	9,9	10,9	11,6	10,6	10,5	10,9
	3	9,2	11,2	8,7	9,7	7,7	7,5	7,6	7,6
	4	9,4	11,7	9,2	10,1	10,6	9,1	10,3	10,0
	5	8,4	10,8	8,1	9,1	6,9	6,6	6,8	6,8
	6	8,4	11,6	8,2	9,4	9,2	7,9	9,1	8,7
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	7,6	9,1	7,5	8,1	6,9	5,8	6,8	6,5
	2	10,6	10,6	10,4	10,5	11,7	10,6	11,2	11,2
	3	8,4	9,8	8,2	8,8	8,9	8,2	8,5	8,5
	4	9,8	10,2	9,5	9,8	10,2	9,4	10,1	9,9
	5	7,8	9,2	7,7	8,2	8,2	7,8	8,1	8,0
	6	8,2	9,8	8,1	8,7	9,2	8,6	8,8	8,9
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	9,2	11,6	9,1	10,0	7,5	6,6	7,3	7,1
	2	10,2	13,2	9,9	11,1	12,1	9,9	11,8	11,3
	3	9,4	12,2	9,2	10,3	9,1	8,5	8,9	8,8
	4	9,6	12,6	9,5	10,6	10,8	9,2	10,5	10,2
	5	9,2	11,6	9,1	10,0	8,4	8,3	8,2	8,3
	6	9,4	11,8	9,3	10,2	8,5	8,4	8,3	8,4
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	8,2	9,6	8,1	8,6	7,8	5,8	7,6	7,1
	2	9,4	11,6	9,2	10,1	11,1	8,6	10,8	10,2
	3	8,8	11,2	8,5	9,5	9,4	6,3	9,1	8,3
	4	9,2	11,2	8,9	9,8	11,1	7,9	10,5	9,8
	5	8,6	10,3	8,3	9,1	8,3	5,9	8,1	7,4
	6	9,1	10,8	8,9	9,6	8,8	7,2	8,6	8,2
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	9,2	11,1	9,1	9,8	7,1	4,2	6,7	6,0
	2	10,2	12,2	9,9	10,8	11,3	8,8	10,9	10,3
	3	9,6	11,6	9,4	10,2	9,2	7,1	8,8	8,4
	4	10,1	11,8	9,9	10,6	9,5	7,9	9,3	8,9
	5	9,4	11,5	9,3	10,1	8,1	5,9	7,9	7,3
	6	9,4	11,6	9,4	10,1	8,9	7,4	8,7	8,3
НІР ₀₅ гібрид		0,5	0,4	0,4		0,4	0,4	0,3	
НІР ₀₅ удобрення		1,0	0,9	0,7	–	0,7	0,8	0,8	–
НІР ₀₅ взаємодія АВ		0,7	0,6	0,5		0,5	0,6	0,5	

*Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (норма внесення 1,5 л / га).*

Кількість обгорток качана змінювалася залежно від кліматичних умов

року, зокрема у 2023 році, в середньому по досліді, вона склала 8,48 шт., в 2024 році – 10,46 шт., а в 2025 році – 8,24 шт.

Генетичні особливості конкретного гібриду кукурудзи також змінювали ознаку «кількість обгорток качана». Так, зокрема, в середньому за три роки досліджень, кількість обгорток качана у гібридів кукурудзи становила Амарос (ФАО 230) – 7,3 шт., Р8754 (ФАО 240) – 7,6 шт., Бігбіт (ФАО 290) – 8,8 шт., Богатир (ФАО 290) – 9,7 шт., КВС 381 (ФАО 350) – 9,0 шт., КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 10,3 шт., ДН Аншлаг (ФАО 420) – 9,4 шт. та Р 0217 (ФАО 460) – 10,3 шт. Найбільше значення кількості обгорток качана встановлена для гібридів середньостиглої (9,0-9,7 шт.) та середньопізньої (9,0-10,3 шт.) групи стиглості (ФАО 290-460), в порівнянні із гібридами середньоранньої групи стиглості із найменшим ФАО 230-240 – 7,3-8,8 шт.

Застосування дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливало на кількість обгорток на качані. Так зокрема, застосування дигестату біогазових станцій сприяло збільшенню кількості обгорток на качані на 0,5-2,2 шт., а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 0,2-1,5 шт., в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Найбільше значення кількості обгорток на качані у досліджуваних гібридів кукурудзи, в середньому за три роки, отримано на варіанті із внесенням дигестату в основне (60 т/га), передпосівне (60 т/га) удобрення у поєднанні із підживленням (60 т/га) – 8,1-11,1 шт.

Довжина ніжки качана має важливе значення для утримання його від обвисання. Вона залежала від кліматичних умов року, і становила, в середньому по досліді, в 2023 році – 9,4 см, в 2025 році – 9,0 см, а в 2024 рік, який виявився досить посушливим у період інтенсивного росту і розвитку рослин кукурудзи та із високими значеннями температурного режиму впродовж червня-серпня місяці, довжина ніжки качана виявилася найменшою – 7,7 см.

Довжина ніжки качана також залежала від біологічних особливостей конкретного гібриду, і в розрізі досліджуваних гібридів кукурудзи, в середньому

за три роки вона становила Амарос (ФАО 230) – 8,9 см, Р8754 (ФАО 240) – 9,0 см, Бігбіт (ФАО 290) – 8,5 см, Богатир (ФАО 290) – 8,6 см, КВС 381 (ФАО 350) – 8,8 см, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 9,0 см, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 8,5 см та Р 0217 (ФАО 460) – 8,2 см.

Застосування дигестату забезпечило зростання довжини ніжки качана на 1,2-3,4 см, мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 1,1-3,5 см, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Найбільше значення довжини ніжки качана відмічено на варіанті із триразовим внесенням дигестату – в основне (60 т/га), передпосівне (60 т/га) удобрення у поєднанні із підживленням (60 т/га) – 10,0-11,6 см.

Отже, застосування дигестату та мінеральних добрив у системі удобрення кукурудзи підвищує кількість обгорток качана (на 0,2-2,2 шт.) та довжині ніжки качана (1,1-3,5 см), порівняно із контрольним варіантом (без добрив). Дану особливість необхідно враховувати при оцінці гібридів кукурудзи за вологовіддачею та стійкістю качанів до обвисання.

Характеристику кількості рядів зерен та зерен в одному ряду залежно від системи удобрення приведено в таблиці 4.2.

Значення кількості рядів зерен істотно залежало від біологічних особливостей конкретного гібриду кукурудзи та в середньому за три роки склало, для гібриду Амарос (ФАО 230) – 14,3 шт., Р8754 (ФАО 240) – 13,9 шт., Бігбіт (ФАО 290) – 14,7 шт., Богатир (ФАО 290) – 15,1 шт., КВС 381 (ФАО 350) – 15,2 шт., КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 15,5 шт., ДН Аншлаг (ФАО 420) – 15,3 шт. та Р 0217 (ФАО 460) – 16,2 шт.

Внесення дигестату біогазових станцій сприяло збільшенню кількості рядів зерен на 0,1-0,3 шт., а застосування мінеральних на 0,1-0,5 шт., в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив), що в подальшому позитивно впливає на величину урожайності гібридів кукурудзи.

Кількість рядів зерен більш варіабельний показник, який істотно може поліпшуватися оптимізацією умов вирощування та забезпеченості рослин елементами живлення за рахунок внесення біоорганічних (дигестату) та

мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Вплив системи удобрення на формування кількості рядів зерен та кількості зерен в ряду в кукурудзи, шт. (за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Кількість рядів зерен, шт.				Кількість зерен в ряду, шт.			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	14,2	14,1	14,2	14,2	33,0	31,6	32,8	32,5
	2	14,4	14,3	14,4	14,4	38,8	37,0	38,5	38,1
	3	14,2	14,2	14,2	14,2	37,0	36,2	36,7	36,6
	4	14,3	14,3	14,3	14,3	37,4	36,4	37,1	37,0
	5	14,2	14,1	14,2	14,2	36,8	33,6	35,9	35,4
	6	14,4	14,3	14,4	14,4	38,0	35,9	37,3	37,1
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	13,8	13,6	13,7	13,7	31,8	30,2	31,2	31,1
	2	14,0	14,0	14,0	14,0	37,8	36,4	37,5	37,2
	3	13,9	13,6	13,8	13,8	35,0	34,6	34,9	34,8
P8754 (ФАО 240)	4	14,0	13,9	14,0	14,0	36,2	35,4	35,8	35,8
	5	13,9	13,7	13,8	13,8	34,2	32,4	33,9	33,5
	6	14,0	13,8	14,0	13,9	35,4	34,5	35,2	35,0
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	14,6	14,5	14,6	14,6	33,2	32,8	33,1	33,0
	2	14,9	14,8	14,9	14,9	42,4	40,8	41,9	41,7
	3	14,7	14,5	14,6	14,6	40,8	38,8	39,7	39,8
	4	14,8	14,6	14,8	14,7	41,8	40,6	41,5	41,3
	5	14,6	14,5	14,6	14,6	37,6	35,2	37,4	36,7
	6	14,9	14,8	14,9	14,9	39,6	37,3	39,2	38,7
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	14,9	14,8	14,9	14,9	35,4	35,2	35,4	35,3
	2	15,3	15,2	15,3	15,3	45,6	41,4	43,7	43,6
	3	15,0	15,0	15,0	15,0	40,0	37,8	39,6	39,1
	4	15,0	15,0	15,0	15,0	40,4	38,4	40,9	39,9
	5	15,2	14,9	15,1	15,1	38,2	35,7	37,8	37,2
	6	15,3	15,0	15,3	15,2	42,2	37,9	41,5	40,5
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	15,1	14,9	15,1	15,0	36,5	36,2	36,4	36,4
	2	15,8	15,5	15,7	15,7	41,8	41,0	41,5	41,4
	3	15,0	15,0	15,0	15,0	41,4	40,0	41,3	40,9
	4	15,6	15,1	15,6	15,4	41,4	40,8	41,4	41,2
	5	15,0	15,0	15,0	15,0	41,0	36,8	40,8	39,5
	6	15,4	15,0	15,3	15,2	41,7	39,6	41,6	41,0
	1 (К)	15,3	15,0	15,3	15,2	38,8	37,1	38,5	38,1

<i>Продовження таблиці 4.2</i>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КВС Интелегенс (ФАО 380)	2	16,0	15,6	15,8	15,8	44,0	42,2	43,4	43,2
	3	15,4	15,2	15,3	15,3	41,8	40,9	41,6	41,4
	4	15,5	15,2	15,4	15,4	42,2	41,6	41,9	41,9
	5	15,4	15,2	15,3	15,3	40,4	38,2	39,5	39,4
	6	16,0	15,4	15,8	15,7	42,0	40,4	41,6	41,3
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	15,3	15,1	15,2	15,2	39,2	38,2	39,1	38,8
	2	15,4	15,3	15,4	15,4	44,8	43,5	44,6	44,3
	3	15,3	15,1	15,3	15,2	43,6	41,0	42,9	42,5
	4	15,3	15,2	15,3	15,3	44,4	42,2	44,2	43,6
	5	15,3	15,1	15,3	15,2	41,6	39,8	41,5	41,0
	6	15,4	15,2	15,4	15,3	43,2	40,6	42,7	42,2
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	16,0	15,9	16,0	16,0	40,8	38,4	39,7	39,6
	2	16,5	16,4	16,5	16,5	45,8	43,6	45,4	44,9
	3	16,4	16,0	16,3	16,2	45,2	41,0	44,9	43,7
	4	16,5	16,1	16,4	16,3	45,4	43,6	45,1	44,7
	5	16,1	16,0	16,1	16,1	42,9	40,4	42,5	41,9
	6	16,4	16,2	16,3	16,3	44,2	41,4	43,8	43,1
НІР ₀₅ гібрид		0,1	0,1	0,1		0,9	0,8	0,9	
НІР ₀₅ удобрення		0,2	0,3	0,2	–	1,8	1,7	1,8	–
НІР ₀₅ взаємодія АВ		01	0,2	0,2		1,3	1,2	1,3	

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л / га).

Із даних таблиці 4.2 видно, що значення кількості рядів зерен в більшій мірі це генетично детермінована ознака, яка змінювалося залежно від умов вирощування системи удобрення. Так в розрізі років досліджень значення кількості рядів зерен в досліджуваних гібридів кукурудзи, в 2023 році склало 15,1 шт., в 2024 році – 14,9 шт., а в 2025 році – 15,0 шт.

Значення кількості зерен в ряду, в середньому по досліді, в 2023 році склало 40,1 шт., в 2024 році – 38,2 шт. та в 2025 році – 39,7 шт. Тобто найбільш сприятливим для формування кількості зерен у ряду за вологозабезпеченням та температурним режимом виявився 2023 рік, в порівнянні із 2024 та 2025 роками.

Кількість зерен в ряду, також, змінювалася залежно від біологічних

особливостей конкретного гібриду, і в середньому за три роки, склала Амарос (ФАО 230) – 36,1 шт., Р8754 (ФАО 240) – 34,6 шт., Бігбіт (ФАО 290) – 38,5 шт., Богатир (ФАО 290) – 39,3 шт., КВС 381 (ФАО 350) – 40,1 шт., КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 40,9 шт., ДН Аншлаг (ФАО 420) – 42,1 шт. та Р 0217 (ФАО 460) – 43,0 шт.

Внесення дигестату біогазових станцій на основі анаеробного зброджування свинячого гною та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяє зростанню кількості зерен в ряду на 3,3-6,8 та 3,2-5,7 шт., відповідно, в порівнянні із контролем (без добрив).

Найвище значення кількості зерен в ряду відмічено на варіанті із триразовим внесенням дигестату – в основне (60 т/га), передпосівне (60 т/га) удобрення у поєднанні із підживленням (60 т/га): Амарос (ФАО 230) – 38,1 шт., Р8754 (ФАО 240) – 37,2 шт., Бігбіт (ФАО 290) – 41,7 шт., Богатир (ФАО 290) – 43,6 шт., КВС 381 (ФАО 350) – 41,4 шт., КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 43,2 шт., ДН Аншлаг (ФАО 420) – 44,3 шт. та Р 0217 (ФАО 460) – 44,9 шт..

Отже, поліпшення забезпеченості рослин елементами живлення за рахунок внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза поліпшує формування кількості зерен в ряді, що виражається у її зростанні на 3,2-6,8 шт. на удобрених варіантах в порівнянні із контролем (без добрив).

Характеристику досліджуваних гібридів кукурудзи за масою 1000 зерен та рівнем передзбиральної вологості зерна залежно від варіанту удобрення наведено в таблиці 4.3.

В середньому по досліді маса 1000 зерен в 2023 році склала 313,6 г, в 2024 році – 279,3 г, а в 2025 році – 310,2 г. Зниження маси 1000 зерен в 2024 році на 34,3 та 30,9 г, відповідно порівняно із 2023 та 2025 роком, обумовлене тривалим періодом дефіциту вологи та високими температурними показниками які склалися впродовж вегетації кукурудзи (табл. 4.3).

В розрізі гібридів також відмічалася різниця величини маси 1000 зерен, зокрема, в середньому за три роки, вона склала Амарос (ФАО 230) – 243,9 г,

Р8754 (ФАО 240) – 267,6 г, Бігбіт (ФАО 290) – 299,6 г, Богатир (ФАО 290) – 330,3 г, КВС 381 (ФАО 350) – 323,7 г, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 325,9 г, ДН Анішлаг (ФАО 420) – 323,1 г та Р 0217 (ФАО 460) – 294,3 г.

Таблиця 4.3

Маса 1000 зерен та рівень передзбиральної вологості зерна кукурудзи залежно від системи удобрення, (за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Маса 1000 зерен, г				Передзбиральна вологість зерна, %			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	244,3	218,0	241,4	234,6	18,2	14,9	17,4	16,8
	2	264,2	241,8	257,7	254,6	19,1	18,5	19,3	19,0
	3	240,1	227,2	233,6	233,6	18,9	17,2	19,1	18,4
	4	259,0	223,6	253,1	245,2	19,7	17,5	19,8	19,0
	5	246,5	233,5	244,5	241,5	18,4	15,7	18,6	17,6
	6	268,0	222,9	271,3	254,1	18,9	16,4	19,7	18,3
Р8754 (ФАО 240)	1 (К)	247,7	229,7	244,6	240,7	17,7	13,0	17,5	16,1
	2	304,5	274,2	303,4	294,0	21,4	18,7	21,2	20,4
	3	263,5	247,5	257,0	256,0	19,4	16,0	19,2	18,2
	4	287,0	264,6	282,7	278,1	20,3	17,1	19,6	19,0
	5	261,0	236,2	255,1	250,8	19,3	17,5	18,7	18,5
	6	308,8	235,6	312,8	285,7	19,9	16,9	18,9	18,6
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	280,5	260,3	276,9	272,6	22,6	20,7	21,4	21,6
	2	329,4	286,6	326,9	314,3	27,7	21,1	25,4	24,7
	3	324,9	282,7	319,7	309,1	23,6	20,9	21,6	22,0
	4	308,5	278,1	306,2	297,6	26,9	22,5	24,8	24,7
	5	309,6	269,6	308,2	295,8	23,1	21,3	22,3	22,2
	6	327,9	269,8	326,1	307,9	24,7	21,5	23,1	23,1
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	302,2	287,6	299,6	296,5	20,3	19,9	20,2	20,1
	2	353,6	328,9	352,5	345,0	26,0	24,3	25,4	25,2
	3	346,8	310,9	343,1	333,6	23,5	20,8	21,6	22,0
	4	357,3	321,5	355,8	344,9	25,4	21,6	24,2	23,7
	5	335,6	305,7	332,1	324,5	23,4	22,3	23,1	22,9
	6	361,1	293,7	357,8	337,5	25,6	20,0	23,8	23,1
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	294,4	277,2	289,8	287,1	24,5	14,4	23,8	20,9
	2	356,7	306,5	343,5	335,6	30,8	21,7	29,7	27,4
	3	336,4	311,4	334,3	327,4	29,4	18,6	27,8	25,3
	4	343,5	315,9	341,0	333,5	29,6	19,9	27,9	25,8

<i>Продовження таблиці 4.3</i>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КВС 381 (ФАО 350)	5	330,9	316,8	326,6	324,8	25,8	16,3	24,7	22,3
	6	356,5	290,1	355,6	334,1	28,7	20,8	26,6	25,4
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	299,5	279,4	292,6	290,5	26,2	16,4	24,4	22,3
	2	348,4	333,5	344,6	342,2	31,8	22,8	29,8	28,1
	3	354,9	301,3	348,1	334,8	30,4	19,9	28,1	26,1
	4	347,6	318,8	345,8	337,4	30,9	24,2	28,5	27,9
	5	320,0	304,1	316,7	313,6	28,9	19,1	26,4	24,8
	6	360,4	293,6	356,2	336,7	29,7	20,5	26,8	25,7
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	304,5	274,5	300,9	293,3	29,6	22,9	25,4	26,0
	2	354,5	307,1	350,4	337,3	34,1	22,2	32,5	29,6
	3	344,7	289,7	340,6	325,0	31,4	23,6	28,8	27,9
	4	321,4	301,2	329,0	317,2	32,6	24,1	30,3	29,0
	5	353,7	287,8	351,1	330,9	29,7	20,8	26,7	25,7
	6	362,9	282,4	358,5	334,6	30,9	22,4	30,4	27,9
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	292,7	264,9	289,2	282,3	30,1	22,1	26,8	26,3
	2	319,2	292,1	315,8	309,0	34,7	23,1	32,7	30,2
	3	292,9	276,2	288,1	285,7	31,9	21,5	29,1	27,5
	4	313,3	279,8	304,5	299,2	32,8	23,5	30,9	29,1
	5	291,6	273,2	287,8	284,2	30,5	21,4	27,3	26,4
	6	319,7	278,6	317,5	305,3	31,5	20,9	30,8	27,7
НІР ₀₅ гібрид		4,3	3,8	3,5		0,6	0,5	0,6	
НІР ₀₅ удобрення		8,6	7,5	7,1	-	1,2	1,0	1,1	-
НІР ₀₅ взаємодія АВ		6,1	5,3	5,0		0,9	0,7	0,8	

*Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).*

Відмічено також зміну маси 1000 зерен залежно від варіанту удобрення гібридів кукурудзи. Так, застосування дигестату біогазових станцій сприяє зростанню маси 1000 зерен на 9,2-43,2 г, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 19,5-46,9 г порівняно із контрольним варіантом (без добрив).

Найвище значення маси 1000 зерен відмічено на варіанті де проводили із трьохразове внесення дигестату – в основне (60 т/га), передпосівне (60 т/га)

удобрення у поєднанні із підживленням (60 т/га): Амарос (ФАО 230) – 254,6 г, Р 8754 (ФАО 240) – 294,0 г, Бігбіт (ФАО 290) – 314,3 г, Богатир (ФАО 290) – 345,0 г, КВС 381 (ФАО 350) – 335,6 г, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 342,2 г, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 337,3 г та Р 0217 (ФАО 460) – 309,0 г, тоді як на контрольному варіанті (без добрив) воно виявилось найнижчим і склало: 234,6 г, 240,7 г, 272,6 г, 296,5 г, 287,1 г, 290,5 г, 293,3 та 282,3 г, відповідно для досліджуваних гібридів.

Отже, застосування добрив як біоорганічних (дигестату) так і мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливає на формування маси 1000 зерен у досліджуваних гібридів кукурудзи, збільшуючи її на 9,2-46,9 г в порівнянні із контролем (без добрив).

Враховуючи, що зерно і стрижень качана характеризуються різними гігроскопічними властивостями, при чому вологість зерна менша за вологість стрижня на 25-30 %, ми провели визначення маси стрижня качана та його вологості на період збиральних робіт у досліджуваних гібридів кукурудзи залежно від застосування різних варіантів удобрення (табл. 4.4).

Маса стрижня качана у досліджуваних гібридів кукурудзи знаходилась в межах 17,5-50,1 г. Встановлена зміна величини маси стрижня качана залежно від кліматичних умов року, зокрема в 2023 році вона, в середньому по досліді склала 37,8 г, в 2024 році – 35,4 г, а в 2025 році – 36,8 г.

Відмінність у масі стрижня качана встановлене і в межах конкретного гібриду кукурудзи. Відмічено, що в середньому за три роки, маса стрижня качана у досліджуваних гібридів кукурудзи становила Амарос (ФАО 230) – 24,3 г, Р8754 (ФАО 240) – 23,4 г, Бігбіт (ФАО 290) – 40,1 г, Богатир (ФАО 290) – 40,3 г, КВС 381 (ФАО 350) – 40,0 г, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 42,6 г, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 41,9 г та Р 0217 (ФАО 460) – 40,7 г. Відмічена тенденція збільшення маси стрижня качана за подовження тривалості вегетаційного періоду гібридів.

Застосування дигестату біогазових станцій на основі свинячого гною та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза забезпечувало зростання показника маси стрижня качана у всіх досліджуваних

гібридів кукурудзи. Найвище значення маси стрижня качана відмічено на варіанті де проводили із трьохразове внесення дигестату – в основне (60 т/га), передпосівне (60 т/га) удобрення у поєднанні із підживленням (60 т/га): Амарос (ФАО 230) – 28,6 г, Р8754 (ФАО 240) – 27,6 г, Бігбіт (ФАО 290) – 47,5 г, Богатир (ФАО 290) – 43,2 г, КВС 381 (ФАО 350) – 47,0 г, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 47,6 г, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 49,8 г та Р 0217 (ФАО 460) – 47,6 г.

Таблиця 4.4

Маса стрижня качана та його вологість у гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення, (за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Маса стрижня качана, г				Вологість стрижня качана, %			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	21,5	18,2	20,4	20,0	19,3	15,5	18,8	17,9
	2	29,4	27,5	28,8	28,6	22,6	20,4	21,5	21,5
	3	26,1	25,3	25,7	25,7	20,3	18,9	19,9	19,7
	4	28,9	26,6	27,5	27,7	21,7	17,7	21,6	20,3
	5	22,5	18,6	20,8	20,6	20,1	16,7	19,3	18,7
	6	24,6	21,2	23,5	23,1	20,5	18,4	20,4	19,8
Р8754 (ФАО 240)	1 (К)	19,1	17,5	18,6	18,4	20,1	15,9	19,4	18,5
	2	28,5	26,4	27,9	27,6	27,4	24,3	26,5	26,1
	3	25,7	24,2	24,5	24,8	26,1	20,5	25,7	24,1
	4	27,8	25,8	26,8	26,8	26,6	22,5	26,3	25,1
	5	21,6	18,5	20,1	20,1	23,8	18,5	22,4	21,6
	6	23,9	20,8	23,5	22,7	26,9	21,7	25,8	24,8
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	31,2	29,6	30,5	30,4	23,5	21,2	22,5	22,4
	2	48,6	46,9	47,1	47,5	31,1	29,9	30,4	30,5
	3	38,8	36,3	37,2	37,4	26,7	23,3	25,8	25,3
	4	45,5	43,4	44,8	44,6	29,9	29,1	29,3	29,4
	5	38,1	35,2	37,7	37,0	25,8	24,7	25,4	25,3
	6	45,1	42,6	43,8	43,8	26,7	27,3	26,1	26,7
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	34,5	31,2	33,8	33,2	23,7	20,9	23,3	22,6
	2	44,9	41,5	43,2	43,2	32,2	31,4	31,7	31,8
	3	41,5	39,4	40,8	40,6	26,6	25,7	25,9	26,1
	4	43,3	40,7	42,8	42,3	32,1	31,2	31,8	31,7
	5	46,3	33,9	35,2	38,5	26,2	24,7	25,9	25,6
	6	45,5	42,6	44,6	44,2	29,6	28,4	29,1	29,0
КВС 381	1 (К)	34,3	30,2	33,5	32,7	25,1	21,6	24,7	23,8

<i>Продовження таблиці 4.4</i>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КВС 381 (ФАО 350)	2	47,6	46,5	46,9	47,0	34,5	33,1	33,5	33,7
	3	38,9	36,6	37,5	37,7	30,6	28,5	29,3	29,5
	4	43,7	41,8	42,8	42,8	33,2	31,8	32,4	32,5
	5	38,4	35,5	37,6	37,2	30,1	29,4	29,6	29,7
	6	43,8	41,4	42,5	42,6	31,4	30,3	30,7	30,8
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	35,5	32,6	34,9	34,3	28,3	26,4	26,8	27,2
	2	48,1	47,2	47,4	47,6	33,1	34,2	31,8	33,0
	3	41,3	39,4	40,8	40,5	31,2	30,7	31,1	31,0
	4	46,2	44,4	45,5	45,4	34,2	32,7	33,2	33,4
	5	40,1	38,5	39,8	39,5	31,6	30,5	30,7	30,9
	6	49,3	47,2	48,5	48,3	32,2	30,8	31,2	31,4
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	36,7	34,8	35,6	35,7	33,6	31,7	32,2	32,5
	2	50,1	49,6	49,8	49,8	38,1	37,4	37,8	37,8
	3	41,3	38,8	40,5	40,2	34,2	32,5	33,1	33,3
	4	43,4	41,2	42,8	42,5	36,9	36,3	36,5	36,6
	5	40,6	38,2	39,5	39,4	33,4	32,1	32,7	32,7
	6	44,2	43,5	43,9	43,9	34,7	33,6	34,2	34,2
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	36,2	33,6	35,1	35,0	34,1	29,3	31,5	31,6
	2	48,5	46,7	47,5	47,6	37,2	36,6	36,8	36,9
	3	39,2	37,2	39,4	38,6	33,4	31,5	32,9	32,6
	4	42,3	40,4	41,8	41,5	35,7	34,8	35,2	35,2
	5	38,5	37,2	37,6	37,8	32,8	31,9	32,3	32,3
	6	44,3	42,4	43,8	43,5	33,7	32,1	32,5	32,8
НІР ₀₅ гібрид		0,6	0,7	0,7		0,6	0,7	0,6	
НІР ₀₅ удобрення		1,2	1,4	1,5	–	1,3	1,3	1,2	–
НІР ₀₅ взаємодія АВ		0,9	1,0	1,0		0,9	0,9	0,8	

*Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).*

Отже, внесення дигестату біогазових станцій підвищує масу стрижня качанів у досліджуваних гібридів кукурудзи на 5,6-11,2 г, а застосування мінеральних добрив нормою N₉₀P₉₀K₉₀ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (1,5 л/га) – на 3,1-14,0 г, порівняно із контрольним варіантом (без внесення добрив).

Вологість стрижня качана у досліджуваних гібридів кукурудзи коливалась в межах від 15,5 до 38,1 %. В розрізі років вологість стрижня качанів склала, в 2023 році – 29,2 %, в 2024 році – 27,3 %, а в 2025 році – 28,5 %.

На значення вологості стрижня качана істотний вплив мали і біологічні особливості конкретного гібриду. Так, в середньому за три роки, вологість стрижня качанів у досліджуваних гібридів кукурудзи склала: Амарос (ФАО 230) – 19,6 %, Р8754 (ФАО 240) – 23,4 %, Бігбіт (ФАО 290) – 26,6 %, Богатир (ФАО 290) – 27,8 %, КВС 381 (ФАО 350) – 30,0 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 31,2 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 34,5 % та Р 0217 (ФАО 460) – 33,6 %.

Покращення забезпеченості рослин гібридів кукурудзи елементами живлення за рахунок внесення біоорганічних (дигестату) та мінеральних добрив у поєднанні з мікродобривами підвищує показник вологості стрижня качана, що має негативне значення оскільки може сприяти зростанню рівня передзбиральної вологості зерна. Так, зокрема застосування дигестату біогазових станцій забезпечує зростання вологості стрижня качана у досліджуваних гібридів кукурудзи, в середньому на 2,2-7,5 %, а внесення мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (1,5 л/га) – на 1,1-7,0 % в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Найвище значення вологості стрижня качана відмічено на варіанті де проводили із трьохразове внесення дигестату – в основне (60 т/га), передпосівне (60 т/га) удобрення у поєднанні із підживленням (60 т/га): Амарос (ФАО 230) – 21,5 %, Р8754 (ФАО 240) – 26,1 %, Бігбіт (ФАО 290) – 30,5 %, Богатир (ФАО 290) – 31,8 %, КВС 381 (ФАО 350) – 33,7 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 33,0 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 37,8 % та Р 0217 (ФАО 460) – 36,9 %, тоді як на контролі (без добрив) цей показник склав – 17,9 %; 18,5 %; 22,4 %; 22,6 %; 23,8 %; 27,2 %; 32,5 та 31,6 %, відповідно.

Отже, внесення як органічних так і мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза підвищує значення вологості стрижня качана та його масу в усіх досліджуваних гібридів не залежно від групи стиглості, що необхідно враховувати при виборі строків проведення збиральних робіт та рівня

затрат на проведення досушування урожаю.

4.2. Урожайність зерна та зеленої маси у гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення

Кінцевим результатом вирощування будь-якої сільськогосподарської культури в тому числі кукурудзи на зерно або силос є її урожайність. Звичайно, сьогодні в аграрному секторі важливе значення має саме удосконалення агротехнологічного процесу виробництва рослинницької продукції та стабілізація його обсягу [3, 46].

В цілому, урожайність, це фактично відображення процесів живлення, росту, розвитку та перетворення речовини й енергії в рослинному організмі. Самі процеси росту та розвитку суттєво пов'язані із закладанням репродуктивних органів, які обумовлюються забезпеченістю рослини вологою та елементами живлення, гідротермічними параметрами вегетаційного періоду, фізико-хімічними властивостями ґрунту та іншими умовами середовища [314].

Значна кількість технологічних схем вирощування кукурудзи передбачає широке застосування мінеральних добрив та пестицидів, але їх безконтрольне використання є в більшості економічно невиправданим та екологічно небезпечним для екосистем. В зв'язку із цим все більше уваги дослідників привертає пошук альтернативних засобів впливу на формування врожайності та якості продукції [315, 316].

На нашу думку перспективним у цьому є використання добрив, зокрема органічних та мінеральних. Крім того система удобрення кукурудзи може доповнюватися і застосуванням сучасними видами мікродобрив та регуляторів росту рослин, що здатні підвищувати потенціал біологічної продуктивності культури у межах нормального діапазону реакції генотипу та поліпшувати їх адаптивну здатність до стресових екологічних чинників.

Можливість використання для забезпечення рослин елементами живлення

дигестату біогазових станцій висвітлюється у ряді праць вітчизняних та зарубіжних науковців [3, 16, 46, 314]. Вона стала досить актуальною в умовах дефіциту традиційних видів органічних добрив та високої вартості мінеральних добрив.

Вплив застосування мінеральних добрив, мікродобрив та дигестату біогазових станцій на формування продуктивності зеленої маси та зерна досліджуваних гібридів кукурудзи приведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Урожайність зерна та зеленої маси гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення, т/га (за 2023-2025 рр.)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Урожайність зеленої маси, т/га				Урожайність зерна, т/га			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє, за 2023-2025 рр.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	45,65	40,17	45,23	43,68	5,69	4,83	5,59	5,36
	2	56,94	50,89	56,05	54,63	7,34	6,36	7,10	6,93
	3	51,21	45,32	50,33	48,95	6,27	5,80	6,05	6,04
	4	53,78	49,11	52,66	51,85	6,88	5,78	6,67	6,44
	5	47,43	44,23	47,05	46,24	6,40	5,50	6,19	6,02
	6	52,59	42,87	51,75	49,07	7,29	5,69	7,24	6,72
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	48,53	43,29	47,72	46,51	5,40	4,69	5,20	5,09
	2	59,71	50,96	58,77	56,48	8,01	6,94	7,92	7,62
	3	55,88	49,00	55,05	53,31	6,37	5,79	6,15	6,10
	4	57,45	49,52	56,60	54,52	7,23	6,47	7,04	6,91
	5	49,22	44,44	48,77	47,48	6,17	5,21	5,93	5,76
	6	54,09	44,80	53,52	50,81	7,61	5,57	7,66	6,93
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	53,67	49,19	52,81	51,89	6,76	6,15	6,65	6,52
	2	62,90	55,19	61,78	59,96	10,34	8,60	10,14	9,68
	3	60,39	52,97	59,65	57,67	9,68	7,90	9,21	8,92
	4	60,62	53,55	60,13	58,10	9,49	8,19	9,35	9,00
	5	54,21	51,05	53,64	52,97	8,45	6,84	8,36	7,87
	6	59,85	52,84	59,16	57,28	9,62	7,40	9,47	8,81
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	59,73	52,72	59,04	57,16	7,92	7,45	7,85	7,74
	2	66,78	60,38	65,62	64,26	12,26	10,29	11,71	11,40
	3	64,63	57,06	63,83	61,84	10,34	8,76	10,13	9,73
	4	66,08	58,86	65,26	63,40	10,76	9,20	10,85	10,26
	5	61,75	54,87	60,88	59,17	9,68	8,08	9,42	9,05
	6	65,16	54,76	64,50	61,47	11,59	8,30	11,29	10,34
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	62,88	56,01	62,23	60,37	8,06	7,43	7,92	7,80
	2	70,91	65,77	69,94	68,87	11,71	9,68	11,12	10,83
	3	67,50	63,26	66,94	65,90	10,38	9,29	10,29	9,98

<i>Продовження таблиці 4.5</i>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КВС 381 (ФАО 350)	4	69,63	64,10	68,49	67,41	11,03	9,67	10,95	10,54
	5	64,95	58,58	64,41	62,64	10,11	8,69	9,93	9,57
	6	69,43	59,68	68,90	66,00	11,38	8,56	11,25	10,36
КВС Интелегенс (ФАО 380)	1 (К)	64,25	57,67	63,64	61,85	8,84	7,73	8,57	8,37
	2	72,71	67,41	71,87	70,66	12,19	10,91	11,74	11,61
	3	68,92	65,79	68,26	67,66	11,35	9,31	11,01	10,55
	4	70,90	66,68	70,06	69,21	11,30	10,02	11,09	10,80
	5	67,36	61,75	66,86	65,32	9,89	8,78	9,51	9,39
	6	71,29	62,24	70,76	68,10	12,04	9,08	11,64	10,88
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	65,11	58,47	64,54	62,71	9,08	7,87	8,89	8,60
	2	73,19	68,80	72,31	71,43	12,16	10,16	11,96	11,41
	3	69,81	66,58	67,62	68,00	11,43	8,91	11,11	10,46
	4	71,26	67,72	70,34	69,78	10,85	9,60	11,06	10,49
	5	68,45	64,34	67,90	66,89	11,19	8,60	11,08	10,26
	6	71,79	63,62	71,12	68,84	12,00	8,66	11,72	10,75
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	66,17	61,07	65,55	64,26	9,50	8,04	9,13	8,88
	2	74,37	70,60	73,45	72,81	11,99	10,38	11,76	11,36
	3	73,00	69,63	72,17	71,60	10,79	9,01	10,48	10,07
	4	73,21	70,00	72,49	71,90	11,66	9,76	11,19	10,86
	5	71,19	68,20	70,60	70,00	10,01	8,78	9,79	9,52
	6	73,83	66,67	73,01	71,17	11,52	9,29	11,27	10,67
НІР ₀₅ гібрид		1,7	1,2	1,3		0,2	0,2	0,3	
НІР ₀₅ удобрення		3,3	2,5	2,6	-	0,4	0,5	0,5	-
НІР ₀₅ взаємодія АВ		2,4	1,7	1,8		0,3	0,4	0,4	

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).

Урожайність зеленої маси у досліджуваному масиві гібридів кукурудзи різних груп стиглості коливалася у межах 40,17-74,37 т/га, а зерна 4,83-12,26 т/га. В розрізі років досліджень, в загальному масиві даних, найбільшу урожайність зеленої маси та зерна отримано в 2023 році – 63,34 та 9,54 т/га, тоді як в 2024 році вона становила 57,35 т/га зеленої маси та 8,00 т/га зерна, а в 2025 році – 62,57 та 9,33 т/га.

На формування урожайності силосної та зернової кукурудзи істотний

вплив здійснювали і біологічні особливості гібридів. Так, в середньому за три роки досліджень, урожайність зеленої маси та зерна гібридів кукурудзи, по досліді, становила Амарос (ФАО 230) – 49,07 та 6,25 т/га, Р8754 (ФАО 240) – 51,52 та 6,40 т/га, Бігбіт (ФАО 290) – 56,31 та 8,47 т/га, Богатир (ФАО 290) – 61,22 та 9,75 т/га, КВС 381 (ФАО 350) – 65,20 та 9,85 т/га, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 67,13 та 10,27 т/га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 67,94 та 10,33 т/га і Р 0217 (ФАО 460) – 70,29 та 10,23 т/га, відповідно.

Нами встановлено, що подовження тривалості вегетаційного періоду досліджуваних гібридів кукурудзи забезпечує зростання як силосної так і зернової продуктивності. Зокрема найбільша урожайність зеленої маси та зерна встановлена у гібридів середньопізньої групи стиглості ДН Аншлаг (ФАО 420) – 67,94 та 10,33 т/га і Р 0217 (ФАО 460) – 70,29 та 10,23 т/га, відповідно зеленої маси та зерна, тоді як у середньоранніх гібридів із найменшим ФАО 230-240 вона була в межах 49,07-51,52 т/га та 6,25-6,40 т/га, відповідно.

Внесення дигестату біогазових станцій на основі анаеробного зброджування свинячого гною сприяє збільшенню урожайності зеленої маси та зерна – на 5,01-7,31 т/га та 1,00-2,43 т/га, а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 4,30-6,91 т/га та 1,36-2,60 т/га, відповідно.

На контрольному варіанті (без внесення добрив) урожайність зеленої маси та зерна досліджуваних гібридів, в середньому за три роки, склала: Амарос (ФАО 230) – 43,68 та 5,36 т/га, Р8754 (ФАО 240) – 46,51 та 5,09 т/га, Бігбіт (ФАО 290) – 51,89 та 6,52 т/га, Богатир (ФАО 290) – 57,16 та 7,74 т/га, КВС 381 (ФАО 350) – 60,37 та 7,80 т/га, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 61,85 та 8,37 т/га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 62,71 та 8,60 т/га і Р 0217 (ФАО 460) – 64,26 та 8,88 т/га, відповідно.

Отже, поліпшення умов живлення рослин за рахунок внесення біоорганічного добрива (дигестату) та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливає на формування урожайності, як зеленої маси так і зерна у всіх досліджуваних гібридів

кукурудзи, приріст урожайності при цьому складає 4,30-7,31 т/га зеленої маси та 1,00-2,60 т/га зернової маси.

Висновки до розділу 4

1. Встановлено, що кількість обгорток та довжина ніжки качана змінювалася залежно від кліматичних умов року, зокрема у 2023 році, в середньому по досліді, вона склала 8,48 шт. та 9,4 см, в 2024 році – 10,46 шт. та 7,7 см, а в 2025 році – 8,24 шт. та 9,0 см. Найбільше значення кількості обгорток качана встановлена для гібридів середньостиглої (9,0-9,7 шт.) та середньопізньої (9,0-10,3 шт.) групи стиглості (ФАО 290-460), в порівнянні із гібридами середньоранньої групи стиглості із найменшим ФАО 230-240 – 7,3-8,8 шт.

2. Застосування дигестату біогазових станцій забезпечило зростання кількості обгорток та довжини ніжки качана на 0,5-2,2 шт. та 1,2-3,4 см, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 0,2-1,5 шт. та 1,1-3,5 см, відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив). Найбільше значення кількості обгорток та довжини ніжки качана у досліджуваних гібридів кукурудзи, в середньому за три роки, отримано на варіанті із внесенням дигестату в основне (60 т/га), передпосівне (60 т/га) удобрення у поєднанні із підживленням (60 т/га) – 8,1-11,1 шт. та 10,0-11,6 см, відповідно.

3. Кількість рядів зерен в більшій мірі це генетично детермінована ознака, яка не істотно змінювалося залежно від умов вирощування системи удобрення. Так в розрізі років досліджень значення кількості рядів зерен в досліджуваних гібридів кукурудзи, в 2023 році склало 15,1 шт., в 2024 році – 14,9 шт., а в 2025 році – 15,0 шт.

4. Внесення дигестату біогазових станцій сприяло збільшенню кількості рядів зерен та кількості зерен в ряду на 0,1-0,3 шт. та 3,3-6,8 шт., а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на 0,1-0,5 шт. та 3,2-5,7 шт., відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив), що в подальшому позитивно впливає на величину урожайності гібридів

кукурудзи.

5. Відмічено, що застосування дигестату біогазових станцій сприяє зростанню маси 1000 зерен на 9,2-43,2 г, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 19,5-46,9 г порівняно із контрольним варіантом (без добрив).

6. За внесення дигестату підвищуються маса та вологість стрижня качанів у гібридів кукурудзи на 5,6-11,2 г та 2,2-7,5 %, а за внесення мінеральних добрив нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (1,5 л/га) – на 3,1-14,0 г та 1,1-7,0 %, порівняно із контрольним варіантом (без внесення добрив). Дану особливість необхідно враховувати при виборі строків проведення збиральних робіт та рівня затрат на проведення досушування урожаю.

7. Урожайність зеленої маси у досліджуваному масиві гібридів кукурудзи різних груп стиглості коливалася у межах 40,17-74,37 т/га, а зерна 4,85-15,40 т/га. В розрізі років досліджень, в загальному масиві даних, найбільшу урожайність зеленої маси та зерна отримано в 2023 році – 63,34 та 10,96 т/га, тоді як в 2024 році вона становила 57,35 т/га зеленої маси та 9,07 т/га зерна, а в 2025 році – 62,57 та 10,69 т/га.

8. Найбільша урожайність зеленої маси та зерна встановлена у гібридів середньопізньої групи стиглості ДН Аншлаг (ФАО 420) – 67,94 та 11,25 т/га і Р 0217 (ФАО 460) – 70,29 та 12,95 т/га, відповідно зеленої маси та зерна, тоді як у середньоранніх гібридів із найменшим ФАО 230-240 вона була в межах 49,07-51,52 т/га та 7,84-7,93 т/га, відповідно. Внесення дигестату біогазових станцій сприяє збільшенню урожайності зеленої маси та зерна – на 5,01-7,31 т/га та 1,00-2,43 т/га, а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 4,30-6,91 т/га та 1,36-2,60 т/га, відповідно.

Основні положення дисертації викладені в наукових працях [317-319].

РОЗДІЛ 5

ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА ТА СИЛОСНОЇ МАСИ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ВАРІАНТУ УДОБРЕННЯ

В попередніх розділах роботи ми відмічали різносторонність використання кукурудзи, як зернофуражної, кормової, біоенергетичної та продовольчої культури, що має велику кількість прикладів застосування у народному господарстві України та Світу в цілому.

Звичайно кожен із напрямів використання вимагає певних вимог до якості продукції кукурудзи. Зокрема можливість використання на кормові цілі передбачає значний вміст перетравного протеїну, вуглеводів, жирів, високу кормову цінність та оптимальне значення клітковини, для виробництва біоетанолу – передбачає високий вміст крохмалю у зерні із оптимальним співвідношенням двох основних полісахаридів – амілази (20-30 %) та амілопектину (70-80 %), для виробництва біогазу – високий вміст сухих речовин, оптимальне співвідношення між С / N, не високий вміст лігніну та дубильних речовин і т. д. [3, 16, 46, 320].

В зв'язку із цим якісні показники зерна та силосної маси кукурудзи мають не лише виробниче, але й економічне значення, оскільки різні напрямки використання передбачають різницю у вартості продукції.

5.1 Формування показників якості зеленої маси та зерна кукурудзи залежно від досліджуваних факторів

В своїй роботі ми розглянули два види продукції які можна отримувати вирощуючи кукурудзу, як одну із основних зернових культур України та Світу, це зерно та зелена (силосна) маса рослин.

Тенденції, які сьогодні складаються в паливному секторі України, за рахунок використання біоетанолу передбачають використання частини зернової

продукції кукурудзи для переробки на біоетанол, про що свідчить позитивний приклад західних країн. Можливість використання зерна кукурудзи для переробки на біоетанол обумовлюється високою урожайністю (12-16 т/га) та значним вмістом крохмалю у зерні (65-85 %), які впливають на показник рівня отримання біоетанолу з 1 гектара [3, 16, 46]. При цьому існує можливість використання листостебельної маси рослин в якості твердого біопалива для опалення, оскільки теплотворна здатність стебел кукурудзи становить 12,5 МДж/кг, що на 19,0 % більше, ніж у гілок плодкових дерев та соломи колосових культур [321-323].

Практичну цінність для переробки на крохмаль та відповідно отримання біоетанолу мають 4 підвиди кукурудзи: зубовидний (68,0-75,5 %), крохмалистий (71,5-82,0%), кременистий (65,0-73,0 %) і напівзубовидний (66,9-74,2 %) [61, 324]. Молекула крохмалю у гібридів кукурудзи представлена, двома основними полісахаридами: амілазою (20-30 %) і амілопектином (70-80 %). Їх співвідношення залежить від виду та гібриду (сорту) рослини, разом із тим існують гібриди, у яких вміст амілази може досягати 75 % [320].

Вихід біоетанолу із 1 тони зерна кукурудзи може досягати 325-470 літрів етанолу, тоді як у інших культур він знаходиться в межах, для ячменю – 240-330 л, пшениці – 375-445 л, жита – 280-357 л, [62, 325-326], тритикале – 428 л, соризу – 464 л [324].

Згідно даних О.І. Рибалка та ін. [327], вихід біоетанолу обумовлюється, крім кількісного показника вмісту крохмалю у зерні, ще й якісними властивостями самого крохмалю та його ферментабельністю, зокрема: 1) хімічним складом крохмалю (співвідношення амілоза / амілопектин); 2) лінійними розмірами крохмальних гранул і їх співвідношенням; 3) характером структури високо-полімерних молекул крохмалю в крохмальних гранулах.

Можливість переробки кукурудзи на біоетанол, за сьогоднішніх площ посіву кукурудзи, ще у 2018 році складала 25 млн тон зерна кукурудзи [328]. Сприяє виробництву біоетанолу із кукурудзи досить висока його ціна, що в 2019 році становила 0,61 євро/л, в Європі – 0,96 євро/л [329], в той час як вартість

бензину була на рівні 1,2-1,6 євро/л.

Досить важливе значення щодо якісних показників має і силосна маса кукурудзи, оскільки вона впливає на показник виходу біогазу. Хімічний склад силосної маси може варіювати в залежності від фази росту і розвитку [330]. Крім того від якості силосу зброджуваного в анаеробних умовах в біогазових станціях залежить і якість отриманого дигестату в монокомпонентних (лише один компонент – силос кукурудзи) та полікомпонентних (силос кукурудзи плюс інші компоненти, такі як свинячий гній, гній ВРХ і т. д.) комбінаціях

Згідно даних західних та вітчизняних дослідників [330-331] у гібридів кукурудзи, зібраних у фазу воскової стиглості зерна, з вмістом сухих речовин 30-42 % середній вихід метану становив $0,40 \text{ м}^3 / \text{кг}$ субстрату, а гібриди DK 604 і Doga, що збиралися у фазу молочно-воскової стиглості, за вмісту сухої речовини 22,2 і 19,8 % забезпечували зниження виходу метану на 6,5 і 16,0 % в порівнянні із передньою фазою.

Найкращий за якістю, поживністю та хімічним складом силос кукурудзи можна отримати із кукурудзи зібраної у фазу молочно-воскової та воскової стиглості зерна, коли вміст вологи в ній знаходиться в межах 65-75 % [320], а вміст загальної кількості цукрів достатній для утворення молочної кислоти [332]. Залежно від фази збирання змінюється вміст сухих речовин у зеленій масі, фізичні властивості, хімічний склад та поживність [332].

За проведення ранніх строків збирання силосної кукурудзи, окрім істотного недобору поживних речовин, отримують силос із великим вмістом вологи, органічних кислот який погано поїдається тваринами [320, 332].

Важливе значення для якості силосу кукурудзи має концентрація аміаку, що є показником протеолітичної дії клостридій. Чим вища концентрація аміаку в силосі, тим більше відбувається протеоліз білку. На вміст аміаку можуть впливати біологічні препарати [332].

Відмічається також, що збільшення групи стиглості гібридів кукурудзи сприяє зменшенню питомого виходу метану. Зростання вмісту сухої речовини понад 22,0 % забезпечує вихід метану близько $370 \text{ лн.} \times \text{кг}^{-1} \text{ СОР}$, при цьому за

збільшення вмісту сухих речовин більше 35,0 % питомий вихід метану зменшується. Через це оптимальний вихід метану можливий саме за вмісту сухих речовин в межах 30-35 % [330, 333].

Вихід біогазу з силосної маси кукурудзи може коливатись в межах 476-570 лн. × кг-1 СОР, за середнього вмісту метану 49,6-59,3 %. Порівнюючи вихід біогазу та метану із силосу кукурудзи і сорго цукрового та їх сумішей на 1 га, можна відмітити що він становить для кукурудзи – 5,7-6,5 і 3,3-3,7 тис. м³ / га, сорго цукрового – 7,0-8,4 і 4,1-4,9 тис. м³ / га, та їх суміші – 9,1-10,2 і 5,3-5,9 тис. м³ / га [330]. Зростання питомого виходу біогазу з одиниці силосної маси кукурудзи в порівнянні із соргом цукровим обумовлюється вищим вмістом сухих речовин.

При силосуванні зеленої маси кукурудзи важливе значення має вміст та співвідношення амілази та амілопектину в крохмалі зерна, оскільки визначає процес ферментації під час силосування та перетравність силосної маси в організмі тварин [320]. На 1 кормову одиницю зерно кукурудзи містить 55-80 г сирого протеїну, що значно менше ніж у зерні інших злакових культур.

Вплив системи удобрення на вміст сухих речовин та вологи у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення приведено в таблиці 5.1.

Вміст сухих речовин із збільшенням тривалості періоду від сходів до моменту визначення зростав, і в середньому по досліді в 2023 році станом на 23 серпня становив 26,73 %, в той час 7 вересня він був у межах 30,19 %, а 11 жовтня виявився найвищим і склав 41,65 %.

Відмічена також тенденція зміни вмісту сухих речовин і у межах конкретного гібриду. Так за період аналізування, в середньому по досліді, в межах кожного гібриду кількість сухих склала: Амарос (ФАО 230) – 36,95 %, Р8754 (ФАО 240) – 35,90 %, Бігбіт (ФАО 290) – 32,02 %, Богатир (ФАО 290) – 33,51 %, КВС 381 (ФАО 350) – 32,68 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 31,72 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 30,36 % і Р 0217 (ФАО 460) – 29,71 %, відповідно.

Найбільший вміст сухих речовин, в період визначення, відмічено у

гібридів середньоранніх гібридів із найменшим ФАО 230-240 Амарос і Р8754, відповідно 36,95 та 35,90 %. Дана закономірність пояснюється тим що період молочно-воскової стиглості у цих гібридів настає раніше, і відносно за короткий проміжок часу формується значна кількість запасних речовин, тоді як у більш пізньостиглих гібридів період накопичення пластичних речовин довший і більш повільніший.

Таблиця 5.1

Вплив системи удобрення на вміст сухих речовин та вологи у зеленій масі кукурудзи, % (за 2023 рік)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Вміст сухих речовин, %				Масова частка вологи, %			
		23.08. 2023 р.	07.09. 2023 р.	11.10. 2023 р.	середнє ±Sx	23.08. 2023 р.	07.09. 2023 р.	11.10. 2023 р.	середнє ±Sx
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	29,64	33,75	45,79	36,39±8,39	70,36	66,27	62,83	66,49±3,77
	2 (1)	31,48	35,12	48,33	38,31±8,87	68,52	64,95	61,25	64,91±3,64
	3 (2)	29,88	33,53	45,48	36,30±8,16	70,12	65,98	62,24	66,11±3,94
	4 (3)	28,61	32,18	45,97	35,59±9,17	71,39	67,76	61,84	67,00±4,82
	5 (4)	31,36	34,65	46,13	37,38±7,75	68,64	63,19	60,55	64,13±4,13
	6	31,28	34,79	47,15	37,74±8,34	68,72	64,82	61,18	64,91±3,77
Р8754 (ФАО 240)	1 (К)	28,43	31,78	42,68	34,30±7,45	72,45	68,17	64,57	68,40±3,94
	2	30,51	34,57	48,34	37,81±9,35	69,37	64,35	61,94	65,22±3,79
	3	29,14	32,18	44,34	35,22±8,04	71,38	64,84	61,25	65,82±5,14
	4	30,16	33,63	45,81	36,53±8,22	69,61	65,18	61,28	65,36±4,17
	5	28,79	31,89	43,85	34,84±7,95	70,48	65,73	62,85	66,35±3,85
	6	30,46	33,75	45,82	36,68±8,09	69,54	64,37	61,22	65,04±4,20
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	25,47	27,32	41,15	31,31±8,57	76,34	72,49	68,92	72,58±3,71
	2	27,39	28,49	43,15	33,01±8,80	73,22	69,57	62,18	68,32±5,62
	3	25,49	27,31	41,55	31,45±8,79	75,89	71,85	68,37	72,04±3,76
	4	26,67	27,85	41,82	32,11±8,43	73,33	69,85	63,15	68,78±5,17
	5	25,56	27,35	41,37	31,43±8,66	75,11	71,38	65,22	70,57±4,99
	6	27,16	28,24	42,98	32,79±8,84	73,65	69,68	65,57	69,63±4,04
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	26,68	27,95	40,76	31,80±7,79	79,63	74,92	71,85	75,47±3,92
	2	30,12	32,19	45,19	35,83±8,17	76,52	72,54	69,83	72,96±3,37
	3	26,25	28,89	42,17	32,44±8,53	80,23	75,38	72,18	75,93±4,05
	4	28,12	29,64	42,35	33,37±7,81	76,87	72,93	70,27	73,36±3,32
	5	26,85	28,15	41,83	32,28±8,30	79,11	74,12	71,72	74,98±3,77
	6	29,77	31,87	44,48	35,37±7,96	77,15	73,26	70,96	73,79±3,13

<i>Продовження таблиці 5.1</i>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	24,55	28,82	39,32	30,90±7,60	82,13	76,62	74,12	77,62±4,10
	2	28,31	33,21	45,42	35,65±8,81	77,65	73,19	71,21	74,02±3,30
	3	25,13	29,05	40,37	31,52±7,91	77,81	73,21	70,95	73,99±3,50
	4	26,37	30,43	41,48	32,76±7,82	78,83	74,12	71,34	74,76±3,79
	5	24,86	28,84	39,65	31,12±7,65	81,34	75,56	72,25	76,38±4,60
	6	27,62	31,48	43,25	34,12±8,14	83,19	77,35	74,95	78,50±4,24
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	23,75	27,75	38,66	30,05±7,72	82,65	74,37	63,25	73,42±9,73
	2	27,39	31,32	40,52	33,08±6,74	78,39	71,26	60,35	70,00±9,09
	3	24,52	28,82	39,95	31,10±7,96	83,24	75,38	64,64	74,42±9,34
	4	26,14	30,56	40,12	32,27±7,15	79,85	72,41	60,88	71,05±9,56
	5	24,77	28,79	39,74	31,10±7,75	78,36	71,21	60,26	69,94±9,12
	6	26,75	31,14	40,32	32,74±6,92	84,37	76,19	65,54	75,37±9,44
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	22,52	27,65	37,23	29,13±7,47	87,13	75,65	64,64	75,81±11,25
	2	25,59	30,52	38,89	31,67±6,72	86,11	74,82	62,92	74,62±11,60
	3	22,98	27,95	37,85	29,59±7,57	88,25	76,76	65,68	76,90±11,29
	4	24,35	29,38	38,75	30,83±7,31	86,32	74,85	62,75	74,64±11,79
	5	22,65	27,76	37,49	29,30±7,54	85,75	74,24	62,65	74,21±11,55
	6	25,12	30,83	38,93	31,63±6,94	88,95	77,13	67,67	77,92±10,66
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	24,89	25,97	35,57	28,81±5,88	84,11	74,03	63,75	73,96±10,18
	2	26,32	29,71	38,29	31,44±6,17	86,16	70,29	61,42	72,62±12,53
	3	22,85	27,57	36,24	28,89±6,79	84,35	72,43	62,97	73,25±10,71
	4	24,12	28,73	37,15	30,00±6,61	84,89	71,27	61,38	72,51±11,80
	5	22,53	27,04	36,86	28,81±7,33	85,46	72,96	63,19	73,87±11,16
	6	23,75	28,71	38,55	30,34±7,53	84,57	71,29	61,45	72,44±11,60

*Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).*

Внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливало на накопичення сухих речовин у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Так, зокрема внесення дигестату сприяло зростанню вмісту сухих речовин на 0,50-1,86 %, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом на – 1,35-3,58 % в порівнянні із контролем (без добрив). Зростання кількості сухих речовин пояснюється поліпшенням режиму живлення рослин а відповідно і

фотосинтетичної діяльності рослин за рахунок внесення біоорганічного добрива та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом, що містять у своєму складі як макро- так і мікроелементи.

Що стосується масової частки вологи, то зміщення строків збирання зеленої маси до більш пізніх зумовлює зниження даного показника. Так, зокрема, в середньому по досліді в 2023 році станом на 23 серпня масова частка вологи становила 78,28 %, тоді як 7 вересня вона зменшилась на 6,82 % і склала 71,46 %, а в період 11 жовтня виявилася найнижчою і склала 65,28 %.

Масова частки вологи у зеленій масі, також, залежала і від біологічних особливостей конкретного гібриду. Так, в межах досліджуваних гібридів, в середньому за три періоди визначення, масова частки вологи у зеленій масі становила Амарос (ФАО 230) – 65,59 %, Р8754 (ФАО 240) – 66,03 %, Бігбіт (ФАО 290) – 70,32 %, Богатир (ФАО 290) – 74,42 %, КВС 381 (ФАО 350) – 75,88 %, КВС Інтелгенс (ФАО 380) – 72,37 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 75,68 % і Р 0217 (ФАО 460) – 73,11 %, відповідно. Найбільший вміст вологи відмічено у гібридів середньопізньої групи стиглості ДН Аншлаг і Р 0217, відповідно 75,68 та 73,11 %.

Застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза збільшувало значення вологи у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи на 0,65-2,52% та 1,31-4,48 %, відповідно, більше в порівнянні із контролем (без добрив). Що пояснюється додатковим надходженням поживних речовин за рахунок внесення добрив та зростання біохімічних процесів у рослині.

Отже, застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудзи позитивно впливає на характер біохімічних реакцій у рослинах досліджуваних гібридів, що відображається у зростанні кількості сухих речовин (на 0,50-3,58 %) у вегетативній масі та масової частки вологи (на 0,65-4,48 %) у порівнянні із контрольним варіантом.

Важливе значення для якості силосу із кукурудзи має вміст у зеленій масі сирого протеїні та клітковини, які впливають на поживність корму та визначають

вихід біогазу у випадку використання зеленої маси у якості субстрату для зброджування в біогазовому реакторі.

Динаміку вмісту сирого протеїну та клітковини у досліджуваних гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення приведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

**Вплив системи удобрення на вміст сирого протеїну та клітковини у
зеленій масі кукурудзи, % (за 2023 рік)**

Назва гібриду	Варіант удобрення	Сирий протеїн в абсолютно сухій речовині, %				Сира клітковина в абсолютно сухій речовині, %			
		23.08. 2023 р.	07.09. 2023 р.	11.10. 2023 р.	середнє ±Sx	23.08. 2023 р.	07.09. 2023 р.	11.10. 2023 р.	середнє ±Sx
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	5,23	4,95	4,88	5,02±0,19	24,59	23,16	21,66	23,14±1,47
	2	6,38	5,75	5,67	5,93±0,39	23,84	22,75	21,29	22,63±1,28
	3	5,38	5,13	5,21	5,24±0,13	25,62	24,51	23,02	24,38±1,30
	4	5,44	5,23	5,35	5,34±0,11	26,11	24,63	23,03	24,59±1,54
	5	5,39	5,02	5,12	5,18±0,19	26,25	24,95	23,32	24,84±1,47
	6	6,45	5,76	5,37	5,86±0,55	25,63	23,11	22,16	23,63±1,79
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	4,91	4,84	4,65	4,80±0,13	24,17	22,87	21,48	22,84±1,35
	2	6,82	6,57	6,31	6,57±0,26	23,88	22,31	21,13	22,44±1,38
	3	5,95	5,81	5,67	5,81±0,14	25,39	24,15	22,59	24,04±1,40
	4	6,01	5,92	5,84	5,92±0,09	26,34	24,65	22,73	24,57±1,81
	5	4,67	4,65	4,59	4,64±0,04	27,18	25,67	23,05	25,30±2,09
	6	6,36	6,24	6,12	6,24±0,12	25,53	23,25	21,96	23,58±1,81
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	5,38	5,21	5,11	5,23±0,14	25,67	23,52	21,69	23,63±1,99
	2	7,46	6,94	6,59	7,00±0,44	24,15	22,45	20,85	22,48±1,65
	3	6,59	5,89	5,43	5,97±0,58	28,22	26,15	23,12	25,83±2,57
	4	7,31	6,84	6,37	6,84±0,47	29,27	26,72	23,65	26,55±2,81
	5	5,39	5,71	5,62	5,57±0,17	30,15	27,08	23,89	27,04±3,13
	6	7,23	6,65	6,25	6,71±0,49	26,79	24,41	22,35	24,52±2,22
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	4,97	4,76	4,67	4,80±0,15	24,85	22,61	20,87	22,78±2,00
	2	6,38	6,24	6,15	6,26±0,12	23,57	21,97	20,48	22,01±1,55
	3	5,72	5,65	5,48	5,62±0,12	27,22	24,22	22,64	24,69±2,33
	4	6,15	5,89	5,72	5,92±0,22	28,15	25,21	22,95	25,44±2,61
	5	5,03	5,01	4,88	4,97±0,08	26,89	24,85	22,75	24,83±2,07
	6	6,17	6,12	5,97	6,09±0,10	25,31	23,93	21,49	23,58±1,93
КВС 3381 (ФАО 350)	1 (К)	5,58	5,24	5,19	5,34±0,21	26,24	23,85	21,73	23,94±2,26
	2	7,62	7,52	7,32	7,49±0,15	26,12	23,67	21,65	23,81±2,24
	3	6,85	6,12	5,98	6,32±0,47	28,86	26,11	23,12	26,03±2,87

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КВС 3381 (ФАО 350)	4	7,13	6,98	6,85	6,99±0,14	29,12	26,54	23,58	26,41±2,77
	5	6,57	6,37	6,22	6,39±0,18	28,85	26,25	23,15	26,08±2,85
	6	7,35	7,12	7,03	7,17±0,17	27,71	25,85	22,34	25,30±2,73
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	5,39	5,17	4,85	5,14±0,27	23,85	22,73	20,46	22,35±1,73
	2	7,43	6,98	6,37	6,93±0,53	23,92	23,12	20,24	22,43±1,94
	3	6,56	5,85	5,58	6,00±0,51	26,12	25,54	22,29	24,65±2,06
	4	6,89	6,43	6,12	6,48±0,39	26,76	25,82	22,72	25,10±2,11
	5	6,32	6,12	5,95	6,13±0,19	26,58	25,68	22,54	24,93±2,12
	6	7,21	6,99	6,38	6,86±0,43	26,05	25,07	21,96	24,36±2,14
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	5,07	5,04	4,78	4,96±0,16	25,22	24,19	19,47	22,96±3,07
	2	6,98	6,89	6,55	6,81±0,23	25,08	23,98	19,35	22,80±3,04
	3	6,13	5,95	5,73	5,94±0,20	27,29	26,26	21,21	24,92±3,25
	4	6,35	6,11	5,98	6,15±0,19	28,12	26,75	21,75	25,54±3,35
	5	6,14	5,87	5,65	5,89±0,25	28,86	27,13	22,63	26,21±3,22
	6	6,89	6,59	6,43	6,64±0,23	26,27	25,54	20,52	24,11±3,13
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	5,46	4,87	4,71	5,01±0,40	21,75	19,52	18,75	20,01±1,56
	2	8,27	7,26	6,99	7,51±0,67	22,39	21,01	20,45	21,28±1,00
	3	7,05	6,12	5,86	6,34±0,63	24,15	22,47	23,48	23,37±0,85
	4	7,31	6,65	6,37	6,78±0,48	23,85	22,18	24,95	23,66±1,39
	5	7,13	6,18	5,97	6,43±0,62	21,97	20,55	19,86	20,79±1,08
	6	7,54	6,79	6,21	6,85±0,67	24,65	23,94	24,23	24,27±0,36

*Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л / га).*

Вміст сирого протеїну в залежності від періоду збирання може змінюватися, так вміст його за проведення збиральних робіт 23 серпня 2023 року, в середньому по досліді, становив 6,33%, на 7 вересня він збільшився і склав – 6,00 %, а на період 11 жовтня він виявився найнижчим – 5,79 %. Зменшення вмісту сирого протеїну в пізньому терміні збирання силосної маси становить 0,54 % порівняно із збиранням його у серпні.

Встановлено, що вміст сирого протеїну істотно залежить від біологічних особливостей кожного гібриду. Так, зокрема, в середньому, вміст сирого протеїну у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи склав Амарос

(ФАО 230) – 5,43 %, Р8754 (ФАО 240) – 5,66 %, Бігбіт (ФАО 290) – 6,22 %, Богатир (ФАО 290) – 5,61 %, КВС 381 (ФАО 350) – 6,61 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 6,26 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 6,06 % і Р 0217 (ФАО 460) – 6,49 %, відповідно.

Найвище значення вмісту сирого протеїну, в середньому за три періоди визначення, відмічене на варіанті із внесенням дигестату нормою 60 т/га у основне, передпосівне удобрення та підживлення – Амарос (ФАО 230) – 5,93 %, Р 8754 (ФАО 240) – 6,57 %, Бігбіт (ФАО 290) – 7,00 %, Богатир (ФАО 290) – 6,26 %, КВС 381 (ФАО 350) – 7,49 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 6,93 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 6,81 % і Р 0217 (ФАО 460) – 7,51 %, тоді як на контрольному варіанті без добрив він становив – 5,02 %; 4,80 %; 5,23 %; 4,80 %; 5,34 %; 5,14 %; 4,96 %; 5,01 %, відповідно.

Отже, внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза у системі удобрення досліджуваних гібридів кукурудзи сприяє зростанню вмісту сирого протеїну на 0,40-1,75 % та 0,84-1,83 %, відповідно, в порівнянні із контролем (без добрив).

Нами встановлено що вміст сирої клітковини також може змінюватися в залежності від періоду збиральних робіт (табл. 5.3). Зокрема на період 23 серпня, в середньому по досліді вона становила 25,93 %, 7 вересня – 24,23 % та 11 жовтня 22,01 %. Тобто, зміщення строків збирання силосної кукурудзи до більш пізніх (вересень-жовтень) сприяє зменшенню на 1,70-3,92 % вмісту сирої клітковини, в порівнянні із збиранням її в серпні місяці.

В межах досліджуваних гібридів, також відмічено зміну вмісту сирої клітковини. Зокрема, в середньому, вона склала Амарос (ФАО 230) – 23,87 %, Р 8754 (ФАО 240) – 23,80 %, Бігбіт (ФАО 290) – 25,01 %, Богатир (ФАО 290) – 23,89 %, КВС 381 (ФАО 350) – 25,26 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 23,97 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 24,42 % і Р 0217 (ФАО 460) – 22,23 %.

Система застосування органічних та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривами також впливала на вміст клітковини у зеленій масі кукурудзи. Так, застосування дигестату біогазових станцій забезпечило зростання вмісту

клітковини на 0,97-2,27 %, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на 0,50-4,27 %, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

Отже, внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза у системі удобрення досліджуваних гібридів кукурудзи сприяє зростанню вмісту сирого протеїну та клітковини на 0,40-1,83 % та 0,50-4,27 %, відповідно, в порівнянні із контролем (без добрив).

Проведеними дослідженнями встановлено, що періоди збиральних робіт силосної кукурудзи, біологічні особливості кожного гібриду та система застосування добрив впливають на вміст у зеленій масі крохмалю та цукру (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Вплив системи удобрення на вміст крохмалю та цукру в зеленій масі кукурудзи, % (за 2023 рік)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Вміст крохмалю в абсолютно сухій речовині, %				Вміст цукру в абсолютно сухій речовині, %			
		23.08. 2023 р.	07.09. 2023 р.	11.10. 2023 р.	середнє ±Sx	23.08. 2023 р.	07.09. 2023 р.	11.10. 2023 р.	середнє ±Sx
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	5,86	12,25	15,37	11,16±4,85	14,89	12,84	12,21	13,31±1,40
	2	7,29	13,46	16,73	12,49±4,79	16,45	13,69	13,06	14,40±1,80
	3	8,11	13,85	17,34	13,10±4,66	12,29	11,75	11,67	11,90±0,34
	4	9,73	14,32	17,89	13,98±4,09	12,99	12,05	11,89	12,31±0,59
	5	10,13	14,82	18,25	14,40±4,08	11,08	10,95	10,75	10,93±0,17
	6	6,08	13,16	17,26	12,17±5,66	11,07	10,97	10,73	10,92±0,17
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	6,08	12,65	15,81	11,51±4,96	21,82	17,61	15,28	18,24±3,31
	2	8,11	14,62	17,35	13,36±4,75	23,26	19,35	16,31	19,64±3,48
	3	10,57	14,97	18,12	14,55±3,79	18,89	16,93	16,83	17,55±1,16
	4	9,35	14,82	17,65	13,94±4,22	19,57	17,87	17,27	18,24±1,19
	5	11,75	15,13	19,23	15,37±3,75	18,43	16,74	16,56	17,24±1,03
	6	9,11	14,78	17,59	13,83±4,32	19,02	17,25	16,89	17,72±1,14
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	6,60	14,19	14,86	11,88±4,59	16,91	12,85	10,15	13,30±3,40
	2	8,56	15,43	16,28	13,42±4,23	20,35	17,35	15,57	17,76±2,42
	3	11,39	16,34	17,52	15,08±3,55	16,89	14,76	13,11	14,92±1,90
	4	10,12	16,26	17,34	14,57±3,89	17,63	15,92	14,95	16,17±1,36
	5	12,05	18,72	19,17	16,65±3,99	16,58	14,62	13,28	14,83±1,66

<i>Продовження таблиці 5.3</i>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	6	9,89	15,97	16,85	14,24±3,79	17,32	15,86	14,75	15,98±1,29
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	6,22	13,75	14,21	11,39±4,49	14,65	11,46	9,87	11,99±2,43
	2	9,26	14,72	15,64	13,21±3,45	18,72	17,52	14,48	16,91±2,19
	3	10,45	15,23	17,73	14,47±3,70	15,65	14,83	12,25	14,24±1,77
	4	9,89	14,85	15,92	13,55±3,22	16,75	15,91	13,41	15,36±1,74
	5	11,48	16,33	18,16	15,32±3,45	15,43	14,89	12,37	14,23±1,63
	6	7,45	14,12	15,76	12,44±4,40	17,12	16,67	14,25	16,01±1,54
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	12,67	15,04	16,27	14,66±1,83	14,35	11,91	10,73	12,33±1,85
	2	13,58	16,25	17,64	15,82±2,06	18,22	16,35	15,58	16,72±1,36
	3	17,47	17,76	18,89	18,04±0,75	15,54	14,82	13,75	14,70±0,90
	4	15,32	17,32	18,65	17,10±1,68	16,53	15,57	14,85	15,65±0,84
	5	16,69	18,86	20,21	18,59±1,78	15,34	14,88	14,32	14,85±0,51
	6	15,11	17,15	18,32	16,8±1,62	16,98	16,35	15,68	16,34±0,65
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	13,36	18,95	29,74	20,68±8,33	17,71	11,84	11,19	13,58±3,59
	2	14,36	17,53	29,88	20,59±8,20	22,18	15,89	14,65	17,57±4,04
	3	17,78	20,24	30,83	22,95±6,93	18,85	13,34	12,67	14,95±3,39
	4	16,25	19,59	30,21	22,02±7,23	21,53	14,85	13,35	16,58±4,35
	5	18,11	21,23	31,56	23,63±7,04	20,89	14,21	12,96	16,02±4,26
	6	16,12	19,32	30,35	21,93±7,47	20,31	15,58	15,38	17,09±2,79
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	10,13	14,19	22,04	15,45±6,05	19,64	16,05	12,67	16,12±3,49
	2	11,65	15,54	24,86	17,35±6,79	21,35	18,72	15,35	18,47±3,01
	3	12,78	16,24	25,68	18,23±6,68	20,21	17,75	14,54	17,50±2,84
	4	13,36	16,62	25,25	18,41±6,14	21,97	19,19	17,24	19,47±2,38
	5	12,95	16,35	25,74	18,35±6,62	21,11	18,83	15,62	18,52±2,76
	6	12,86	16,12	25,13	18,04±6,36	20,95	17,82	14,67	17,81±3,14
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	9,63	12,44	28,17	16,75±9,99	15,65	15,46	11,73	14,28±2,21
	2	10,12	13,57	28,86	17,52±9,97	17,33	16,91	13,48	15,91±2,11
	3	12,61	16,58	31,17	20,12±9,77	14,28	13,52	12,65	13,48±0,82
	4	11,34	15,83	30,88	19,35±10,23	13,29	12,24	10,64	12,06±1,33
	5	11,62	15,98	31,14	19,58±10,25	11,28	10,47	9,98	10,58±0,66
	6	10,89	14,70	29,64	18,41±9,91	14,12	13,04	12,35	13,17±0,89

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л / га).

Із даних таблиці 5.3 видно, що вміст крохмалю у зеленій масі, в досліджуваних гібридів кукурудзи, в середньому по досліді, станом на 23 серпня

2023 року склав 11,30 %, 7 вересня він зріс на 4,5 % і становив 15,79 %, а 10 жовтня виявився найвищим 21,44 %, або на 10,14 % більше в порівнянні із першим строком аналізування.

Вміст крохмалю також залежав і від біологічних особливостей конкретного гібриду, зокрема, в середньому він склав у Амарос (ФАО 230) – 12,88 %, Р 8754 (ФАО 240) – 13,76 %, Бігбіт (ФАО 290) – 14,31 %, Богатир (ФАО 290) – 13,40 %, КВС 381 (ФАО 350) – 16,84 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 21,97 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 17,64 % і Р 0217 (ФАО 460) – 18,62 %.

Застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза забезпечувало зростання вмісту крохмалю у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи на 1,61-3,05 та 1,1-2,58 %, відповідно, в порівнянні із контролем (без внесення добрив).

Вміст цукру в зеленій масі істотно залежав від періоду визначення, зокрема станом на 23 серпня він становив 17,36 %, 7 вересня – 15,13 % та 11 жовтня виявився найнижчим і становив 13,62 % (див. табл. 5.3).

В розрізі гібридів вміст цукру у зеленій масі гібридів кукурудзи, в середньому, становив Амарос (ФАО 230) – 12,30 %, Р 8754 (ФАО 240) – 18,10 %, Бігбіт (ФАО 290) – 15,49 %, Богатир (ФАО 290) – 14,79 %, КВС 381 (ФАО 350) – 15,10 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 15,97 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 17,98 % і Р 0217 (ФАО 460) – 13,25 %.

Застосування дигестату біогазових станцій у системі удобрення досліджуваних гібридів кукурудзи неоднозначно впливало на вміст у зеленій масі цукру. Зокрема у таких гібридів як Амарос (ФАО 230), Р 8754 (ФАО 240) та Р 0217 (ФАО 460) не відмічено зростання вмісту крохмалю у зеленій масі, тоді як у гібридів Бігбіт (ФАО 290), Богатир (ФАО 290), КВС 381 (ФАО 350), КВС Інтелегенс (ФАО 380), ДН Аншлаг (ФАО 420) збільшення місту цукру в зеленій масі становило 2,37-3,19 %, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Внесення мінеральних добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза також не завжди викликало зростання вмісту цукру в зеленій

масі досліджуваних гібридів кукурудзи. Так, у гібридів Амарос (ФАО 230), Р 8754 (ФАО 240) та Р 0217 (ФАО 460) внесення мінеральних добрив із мікродобривами негативно вплинуло на вміст цукрів у зеленій масі і він знизився на 0,52-2,39 %, а в гібридів Бігбіт (ФАО 290), Богатир (ФАО 290), КВС 381 (ФАО 350), КВС Інтелегенс (ФАО 380) та ДН Аншлаг (ФАО 420) він навпаки підвищився на 1,69-4,02 %, в порівнянні із контролем (без добрив).

Отже, застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяє збільшенню вмісту крохмалю у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи на 1,1-3,05 %, та неоднозначно впливає а вміст цукру, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

Вміст целюлози та геміцелюлози в зеленій масі кукурудзи залежав від періоду проведення збиральних робіт, біологічних особливостей гібридів та системи використання добрив (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

**Вплив системи удобрення на вміст целюлози та геміцелюлози в
зеленій масі кукурудзи, % (за 2023 рік)**

Назва гібриду	Варіант удобрєння	Вміст целюлози в абсолютно сухій речовині, %				Вміст геміцелюлози в абсолютно сухій речовині, %			
		23.08. 2023 р.	07.09. 2023 р.	11.10. 2023 р.	середнє ±Sx	23.08. 2023 р.	07.09. 2023 р.	11.10. 2023 р.	середнє ±Sx
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	16,09	17,22	18,18	17,16±1,05	40,37	38,61	36,48	38,49±1,95
	2	16,49	18,15	20,16	18,27±1,84	41,37	39,75	37,25	39,46±2,08
	3	16,80	18,78	20,82	18,80±2,01	48,12	49,55	45,89	47,85±1,84
	4	17,23	19,35	21,31	19,30±2,04	45,16	40,12	37,79	41,02±3,77
	5	19,63	21,87	22,79	21,43±1,63	47,19	44,92	41,94	44,68±2,63
	6	18,91	20,28	21,73	20,31±1,41	52,24	53,18	47,36	50,93±3,12
Р8754 (ФАО 240)	1 (К)	17,11	17,56	17,63	17,43±0,28	49,35	47,35	44,58	47,09±2,40
	2	17,82	18,16	18,18	18,05±0,20	52,83	51,37	46,22	50,14±3,47
	3	18,13	19,25	19,45	18,94±0,71	56,26	53,92	50,35	53,51±2,98
	4	19,45	20,13	21,18	20,25±0,87	54,11	52,18	46,38	50,89±4,02
	5	21,22	22,28	22,39	21,96±0,65	55,38	52,15	49,95	52,49±2,73
	6	20,16	21,18	21,84	21,06±0,85	56,92	54,67	52,57	54,72±2,18
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	16,72	16,75	17,25	16,91±0,30	45,27	44,67	37,04	42,33±4,59
	2	17,32	17,83	18,21	17,79±0,45	48,12	46,18	40,61	44,97±3,90
	3	17,89	18,01	18,19	18,03±0,15	50,27	50,16	43,96	48,13±3,61

<i>Продовження таблиці 5.4</i>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бігбіт (ФАО 290)	4	18,25	19,22	19,85	19,11±0,81	46,67	45,58	39,58	43,94±3,82
	5	20,48	21,15	21,43	21,02±0,49	48,25	46,07	40,32	44,88±4,10
	6	19,45	20,87	21,27	20,53±0,96	55,34	53,16	45,16	51,22±5,36
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	17,14	17,42	18,17	17,58±0,53	49,45	48,35	48,95	48,92±0,55
	2	18,36	19,24	19,37	18,99±0,55	54,27	52,18	50,32	52,26±1,98
	3	18,91	20,05	21,18	20,05±1,14	55,18	53,95	51,28	53,47±1,99
	4	19,13	20,75	21,11	20,33±1,05	51,64	50,58	49,43	50,55±1,11
	5	18,85	19,94	20,64	19,81±0,90	51,37	50,44	50,18	50,66±0,63
	6	19,64	21,14	21,96	20,91±1,18	56,68	55,83	53,47	55,33±1,66
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	17,65	18,03	18,37	18,02±0,36	41,35	37,31	35,34	38,00±3,06
	2	19,13	20,35	20,86	20,11±0,89	45,12	40,11	37,41	40,88±3,91
	3	19,68	20,83	21,12	20,54±0,76	45,78	41,22	38,89	41,96±3,50
	4	20,13	22,18	22,79	21,70±1,39	42,31	38,86	36,65	39,27±2,85
	5	19,54	21,35	21,65	20,85±1,14	44,25	40,65	37,82	40,91±3,22
	6	20,78	22,92	23,12	22,27±1,30	46,58	43,27	40,46	43,44±3,06
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	16,85	17,05	17,72	17,21±0,46	34,24	30,54	29,72	31,50±2,41
	2	18,18	19,93	20,21	19,44±1,10	36,58	33,85	32,31	34,25±2,16
	3	18,65	20,12	21,15	19,97±1,26	37,12	34,29	34,15	35,19±1,68
	4	19,53	21,54	22,16	21,08±1,37	35,54	31,26	32,76	33,19±2,17
	5	18,42	20,85	21,55	20,27±1,64	38,32	34,12	33,54	35,33±2,61
	6	19,79	21,39	22,07	21,08±1,17	39,25	37,34	36,36	37,65±1,47
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	16,93	17,63	18,88	17,81±0,99	32,55	29,25	28,84	30,21±2,03
	2	18,56	20,12	21,21	19,96±1,33	34,38	32,45	31,35	32,73±1,53
	3	19,02	20,85	22,02	20,63±1,51	36,92	34,87	33,15	34,98±1,89
	4	20,11	22,13	23,28	21,84±1,60	34,15	32,33	31,98	32,82±1,17
	5	19,91	21,26	22,85	21,34±1,47	36,27	34,35	32,32	34,31±1,98
	6	20,55	22,42	23,76	22,24±1,61	39,39	37,12	35,94	37,48±1,75
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	15,77	15,91	16,48	16,05±0,38	32,15	25,38	23,19	26,91±4,67
	2	17,35	17,69	19,35	18,13±1,07	31,54	25,47	22,83	26,61±4,47
	3	18,53	18,58	20,11	19,07±0,90	30,83	23,54	21,07	25,15±5,07
	4	19,22	19,25	20,85	19,77±0,93	35,57	28,49	26,45	30,17±4,79
	5	17,94	18,12	18,47	18,18±0,27	34,16	27,86	25,05	29,02±4,67,
	6	19,37	19,94	21,72	20,34±1,23	39,91	31,92	30,22	34,02±5,17

*Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).*

Із даних таблиці 5.4 видно, що вміст целюлози в абсолютно сухій речовині в зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи змінювався залежно від періоду збирання. Так в період 23 серпня він в середньому по досліді склав 18,60 %, станом на 7 вересня він збільшився на 1,13 % і становив 19,73 %, а станом на 11 жовтня він виявився найвищим – 20,54 %, або на 1,94 % більше ніж у перший період визначення.

В межах досліджуваних гібридів також встановлена різниця за вмістом целюлози, що в середньому склав для гібриду Амарос (ФАО 230) – 19,21 %, Р 8754 (ФАО 240) – 19,62 %, Бігбіт (ФАО 290) – 18,90 %, Богатир (ФАО 290) – 19,61 %, КВС 381 (ФАО 350) – 20,58 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 19,84 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 20,64 % і Р 0217 (ФАО 460) – 18,59 %.

Внесення дигестату сприяло зростанню вмісту целюлози в зеленій масі у досліджуваних гібридів кукурудзи на 2,08-3,13 %, а використання у системі удобрення мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза, на 3,14-4,43 % збільшувало вміст целюлози в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Вміст геміцелюлози в абсолютно сухій речовині також змінювався залежно від періоду збирання зеленої маси, біологічних особливостей досліджуваних гібридів та варіанту удобрення (див. табл. 5.4).

Нами встановлено, що вміст геміцелюлози в зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи на період 23 серпня, в середньому по досліді склав 44,08 %, в період 7 вересня – 41,27 %, а в період 11 жовтня – 38,64 %. Тобто, зміщення строків збирання зеленої маси кукурудзи може характеризуватися зменшенням кількості геміцелюлози на 2,82-5,44 %, в порівнянні із більш ранніми періодами збирання врожаю.

Вміст геміцелюлози в зеленій масі в межах гібридів, в середньому, становив Амарос (ФАО 230) – 43,74 %, Р 8754 (ФАО 240) – 51,47 %, Бігбіт (ФАО 290) – 45,91 %, Богатир (ФАО 290) – 51,86 %, КВС 381 (ФАО 350) – 40,74 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 34,52 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 33,76 % і Р 0217 (ФАО 460) – 28,65 %. Найбільший вміст геміцелюлози в зеленій масі

відмічено для гібридів Р 8754 (ФАО 240) – 51,47 % та Богатир (ФАО 290) – 51,86 %.

Внесення дигестату біогазових станцій сприяє збільшенню вмісту геміцелюлози у складі зеленої маси досліджуваних гібридів кукурудзи на 0,83-4,77 %, а застосування синтетичних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на 5,44-12,44 %, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив), що необхідно враховувати при використанні силосної маси в якості сировини в біогазових реакторах для отримання біогазу та дигестату.

Дуже важливе значення для якості зброджування вегетативної маси в біогазових реакторах в процесі отримання біогазу та дигестату має вміст у ній лігніну та дубильних речовин, оскільки вони повільно розкладаються. Вміст лігніну у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення та періоду збирання приведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Вплив варіанту удобрення на вміст лігніну в зеленій масі гібридів кукурудзи, % (за 2023 рік)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Вміст лігніну в абсолютно сухій речовині, %			
		23.08.2023 р.	07.09.2023 р.	11.10.2023 р.	середнє ±Sx
1	2	3	4	5	6
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	5,26	6,94	7,55	6,58±1,19
	2	4,27	5,85	6,11	5,41±1,00
	3	6,07	7,11	7,68	6,95±0,82
	4	5,77	6,95	7,14	6,62±0,74
	5	5,06	6,23	6,85	6,05±0,91
	6	4,78	6,12	6,74	5,88±1,00
Р8754 (ФАО 240)	1 (К)	5,83	7,83	8,64	7,43±1,45
	2	4,65	6,87	7,76	6,43±1,60
	3	5,24	7,16	9,14	7,18±1,95
	4	4,35	6,14	8,89	6,46±2,29
	5	4,93	6,97	8,34	6,75±1,72
	6	5,12	6,49	8,21	6,61±1,55
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	5,87	7,94	8,95	7,59±1,57
	2	5,12	7,35	8,57	7,01±1,75

<i>Продовження таблиці 5.5</i>					
1	2	3	4	5	6
Бігбіт (ФАО 290)	3	6,16	8,25	9,95	8,12±1,90
	4	5,32	7,64	8,74	7,23±1,75
	5	5,45	7,13	8,35	6,98±1,46
	6	5,37	6,98	8,12	6,82±1,38
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	5,55	7,76	8,79	7,37±1,66
	2	5,42	6,27	7,65	6,45±1,13
	3	6,31	7,42	8,94	7,56±1,32
	4	5,49	7,13	8,76	7,13±1,64
	5	5,94	6,95	7,87	6,92±0,97
	6	5,87	6,86	7,62	6,78±0,88
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	6,49	7,53	11,34	8,45±2,55
	2	5,45	6,49	10,26	7,40±2,53
	3	6,42	7,75	11,77	8,65±2,79
	4	5,11	6,38	10,64	7,38±2,90
	5	5,69	6,82	10,35	7,62±2,43
	6	5,63	6,73	9,56	7,31±2,03
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	7,31	8,67	9,87	8,62±1,28
	2	6,32	7,69	8,92	7,64±1,30
	3	7,12	8,15	9,35	8,21±1,12
	4	6,35	6,67	8,12	7,05±0,94
	5	5,56	6,39	7,65	6,53±1,05
	6	7,49	8,12	9,57	8,39±1,07
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	6,85	7,68	9,09	7,87±1,13
	2	5,86	6,71	8,12	6,90±1,14
	3	7,13	8,18	9,32	8,21±1,10
	4	6,25	7,54	8,67	7,49±1,21
	5	5,76	6,86	7,58	6,73±0,92
	6	6,53	7,65	8,37	7,52±0,93
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	8,16	9,44	9,78	9,13±0,85
	2	6,24	6,90	7,77	6,97±0,77
	3	8,73	9,44	10,18	9,45±0,73
	4	6,68	7,89	8,91	7,83±1,12
	5	8,97	9,43	10,37	9,59±0,71
	6	8,14	8,77	9,68	8,86±0,77

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).3

Із даних таблиці 5.5 видно, що зміщення строків збирання зеленої маси досліджуваних гібридів кукурудзи із 23 серпня на 7 вересня підвищують вміст лігніну у вегетативній масі на 1,31 %, а на 10 жовтня – 2,73 %. Вміст лігніну у зеленій масі гібридів кукурудзи станом на 23 серпня, в середньому по досліді склав 6,03 %, на 7 вересня – 7,34 % та 11 жовтня 8,76 %.

Досліджувані гібриди кукурудзи відрізнялися вмістом лігніну у зеленій масі, так зокрема, в середньому він склав Амарос (ФАО 230) – 6,25 %, Р 8754 (ФАО 240) – 6,81 %, Бігбіт (ФАО 290) – 7,29 %, Богатир (ФАО 290) – 7,03 %, КВС 381 (ФАО 350) – 7,80 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 7,74 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 7,45 % і Р 0217 (ФАО 460) – 8,64 %.

Внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза, забезпечує подовження вегетаційного періоду на 3-7 днів та зберігає високу активність біохімічних реакцій у рослинному організмі кукурудзи, що забезпечує зниження вмісту лігніну у зеленій масі на 0,25-1,26 % та на 0,22-1,15 %, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

Отже, застосування дигестату та макро- і мікродобрив сприяє зменшенню кількості лігніну у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи на 0,22-1,26 % в порівнянні із контролем, що є позитивним чинником можливості використання зеленої маси в якості субстрату для анаеробного зброджування в біогазових станціях для отримання біогазу та дигестату.

В процесі дослідження ми також враховували і якість зернової продукції, у випадку використання досліджуваних гібридів для отримання зернової маси. Зокрема ми аналізували зернову масу гібридів кукурудзи за вмістом крохмалю та виходом крохмалю і біоетанолу на одиницю площі (табл. 5.6).

Результатами проведення досліджень встановлено, що вміст крохмалю у зерні може змінюватися залежно від біологічних особливостей гібридів та системи застосування добрив. Так, в середньому по досліді, вміст крохмалю у досліджуваних гібридів кукурудзи склав Амарос (ФАО 230) – 66,10 %, Р 8754 (ФАО 240) – 65,90 %, Бігбіт (ФАО 290) – 65,13 %, Богатир (ФАО 290) – 63,33 %,

КВС 381 (ФАО 350) – 65,69 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 66,84 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 65,70 % і Р 0217 (ФАО 460) – 67,38 %.

Таблиця 5.6

**Вплив системи удобрення на вміст та вихід крохмалю в зерні
кукурудзи, % (за 2024 рік)**

Назва гібриду	Варіант удобрення	Вміст крохмалю у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	Вихід крохмалю з 1 га, тонн	Вихід біоетанолу, тис. л /га
1	2	3	4	5
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	64,81	3,687	2,389
	2 (1)	68,87	5,053	3,274
	3 (2)	67,66	4,242	2,748
	4 (3)	65,63	4,518	2,927
	5 (4)	64,82	4,150	2,689
	6	64,82	4,724	3,061
Р8754 (ФАО 240)	1 (К)	64,01	3,458	2,240
	2 (1)	68,06	5,451	3,532
	3 (2)	66,85	4,259	2,759
	4 (3)	65,62	4,744	3,073
	5 (4)	65,62	4,046	2,622
	6	65,23	4,961	3,215
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	60,77	4,106	2,661
	2 (1)	68,87	7,123	4,615
	3 (2)	68,32	6,617	4,287
	4 (3)	65,62	6,224	4,033
	5 (4)	64,41	5,441	3,525
	6	62,79	6,038	3,912
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	58,74	4,653	3,015
	2 (1)	66,03	8,096	5,245
	3 (2)	64,81	6,702	4,342
	4 (3)	64,01	6,888	4,463
	5 (4)	63,60	6,159	3,991
	6	62,80	7,277	4,715
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	64,34	5,189	3,362
	2	67,25	7,874	5,101
	3	66,85	6,941	4,497

<i>Продовження таблиці 5.6</i>				
1	2	3	4	5
КВС 381 (ФАО 350)	4	66,03	7,280	4,717
	5	64,82	6,556	4,248
	6	64,82	7,375	4,778
КВС Інтелгенс (ФАО 380)	1 (К)	64,81	5,727	3,710
	2 (1)	68,87	8,395	5,439
	3 (2)	68,06	7,728	5,007
	4 (3)	66,44	7,508	4,864
	5 (4)	65,62	6,493	4,207
	6	67,25	8,095	5,245
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	64,01	5,810	3,764
	2 (1)	68,87	8,371	5,424
	3 (2)	67,66	7,732	5,010
	4 (3)	64,82	7,034	4,557
	5 (4)	64,01	7,162	4,640
	6	64,81	7,777	5,038
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	64,82	6,156	3,988
	2 (1)	68,87	8,257	5,349
	3 (2)	68,87	7,432	4,815
	4 (3)	68,06	7,939	5,143
	5 (4)	65,62	6,568	4,256
	6	68,06	7,839	5,079

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л / га).

Внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяє зростанню вмісту крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи на 1,90-6,04 % та 0,01-4,06 %, відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

Найвищий вміст крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи встановлений на варіанті де проводили трьохразове внесення дигестату в основне удобрення (60 т/га), передпосівне удобрення (60 т/га) та підживлення (60 т/га) – Амарос (ФАО 230) – 68,87 %, Р 8754 (ФАО 240) – 68,06 %, Бігбіт

(ФАО 290) – 68,87 %, Богатир (ФАО 290) – 66,03 %, КВС 381 (ФАО 350) – 67,25 %, КВС Интелегенс (ФАО 380) – 68,87 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 68,87 % і Р 0217 (ФАО 460) – 68,87 %, тоді як на контрольному варіанті він становив – 64,81 %; 64,01 %; 60,77 %; 58,74 %; 64,34 %; 64,81 %; 64,01 % та 64,82 %, відповідно.

Вихід крохмалю в досліджуваних гібридів кукурудзи, за визначеної урожайності зерна з 1 гектара, в середньому, складав для гібриду Амарос (ФАО 230) – 4,396 т/га, Р 8754 (ФАО 240) – 4,487 т/га, Бігбіт (ФАО 290) – 5,925 т/га, Богатир (ФАО 290) – 6,629 т/га, КВС 381 (ФАО 350) – 6,869 т/га, КВС Интелегенс (ФАО 380) – 7,324 т/га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 7,314 т/га і Р 0217 (ФАО 460) – 7,365 т/га.

Застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза забезпечує зростання виходу крохмалю із одиниці площі на 0,80-2,37 т/га та 1,037-2,624 т/га, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

Вихід біоетанолу із зерна досліджуваних гібридів кукурудзи залежав від вмісту крохмалю у зерні, біологічних особливостей кожного гібриду, варіанту удобрення та рівня зернової продуктивності (див. табл. 5.6).

Вихід біоетанолу із зерна кукурудзи, в середньому по досліді в досліджуваних гібридів склав Амарос (ФАО 230) – 2,848 тис. л / га, Р 8754 (ФАО 240) – 2,907 тис. л / га, Бігбіт (ФАО 290) – 3,839 тис. л / га, Богатир (ФАО 290) – 4,295 тис. л / га, КВС 381 (ФАО 350) – 4,451 тис. л / га, КВС Интелегенс (ФАО 380) – 4,745 тис. л / га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 4,739 і Р 0217 (ФАО 460) – 4,772 тис. л / га.

Застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза забезпечує вихід біоетанолу на рівні 2,910-4,908 тис. л / га та 3,061-5,245 т/га, або на 0,521-1,495 тис. л/га, відповідно, більше ніж на контрольному варіанті.

Отже, застосування органічних та синтетичних добрив у технологіях вирощування силосної та зернової кукурудзи поліпшує живлення рослин

забезпечуючи високу інтенсивність ростових процесів та передумови для формування крохмалю у зерні в кінцевому результаті підвищуючи його вихід з одиниці площі та в цілому вихід біоетанолу та біогазу.

5.2 Розрахунковий вихід біогазу із силосної маси гібридів кукурудзи під впливом досліджуваних факторів

Кукурудза, як одна із енергетичних культур, широко використовується для виробництва біогазу, має відносно не складну технологію вирощування і здатна забезпечувати високий вихід сухої речовини та метану із одиниці площі вирощування. Позитивний хімічний склад зеленої маси кукурудзи придатний для різноманітних енергетичних цілей, крім того вона має дуже високу силосну та зернову продуктивність [3, 16, 46, 310]. М.Б. Грабовський [310], відмічає що саме силос кукурудзи є найбільш придатним субстратом для виробництва біогазу.

Вирішальне значення для виробників біогазу, має не лише вид рослин, але і гібрид або сорт культури, що сприяє найвищому виходу біометану з 1 гектара площі, через те що це має основний вплив на економічні показники роботи біогазової установки. Кращий вихід біометану забезпечують високоякісні гібриди силосного напрямку використання із середньо- та пізньостиглої групи стиглості, що можуть забезпечувати вихід метану орієнтовно $10\ 000\ \text{м}^3 / \text{га}$ [310].

Вміст метану (CH_4) в біогазі отриманого із силосу кукурудзи є одним із найбільших та коливається в межах 52-58 %, тоді як із силосної маси сорго цукрового отримують 46-53 % метану, суданської трави – 45-52 %, силосу бобових культур – 50-54 %, силосу злакових трав – 48-55 %, соломи зернових культур – 53-57 %, силосу із зернових культур – 52-54 %, вегетативної маси буряків цукрових – 50-56 % та буряків кормових – 49-55 % [3, 46, 310]

Характеристику досліджуваних гібридів кукурудзи за виходом біогазу із силосної маси залежно від системи удобрення приведено в таблиці 5.7.

Нами встановлено що вихід біогазу за вирощування досліджуваних

гібридів кукурудзи з одиниці площі коливався в межах 6,645-10,111 тис. м³/га. При чому відмічено зростання виходу біогазу у гібридів із більшим показником ФАО. Також варто зауважити, що урожайність зеленої маси гібридів середньостиглої та середньопізньої групи стиглості також була найвищою (62,88-74,37 т/га), тоді як у середньоранніх гібридів кукурудзи із найменшим ФАО 230-240 вона коливалась в межах 45,65-59,71 т/га.

Таблиця 5.7

Розрахунковий вихід біогазу із 1 га посіву гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення, тис. м³/га (за 2023 рік)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Урожайність зеленої маси, т/га	Питомий вихід біогазу з 1 кг сухої речовини, м ³ /кг	Вміст сухих речовин, %	Вихід біогазу, тис. м ³ /га
1	2	3	4	5	6
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	45,65	0,4	36,39	6,645
	2	56,94	0,4	38,31	8,725
	3	51,21	0,4	36,30	7,435
	4	53,78	0,4	35,59	7,655
	5	47,43	0,4	37,38	7,092
	6	52,59	0,4	37,74	7,939
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	48,53	0,4	34,30	6,658
	2	59,71	0,4	37,81	9,030
	3	55,88	0,4	35,22	7,872
	4	57,45	0,4	36,53	8,395
	5	49,22	0,4	34,84	6,860
	6	54,09	0,4	36,68	7,935
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	53,67	0,4	31,31	6,722
	2	62,90	0,4	33,01	8,305
	3	60,39	0,4	31,45	7,597
	4	60,62	0,4	32,11	7,787
	5	54,21	0,4	31,43	6,815
	6	59,85	0,4	32,79	7,851
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	59,73	0,4	31,80	7,597
	2	66,78	0,4	35,83	9,572
	3	64,63	0,4	32,44	8,386
	4	66,08	0,4	33,37	8,820
	5	61,75	0,4	32,28	7,972

<i>Продовження таблиці 5.7</i>					
1	2	3	4	5	6
	6	65,16	0,4	35,37	9,220
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	62,88	0,4	30,90	7,771
	2	70,91	0,4	35,65	10,111
	3	67,50	0,4	31,52	8,510
	4	69,63	0,4	32,76	9,124
	5	64,95	0,4	31,12	8,084
	6	69,43	0,4	34,12	9,475
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	64,25	0,4	30,05	7,724
	2	72,71	0,4	33,08	9,620
	3	68,92	0,4	31,10	8,573
	4	70,90	0,4	32,27	9,153
	5	67,36	0,4	31,10	8,380
	6	71,29	0,4	32,74	9,335
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	65,11	0,4	29,13	7,587
	2	73,19	0,4	31,67	9,271
	3	69,81	0,4	29,59	8,264
	4	71,26	0,4	30,83	8,787
	5	68,45	0,4	29,30	8,022
	6	71,79	0,4	31,63	9,082
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	66,17	0,4	28,81	7,625
	2	74,37	0,4	31,44	9,353
	3	73,00	0,4	28,89	8,435
	4	73,21	0,4	30,00	8,785
	5	71,19	0,4	28,81	8,204
	6	73,83	0,4	30,34	8,959

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).

В розрізі досліджуваних гібридів також встановлена відмінність за виходом біогазу, яка в середньому становила Амарос (ФАО 230) – 7,582 тис. м³/га, Р 8754 (ФАО 240) – 7,792 тис. м³/га, Бігбіт (ФАО 290) – 7,513 тис. м³/га, Богатир (ФАО 290) – 8,594 тис. м³/га, КВС 381 (ФАО 350) – 8,846 тис. м³/га,

КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 8,797 тис. м³/га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 8,502 тис. м³/га і Р 0217 (ФАО 460) – 8,560 тис. м³/га.

Застосування дигестату біогазових станцій у технологіях вирощування силосної кукурудзи сприяє зростанню виходу біогазу на 0,904-1,382 тис. м³/га, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив). Тоді як внесення мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза збільшує вихід біогазу із силосної маси досліджуваних гібридів кукурудзи на 1,121-1,704 тис. м³/га, в порівнянні із контролем.

Отже, застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливає не лише на ростові процеси та продуктивність зеленої маси але й підвищує на 0,904-1,704 тис. м³/га вихід біогазу із одиниці посіву, що є дуже позитивним елементом вирощування силосної кукурудзи як субстрату для отримання біогазу та дигестату.

Висновки до розділу 5:

1. Встановлене зростання вмісту сухих речовин у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи із збільшенням тривалості періоду від сходів до моменту визначення, і в середньому по досліді в 2023 році станом на 23 серпня становив 26,73 %, в той час 7 вересня він був у межах 30,19 %, а 11 жовтня виявився найвищим і склав 41,65 %. Найбільший вміст сухих речовин, в період визначення, відмічено у гібридів середньоранніх гібридів із найменшим ФАО 230-240 Амарос і Р8754, відповідно 36,95 та 35,90 %. Внесення дигестату сприяло зростанню вмісту сухих речовин на 0,50-1,86 %, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом на – 1,35-3,58 % в порівнянні із контролем (без добрив).

2. Зміщення строків збирання зеленої маси до більш пізніх зумовлює зниження масової частки вологи, зокрема в 2023 році станом на 23 серпня вона становила 78,28 %, тоді як 7 вересня вона зменшилась на 6,82 % і склала 71,46 %, а в період 11 жовтня виявилася найнижчою і склала 65,28 %. Застосування

дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза збільшувало значення вологи у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи на 0,65-2,52% та 1,31-4,48 %, відповідно, більше в порівнянні із контролем (без добрив).

3. Найвище значення вмісту сирого протеїну, в середньому за три періоди визначення, відмічене на варіанті із внесенням дигестату нормою 60 т/га у основне, передпосівне удобрення та підживлення – Амарос (ФАО 230) – 5,93 %, Р 8754 (ФАО 240) – 6,57 %, Бігбіт (ФАО 290) – 7,00 %, Богатир (ФАО 290) – 6,26 %, КВС 381 (ФАО 350) – 7,49 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 6,93 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 6,81 % і Р 0217 (ФАО 460) – 7,51 %, тоді як на контрольному варіанті без добрив він становив – 5,02 %; 4,80 %; 5,23 %; 4,80 %; 5,34 %; 5,14 %; 4,96 %; 5,01 %, відповідно.

4. Внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза у системі удобрення досліджуваних гібридів кукурудзи сприяє зростанню вмісту сирого протеїну на 0,40-1,75 % та 0,84-1,83 %, клітковини на 0,97-2,27 % та 0,50-4,27 %, відповідно, в порівнянні із контролем (без добрив).

5. Встановлено залежність вмісту крохмалю у зеленій масі кукурудзи залежно від біологічних особливостей конкретного гібриду, зокрема, в середньому він склав у Амарос (ФАО 230) – 12,88 %, Р 8754 (ФАО 240) – 13,76 %, Бігбіт (ФАО 290) – 14,31 %, Богатир (ФАО 290) – 13,40 %, КВС 381 (ФАО 350) – 16,84 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 21,97 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 17,64 % і Р 0217 (ФАО 460) – 18,62 %. Застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза забезпечувало зростання вмісту крохмалю у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи на 1,61-3,05 та 1,1-2,58 %, відповідно, в порівнянні із контролем (без внесення добрив).

6. Застосування дигестату біогазових станцій у системі удобрення досліджуваних гібридів кукурудзи неоднозначно впливало на вміст у зеленій масі цукру. Зокрема у таких гібридів як Амарос (ФАО 230), Р 8754 (ФАО 240) та

P 0217 (ФАО 460) не відмічено зростання вмісту крохмалю у зеленій масі, тоді як у гібридів Бігбіт (ФАО 290), Богатир (ФАО 290), КВС 381 (ФАО 350), КВС Інтелегенс (ФАО 380), ДН Аншлаг (ФАО 420) збільшення місту цукру в зеленій масі становило 2,37-3,19 %, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

7. Відмічене зростання вмісту целюлози та геміцелюлози в зеленій масі у досліджуваних гібридів кукурудзи на 2,08-3,13 % та 0,83-4,77 % при внесенні дигестату, а використання у системі удобрення мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза, на 3,14-4,43 % та 5,44-12,44 %, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

8. Внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза, забезпечує подовження вегетаційного періоду на 3-7 днів та зберігає високу активність біохімічних реакцій у рослинному організмі кукурудзи, що забезпечує зниження вмісту лігніну у зеленій масі на 0,25-1,26 % та на 0,22-1,15 %, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

9. Результатами проведення досліджень встановлено, що вміст крохмалю у зерні може змінюватися залежно від біологічних особливостей гібридів та системи застосування добрив. Внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяє зростанню вмісту крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи на 1,90-6,04 % та 0,01-4,06 %, відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

10. Внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза забезпечує зростання виходу крохмалю та біоетанолу із одиниці площі на 0,80-2,624 т/га та 2,910-4,908 тис. л / га, відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

11. В розрізі досліджуваних гібридів встановлена відмінність за виходом біогазу, яка в середньому становила Амарос (ФАО 230) – 7,582 тис. м³/га, P 8754 (ФАО 240) – 7,792 тис. м³/га, Бігбіт (ФАО 290) – 7,513 тис. м³/га, Богатир

(ФАО 290) – 8,594 тис. м³/га, КВС 381 (ФАО 350) – 8,846 тис. м³/га, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 8,797 тис. м³/га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 8,502 тис. м³/га і Р 0217 (ФАО 460) – 8,560 тис. м³/га. Застосування дигестату біогазових станцій у технологіях вирощування силосної кукурудзи сприяє зростанню виходу біогазу на 0,904-1,382 тис. м³/га, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на – 1,121-1,704 тис. м³/га, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

Основні положення дисертації викладені в наукових працях [305, 334].

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ ВАРІАНТІВ УДОБРЕННЯ

6.1. Економічна ефективність вирощування кукурудзи

Для збереження та нарощування ролі України як вагомого гравця на світовому ринку сільськогосподарської продукції та виробника альтернативних видів енергії необхідно оптимізувати технології вирощування, збільшувати продуктивність культур, знижувати затратність на вирощування підвищувати економічні показники ефективності.

З даних літературних джерел [3, 16, 46] відомо, що за виробництвом зерна кукурудзи Україна входить до трійки найбільших виробників у світі. На світовому ринку постійно спостерігається попит на аграрну продукцію із України, через не високі ціни на продукцію, вигідне географічне розміщення держави відносно інших країн-імпортерів [335, 336]. Крім того Україна має сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, соціально-економічні показники та забезпеченість ресурсами технологій, що дозволяє постійно збільшувати продуктивність сільськогосподарських культур, в тому числі і кукурудзи [3, 46].

Для максимальної реалізації потенційної продуктивності сучасних гібридів силосної та зернової кукурудзи важливе значення має оптимізація живлення рослин за рахунок внесення макро- та мікродобрив, створення сприятливих агрофізичних властивостей для росту і розвитку із врахуванням елементів ресурсозбереження та екологічної нейтральності [3, 82, 151]. Особливо актуальними ці питання стали в умовах дефіциту традиційних видів органічних добрив, високої вартості мінеральних добрив, зниження родючості ґрунтів за рахунок мінералізації гумусу та еродованості, яка істотно підвищилась в умовах військової агресії росії проти України.

О. Пастернак [337] відмічає важливість у технологіях вирощування підвищення окупності мінеральних добрив та поливної води, зниження витрат паливо-мастильних матеріалів та інших ресурсів, особливо в умовах зростаючого дефіциту водних та енергетичних ресурсів.

Варто звернути увагу на те що підвищення економічної ефективності аграрного виробництва можливе лише шляхом удосконалення виробництва сільськогосподарської продукції за рахунок удосконалення окремих елементів технології вирощування із врахуванням біологічних особливостей силосної та зернової кукурудзи [3, 46, 284].

З метою попередження неефективного використання виробничих ресурсів варто враховувати особливості виробництва, його завдання та ресурсний потенціал агропідприємств, які визначають їх направленість на інтенсифікацію або ресурсозбереження, за розроблення технології вирощування кукурудзи. Наприклад, ресурсозберігаючі технології, зразу ж по суті, передбачають найвищу окупність витрат одержаним прибутком, а інтенсивні технологічні схеми направлені на формування максимального прибутку за достатньої окупності витрат [30, 338].

Для великих товаровиробників важливе значення має гарантування можливості одержання однорідних за якістю обсягів продукції на основі розробки і впровадження сучасних технологій вирощування обов'язково із врахуванням типу, спеціалізації самого агропідприємства та ресурсного забезпечення підприємства [338].

В. Ф. Камінський [339] відмічає, що отримання високої продуктивності кукурудзи, сьогодні, можливе перш за все за рахунок збільшення рівня інтенсивності виробництва. Із засобів інтенсифікації в структурі змінних витрат найбільшу частку в інтенсивних технологіях вирощування кукурудзи займають затрати на добрива, оскільки для формування високої врожайності кукурудза витрачає значну кількість макро- та мікроелементів [182, 338].

Аналіз економічної доцільності використання різних варіантів удобрення гібридів силосної та зернової кукурудзи різних груп стиглості залежно від

внесення дигестату біогазових станцій та застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза проведено у відповідності до фактичних виробничих затрат у господарстві згідно розрахованих технологічних карт та аналітичних розрахунків, які здійснювались впродовж років досліджень, де відображено обсяг витрат, результати виробництва та реалізації продукції. Для проведення розрахунків економічної ефективності вирощування вартість продукції визначали за фактичною реалізаційною ціною (8350 грн/т зерна та 1800 грн/т зеленої маси), яка сформувалася за поточний рік. Вартість біогазу брали як еквівалент ціни на газ на Лондонській біржі ICE в перерахунку на 1000 м³, яка станом на березень 2025 року склала 520 євро / 1000 м³.

Розрахунок економічної ефективності технології вирощування кукурудзи на зелену масу, зерно, біоетанол та біогаз за різних варіантів удобрення приведено в таблиці 6.1-6.4.

Урожайність зерна в досліджуваному масиві гібридів, в середньому за три роки коливалась в межах 5,09-11,61 т/га. Коливання рівня урожайності, в кінцевому результаті вплинуло на різницю показників вартості валової продукції з одного гектара, залежно від біологічних особливостей гібридів та варіанту удобрення.

Показники вартості валової продукції, в розрізі досліджуваних гібридів кукурудзи, в середньому, склали для гібриду Амарос (ФАО 230) – 52201,4 грн/га, Р 8754 (ФАО 240) – 53453,9 грн/га, Бігбіт (ФАО 290) – 70696,7 грн/га, Богатир (ФАО 290) – 81440,3 грн/га, КВС 381 (ФАО 350) – 82219,7 грн/га, КВС Интелегенс (ФАО 380) – 85726,7 грн/га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 86241,6 грн/га і Р 0217 (ФАО 460) – 85392,7 грн/га.

Застосування дигестату біогазових станцій сприяло зростанню вартості валової продукції на 8329,1-20290,5 грн/га, або на 15,4-27,7 %, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 11356,0-21710,0 грн /га, або на 17,5-28,7 % більше, в порівнянні із контролем (без внесення добрив).

Виробничі витрати у технологіях вирощування з різними варіантами удобрення коливались в межах 24970,0-32950,0 грн/га.

Таблиця 6.1

**Економічна ефективність технології вирощування гібридів кукурудзи
на зерно за різних варіантів удобрення,
(середнє за 2023-2025 рр.)**

Назва гібриду	Варіант удобрення	Урожайність зерна, т/га	Вартість валової продукції, грн./га	Виробничі витрати, грн. /га	Собівартість 1 т продукції, грн.	Умовно чистий прибуток, грн. /га	Рівень рентабельності, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	5,36	44756,0	25270	4714,6	19486,0	77,1
	2	6,93	57865,5	28080	4051,9	29785,5	106,1
	3	6,04	50434,0	27955	4628,3	22479,0	80,4
	4	6,44	53774,0	27960	4341,6	25814,0	92,3
	5	6,02	50267,0	27950	4642,9	22317,0	79,8
	6	6,72	56112,0	28750	4278,3	27362,0	95,2
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	5,09	42501,5	24970	4905,7	17531,5	70,2
	2	7,62	63627,0	28580	3750,7	35047,0	122,6
	3	6,10	50935,0	27970	4585,2	22965,0	82,1
	4	6,91	57698,5	28410	4111,4	29288,5	103,1
	5	5,76	48096,0	25670	4456,6	22426,0	87,4
	6	6,93	57865,5	28750	4148,6	29115,5	101,3
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	6,52	54442,0	25630	3931,0	28812,0	112,4
	2	9,68	80828,0	31590	3263,4	49238,0	155,9
	3	8,92	74482,0	29520	3309,4	44962,0	152,3
	4	9,00	75150,0	29630	3292,2	45520,0	153,6
	5	7,87	65714,5	28010	3559,1	37704,5	134,6
	6	8,81	73563,5	29480	3346,2	44083,5	149,5
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	7,74	64629,0	27990	3616,3	36639,0	130,9
	2	11,40	95190,0	32300	2833,3	62890,0	194,7
	3	9,73	81245,5	30100	3093,5	51145,5	169,9
	4	10,26	85671,0	30250	2948,3	55421,0	183,2
	5	9,05	75567,5	29980	3312,7	45587,5	152,1
	6	10,34	86339,0	30360	2936,2	55979,0	184,4
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	7,80	65130,0	28120	3605,1	37010,0	131,6
	2	10,83	90430,5	32180	2971,4	58250,5	181,0

<i>Продовження таблиці 6.1</i>							
1	2	3	4	5	6	7	8
КВС 381 (ФАО 350)	3	9,98	83333,0	29990	3005,0	53343,0	177,9
	4	10,54	88009,0	30140	2859,6	57869,0	192,0
	5	9,57	79909,5	29650	3098,2	50259,5	169,5
	6	10,36	86506,0	30385	2932,9	56121,0	184,7
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	8,37	69889,5	28440	3397,8	41449,5	145,7
	2	11,61	96943,5	32950	2838,1	63993,5	194,2
	3	10,55	88092,5	30130	2855,9	57962,5	192,4
	4	10,80	90180,0	30240	2800,0	59940,0	198,2
	5	9,39	78406,5	29970	3191,7	48436,5	161,6
	6	10,88	90848,0	30630	2815,3	60218,0	196,6
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	8,60	71810,0	28750	3343,0	43060,0	149,8
	2	11,41	95273,5	32630	2859,8	62643,5	192,0
	3	10,46	87341,0	30090	2876,7	57251,0	190,3
	4	10,49	87591,5	30110	2870,4	57481,5	190,9
	5	10,26	85671,0	30070	2930,8	55601,0	184,9
	6	10,75	89762,5	30430	2830,7	59332,5	195,0
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	8,88	74148,0	28840	3247,7	45308,0	157,1
	2	11,36	94856,0	32590	2868,8	62266,0	191,1
	3	10,07	84084,5	29960	2975,2	54124,5	180,7
	4	10,86	90681,0	30260	2786,4	60421,0	199,7
	5	9,52	79492,0	29510	3099,8	49982,0	169,4
	6	10,67	89094,5	30385	2847,7	58709,5	193,2

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л / га).

Умовно чистий прибуток у досліджуваних гібридів кукурудзи за відповідного рівня продуктивності склав Амарос (ФАО 230) – 25540,6 грн/га, Р 8754 (ФАО 240) – 26062,3 грн/га, Бігбіт (ФАО 290) – 41720,0 грн/га, Богатир (ФАО 290) – 51277,0 грн/га, КВС 381 (ФАО 350) – 52142,2 грн/га, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 55333,3 грн/га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 55894,9 грн/га і Р 0217 (ФАО 460) – 55135,2 грн/га.

Застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяло зростанню умовно чистого прибутку на 5612,9-17920,5 грн/га, або на 20,7-38,0 % та 7876,0-19340,0 грн/га, або 24,3-44,4 %, відповідно, в порівнянні із контролем (без внесення добрив).

Показник рівня рентабельності технології вирощування гібридів кукурудзи залежно від варіантів удобрення коливався в межах 70,2-199,7 %. Найвище значення рентабельності вирощування зернової кукурудзи відмічене на варіанті із триразовим внесенням дигестату в основне, передпосівне удобрення у поєднанні із підживленням для гібридів Амарос (ФАО 230) – 106,1 %, Р 8754 (ФАО 240) – 122,6 %, Бігбіт (ФАО 290) – 155,9 %, Богатир (ФАО 290) – 194,7 %, на варіанті із внесенням дигестату у передпосівне удобрення для гібридів КВС 381 (ФАО 350) – 192,0 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 198,2 % та Р 0217 (ФАО 460) – 199,7 %, на варіанті із внесенням мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза для гібриду ДН Аншлаг (ФАО 420) – 195,0 %.

В таблиці 6.2 представлена економічна ефективність вирощування силосних гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення.

Гібриди кукурудзи, що використовувались в дослідженнях характеризувалися подвійним напрямом використання, тобто зерновим та силосним. Рівень урожайності зеленої маси даних гібридів, в середньому за роки досліджень, коливався в межах 43,68-72,81 т/га.

Вартість валової продукції, зеленої маси, у середньому по досліді в досліджуваних гібридів складала Амарос (ФАО 230) – 88326 грн/га, Р 8754 (ФАО 240) – 92733 грн/га, Бігбіт (ФАО 290) – 101361 грн/га, Богатир (ФАО 290) – 110190 грн/га, КВС 381 (ФАО 350) – 117357 грн/га, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 120840 грн/га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 122295 грн/га і Р 0217 (ФАО 460) – 126522 грн/га. Встановлено, що подовження тривалості вегетаційного періоду (ФАО), сприяє зростанню не лише урожайності зеленої маси, але і вартості валової продукції, зокрема у гібридів середньопізньої групи стиглості (ФАО 420-460) вона виявилася на 29562-38196 грн / га більшою ніж у середньоранніх

гібридів із найменшим ФАО 230-240. У зв'язку із цим використання таких гібридів для отримання силосної маси більш доцільне порівняно із середньоранніми гібридами із найменшим ФАО 230-240.

Таблиця 6.2

**Економічна ефективність технології вирощування гібридів силосної кукурудзи за різних варіантів удобрення,
(середнє за 2023-2025 рр.)**

Назва гібриду	Варіант удобрення	Урожайність зеленої маси, т/га	Вартість валової продукції, грн./га	Виробничі витрати, грн. /га	Собівартість 1 т продукції, грн.	Умовно чистий прибуток, грн. /га	Рівень рентабельності, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	43,68	78624	45150	1033,65	33474,0	74,1
	2	54,63	98334	48765	892,64	49569,0	101,6
	3	48,95	88110	47820	976,92	40290,0	84,3
	4	51,85	93330	47895	923,72	45435,0	94,9
	5	46,24	83232	46997	1016,37	36235,0	77,1
	6	49,07	88326	47910	976,36	40416,0	84,4
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	46,51	83718	45240	972,69	38478,0	85,1
	2	56,48	101664	49210	871,28	52454,0	106,6
	3	53,31	95958	48620	912,02	47338,0	97,4
	4	54,52	98136	48690	893,07	49446,0	101,6
	5	47,48	85464	48150	1014,11	37314,0	77,5
	6	50,81	91458	48060	945,88	43398,0	90,3
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	51,89	93402	45680	880,32	47722,0	104,5
	2	59,96	107928	49950	833,06	57978,0	116,1
	3	57,67	103806	49120	851,74	54686,0	111,3
	4	58,10	104580	49220	847,16	55360,0	112,5
	5	52,97	95346	48150	909,01	47196,0	98,0
	6	57,28	103104	49290	860,51	53814,0	109,2
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	57,16	102888	46030	805,28	56858,0	123,5
	2	64,26	115668	50420	784,62	65248,0	129,4
	3	61,84	111312	49350	798,03	61962,0	125,6
	4	63,40	114120	49825	785,88	64295,0	129,0
	5	59,17	106506	49100	829,81	57406,0	116,9
	6	61,47	110646	49385	803,40	61261,0	124,0

<i>Продовження таблиці 6.2</i>							
1	2	3	4	5	6	7	8
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	60,37	108666	46850	776,05	61816,0	131,9
	2	68,87	123966	50940	739,65	73026,0	143,4
	3	65,90	118620	49530	751,59	69090,0	139,5
	4	67,41	121338	49910	740,39	71428,0	143,1
	5	62,64	112752	49280	786,72	63472,0	128,8
	6	66,00	118800	49670	752,58	69130,0	139,2
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	61,85	111330	46920	758,61	64410,0	137,3
	2	70,66	127188	51130	723,61	76058,0	148,8
	3	67,66	121788	49670	734,11	72118,0	145,2
	4	69,21	124578	50480	729,37	74098,0	146,8
	5	65,32	117576	49580	759,03	67996,0	137,1
	6	68,10	122580	50320	738,91	72260,0	143,6
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	62,71	112878	47050	750,28	65828,0	139,9
	2	71,43	128574	51050	714,69	77524,0	151,9
	3	68,00	122400	49860	733,24	72540,0	145,5
	4	69,78	125604	49950	715,82	75654,0	151,5
	5	66,89	120402	49710	743,16	70692,0	142,2
	6	68,84	123912	50670	736,05	73242,0	144,5
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	64,26	115668	47240	735,14	68428,0	144,9
	2	72,81	131058	51320	704,85	79738,0	155,4
	3	71,60	128880	50980	712,01	77900,0	152,8
	4	71,90	129420	51090	710,57	78330,0	153,3
	5	70,00	126000	50950	727,86	75050,0	147,3
	6	71,17	128106	50370	707,74	77736,0	154,3

*Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).*

Витрати на вирощування силосної кукурудзи досліджуваних гібридів коливалися в межах 45150-51320 грн/га. Зростання витрат на вирощування відмічене на варіантах де проводили внесення дигестату та мінеральних добрив, оскільки ці елементи технології можуть впливати ще і на рівень передзбиральної вологості зерна.

Собівартість вирощеної зеленої маси коливалась в межах 704,85-1033,65 грн/га. Зокрема зростання урожайності вегетативної маси досліджуваних гібридів скорочує собівартість вирощеної продукції.

В розрізі гібридів кукурудзи встановлена різниця у розмірі умовно чистого прибутку залежно від біологічних особливостей конкретного гібриду. Зокрема, в середньому він склав Амарос (ФАО 230) – 40903,2 грн/га, Р 8754 (ФАО 240) – 44738,0 грн/га, Бігбіт (ФАО 290) – 52792,7 грн/га, Богатир (ФАО 290) – 61238,3 грн/га, КВС 381 (ФАО 350) – 68043,7 грн/га, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 71156,7 грн/га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 72580,0 грн/га і Р 0217 (ФАО 460) – 76197,0 грн/га.

Внесення дигестату біогазових станцій сприяло зростання умовно чистого прибутку на 5469,8-9408,3 грн/га (або на 8,9-23,0 %), а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на 4403,0-9308,0 грн/га (або на 7,2-17,0 %), в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

Найвищий рівень рентабельності відмічений на варіанті із триразовим внесенням дигестату (основне, передпосівне удобрення та підживлення) у всіх досліджуваних гібридів кукурудзи. Який, в середньому склав: Амарос (ФАО 230) – 101,6 %, Р 8754 (ФАО 240) – 106,6 %, Бігбіт (ФАО 290) – 116,1 %, Богатир (ФАО 290) – 129,4 %, КВС 381 (ФАО 350) – 143,4 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 148,8 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 151,9 % і Р 0217 (ФАО 460) – 155,4 %, тоді як на контрольному варіанті (без добрив) він виявився на 5,9-27,5 % меншим, і становив: 74,1 %; 85,1 %; 104,5 %; 123,5 %; 131,9 %; 137,3 %; 139,9 % та 144,9 %, відповідно.

Отже, у технологіях вирощування зернової та силосної кукурудзи варіанти удобрення із внесенням дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза є більш затратними але за рахунок підвищення продуктивності рослин є і найбільш рентабельними.

В своїх дослідженнях ми оцінювали також можливість переробки зернової частини кукурудзи на біоетанол, для цього було проведено визначення вмісту крохмалю у зерні та розрахований теоретичний вихід біоетанолу на основі

рівняння спиртового бродіння.

В Україні ціна реалізації біоетанолу в 2018 році складала 0,61 євро/л, а в Європі – 0,96 євро/л, витрати при цьому, на переробку і отримання 1 л кукурудзяного спирту складають 0,371 дол. [329].

Економічну ефективність вирощування кукурудзи на біоетанол залежно від варіанту удобрення приведено в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3

**Економічна оцінка вирощування гібридів кукурудзи на біоетанол
залежно від варіанту удобрення (за 2024 рік)**

Назва гібриду	Варіант удобрення	Вихід біоетанолу, л/га	Вартість продукції, грн./га	Виробничі витрати на переробку, грн. /га	Умовно чистий прибуток, грн. /га	Рівень рентабельності, %
1	2	3	4	5	6	7
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	2389	67035,3	31240	35795,3	114,6
	2	3274	91868,4	36032	55836,4	155,0
	3	2748	77108,9	35702	41406,9	116,0
	4	2927	82131,6	35680	46451,6	130,2
	5	2689	75453,3	33570	41883,3	124,8
	6	3061	85891,7	36680	49211,7	134,2
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	2240	62854,4	31174	31680,4	101,6
	2	3532	99107,9	38120	60987,9	160,0
	3	2759	77417,5	34636	42781,5	123,5
	4	3073	86228,4	35790	50438,4	140,9
	5	2622	73573,3	34350	39223,3	114,2
	6	3215	90212,9	37120	53092,9	143,0
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	2661	74667,7	33394	41273,7	123,6
	2	4615	129496,9	43990	85506,9	194,4
	3	4287	120293,2	42906	77387,2	180,4
	4	4033	113166,0	38340	74826,0	195,2
	5	3525	98911,5	38186	60725,5	159,0
	6	3912	109770,7	38274	71496,7	186,8
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	3015	84600,9	36010	48590,9	134,9
	2	5245	147174,7	44672	102502,7	229,5

<i>Продовження таблиці 6.3</i>							
1	2	3	4	5	6	7	8
Богатир (ФАО 290)	3	4342	121836,5	41550	80286,5	193,2	
	4	4463	125231,8	42370	82861,8	195,6	
	5	3991	111987,5	40186	71801,5	178,7	
	6	4715	132302,9	43122	89180,9	206,8	
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	3362	94337,7	37120	57217,7	154,1	
	2	5101	143134,1	43540	99594,1	228,7	
	3	4497	126185,8	42902	83283,8	194,1	
	4	4717	132359,0	43132	89227,0	206,9	
	5	4248	119198,9	42318	76880,9	181,7	
	6	4778	134070,7	43144	90926,7	210,8	
КВС Интелгенс (ФАО 380)	1 (К)	3710	104102,6	39086	65016,6	166,3	
	2	5439	152618,3	44760	107858,3	241,0	
	3	5007	140496,4	44496	96000,4	215,8	
	4	4864	136483,8	43430	93053,8	214,3	
	5	4207	118048,4	42186	75862,4	179,8	
	6	5245	147174,7	44674	102500,7	229,4	
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	3764	105617,8	39270	66347,8	169,0	
	2	5424	152197,4	44260	107937,4	243,9	
	3	5010	140580,6	44372	96208,6	216,8	
	4	4557	127869,4	43902	83967,4	191,3	
	5	4640	130198,4	44034	86164,4	195,7	
	6	5038	141366,3	44540	96826,3	217,4	
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	3988	111903,3	41006	70897,3	172,9	
	2	5349	150092,9	45640	104452,9	228,9	
	3	4815	135108,9	43968	91140,9	207,3	
	4	5143	144312,6	44760	99552,6	222,4	
	5	4256	119423,4	43110	76313,4	177,0	
	6	5079	142516,7	44496	98020,7	220,3	

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).

Для розрахунку виходу біоетанолу використовували зерно вологістю 14 %, у зв'язку із чим у загальні витрати включались витрати на досушування до

відповідного рівня вологості. Вихід біоетанолу в досліджуваних гібридів кукурудзи коливався в межах 2240-5439 л/га, що і вплинуло на вартість отриманої продукції з одиниці площі. Яка в межах досліджуваних гібридів, в середньому по досліді, склала Амарос (ФАО 230) – 79914,9 грн/га, Р 8754 (ФАО 240) – 81565,7 грн/га, Бігбіт (ФАО 290) – 107717,7 грн/га, Богатир (ФАО 290) – 120522,4 грн/га, КВС 381 (ФАО 350) – 124881,0 грн/га, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 133154,1 грн/га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 132971,7 грн/га і Р 0217 (ФАО 460) – 133893,0 грн/га.

Найвищий рівень вартості отриманої продукції отриманий на варіанті із триразовим внесенням дигестату (основне, передпосівне удобрення та підживлення) у всіх досліджуваних гібридів кукурудзи: Амарос (ФАО 230) – 91868,4 грн/га, Р 8754 (ФАО 240) – 99107,9 грн/га, Бігбіт (ФАО 290) – 129496,9 грн/га, Богатир (ФАО 290) – 147174,7 грн/га, КВС 381 (ФАО 350) – 143134,1 грн/га, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 152618,3 грн/га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 152197,4 грн/га і Р 0217 (ФАО 460) – 150092,9 грн/га, тоді як на контролі (без добрив) цей показник склав: 67035,3 грн/га; 62854,4 грн/га; 74667,7 грн/га; 84600,9 грн/га; 94337,7 грн/га; 104102,6 грн/га; 105617,8 та 111903,3 грн/га, відповідно.

Застосування дигестату біогазових станцій збільшило умовно чистий прибуток на 10599,2-35772,2 грн/га, або на 24,4-48,6 %, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на 13416,3-40590,0 грн/га, або 29,7-51,2 %. Рівень рентабельності при цьому збільшився на 16,9-58,3 % за застосування дигестату та на 19,6-71,9 % від застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза. Найвищий показник рентабельності відмічали на варіанті де вносився дигестат біогазових станцій у три строки (основне, передпосівне удобрення та підживлення) – 155,0-243,9 %.

Отже, поліпшення живлення рослин за рахунок використання добрив (органічних та мінеральних) позитивно впливає на продуктивність гібридів кукурудзи та хімічний склад зерна, збільшуючи вихід крохмалю та біоетанолу, що в кінцевому результаті підвищує економічну ефективність вирощування

кукурудзи на 16,9-71,9 % в порівнянні із контрольним варіантом (без застосування добрив). Саме вирощування кукурудзи в якості сировини для виробництва біоетанолу, є більш вигідним для господарства, оскільки рентабельність такого вирощування вища на 4,0-51,9 % в порівнянні із вирощуванням на зерно і на 11,4-92,2 % ніж на силос для кормових цілей.

В своїх дослідження ми провели розрахунки економічної ефективності вирощування силосної кукурудзи в якості сировини для отримання біогазу, в залежності від варіанту удобрення (таблиця 6.4). Як і вирощування кукурудзи для отримання біоетанолу так і для отримання біогазу є більш вигідне ніж для зернових та кормових цілей, про що свідчать отримані рівні рентабельності.

Таблиця 6.4

Економічна оцінка вирощування гібридів силосної кукурудзи для отримання біогазу залежно від варіанту удобрення, (за 2024 рік)

Назва гібриду	Варіант удобрення	Вихід біогазу, тис. м ³ /га	Вартість продукції, грн./га	Виробничі витрати на переробку, грн./га	Умовно чистий прибуток, грн./га	Рівень рентабельності, %
1	2	3	4	5	6	7
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	6,645	152835	63150	89685,0	142,0
	2	8,725	200675	66765	133910,0	200,6
	3	7,435	171005	65820	105185,0	159,8
	4	7,655	176065	65895	110170,0	167,2
	5	7,092	163116	64997	98119,0	151,0
	6	7,939	182597	65910	116687,0	177,0
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	6,658	153134	63340	89794,0	141,8
	2	9,030	207690	67210	140480,0	209,0
	3	7,872	181056	66620	114436,0	171,8
	4	8,395	193085	66690	126395,0	189,5
	5	6,860	157780	66150	91630,0	138,5
	6	7,935	182505	66060	116445,0	176,3
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	6,722	154606	62680	91926,0	146,7
	2	8,305	191015	65950	125065,0	189,6
	3	7,597	174731	64930	109801,0	169,1
	4	7,787	179101	65220	113881,0	174,6

<i>Продовження таблиці 6.4</i>						
1	2	3	4	5	6	7
Бігбіт (ФАО 290)	5	6,815	156745	64150	92595,0	144,3
	6	7,851	180573	65290	115283,0	176,6
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	7,597	174731	64030	110701,0	172,9
	2	9,572	220156	68420	151736,0	221,8
	3	8,386	192878	67350	125528,0	186,4
	4	8,820	202860	67825	135035,0	199,1
	5	7,972	183356	67100	116256,0	173,3
	6	9,220	212060	67385	144675,0	214,7
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	7,771	178733	64850	113883,0	175,6
	2	10,111	232553	68940	163613,0	237,3
	3	8,510	195730	67530	128200,0	189,8
	4	9,124	209852	67910	141942,0	209,0
	5	8,084	185932	67280	118652,0	176,4
	6	9,475	217925	67670	150255,0	222,0
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	7,724	177652	64820	112832,0	174,1
	2	9,620	221260	68130	153130,0	224,8
	3	8,573	197179	67670	129509,0	191,4
	4	9,153	210519	68480	142039,0	207,4
	5	8,380	192740	67580	125160,0	185,2
	6	9,335	214705	68320	146385,0	214,3
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	7,587	174501	65050	109451,0	168,3
	2	9,271	213233	69050	144183,0	208,8
	3	8,264	190072	67860	122212,0	180,1
	4	8,787	202101	67950	134151,0	197,4
	5	8,022	184506	67710	116796,0	172,5
	6	9,082	208886	68670	140216,0	204,2
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	7,625	175375	65080	110295,0	169,5
	2	9,353	215119	69320	145799,0	210,3
	3	8,435	194005	68980	125025,0	181,2
	4	8,785	202055	69090	132965,0	192,5
	5	8,204	188692	68950	119742,0	173,7
	6	8,959	206057	68370	137687,0	201,4

Примітка: Варіант удобрення: 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне внесення дигестату (60 т/га) + підживлення дигестатом (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, 1,5 л/га).

Вихід біогазу за відповідної урожайності зеленої маси у досліджуваних гібридів кукурудзи з 1 гектара коливався в межах 6,645-10,111 м³. Коливання виходу біогазу вплинуло і на вартість продукції.

Варто відмітити, що високі прирости врожайності та відповідно і виходу біогазу пов'язані із збільшенням ресурсоемності виробництва, що відповідно зумовлювало деяке зростання показника виробничих витрат. Виробничі витрати на вирощування зеленої маси кукурудзи та виробництва біогазу склали 62680-69320 грн/га (див. табл. 6.4).

Рівень умовно чистого прибутку в досліджуваних гібридів, в середньому по досліді склав Амарос (ФАО 230) – 108959,3 грн/га, Р 8754 (ФАО 240) – 113196,7 грн/га, Бігбіт (ФАО 290) – 108091,8 грн/га, Богатир (ФАО 290) – 130655,2 грн/га, КВС 381 (ФАО 350) – 136090,8 грн/га, КВС Інтелгенс (ФАО 380) – 134842,5 грн/га, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 127834,8 грн/га і Р 0217 (ФАО 460) – 128585,5 грн/га.

Застосування дигестату біогазових станцій сприяло зростанню отримання умовно чистого прибутку на 18409,5-24627,5 грн/га або 15,6-25,1 %, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на 23357,0-36372,0 грн/га або 21,3-26,7%, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив), що також стосується і рівня рентабельності. Найвищий показник рентабельності отримано на варіанті удобрення, що передбачав трьохразове внесення дигестату (основне, передпосівне удобрення та у підживлення), зокрема для гібридів Амарос (ФАО 230) – 200,6 %, Р 8754 (ФАО 240) – 209,0 %, Бігбіт (ФАО 290) – 189,6 %, Богатир (ФАО 290) – 221,8 %, КВС 381 (ФАО 350) – 237,3 %, КВС Інтелгенс (ФАО 380) – 224,8 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 208,8 % і Р 0217 (ФАО 460) – 210,3 %, або на 40,6-67,3 % більше ніж на контрольному варіанті (без добрив).

Отже, застосування дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливає і на показники економічної ефективності вирощування кукурудзи, хоча вимагає додаткових затрат на їх внесення.

6.2. Енергетична ефективність вирощування кукурудзи

Сьогодні для одержання високих рівнів продуктивності сільськогосподарських культур, в тому числі і кукурудзи, необхідно створювати оптимальні умови в ґрунті за забезпеченням макро- та мікроелементами шляхом внесення мінеральних та органічних добрив. Саме використання сучасних систем удобрення несе в собі повне задоволення потреб рослин в елементах живлення. При цьому важливо проводити оцінку таких систем за економічною та енергетичною оцінкою, оскільки самі добрива та їх застосування вимагають додаткових затрат на їх виробництво, зберігання, підготовку та внесення [82, 151].

Із негативних сторін економічної оцінки є коливання вартості засобів виробництва та ціни на сільськогосподарську продукцію, тому поряд із економічною оцінкою варто проводити біоенергетичну оцінку технології, або окремих її елементів [3, 151]. Саме порівняння акумульованої врожаєм енергії із сукупною енергією, що витрачена на вирощування та збирання, дозволить ефективно оцінювати технологію вирощування [24, 61, 280].

В енергетичній оцінці важливе значення має *енергетичний коефіцієнт* (E_k), тобто співвідношення валової енергії (ВЕ) врожаю до кількості сукупної енергії ($\sum E$), витраченої на його вирощування, який розраховується за

формулою:
$$E_k = \frac{BE}{\sum E} [24, 61].$$

При розрахунку енергетичного коефіцієнту використовували відношення чистого енергетичного прибутку отриманого з зерна, біоетанолу, біогазу та силосу до енергії, що витрачена на вирощування зернової та силосної маси кукурудзи. Тобто для розрахунків використовували лише витрати енергії на вирощування кукурудзи, застосування різних варіантів удобрення та транспортування зібраної зеленої маси до місця зберігання.

Ефективність енергетичного аналізу ґрунтується на тому, що ні вартісні, ні натуральні показники економічної ефективності вирощування кукурудзи не

забезпечують повну інформацію про нормативний і фактичний рівень загальних енерговитрат на повний об'єм механізованих робіт та витрат людських ресурсів. В зв'язку із цим метою оцінки досліджуваних елементів технології вирощування було розрахувати окупність затрат сукупної енергії, яка накопичена урожаєм, а також встановити рівень енергоємності отриманої продукції.

Затрати витрачені на отримання продукції висвітлені в одиницях енергії, висвітлюють кількість невідновлювальної енергії вираженої в джоулях або кілокалоріях. Тобто енергетичний коефіцієнт не має прив'язки до періодичних коливань цін на добрива, енергоресурси та вартість отриманої продукції [3, 181].

Різниця витрат енергії на вирощування продукції кукурудзи пов'язана із різними витратами на застосування добрив, і у випадку зростання урожайності та передзбиральної на збирання більшої кількості урожайності із вищою вологою, що потребує затрат на досушування (додаток Б-Б₂). Рівень зернової урожайності кукурудзи коливався в межах 5,08-11,61 т/га, а силосної – 43,68-72,81 т/га. При цьому вміст енергії у вирощеній продукції на зерно склав 7706,26-17577,54 МДж/га, на силос – 182794,25-268804,77 МДж/га, відповідно. Загальні витрати на вирощування кукурудзи на зерно становили 5138,2-6900,3 МДж/га, а на силос – 63682,5-67121,2 МДж/га.

Значення енергетичного коефіцієнта залежало від біологічних особливостей гібридів, що в середньому по досліді для зернових цілей склало Амарос (ФАО 230) – 1,61; Р 8754 (ФАО 240) – 1,66; Бігбіт (ФАО 290) – 2,02; Богатир (ФАО 290) – 2,23; КВС 381 (ФАО 350) – 2,26; КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 2,31; ДН Аншлаг (ФАО 420) – 2,32 і Р 0217 (ФАО 460) – 2,31, силосних – 3,28; 3,34; 3,23; 3,65; 3,75; 3,72; 3,58 та 3,61 відповідно.

На варіанті удобрення де проводили внесення дигестату значення енергетичного коефіцієнта, для зернової кукурудзи, в середньому, склало 1,68-2,38, а силосної 3,36-3,80, або на 0,09-0,40 та 0,30-0,50 більше ніж на контрольному варіанті (без добрив). Зростанню значення енергетичного коефіцієнта також сприяло внесення мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на 0,16-0,44 та 0,39-0,55, відповідно для

кукурудзи на зерно та силос.

Найкращим варіантом для формування урожайністю зерна та зеленої маси із відповідним енергетичним коефіцієнтом було триразове внесення дигестату в основне, передпосівне удобрення та підживлення – 7,62-11,61 т/га зерна та енергетичний коефіцієнт – 1,71-2,53 і на силос – 43,68-72,81 т/га та 3,75-4,27, відповідно.

В наших дослідженнях розглядалась можливість використання силосної кукурудзи, вирощеної із застосуванням дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікроелементами, в якості субстрату для виробництва біогазу та отримання енергії (додаток Б₂). При відповідному рівні урожайності зеленої маси вихід біогазу в досліджуваних гібридів знаходився в межах 6,645-10,111 тис. м³/га. Найвищий вихід біогазу зафіксовано на варіанті із триразовим внесенням дигестату у основне, передпосівне удобрення та підживлення – 8,305-10,111 тис. м³/га, що на 0,904-1,381 тис. м³/га більше ніж на контролі. На варіанті із внесенням мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза вихід біогазу коливався в межах 7,851-9,475 тис. м³/га, що на 1,129-1,704 тис. м³/га більше в порівнянні із контролем (без добрив).

При такому виході біогазу кількість енергії з отриманого біогазу коливалась в межах 144,9-220,4 ГДж/га. Найвищий вихід енергії був на варіанті із триразовим внесенням дигестату в основне, передпосівне удобрення та підживлення – 181,0-220,4 ГДж/га, або на 34,5-51,7 ГДж/га більше ніж на контрольному варіанті (без внесення добрив).

Витрати енергії на вирощування силосної кукурудзи були еквівалентні 26,4-27,5 ГДж/га та змінювалися в залежності від рівня продуктивності, вмісту сухих речовин в зеленій масі та варіанту удобрення.

Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування виявився найвищим для силосної кукурудзи для виробництва біогазу, і коливався в досліджуваних гібридів у межах 5,48-8,02. В межах досліджуваних гібридів силосної кукурудзи придатної для виробництва біогазе енергетичний коефіцієнт в середньому склав Амарос (ФАО 230) – 6,18; Р 8754 (ФАО 240) – 6,31; Бігбіт (ФАО 290) – 6,12;

Богатир (ФАО 290) – 6,94; КВС 381 (ФАО 350) – 7,12; КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 7,06; ДН Аншлаг (ФАО 420) – 6,88 і Р 0217 (ФАО 460) – 6,90.

Внесення дигестату біогазових станцій забезпечило зростання коефіцієнта енергетичної ефективності на 0,73-1,01, а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 0,87-1,21 порівняно із контролем (без внесення добрив).

Висновки до розділу 6:

Відповідно до отриманих результатів досліджень наведених в даному розділі, можна зробити наступні висновки:

1. Застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяло зростанню умовно чистого прибутку на 5612,9-17920,5 грн/га, або на 20,7-38,0 % та 7876,0-19340,0 грн/га, або 24,3-44,4 %, відповідно, в порівнянні із контролем (без внесення добрив).

2. Найвище значення рентабельності вирощування зернової кукурудзи відмічене на варіанті із триразовим внесенням дигестату в основне, передпосівне удобрення у поєднанні із підживленням для гібридів Амарос (ФАО 230) – 106,1 %, Р 8754 (ФАО 240) – 122,6 %, Бігбіт (ФАО 290) – 155,9 %, Богатир (ФАО 290) – 194,7 %, на варіанті із внесенням дигестату у передпосівне удобрення для гібридів КВС 381 (ФАО 350) – 192,0 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 198,2 % та Р 0217 (ФАО 460) – 199,7 %, на варіанті із внесенням мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза для гібриду ДН Аншлаг (ФАО 420) – 195,0 %.

3. Найвищий рівень рентабельності відмічений на варіанті із триразовим внесенням дигестату (основне, передпосівне удобрення та підживлення) у всіх досліджуваних гібридів кукурудзи. Який, в середньому склав: Амарос (ФАО 230) – 101,6 %, Р 8754 (ФАО 240) – 106,6 %, Бігбіт (ФАО 290) – 116,1 %, Богатир (ФАО 290) – 129,4 %, КВС 381 (ФАО 350) – 143,4 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 148,8 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 151,9 % і Р 0217 (ФАО 460) – 155,4 %.

4. Вирощування кукурудзи для отримання біоетанолу так і для отримання

біогазу є більш вигідне ніж для зернових та кормових цілей, про що свідчать отримані рівні рентабельності. Рівень рентабельності вирощування кукурудзи придатної для переробки на біоетанол збільшився на 16,9-58,3 % за застосування дигестату та на 19,6-71,9 % від застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза. Найвищий показник рентабельності відмічали на варіанті де вносився дигестат біогазових станцій у три строки (основне, передпосівне удобрення та підживлення) – 155,0-243,9 %.

5. Найкращим варіантом для формування урожайністю зерна та зеленої маси із відповідним енергетичним коефіцієнтом було триразове внесення дигестату в основне, передпосівне удобрення та підживлення – 7,62-11,61 т/га зерна та енергетичний коефіцієнт – 1,71-2,53 і на силос – 43,68-72,81 т/га та 3,75-4,27, відповідно.

6. Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування виявився найвищим для силосної кукурудзи для виробництва біогазу, і коливався в досліджуваних гібридів у межах 5,48-8,02. Внесення дигестату біогазових станцій забезпечило зростання коефіцієнта енергетичної ефективності на 0,73-1,01, а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 0,87-1,21 порівняно із контролем (без внесення добрив).

Основні положення дисертації викладені в наукових працях [340].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі узагальнення результатів польових, лабораторно-польових і лабораторних досліджень науково обґрунтовано особливості фенологічної характеристики гібридів кукурудзи, процеси росту, розвитку рослин та закономірності формування врожайності і якості продукції кукурудзи, економічну і енергетичну ефективність залежно від варіантів удобрення, що передбачали використання дигестату та синтетичних добрив в умовах Лісостепу правобережного України.

1. Проведеними спостереженнями встановлено, що тривалість вегетаційного періоду в гібридів кукурудзи склала Амарос (ФАО 230) – 108 діб, Р8754 (ФАО 240) – 110 діб, Бігбіт (ФАО 290) – 116 діб, Богатир (ФАО 290) – 118 діб, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 133-139 діб та Р 0217 (ФАО 460) – 134-141 доба. Застосування добрив (дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза) сприяло подовженню тривалості вегетаційного періоду у досліджуваних гібридів кукурудзи на 3-7 діб в порівнянні із варіантом без внесення добрив.

2. Тривалість періоду «сівба-сходи» на усіх досліджуваних варіантах склала 9 діб і не залежала від застосування добрив, а в більшій мірі визначалася показниками температурного режиму та рівнем забезпеченості ґрунтів вологою. Внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяло подовженню періоду «сходи-цвітіння качанів», «молочна стиглість – молочно-воскова стиглість зерна», «молочно-воскова стиглість - повна стиглість» та періоду «молочно-воскова стиглість - повна стиглість» на 1-2 доби, «цвітіння качанів – молочно-воскова стиглість зерна» у досліджуваних гібридів на 1 добу, порівняно із контролем (без добрив).

3. Встановлено, що внесення дигестату в основне та передпосівне удобрення і в підживлення забезпечує найвище значення лінійних розмірів рослин 260,7-307,6 см, або на 38,5-66,1 см та висоти кріплення качанів – 123,4-

148,9 см, або на 22,3-41,1 см більше ніж на контрольному варіанті. Удобрення посівів мінеральними добривами у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза збільшило висоту рослин у досліджуваних гібридів кукурудзи на 7,9-17,9 см, та висоту кріплення качанів на 3,7-20,2 см в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

4. Покращення забезпеченості рослин елементами живлення за рахунок внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливає на формування площі листової поверхні досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості, збільшуючи її на 1,05-14,54 тис. m^2 / га, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив), сприяє зростанню маси листків на 12,0-51,5 г, маси качанів на 30,9-108,6 г та маси стебла на 23,6-45,3 г, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

5. Внесення дигестату в більшій мірі забезпечувало зростання відсотка рослин уражених пухирчастою сажкою на 0,3-11,0 % в порівнянні із контролем, що пов'язано із тим що наявна в складі дигестату сапрофітна мікрофлора сприяє кращому розвитку збудника хвороби гриба *Ustilago zeaе* (Beckm.) Unger (син. *U. maydis* (DC) Corda). В той же час внесення мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза покращувало стійкість рослин досліджуваних гібридів кукурудзи до збудника пухирчастої сажки на 0,3-2,5 % в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

6. Відмічено, що внесення дигестату біогазових станцій зменшує кількість рослин пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом на 0,8-10,9 %, а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 0,8-10,2 % в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

7. Застосування дигестату біогазових станцій забезпечило зростання кількості обгорток та довжини ніжки качана на 0,5-2,2 шт. та 1,2-3,4 см, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 0,2-1,5 шт. та 1,1-3,5 см, відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив). Найбільше значення кількості обгорток та довжини ніжки качана у

досліджуваних гібридів кукурудзи, в середньому за три роки, отримано на варіанті із внесенням дигестату в основне (60 т/га), передпосівне (60 т/га) удобрення у поєднанні із підживленням (60 т/га) – 8,1-11,1 шт. та 10,0-11,6 см, відповідно.

8. Кількість рядів зерен в більшій мірі це генетично детермінована ознака, яка не істотно змінювалося залежно від умов вирощування системи удобрення. Внесення дигестату біогазових станцій сприяло збільшенню кількості рядів зерен та кількості зерен в ряду на 0,1-0,3 шт. та 3,3-6,8 шт., а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на 0,1-0,5 шт. та 3,2-5,7 шт., відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив), що в подальшому позитивно впливає на величину урожайності гібридів кукурудзи.

9. Відмічено, що застосування дигестату біогазових станцій сприяє зростанню маси 1000 зерен на 9,2-43,2 г, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 19,5-46,9 г порівняно із контрольним варіантом (без добрив), підвищує масу та вологість стрижня качанів у досліджуваних гібридів кукурудзи на 5,6-11,2 г та 2,2-7,5 %, а застосування мінеральних добрив нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (1,5 л/га) – на 3,1-14,0 г та 1,1-7,0 %, порівняно із контрольним варіантом (без внесення добрив). Дану особливість необхідно враховувати при виборі строків проведення збиральних робіт та рівня затрат на проведення досушування урожаю.

10. Урожайність зеленої маси у досліджуваному масиві гібридів кукурудзи різних груп стиглості коливалася у межах 40,17-74,37 т/га, а зерна 4,85-15,40 т/га. Подовження тривалості вегетаційного періоду досліджуваних гібридів кукурудзи забезпечує зростання як силосної так і зернової продуктивності. Внесення дигестату біогазових станцій на основі анаеробного зброджування свинячого гною сприяє збільшенню урожайності зеленої маси та зерна – на 5,01-7,31 т/га та 1,00-2,43 т/га, а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 4,30-6,91 т/га та 1,36-2,60 т/га, відповідно.

11. Встановлене зростання вмісту сухих речовин у зеленій масі

досліджуваних гібридів кукурудзи із збільшенням тривалості періоду від сходів до моменту визначення, і в середньому по досліді в 2023 році станом на 23 серпня становив 26,73 %, в той час 7 вересня він був у межах 30,19 %, а 11 жовтня виявився найвищим і склав 41,65 %. Найбільший вміст сухих речовин, в період визначення, відмічено у гібридів середньоранніх гібридів із найменшим ФАО 230-240 Амарос і Р8754, відповідно 36,95 та 35,90 %. Внесення дигестату сприяло зростанню вмісту сухих речовин на 0,50-1,86 %, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом на – 1,35-3,58 % в порівнянні із контролем (без добрив).

12. Зміщення строків збирання зеленої маси до більш пізніх зумовлює зниження масової частки вологи, зокрема в 2023 році станом на 23 серпня вона становила 78,28 %, тоді як 7 вересня вона зменшилась на 6,82 % і склала 71,46 %, а в період 11 жовтня виявилася найнижчою і склала 65,28 %. Застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза збільшувало значення вологи у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи на 0,65-2,52% та 1,31-4,48 %, відповідно, більше в порівнянні із контролем (без добрив).

13. Внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза у системі удобрення досліджуваних гібридів кукурудзи сприяє зростанню вмісту сирого протеїну на 0,40-1,75 % та 0,84-1,83 %, клітковини на 0,97-2,27 % та 0,50-4,27 %, відповідно, в порівнянні із контролем (без добрив).

14. Встановлено залежність вмісту крохмалю у зеленій масі кукурудзи залежно від біологічних особливостей конкретного гібриду. Застосування дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза забезпечувало зростання вмісту крохмалю у зеленій масі досліджуваних гібридів кукурудзи на 1,61-3,05 та 1,1-2,58 %, відповідно, в порівнянні із контролем (без внесення добрив).

15. Застосування дигестату біогазових станцій у системі удобрення досліджуваних гібридів кукурудзи неоднозначно впливало на вміст у зеленій

масі цукру. Зокрема у таких гібридів як Амарос (ФАО 230), Р 8754 (ФАО 240) та Р 0217 (ФАО 460) не відмічено зростання вмісту крохмалю у зеленій масі, тоді як у гібридів Бігбіт (ФАО 290), Богатир (ФАО 290), КВС 381 (ФАО 350), КВС Інтелегенс (ФАО 380), ДН Аншлаг (ФАО 420) збільшення місту цукру в зеленій масі становило 2,37-3,19 %, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

16. Відмічене зростання вмісту целюлози та геміцелюлози в зеленій масі у досліджуваних гібридів кукурудзи на 2,08-3,13 % та 0,83-4,77 % при внесенні дигестату, а використання у системі удобрення мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза, на 3,14-4,43 % та 5,44-12,44 %, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

17. Внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза, забезпечує подовження вегетаційного періоду на 3-7 днів та зберігає високу активність біохімічних реакцій у рослинному організмі кукурудзи, що забезпечує зниження вмісту лігніну у зеленій масі на 0,25-1,26 % та на 0,22-1,15 %, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

18. Результатами проведення досліджень встановлено, що вміст крохмалю у зерні може змінюватися залежно від біологічних особливостей гібридів та системи застосування добрив. Внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяє зростанню вмісту крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи на 1,90-6,04 % та 0,01-4,06 %, відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив) та виходу крохмалю та біоетанолу із одиниці площі на 0,80-2,624 т/га та 2,910-4,908 тис. л / га, відповідно, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

19. Застосування дигестату біогазових станцій у технологіях вирощування силосної кукурудзи сприяє зростанню виходу біогазу на 0,904-1,382 тис. м³/га, а мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза на – 1,121-1,704 тис. м³/га, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

20. Встановлено, що покращення умов живлення за рахунок внесення дигестату біогазових станцій та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза сприяє зростанню умовно чистого прибутку на 5612,9-17920,5 грн/га, або на 20,7-38,0 % та 7876,0-19340,0 грн/га, або 24,3-44,4 %, відповідно, в порівнянні із контролем (без внесення добрив).

21. Найвищий рівень рентабельності відмічений на варіанті із триразовим внесенням дигестату (основне, передпосівне удобрення та підживлення) у всіх досліджуваних гібридів кукурудзи. Який, в середньому склав: Амарос (ФАО 230) – 101,6 %, Р 8754 (ФАО 240) – 106,6 %, Бігбіт (ФАО 290) – 116,1 %, Богатир (ФАО 290) – 129,4 %, КВС 381 (ФАО 350) – 143,4 %, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 148,8 %, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 151,9 % і Р 0217 (ФАО 460) – 155,4 %.

22. Вирощування кукурудзи для отримання біоетанолу так і для отримання біогазу є більш вигідне ніж для зернових та кормових цілей, про що свідчать отримані рівні рентабельності. Рівень рентабельності вирощування кукурудзи придатної для переробки на біоетанол збільшився на 16,9-58,3 % за застосування дигестату та на 19,6-71,9 % від застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза. Найвищий показник рентабельності відмічали на варіанті де вносився дигестат біогазових станцій у три строки (основне, передпосівне удобрення та підживлення) – 155,0-243,9 %.

23. Найкращим варіантом для формування урожайністю зерна та зеленої маси із відповідним енергетичним коефіцієнтом було триразове внесення дигестату в основне, передпосівне удобрення та підживлення – 7,62-11,61 т/га зерна та енергетичний коефіцієнт – 1,71-2,53 і на силос – 43,68-72,81 т/га та 3,75-4,27, відповідно.

24. Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування коливався в досліджуваних гібридів у межах 5,48-8,02. Внесення дигестату біогазових станцій забезпечило зростання коефіцієнта енергетичної ефективності на 0,73-1,01, а застосування мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза – на 0,87-1,21 порівняно із контролем (без внесення добрив).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Лісостепу правобережного України при вирощуванні зернової та силосної кукурудзи для отримання найвищої продуктивності та якості основної та побічної продукції рекомендується висівати середньостиглі гібриди КВС 381 (ФАО 350), КВС Інтелегенс (ФАО 380) та середньопізні ДН Аншлаг (ФАО 420) і Р 0217 (ФАО 460) застосувати триразове внесення дигестату в основне, передпосівне удобрення та підживлення нормою 60 т/га, що сприяє покращенню ростових процесів та архітектоніки рослин, подовженню тривалості вегетаційного періоду на 3-7 діб, зменшенню кількості рослин пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом на 0,8-10,9 %, покращенню структури врожаю (зростанню кількості рядів зерен та кількості зерен в ряду на 0,1-0,3 шт. та 3,3-6,8 шт.; маси 1000 зерен на 9,2-43,2 г) та урожайності (зростання урожайності зеленої маси та зерна – на 5,01-7,31 т/га та 1,00-2,43 т/га), поліпшенню якості отриманої продукції та економічних показників вирощування (рентабельність 155,0-243,9 %) і зростання коефіцієнта енергетичної ефективності на 0,73-1,01.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Прокопенко О. Рослинництво України: статистичний збірник.. Київ: Держстат, 2020. 183 с.
2. Каменчук Б. Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи. *Агроном*. 2021. №3(73). С. 108-110.
3. Паламарчук В. Д., Кричковський В.Ю., Рудська Н.О., Колісник О. М. Новітні технології вирощування овочевих культур та кукурудзи за використання дигестату біогазових станцій: монографія. Вінниця: Друкарня «Друк», 2023. 296 с. <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/33725.pdf>
4. Бороденко К. С. Тенденції розвитку світового ринку зерна. *Агроінком*. 2012. № 10. С. 10-15.
5. Калетнік Г.М., Паламарчук В.Д., Гончарук І.В., Ємчик Т.В., Телекало Н.В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ФОП Кушнір Ю. В., 2021. 260 с. <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=31069>
6. Костюкєвич Т. К., Данілова Н. В., Мартинова М. С., Бондар О. Г. Оцінка агрокліматичних умов формування вегетативної маси кукурудзи на зелений корм в умовах Тернопільської області. *Science and society: trends of interaction: collective monograph*. Sherman Oaks, California. 2023. pp. 9-19. doi: 10.51587/9798-9866-95945-2023-012-9-19.
7. Павліченко К.В. Формування елементів структури врожаю гібридами кукурудзи на силос під впливом макро- і мікродобрих. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 77-84. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.12.12.
8. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Біоенергетична оцінка гібридів кукурудзи залежно від факторів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 107. С. 137-144. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.18>
9. Паламарчук В. Д., Соломон А.М. Дослідження формування площі

асиміляційної поверхні у кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Корми і кормовиробництво*. 2021. Вип. 92. С. 82-94. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202192-08

10. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю., Паламарчук О.Д., Шуберанський В.Е. Інноваційні технології в рослинництві: підручник. Вінниця, 2024. 765 с.

11. Abalos D. et al. Improving fertilizer management in the U.S. and Canada for N₂O mitigation: Understanding potential positive and negative side-effects on corn yields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2016. Vol. 221. pp. 214-221. DOI: 10.1016/j.agee.2016.01.044.

12. Грабовський М.Б. та ін. Формування продуктивності кукурудзи на силос залежно від фону мінерального живлення. *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2019. Вип. 71. С. 37-40.

13. Паламарчук В.Д., Демчук Б.С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 1 (20). С. 60-76. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-5

14. Butenko A.O. et al. Agrobiological and ecological bases of productivity increase and genetic potential implementation of new buckwheat cultivars in the conditions of the Northeastern Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. 9 (1). pp. 162-168.

15. 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.

16. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 372 с. <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=31508>

17. Чернобай Л. Особливості росту кукурудзи в літній період. *Пропозиція*. 2019. №7. С. 10-13.

18. Чернобай Л. Особливості росту кукурудзи в літній період. *Пропозиція*.

2023. №6. С. 18-22.

19. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив строків сівби на рівень передзбиральної вологості зерна гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 4. С. 81-88.

20. Паламарчук В.Д. Вплив строків сівби на площу листкової поверхні гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агронія*. 2018. № 22 (1). С. 290-299.

21. Іванишин О.С. Показники структури урожаю зерна кукурудзи залежно від гібриду, норми добрив та мікродобрива в умовах Лісостепу західного. *«Young Scientist»*. 2021. № 3(91). С. 15-19. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-3-91-4>.

22. Хавхун А. Вплив мінерального живлення на ростові процеси рослин кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 190-196. DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.21>

23. Сайко В. Ф. та ін. Наукові основи ведення зернового господарства / за ред. В. Ф. Сайка. Київ: Урожай, 1994. 336 с.

24. Паламарчук В.Д., Климчук О.В., Поліщук І.С., Колісник О.М., Борівський А.Ф. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур: навчальний посібник. Вінниця: ФОП Данилюк, 2010. 636 с.

25. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Венедіктов О.М. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: навчальний посібник. Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. 432 с.

26. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Особливості росту і розвитку рослин кукурудзи в посівах та їх фотосинтетична діяльність залежно від технології вирощування в умовах Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (II). С. 92-112.

27. Ярошко М., Штангела Й. Кукурудза – основні вимоги до вирощування. *Агроном*. 2012. №2(36). С. 138-140.

28. Волощук О. П., Волощук І. С., Глива В. В., Пащак М. О. Біологічні вимоги гібридів кукурудзи до умов вирощування в Західному Лісостепу.

Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2019. Вип. 65. С. 22-36.

29. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Тривалість окремих міжфазних та вегетаційного періодів гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 106. С. 119-127.

30. Камінський В. Ф., Сайко В. Ф., Душко М. В., Асанішвілі Н. М. та ін. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур: монографія. Київ: Видавничий дім «Вініченко», 2017. 580 с.

31. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи. Дніпропетровськ: Арт-прес, 2009. 224 с.

32. Маслійов С. В. Вплив густоти рослин на урожайність кременистої кукурудзи в умовах східної частини Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 3. С. 11-14.

33. Лавриненко Ю. О., Гож О. А. Ріст і розвиток рослин гібридів кукурудзи ФАО 180-430 за впливу регуляторів росту і мікродобрив в умовах зрошення на Півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2016. № 65. С. 128-131.

34. Пілярський В. Г. та ін. Морфобіологічні показники посівів кукурудзи гібриду Крос 221 М залежно від умов зволоження, фону мінерального живлення та густоти стояння рослин. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 66. С. 52-56.

35. Влашук А. М., Конащук О. П., Дробіт О. С. Динаміка накопичення сирової та сухої надземної біомаси рослинами кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 4 (74). <http://dx.doi.org-/10.31548/dopovidi2018.04.006>

36. Танчик С. Стресові періоди та продуктивність кукурудзи. *Пропозиція*. 2024. <https://propozitsiya.com/ua/stresovi-periody-ta-produktyvnist-kukurudzy-0>

37. Паламарчук В. Д., Мазур В. А., Зозуля О. Л. Кукурудза: селекція та вирощування гібридів: [монографія]. Вінниця, 2009. 199 с.

38. Гангур В.В., Єремко Л.С., Лень О.І., Руденко В.В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи (*Zea Mays* l.) залежно від строків сівби.

Таврійський науковий вісник. 2022. № 126. С. 15-21. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.3>.

39. Цандур М., Сербіна С. Кукурудза на Півдні. *Farmer*. 2011. №2. С. 34-35.

40. Марченко О. Ранній посів кукурудзи – можливі ризики. *Зерно*. 2014. №3(96). С. 88-89.

41. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Формування висоти закладання качанів у гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 100. Т. 2. С. 26-33.

42. Паламарчук В. Д., Кричковський В.Ю. Вплив строків сівби на зернову продуктивність гібридів кукурудзи придатних для виробництва біоетанолу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. Вип. 2 (32). С. 15-26. DOI:10.37128/2707-5826-2024-1-2

43. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Системи сучасних інтенсивних технологій (2-ге видання виправ. та допов.). Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2012. 370 с.

44. Паламарчук В.Д. Вміст крохмалю у зерні гібридів кукурудзи залежно від строків посіву. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7 (Т. 1). С. 37-45.

45. Паламарчук В.Д., Каленська С.М., Єрмакова Л.М., Поліщук І.С., Поліщук М.І. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. 452 с.

46. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного: монографія. Вінниця: ТОВ Друк. 2020. 536 с. URL://socrates.vsau.org/index.php/ua/pochatok-roboty-2/

47. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2017. 588 с.

48. Паламарчук В.Д., Доронін В.А., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Основи насіннєзнавства (теорія, методологія, практика): монографія. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 392 с. <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=30594>

49. Palamarchuk V., Krychkovskiy V., Honcharuk I., Telekalo N. The modeling of the production process of high-starch corn hybrids of different maturity groups. *European Journal of Sustainable Development*. 2021. Vol. 10, № 1. P. 584-598. 10.14207/ejsd.2021.v10n1p584.

[URL://ecsdev.org/ojs/index.php/ejsd/article/view/1193/1176](https://ecsdev.org/ojs/index.php/ejsd/article/view/1193/1176)

50. Ozturk I., Kristensen I. S., Baby S. Sensitivity of silage-maize to climate change in Denmark: A productivity analysis using impact response surface. *European Journal of Agronomy*. 2018. Vol. 98. pp. 55-64. DOI: 10.1016/j.eja.2018.05.007

51. Костюкєвич Т.К. Волошина О.В. Вплив кліматичних змін на формування продуктивності посівів кукурудзи на зелений корм в центральному Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2024. № 25. С. 31-37. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.5>

52. Олєпїр Р.В., Глушєнко Л.Д., Заєць Т.О. Кругообїг біогенних елементів ґрунту за різних систем удобрення у сївозміні. *Хїмїя, біотехнологїя, екологїя та освїта: збірник матеріалів VI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*. Полтава, 16-17 травня 2022 р. Полтава, 2022. С. 232-237.

53. Балюк С. А., Мірошніченко М. М. Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробствї початку ХХІ столїття. Київ: Альфастевїя, 2016. 400 с.

54. Лень О.І., Марїніч Л.Г., Орловський О.В. Продуктивність кукурудзи залежно від погодних умов та систем удобрення. *Sworld Journal*. 2023. Вип. 21 / № 2. С. 22-29. DOI: 10.30888/2663-5712.2023-21-02-016

55. Грабовський М.Б. Удобрення кукурудзи: на часї економїя. *The Ukrainian Farmer*. 2015. № 1. С. 56-57.

56. Kablan L.A. et al. Variability in corn yield response to nitrogen fertilizer in eastern Canada. *Agronomy Journal*. 2017. 109. pp. 2231-2242. DOI: 10.2134/agronj2016.09.0511

57. Романенко М. Технологїя вирощування кукурудзи. Рекомендації. KWS 150-річний досвід в селекції і насінництві сільськогосподарських культур. 2010. 58 с.

58. Черчель В., Дзюбецький В., Марочко В. Адаптивні властивості кукурудзи. *Пропозиція*. 2014. № 3. С. 76-80.
59. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерно-виробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.
60. Фукс К., Кастет Й. Кукурудза. *Сучасні технології АПК. Вирощування основних сільськогосподарських культур*. Київ, 2010. С. 68-83.
61. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця: ФОП Данилюк, 2013. 636 с.
62. Надь Янош. Кукурудза. Вінниця.: ФОП Д.Ю. Корзун, 2012. 580 с.
63. 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. Vol. 8, Issue 3. P. 42-50.
64. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І., Поліщук І.С., Колісник О.М., Паламарчук О.Д. Вплив елементів технології на розвиток кукурудзи для виробництва біоетанолу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. Т. I. С. 96-101.
65. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на стійкість гібридів кукурудзи до вилягання. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 1 (8). С. 14-25.
66. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на кількість качанів у гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8 (785). С. 24-32.
67. Князюк О. В., Липовий В. Г. Фізіолого-біологічні особливості формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Агробіологія*. 2016. № 1. С. 47-53.
68. Грабовський М. Б. та ін. Вплив площі живлення рослин сорго цукрового та кукурудзи на їх ріст, розвиток та урожайність зеленої маси в сумісних посівах. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 5 (75). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.05.024>.

69. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив позакореневих підживлень на площу при качанного листка у кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 2 (9). С. 68-78.

70. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на прояв лінійних розмірів рослин кукурудзи. *Науковий вісник НУБіП України*. 2018. № 286. С. 231-244.

71. Паламарчук В.Д., Паламарчук О.Д., Волчанська І.В., Мельник В.В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність зернової кукурудзи. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2012. Вип. 1(57). С. 75-80.

72. Іванчук М.Д. Мікродобрива «Нановіт» в системі живлення кукурудзи та соняшника. *Аграрник*. 2014. № 8. С. 14-15.

73. Музафаров Н., Манько К., Музафаров І. Кукурудза в сівоzmіні – чекай на врожай. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 10. С. 30-32.

74. Цехмейструк М.Г., Музафаров Н.М., Манько К.М. Аспекти вирощування кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 8. С. 28-32.

75. Суворов М. Оптимізація мінерального живлення кукурудзи за використання біостимулятора Аппетайзер. *Famer the Ukrainian*. 2016. №6(78). С. 64-65.

76. Санін Ю.В. Вітаміни для рослин! Максимальне розкриття потенціалу гібридів кукурудзи компанії «Монсанто» завдяки застосуванню позакореневого підживлення добривами «Басфоліар» компанії «Адоб». *Агроном*. 2011. № 4 (34). С. 28-29.

77. Корчагіна І. Польовий раціон для кукурудзи. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2011. № 5. С. 14-17.

78. Санін Ю.В. Листкове підживлення мікродобривами «Басфоліар», «Адоб макро + мікро» та «солю» – високорентабельний елемент технології вирощування соняшнику, кукурудзи, сої та інших культур. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 36-39.

79. Санін В. Позакоренеve підживлення кукурудзи мікродобривами.

Пропозиція. 2011. № 5. С. 62-63.

80. Василенко М.Г., Худяков О.І. Ефективність органо-мінерального добрива «Віталіст» на посівах кукурудзи. *Корми і кормовиробництво*. 2008. № 61. С. 99-102.

81. Бикін А., Тарасенко О. Фізичні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту і динаміка росту рослин кукурудзи за прямої сівби. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агронімія*. 2014. № 18. С. 47-52.

82. Паламарчук В.Д. Економічна оцінка гібридів кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 1 (12). С. 18-27. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-1-2

83. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на вміст хлорофілу у гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 3 (14). С. 43-53. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-3-4

84. Паламарчук В.Д., Алексєєв О.О. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 1 (16). С. 28-47. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-3

85. Циков В. С. та ін. Ефективність застосування макро- і мікродобрив при вирощуванні кукурудзи. *Зернові культури*. 2017. Т. 1, № 1. С. 75-79.

86. Сендецький В. М. Особливості фотосинтетичної діяльності гібридів кукурудзи залежно від застосування соломи та сидератів в умовах Лісостепу Західного. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 4 (46). С. 71-76.

87. Лавриненко Ю. О., Рубан В. Б. Динаміка листової поверхні рослин кукурудзи та фотосинтетичні показники посіву при краплинному способі поливу в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 4. С. 122-128.

88. Корсун С. Г., Буслаєва Н. Г., Довбаш Н. І. Особливості фотосинтетичної діяльності посівів кукурудзи на зерно в умовах забруднення агроекотопів свинцем, кадмієм, цинком. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 1. С. 32-36.

89. Шевченко Л. Дія мікробного препарату поліміксобактерину – стимулятора росту рослин на фотосинтетичну активність рослин кукурудзи. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2017. № 21. С. 62-68.

90. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Формування площі листової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10, № 1/2. С. 108-114. <http://dx.doi.org/10.31548/bio2018.01.014>

91. Томашук О. В., Каменщук Б. Д. Фотосинтетична продуктивність посівів кукурудзи під впливом різних систем землеробства в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 100. Т. 2. С. 91-97.

92. Ямковий В. Добрива «Росток» ефективний спосіб забезпечення рослин кукурудзи та соняшнику поживними елементами. *Агроном*. 2014. № 2(44). С. 29.

93. Ямковий В., Санін Ю.В., Санін В.А., Санін О.Ю. Сучасні позакореневі мікродобрива для сільськогосподарських культур. *Агроном*. 2015. № 4(50). С. 31-33.

94. Паламарчук В.Д., Поліщук М.І., Паламарчук О.Д. Енергетична ефективність вирощування зернової кукурудзи залежно від позакореневих підживлень в умовах Лісостепу України. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2014. № 83, Вип. 6. С. 63-71.

95. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив позакореневих підживлень на формування площі листової поверхні гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 2. С. 32-38.

96. Пастернак В. Елементи мінерального живлення рослин. 2015. УкрАгроРесурс. 30 с.

97. Тоцький В. М., Лень О. І. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення та основного обробітку ґрунту *Селекція і насінництво*. 2020. № 117. С. 199-205. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.207173>

98. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С Вплив системи

удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник ПДАА*. 2021. № 2. С. 52-58. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06>

99. Молдован Ж. А., Собчук С. І. Оцінка показників індивідуальної продуктивності рослин кукурудзи за допосівної обробки насіння та позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2018. Т. 2. № 1. С. 101-108. Doi: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0014>

100. Chipman R. B., Raper C. D., Patterson R. P. Allocation of nitrogen and dry matter for two soybean genotypes in response to water stress during reproductive growth. *Journal of Plant Nutrition*. 2001. № 24. pp. 873-884.

101. Infante P.A. et al. Phenology and biomass production of adapted and non-adapted tropical corn populations in central Iowa. *Agronomy journal*. 2018. 110. pp. 171-182. DOI: 10.2134/agronj2016.11.0666

102. Грабовський М. Б. Кукурудза для виробництва біогазу. *Агробізнес сьогодні*. [Електронне видання]. 2020. №7. Режим доступу: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/18103-kukurudza-dlia-vyrobnytstva-biohazu.html>. Дата звернення 26.01.2025 р.

103. Zhang H. et al. Corn response to long-term manure and fertilizer applications on a preceding perennial forage crop. *European Journal of Agronomy*. 2020. Vol. 115. DOI: 10.1016/j.eja.2019.125990.

104. Крамарьов С.М., Шевченко М.С., Шевченко В.М. Позакореневе підживлення посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Бюлетень інституту зернового господарства*. 2000. № 12-13. С. 36-39.

105. Коваленко О.А., Ковбель А.І. Вплив елементів живлення на стресовий стан польових культур. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 24-27.

106. Грицаєнко З.М., Дімчев В.А. Новітні хелати мікроелементний комплекс «Аватар – 1». *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 48-49.

107. Господаренко Г. Удобрення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2010. № 10(185). С. 18-19.

108. Ківер В.Х., Онопрієнко Д. М. Вплив фертигації на продуктивність рослин і якість зерна кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 8. С. 56-59.

109. Ківер В.Х., Онопрієнко Д.М. Вплив фертигації на продуктивність і якість зерна кукурудзи. *Агроном*. 2011. № 2(32). С. 100-102.
110. Логінова І.В., Мартинюк О. С. Результати випробування композиційного азотного добрива пролонгованої дії з водоутримуючим ефектом у лабораторному досліді. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2011. Вип. 9(49). С. 25-34.
111. Рибка В.С. Доцільність позакореневого підживлення кукурудзи мікродобривами Реаком Плюс. *Агроном*. 2010. № 2(28). С. 64-69.
112. Дудка М., Черчель В. Позакореневе підживлення: необхідність чи альтернатива? *Пропозиція*. 2014. №6. С. 64-69.
113. Ростоцький О. Біологічні препарати в технології вирощування кукурудзи. *Аграрник*. 2014. № 8. С. 16.
114. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А., Кричковський В.Ю. Підвищення ефективності біогазових комплексів за рахунок використання дигестату при вирощуванні сільськогосподарських та овочевих культур. *Міжнародний тематичний збірник «Зрошуване землеробство»*. 2020. № 73. С. 95-101. DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.18>
115. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.
116. Адаменко С., Костюшко І. Управління мінеральним живленням кукурудзи. *Зерно*. 2014. №3(96). С. 96-97.
117. Марчук І. Живлення та оптимальне удобрення кукурудзи. *Пропозиція*. 2010. № 4. С. 74-77.
118. Паламарчук В.Д., Підлубний В.Ф., Кричковський В.Ю., Коваленко О.А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 4 (19). С. 15-28. DOI:10.37128/2707-5826-2020-4-2
119. Сіроха О.Л. Вплив удобрення на біометричні показники та показники вирівняності рослин кукурудзи різної групи стиглості. *Збірник наукових праць*

Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки. 2014. Вип. 5(82). С. 37-47.

120. Щоткін В. Цариця полів. *Зерно*. 2013. № 4. С. 160-163.

121. Кутолей Д. Інновації від «Реакому». *Агроном*. 2014. № 1(43). С. 28.

122. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на висоту кріплення качанів у гібридів кукурудзи. *Агробіологія*. 2018. №1 (138). С. 89-98.

123. Жатов О.Г., Троценко В.І., Жатова Г.О. Способи підвищення якості насіння при зберіганні в передпосівний період. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2005. №12(11). С. 36-39.

124. Жан-Поль Рену. Вирощування кукурудзи на поливі. *Агроном*. 2015. №2(48). С. 146-150.

125. Cunha J.F. et al. Evaluation of two irrigation scheduling methods and nitrogen rates on corn production in Alabama. *International Journal of Agronomy*. 2020. pp. 1-13. DOI: 10.1155/2020/8869383

126. Biswas D.K., Ma B.L. Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn. *Canadian Journal of Plant Science*. 2016. 96(3). pp. 392-403. DOI: 10.1139/cjps-2015-0186

127. Palamarchuk V.D., Kolisnyk O.M. Stalk lodging resistance of corn hybrids depending on the planting date. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4 (15). С. 94-110. DOI: 10.37128/2476626-2019-4-9

128. Крамарьов С. Живлення через листок. *Farmer*. 2013. № 5. С. 38-40.

129. Васильєв В. Кукурудза, що вас здивує. *Пропозиція*. 2010. №2. С. 56-57.

130. Ярошко М., др. Ханса-Георга. Значення фосфору у живленні сільськогосподарських культур. *Агроном*. 2013. № 3. С. 30-32.

131. Gagnon B. et al. Validation and use of critical phosphorus concentration in maize. *European Journal of Agronomy*. 2020. 120. pp. 126-147. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126147

132. Коваленко О., Полянничников С.П., Ковбель А.І. Шляхи підвищення коефіцієнту засвоєння поживних елементів. *Агроном*. 2015. №1(47). С. 28-29.

133. Мірошніченко М., Гладкіх Є. Агротехніка за стресових умов. *Farmer*

the Ukrainian. 2015. №10(70). С. 36-39.

134. Любар В. Органогенез кукурудзи як технологічна складова. *Зерно*. 2015. №3(108). С.98-102.

135. Нікіщенко В., Шелудько О., Ігнатенко В. Перспективи вирощування кукурудзи та сої на зрошуваних землях півдня України. *Агроном*. 2008. №2. С. 147-149.

136. Лихочвор В.В., Демчишин А.М. У сучасних технологіях – особлива увага Магнію. *Farmer the Ukrainian*. 2016. №1(73). С. 36-39.;

137. Лихочвор В., Демчишин А. У сучасних технологіях – особлива увага Магнію. *Зерно*. 2015. №12(117). С. 112-116.

138. Долomanов О.М. Сучасні мікродобрива та інокулянти від ТОВ НВФ «Агро світ». *Зерно*. 2015. №3(108). С. 194.-195.

139. Дудка М., Шевченко О. Мікродобрива й кукурудза. *Farmer the Ukrainian*. 2016. №5(77). С. 68-69.

140. Білоконь О.А. Вплив застосування препаратів Віталіст, Неофіт та Оазис на накопичення важких металів зеленою масою кукурудзи. *Агроекологічний журнал*. 2014. №2. С. 107-111.

141. Ярошко М. Марганець та цинк значення мікроелементів у живленні рослин. *Агроном*. 2014. № 1(43). С. 30-32.

142. Городній М.М., Присташ І.В., Скрипка О.С., Овчинка В.В. Оптимізація живлення та удобрення кукурудзи на зерно. *Науковий вісник національного аграрного університету*. 2005. №84. С. 207-212.

143. Likhovid P. V. Analysis of the Ingulets irrigation water quality by agronomical criteria. *Success of Modern Science and Education*. 2015. № 5. pp. 10-12.

144. Гоголев А.І., Черкашена Г.В. Вплив рН на засвоєння бору рослинами. *Агроном*. 2013. № 2(40). С. 36-39.

145. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив позакореневих підживлень на рівень передзбиральної вологості зерна гібридів кукурудзи. *Міжнародний тематичний науковий збірник «Зрошуване землеробство»*. 2018. Вип. 69. С. 58-63.

146. Паламарчук В.Д. Характеристика гібридів кукурудзи за масою 1000 зерен та продуктивністю залежно від елементів технології. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. № 1. С. 38-42.
147. Червона Т. Дефіцит фосфору? Немає магнію! *Зерно*. 2013. № 5. С. 100-104.
148. Остапчук М.О., Поліщук І.С., Мазур О.В., Паламарчук В.Д. Мікробіологічні основи агротехнологій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 3. С. 32-43.
149. Труфанов О. Мікроелементи, хелати, мікродобрива. *Пропозиція*. 2013. № 5 (215). С. 63-65.
150. Малачієв А.М. Проблеми збереження і відтворення родючості ґрунтів України. *Наукові праці «Економічні науки»*. 2009. Т. 109. Вип. 96. С. 92-95.
151. Логоша Р.В., Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю. Економічна та біоенергетична ефективність використання дигестату біогазових станцій при вирощуванні сільськогосподарських та овочевих культур в умовах євроінтеграції України. *Бізнес Інформ*. 2022. № 9. С. 40-52. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-9-40-52>
152. Mann M.E. Radical reform and the Green New Deal. *Nat. Cell Biol.* 2019, 573, pp. 340-341.
153. Chovancová J., Tej J. Decoupling economic growth from greenhouse gas emissions: the case of the energy sector in V4 countries. *Equilibrium Q J Econ Econ. Pol.* 2020. 15(2). pp. 235-251. <https://doi.org/10.24136/eq.2020.011>
154. Iglinski B., Flisikowski K., Pietrzak M., Kielkowska U., Skrzatek M., Zyadin A., Natarajan K. Renewable energy in the Pomerania Voivodeship-institutional, economic, environmental and physical aspects in light of Eu energy transformation. *Energies*. 2021. 14(24):8221 (p. 1-27). <https://doi.org/10.3390/en14248221>
155. Ravindran R., Donkor K., Gottumukkala L., Menon A., Guneratnam A. J., McMahon H., Koopmans S., Sanders J. P. M., Gaffey J. Biogas, biomethane and digestate potential of by-products from green biorefinery systems. *Clean Technol.* 2022, 4, pp. 35-50. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol4010003>

156. Бутенко А. О., Данильченко О. М., Собко М. Г. Вплив способів і глибини основного обробітку ґрунту на продуктивність кукурудзи при вирощуванні на силос. *Вісник Сумського національного аграрного університету: науковий журнал. Серія «Агронія і біологія»*. 2017. Вип. 2(33). С. 74-78.

157. Santi G., Proietti S., Moscatello S., Stefanoni W., Battistelli A. Anaerobic digestion of corn silage on a commercial scale: Differential utilization of its chemical constituents and characterization of the solid digestate. *Biomass and Bioenergy*. 2015. Vol. 83. pp. 17-22.

158. Pimentel D. Ethanol fuels: Energy balance, economics, and environmental impacts are negative. *Natural Resources Research*. 2003. 12, pp. 127-134. <https://doi.org/10.1023/A:1024214812527>.

159. Gowik U. & Westhoff P. The Path from C₃ to C₄ photosynthesis. *Plant Physiology*. 2011. 155, pp. 56-63. <https://doi.org/10.1104/pp.110.165308>

160. Crafts-Brandner S.J. & Salvucci M.E. Sensitivity of photosynthesis in a C₄ plant, maize, to heat stress. *Plant Physiology*. 2002. 129, pp. 1773-1780. <https://doi.org/10.1104/pp.002170>.

161. Arodudu O.T., Helming K., Voinov A. & Wiggering H. Integrating agronomic factors into energy efficiency assessment of agro-bioenergy production – A case study of ethanol and biogas production from maize feedstock. *Applied Energy*. 2017. 198, pp. 426-439. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.02.017>

162. Patzek T.W. Thermodynamics of the corn-ethanol biofuel cycle, CRC. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2004. 23, pp. 519-567. <https://doi.org/10.1080/07352680490886905>.

163. Каламбет В. В. «Зелені» жнива 2024. Результати й перспективи. <https://www.kws.com/ua/uk/produkty/kukurudza/novyny/zeleni-zhnyva-2024-rezultaty-i-perspektyvy/>

164. Малиновський Б. Як у біогазових установках добриво виробляють. *Пропозиція*. 2020. <https://propozitsiya.com/ua/yak-u-biogazovyh-ustanovkah-dobryvo-vyroblyayut>

165. Шинкарчук А., Голуб Н., Козловець М., Козловець О. Порівняння

впливу дигестату, що містить додаткове джерело мікроелементів, на ріст рослин в перші 2 тижні вегетації. *Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 7 грудня 2023 р.)*. 2023. С. 183-185.

166. Гончарук І. В. Європейські практики регулювання та поводження з дигестатом у контексті агроекологічного переходу країн ЄС у межах європейського зеленого курсу. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2023. № 3. С. 144-155. DOI: 10.37128/2411-4413-2023-3-10.

167. Möller K., Stinner W. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *Eur. J. Agron.* 2009, 30, pp. 1-16.

168. Grillo F., Piccoli I., Furlanetto I., Ragazzi F., Obber S., Bonato T., Meneghetti F. and Morari F. Agro-environmental sustainability of anaerobic digestate fractions in intensive cropping systems: insights regarding the nitrogen use efficiency and crop performance. *Agronomy*. 2021, 11, 745. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040745>.

169. Bumbiere K., Gancone A., Pubule J. and Blumberga D. Carbon balance of biogas production from maize in Latvian conditions. *Agronomy Research*. 2021. 19(51), pp. 687-697, <https://doi.org/10.15159/AR.21.085>

170. Гелетуха Г. Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи. Київ: Академперіодика, 2022. 373 с. DOI: 10.15407/akademperiodyka.464.373.

171. Pecharaply A., Parkpian P., Annachhatre A. P., Jugsujinda A. Influence of anaerobic co-digestion of sewage and brewery sludges on biogas production and sludge quality. *Journal of environmental science and health part a-toxic/hazardous substances & environmental engineering*. 2007. Vol. 42, Iss. 7. pp. 911-923. doi: 10.1080/10934520701369818.

172. Malhotra M. et al. Biorefinery of anaerobic digestate in a circular bioeconomy: Opportunities, challenges and perspectives. *Renewable and Sustainable*

Energy Reviews. 2022. Vol. 166. Art. 112642. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112642.

173. Dahlin J., Nelles M., Herbes C. Biogas digestate management: Evaluating the attitudes and perceptions of German gardeners towards digestate-based soil amendments. *Resour. Conserv. Recycl.* 2017, 118, pp. 27-38.

174. Haiyuan M., Guo Y., Qin Y., Li Y.Y. Nutrient recovery technologies integrated with energy recovery by waste biomass anaerobic digestion. *Bioresour Technol.* 2018. 269. pp. 520-531. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.08.114>

175. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю. Характеристика мікробіологічного та агрохімічного складу органічного добрива Ефлюент. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4 (15). С. 45-55. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-4-4

176. Atelge M.R., Krisa D., Kumar G. et. al. Biogas production from organic waste: recent progress and perspectives. *Waste Biomass Valor.* 2020. 11. pp. 1019-1040. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-00546-0>

177. Macadi M. Digestate: A New Nutrient Source – Review. Biogas; ed. By S. Kumar. *Croatia: InTech*. 2012. pp. 295-310.

178. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. *Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Збірник наукових праць*. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.

179. Ратушняк Г.С., Джеджула В.В., Анохіна К.В. Моделювання нестационарних режимів теплообміну в біогазових реакторах. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2010. №2. С. 142-145.

180. Паламарчук В., Кричковський В. Роль дигестату для формування структури врожаю та продуктивності кукурудзи. *Інноваційні технології в рослинництві. Матеріали IV всеукраїнської наукової інтернет конференції*. м. Кам'янець-Подільський, 10 травня 2021 р. С. 104-107. <https://www.iogu.gov.ua/hmelnicka/wp-content/uploads/sites>

181. Греков В.О., Данько Л.В. Охорона і відтворення родючості ґрунтів у зональних агросистемах. *Агроекологічний журнал*. 2009. № 1. С. 43-45.

182. Балюк С.А. Ґрунтові ресурси України: стан і заходи їх поліпшення.

Вісник аграрної науки. 2010. № 6. С. 6-7.

183. Appels L., Lauwers J., Degrve J., Helsen L., Lievens B., Willems K., Van Impe J., Dewil R. Anaerobic digestion in global bio-energy production: Potential and research challenges. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2011, 15, 4295-4301.

184. Ahmed B., Aboudi K., Tyagi V.K., Álvarez-Gallego C.J., Fernández-Güelfo L.A., Romero-García L.I., Kazmi A.A. Improvement of anaerobic digestion of lignocellulosic biomass by hydrothermal pretreatment. *Appl. Sci.* 2019, 9, 3853.

185. Dashtban M., Schraft H., Qin W. Fungal bioconversion of lignocellulosic residues: Opportunities & perspectives. *Int. J. Biol. Sci.* 2009, 5, 578-595

186. Klimiuk E., Gusiatin Z. M., Bułkowska K., Pokój T., Rynkowska S. ADM1-based modeling of anaerobic codigestion of maize silage and cattle manure – a feedstock characterisation for model implementation. *Archives of Environmental Protection*. 2015. Vol. 41 № 3. pp. 11-19.

187. Schievano A., D'imporzano G., Adani F. Substituting energy crops with organic wastes and agro-industrial residues for biogas production. *J. Environ. Manage.* 2009. 90. pp. 2537-2541.

188. Wu X., Wanying Y., Zhu J., Miller C. Biogas and CH₄ productivity by co-digesting swine manure with three crop residues as an external carbon source. *Bioresour. Technol.* 2010. 101. pp.4042-4047.

189. Windpassinger S., Friedt W., Frauen M., Snowdon R., Wittkop B. Designing adapted sorghum silage types with an enhanced energy density for bio-gas generation in temperate Europe. *Biomass Bioenergy*. 2015. 81. pp. 496-504.

190. Schittenhelm S. Effect of drought stress on yield and quality of maize/sunflower and maize/sorghum intercrops for biogas production. *J. Agron. Crop Sci.* 2010. 196. pp. 253-261.

191. Weiland P. Biogas production: current state and perspectives. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2010. 85. pp. 849-860.

192. Nges I.A., Escobar F., Fu X., Bjornsson L. Benefits of supplementing an industrial waste anaero-bic digester with energy crops for increased biogas production. *Waste Manag.* 2012. 32. pp. 53-59.

193. Nishino T., Hirao K., Kotera M., Nakamae K., Inagakib H. Kenaf reinforced biodegradable composite. *Compos. Sci. Technol.* 2003. 63. pp. 1281-1286.
194. Šimon T., Kunzová E., Friedlová M. The effect of digestate, cattle slurry and mineral fertilization on the winter wheat yield and soil quality parameters. *Plant Soil Environ.* 2015, 62, pp. 522-527.
195. Ehmann A., Thumm U., Lewandowski I. Fertilizing potential of separated biogas digestates in annual and perennial biomass production systems. *Front. Sustain. Food Syst.* 2018, 2, pp. 1-14.
196. Walsh J.J., Jones D.L., Edwards-Jones G., Williams A.P. Replacing inorganic fertilizer with anaerobic digestate may maintain agricultural productivity at less environmental cost. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2012, 175, pp. 840-845.
197. Kainthola J., Kalamdhad A.S., Goud V.V. A review on enhanced biogas production from anaerobic digestion of lignocellulosic biomass by different enhancement techniques. *Process Biochem.* 2019. 84(May). pp. 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.05.023>
198. Nag R., Auer A., Markey B.K., Whyte P., Nolan S., O'Flaherty V., Russell L., Bolton D., Fenton O., Richards K., Cummins E. Anaerobic digestion of agricultural manure and biomass – critical indicators of risk and knowledge gaps. *Sci Total Environ.* 2019. 690:460–79. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.512>
199. Masłon A., Czarnota J., Szaja A., Szulzyk-Cieplak J., Łagód G. The enhancement of energy efficiency in a wastewater treatment plant through sustainable biogas use: case study from Poland. *Energies.* 2020. 13(22):6056 (p. 1-21). <https://doi.org/10.3390/en13226056>
200. Siddique M.N.I., Wahid Z.A. Achievements and perspectives of anaerobic co-digestion: a review. *J. Clean Prod.* 2018. 194. pp. 359-371. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.155>
201. Cano R., Pérez-Elvira S.I., Fdz-Polanco F. Energy feasibility study of sludge pretreatments: a review. *Appl Energy.* 2015. 149. pp. 176-185. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.03.132>
202. Pöschl M., Ward S., Owende P. Evaluation of energy efficiency of various

- biogas production and utilization pathways. *Appl. Energ.* 2010. 87(11). pp. 3305-3321.
203. Plácido J., Capareda S. Ligninolytic enzymes: A biotechnological alternative for bioethanol production. *Bioresour. Bioprocess.* 2015, 2, p. 23.
204. Grigatti M., Montecchio D., Francioso O., Ciavatta C. Structural and thermal investigation of three agricultural biomasses following mild-NaOH pretreatment to increase anaerobic biodegradability. *Waste Biomass Valorization.* 2015, 6, p. 1135-1148.
205. Peng W., Lü F., Hao L., Zhang H., Shao L., He P. Digestate management for high-solid anaerobic digestion of organic wastes: A review. *Bioresour. Technol.* 2020, 297 p.
206. Sista Kameshwar A.K., Qin W. Comparative study of genome-wide plant biomass-degrading CAZymes in white rot, brown rot and soft rot fungi. *Mycology.* 2018, 9, pp. 93-105.
207. Janusz G., Pawlik A., Sulej J., Swiderska-Burek U., Jarosz-Wilkolazka A., Paszczyński A. Lignin degradation: Microorganisms, enzymes involved, genomes analysis and evolution. *Fems Microbiol. Rev.* 2017, 41, pp. 941-962.
208. Захарів О.Я. Ефективність використання дигестату із біогазових реакторів для фермерських господарств. *Збірник наукових праць ТДАТУ імені Дмитра Моторного (економічні науки).* 2019. №2(40). С. 79-86. DOI:10.31388/2519-884X-2019-40-79-86
209. Kuusik A., Pachel K., Kuusik A., Loigu E. Possible agricultural use of digestate. *Proc. Est. Acad. Sci.* 2017. 66. pp. 64-74. <https://doi.org/10.3176/proc.2017.1.10>
210. Cucina M., Tacconi C., Ricci A., Pezzolla D., Sordi S., Zadra C., Gigliotti G. Evaluation of benefits and risks associated with the agricultural use of organic wastes of pharmaceutical origin. *Sci. Total Environ.* 2018. 613-614. pp. 773-782. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.154>
211. Таргоня В. С., Клименко В. П., Луценко М.М., Бабинець Т.Л. Використання біомаси на енергетичні потреби в сільському господарстві. Біогазові технології. Видавництво: ім. В. І. Кравчука. / Дослідницьке:

УкрНДШПВТ ім. Л. Погорілого. 2009. 72 с.

212. Поліщук В. М., Дерев'янюк Д. А., Шворов С. А., Дворник Є.О., Давиденко Т. С. Ефективність використання дигестату біогазових установок. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. 2020. Vol. 11, № 4. P. 107-115. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2020.04.107>

213. Provenzano M. R., Cavallo O., Malerba A. D., Fabbri C., Zaccone C. Unravelling (maize silage) digestate features throughout a full-scale plant: A spectroscopic and thermal approach. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 193. P. 372-378.

214. Дацько Л.В., Майстренко М.І. Екологічні та економічні аспекти сталого землекористування для відтворення родючості ґрунтів. *Охорона родючості ґрунтів*. 2012. № 8. С. 24-39.

215. Yue Z., Teater C., Liu Y., MacLellan J., Liao W. A sustainable pathway of cellulosic ethanol production integrating anaerobic digestion with biorefining. *Biotechnology and Bioengineering*. 2010. 105. pp. 1031-1039.

216. Tampio E., Ervasti S., Rintala J. Characteristics and agronomic usability of digestates from laboratory digesters treating food waste and autoclaved food waste. *Journal of Cleaner Production*. 2015. 94, pp. 86-92.

217. Piccoli I., Virga G., Maucieri C., Borin M. Digestate liquid fraction treatment with filters filled with recovery materials. *Water*. 2021. 13(1). pp. 1-12. <https://doi.org/10.3390/w13010021>

218. Akhilar A., Guilayn F., Torrijos M., Battimelli A., Shamsuddin A. H., Carrère H. Correlations between the composition of liquid fraction of full-scale digestates and Process Conditions. *Energies*. 2021, 14, 971. <https://doi.org/10.3390/en14040971>

219. Slepeliene A. et al. The potential of digestate as a biofertilizer in eroded soils of Lithuania. *Waste Management*. 2020. Vol. 102. pp. 441-451. DOI: 10.1016/j.wasman.2019.11.008.

220. Ablicieva I. Yu. Digestate potential to substitute mineral fertilizers: engineering approaches. *Journal of Engineering Sciences*. 2022. Vol. 9. Issue 1. Pp.

H1-H10. DOI: 10.21272/jes.2022.9(1).h1.

221. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю. Перспективи використання дигестату для підвищення ефективності біогазових комплексів. *Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи»*. 29 травня 2020. Житомир. С. 124-128.

222. Vaneeckhaute C., Lebuf V., Michels E., Belia E., Vanrolleghem P.A., Tack F.M.G., Meers E. Nutrient recovery from digestate: systematic technology review and product classification. *Waste Biomass*. 2017. Vol. 8. pp. 21-40. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9642-x>

223. Shi L., Simplicio W. S., Wu G., et al. Nutrient recovery from digestate of anaerobic digestion of livestock manure: a review. *Curr Pollution Rep*. 2018. 4. pp. 74-83. <https://doi.org/10.1007/s40726-018-0082-z>

224. Svoboda N., Taube F., Kluß C., Wienforth B., Kage H., Ohl S., Hartung E., Herrmann A. Crop production for biogas and water protection-a trade-of? *Agric Ecosyst Environ*. 2013. 177. pp. 36-47. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.05.024>

225. Tambone F., Orzi V., D'Imporzano G., Adani F.. Solid and liquid fractionation of digestate: mass balance, chemical characterization, and agronomic and environmental value. *Bioresour Technol*. 2017. 243. pp. 1251-1256. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.130>

226. Кучерук П. Обробка дигестату та похідні продукти з нього. Матеріали із сайту Біоенергетичної асоціації України UABIO [Електронний ресурс]. URL: <https://saf.org.ua/news/1017/> (дата звернення: 24.01.2025).

227. Czubaszek R., Wysocka-Czubaszek A. Emissions of carbon dioxide and methane from fields fertilized with digestate from an agricultural biogas plant. *Int. Agrophysics*. 2018, 32, pp. 29-37.

228. Paolini V., Petracchini F., Segreto M., Tomassetti L., Naja N., Cecinato A. Environmental impact of biogas: A short review of current knowledge. *J. Environ. Sci. Heal.-Part A Toxic/Hazard. Subst. Environ. Eng*. 2018, 53, pp. 899-906.

229. Hidalgo D., Martín-Marroquín J.M., Corona F. A multi-waste management concept as a basis towards a circular economy model. *Renew. Sustain. Energy Rev*.

2019, 111, pp. 481-489.

230. Montemurro F. et al. Anaerobic digestates application on fodder crops: effects on plant and soil. *Agrochimica*. 2008. Vol. 52. pp. 297-312.

231. Stefaniuk M., Bartminski P., Rozylo K., Debicki R., Oleszczuk P. Ecotoxicological assessment of residues from different biogas production plants used as fertilizer for soil. *Journal of hazardous materials*. 2015. Vol. 298. pp. 195-202. doi: 10.1016/j.jhazmat.2015.05.026.

232. Sánchez-Rodríguez A.R., Carswell A.M., Shaw R., Hunt J., Saunders K., Cotton J., Chadwick D.R., Jones D.L., Misselbrook T.H. Advanced processing of food waste based digestate for mitigating nitrogen losses in a winter wheat crop. *Front. Sustain. Food Syst.* 2018, 2, pp. 1-14.

233. Insam H., Gómez-Brandón M., Ascher J. Manure-based biogas fermentation residues - friend or foe of soil fertility? *Soil Biol. Biochem.* 2015, 84, pp. 1-14.

234. Tambone F., Scaglia B., D'Imporzano G., Schievano A., Orzi V., Salati S., Adani F. Assessing amendment and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost. *Chemosphere*. 2010. Vol. 81, Iss. 8. pp. 577-583. doi: 10.1016/j.chemosphere.2010.08.034.

235. Mirel I., Isacu M., Bakos M. Harnessing the untapped renewable energy potential of the organic loads of urban wastewater. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference-SGEM*. 2012. Vol. IV. pp. 515-522. doi:10.1109/iembs.2011.6090487.

236. Skrzypczak D. et al. Conversion of anaerobic digestates from biogas plants: Laboratory fertilizer formulation, scale-up and demonstration of applicative properties on plants. *Renewable Energy*. 2023. Vol. 203. pp. 506-517. DOI: 10.1016/j.renene.2022.12.080.

237. Скворцова П. О., Аблєєва І. Ю. Екологічна безпека технології поводження з дигестатом різного генезису. *Техногенно-екологічна безпека*. 2024. №15(1). С. 67-74. DOI: 10.52363/2522-1892.2024.1.7

238. Сатановська І. П. Вплив обробки насіння та позакореневих підживлень на біометричні показники рослин кукурудзи. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 75. С. 62-67.

239. Уманець Н. О., Гуляєв Б. І. Фізіологічні особливості та стійкість генотипів кукурудзи до дії стресових чинників. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть: Збірник наукових праць ІФРГ НАН України*. 2001. Т.1. С. 340-355.

240. Андронов В. А. та ін. Вдосконалений критерій в методі оцінювання рівня безпеки процесу рекультивації земель місць знешкодження та знищення боєприпасів. *Техногенно-екологічна безпека*. 2022. Вип. 12 (2/2022). С. 43-50. DOI: 10.52363/2522-1892.2022.2.6.

241. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Забруднення земель внаслідок агресії росії проти України. *Екодія*: вебсайт. URL: <https://ecoaction.org.ua/> (дата звернення: 30.01.2025).

242. Abubaker J. Biogas residues as fertilizers – effects on wheat growth and soil microbial activities. *Applied Energy*. 2012. Vol. 99. pp. 126-134.

243. Oszust, K. and Frac M. Evaluation of microbial community composition of dairy sewage sludge, corn silage, grass straw, and fruit waste biomass for potential use in biogas production or soil enrichment. *BioRes*. 2018. 13(3). pp. 5740-5764.

244. Nielsen K., Roß C.-L., Hoffmann M., Muskolus A., Ellmer F., Kautz T. Chemical composition of biogas digestates determines their effect on soil microbial activity. *Agriculture*. 2020. Vol. 10, № 6, pp. 244.

245. Sharpley A. N., McDowell R. W., Kleinman P. J. A. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. *Plant and Soil*. 2001. Vol. 237, № 2, pp. 287-307.

246. Chernysh Y. The potential of organic waste as a substrate for anaerobic digestion in Ukraine: trend definitions and environmental safety of the practices. *Environmental Problems*. 2021. Vol. 6, № 3. Pp. 135-144. DOI: 10.23939/ep2021.03.135.

247. Гелетуґа Г., Кучерук П., Матвєєв Ю. Перспективи виробництва

біометану в Україні. *Аналітична записка UABIO*. 2022. № 29. 60 с.

248. Tuszynska A., Wilinska-Lisowska A., Czerwionka K. Phosphorus and nitrogen forms in liquid fraction of digestates from agricultural biogas plants. *Environ Technol*. 2021. 42(25). pp. 3942-3954. <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1770339>

249. Akhiar A., Battimelli A., Torrijos M., Carrere H. Comprehensive characterization of the liquid fraction of digestates from full-scale anaerobic co-digestion. *J Waste Manag*. 2017. 59. pp. 118-128. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.11.005>

250. Macura B., Johannesdottir S.L., Piniewski M., Haddaway N.R., Kvarnström E. Effectiveness of ecotechnologies for recovery of nitrogen and phosphorus from anaerobic digestate and effectiveness of the recovery products as fertilisers: A systematic review protocol. *Environ. Evid*. 2019, 8, p. 29.

251. Поліщук В. М. Процеси та обладнання біотехнологічного виробництва газових біопалив: навч. посібник. Київ. НУБіП України, 2015. 244 с.

252. Кучерук П. Стандартизація якості та сертифікація продуктів з дигестату. Матеріали із сайту Біоенергетичної асоціації України UABIO [Електронний ресурс]. URL: <https://saf.org.ua/news/1029/> (дата звернення: 24.01.2025).

253. Gell K., van Groenigen J., Cayuela M. L. Residues of bioenergy production chains as soil amendments: Immediate and temporal phytotoxicity. *Journal of Hazardous Materials*. 2011. Vol. 186, Issue 2-3. Pp. 2017-2025. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.12.105.

254. Da Ros. Assessing the potential phytotoxicity of digestate from winery wastes. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2018. Vol. 150. Pp. 26-33. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.12.029.

255. Pampillon-Gonzalez L., Luna-Guid M., Ruiz-Valdiviezo V., Franco-Hernandez O., Fernandez-Luqueno F., Paredes-Lopez O., Hernandez G., Dendooven L. Greenhouse gas emissions and growth of wheat cultivated in soil amended with digestate from. *Biogas Production. Pedosphere*. 2017. Vol. 27, Is. 2. pp. 318-327. doi: 10.1016/S1002-0160(17)60319-9.

256. Паламарчук В.Д. Використання дигестату для підвищення енергоефективності та екологобіологічної незалежності сільських територій. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку*: збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції (21-22 жовтня 2021, м. Херсон). Херсон, 2021. С. 457-461.

257. Kocar G. Anaerobic digesters: from waste to energy crops as an alternative energy source. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 2008. Vol. 30. pp. 660-669. doi: 10.1080/00908310600628404.

258. Båth B., Rämert B. Organic household wastes as a nitrogen source in leek production. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 1999. Vol. 49, Issue 2. pp. 201-208. doi: 10.1080/713782027.

259. Дубровін В. О., Коломієць Ю. В., Таргоня В. С. Вплив ферментованої гнойової біомаси на вегетацію овочевих культур у закритому ґрунті. *Агробіологія*. 2011. Вип. 6 (86). С. 99-103.

260. Rivard C. J., Rodriguez J. B., Nagle N. J., Self J. R., Kay B. D., Soltanpour P. N., Nieves R. A. Anaerobic digestion of municipal solid waste. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 1995. Vol. 51. pp. 125-135. doi: 10.1007/BF02933417.

261. Wentzel S., Joergensen R. G. Effects of biogas and raw slurries on grass growth and soil microbial indices. *Journal of plant nutrition and soil science*. 2016. Vol. 179, Iss. 2. pp. 215-222. doi: 10.1002/jpln.201400544.

262. Fjrnito S., Puliga F., Leonardi P., DiFoggia M., Zambonelli A., and Francioso O. Degradative ability of mushrooms cultivated on corn silage digestate. *Molecules*. 2020. 25(13). 3020. pp. 2-15. <https://doi.org/10.3390/molecules25133020>

263. Кравчук О.О., Завальнюк О.І., Стефківська Ю.Л. Ґрунтово-кліматичні умови зони Лісостепу та їх вплив на урожайність кукурудзи (на прикладі Тернопільської області). *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю сортовипробування в Україні (7 червня 2018 р., м. Київ)*. Київ, 2018. С. 155-157.

264. Півошенко І.М. Клімат Вінницької області. Вінниця: Віноблдрук, 1995. 195 с.
265. Півошенко І.М. Клімат Вінницької області. Вінниця: Віноблдрук, 1997. 240 с.
266. Зубрейчук М.С., Газінська Т.В., Ткаченко І.С. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від гідротермічних умов вегетації. *Насінництво*. 2012. №3. С. 7-12.
267. Лебідь Є.М., Циков В.С., Пащенко Ю.М. [та ін.]. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
268. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Вища школа, 1994. 335 с.
269. Вовкодав В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові). К.: 2001. 64 с.
270. Авраменко С., Цехмейструк М., Глибокий О. [та ін.]. Біологічна урожайність просапних культур. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2011. № 7 (36). С. 22-24.
271. Петриченко В.Ф., Задорожний В.С., Каменщук Б.Д. та ін. Методичні рекомендації щодо багатофакторної оцінки рослин. Вінниця: Інститут кормів НААН, 2011. 24 с.
272. Мельник С. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. (Міністерство аграрної політики та продовольства України. Український інститут експертизи сортів рослин). 2016. 81 с.
273. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. За ред. Р.А. Вожегової. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 286 с.
274. Негода О.В. Лабораторний практикум з фізіології рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2003. С. 60-61.
275. ДСТУ 46.045:2003 «Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості» 25.07.2003. № 250.
276. Блюм Я.Б., Гелетуша Г.Г., Григорюк І.П., Дубровін В.О., Ємець А.І.,

Забарний Г.М., Калетнік Г.М., Мельничук М.Д., Мироненко В.Г., Рахметов Д.Б., Циганков С.П. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія. К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. 326 с.

277. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в с.-г. виробництві. Київ: Урожай, 1988. 205 с.

278. Грабовський М. Б., Вахній С. П., Хахула В. С., Федорук Ю. В., Правдива Л. А., Панченко Т. В., Остренко М. В., Козак Л. А., Городецький О. С. Методичні рекомендації з розрахунку виходу біогазу та біогазу з біоенергетичних культур. Біла Церква. 2021. 28 с.

279. Опря А.Т. Статистичні методи аналізу урожаю й урожайності: особливості комплексного використання при концептуальному визначенні урожайності як економічної категорій. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Серія: Економічні науки*. 2011. Вип. 2. Т. 1. С. 181-193.

280. Ковальчук О. В. Економічна ефективність виробництва продукції рослинництва. *Розвиток економіки, підприємництва, торгівлі та біржової діяльності в умовах глобалізації*. 2018. № 15. С. 58-63.

281. Каменчук Б. Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 85-92.

282. Тараріко Ю.О., Несмашна О.Є., Глущенко Л.Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур. Методичні рекомендації. К.: Нора-прінт, 2001. 60 с.

283. Ушкаренко В.О., Нікішенко В.Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навчальний посібник. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.

284. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового дослідження (зрошуване землеробство). Херсон: Грінь Д. С., 2014. 448 с.

285. Лавриненко Ю.О., Вожегова Р.А., Коковіхін С.В. та ін. Кукурудза на зрошуваних землях півдня України: монографія. Херсон: Айлант, 2011. 468 с.

286. Шевченко Н.В. Тривалість міжфазних періодів рослин гібридів

кукурудзи залежно від обробки насіння та позакоренових підживлень. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 1. С. 73-76.

287. Паламарчук В.Д., Мазур В.А. Вплив тривалості фенологічних фаз на стійкість кукурудзи до вилягання. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агронімія*. 2009. № 13. С. 358-362.

288. Сатановська І.П. Тривалість вегетаційного періоду різностиглих гібридів кукурудзи залежно від біологічних препаратів та погодних умов. *Агрпромислове виробництво Полісся*. 2013. Вип. 6. С. 148-152.

289. Городній М. М. та ін. Агрохімія: підручник. Київ: Алефа, 2003. 775 с.

290. Мокрієнко В. А. Мінеральне живлення кукурудзи. *Агроном*. 2009. №2. С. 102-104.

291. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Реакція гібридів кукурудзи різних груп стиглості на удобрення та економічна ефективність вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 106. С. 63-69.

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

293. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.

294. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування якісних показників зерна кукурудзи. Збірник наукових праць ВНАУ. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. №6 (Т. 1). С. 7-13.

295. Дудка М. І., Якунін О. П., Пустовий С. І. Вплив позакоренового підживлення на формування зернової продуктивності кукурудзи за вирощування її після соняшнику. *Таврійський науковий вісник. Серія сільськогосподарські науки*. 2020. № 115. С. 42-48.

296. Каленська С. М., Таран В. Г., Данилів П. О. Розвиток кореневої системи кукурудзи на ранніх етапах розвитку. *Науковий вісник НУБІП України*.

Серія: Агрономія. 2017. Вип. 269. С. 10-17.

297. Сенік І.І., Оничко В.І., Наумов Є.О. Динаміка висоти рослин кукурудзи залежно від форм і норм внесення азотних добрив в умовах північного Сходу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 20. С. 69-75. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.11>

298. Ковальчук І. Критерії підбору гібридів кукурудзи для різних умов вирощування. *Farmer the Ukrainian*. 2015. № 12 (72). С. 82-84.

299. Сонько Р. С., Марченко О. А., Стародуб М. Ф., Коломієць В. М. Вплив технології вирощування на показники індукції флуоресценції хлорофілу за вирощування рослин кукурудзи. *Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2012. № 178. С. 127-132.

300. 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>

301. 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. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.7>

302. Марченко Т. Ю., Лавриненко Ю. О., Пілярська О. О., Забара П. П., Хоменко Т. М., Михаленко І. В., Іванів М. О. Динаміка накопичення сирогої та сухої біомаси гібридами кукурудзи для краплинного зрошення. *Зрошуване землеробство: збірник наукових праць*. 2019. Вип. 71. С. 108-113. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.71.23>

303. 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. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.10>

304. Каленська С.М., Мокрієнко В.А., Новицька Н.В. Наукове обґрунтування кукурудзи різноцільового використання. Науково-практичні рекомендації. К.: Аграр Медіа Груп. 2010. 34 с.

305. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю., Скакун М.В. Вплив дигестату на агрохімічний склад ґрунту та накопичення в ньому вуглецю. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. Вип. 4 (35). С. 5-16. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-4-1

<http://forestry.vsau.org/storage/articles/December2024/eTKT1oT0cDpkjJVsfu2m.pdf>

306. Паламарчук В.Д., Скакун М.В. Вплив дигестату на формування архітектоніки рослин гібридів кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 1 (36). С. 69-82. DOI:10.37128/2707-5826-2025-1-6
<http://forestry.vsau.org/en/particles/the-effect-of-digestate-on-the-formation-of-plant-architecture-in-maize-hybrids>.

307. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю., Скакун М.В. Перспективи використання зеленої маси кукурудзи для переробки на біогаз та дигестат. Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 28 березня 2024 р.). Біла Церква: БНАУ, 2024. С. 198-201.

308. Аверчев О.В., Іванів М.О., Лавриненко Ю.О. Індекси врожайності та ефективної продуктивності у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різних способів поливу та вологозабезпеченості в посушливому степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 114. С. 3-12. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.1>

309. Репілевський Д.Е. Іванів М.О. Структура врожаю гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів зрошення в умовах південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 119. С. 99-111. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.14>.

310. Грабовський М.Б. Продуктивність кукурудзи на силос та вихід біогазу залежно від густоти стояння рослин. *Наукові горизонти*. 2019. №7(80). С. 15-21. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-15-21

311. Скакун В.М., Марченко Т.Ю. Структура врожаю гібридів кукурудзи залежно від елементів агротехнології. *Аграрні інновації*. 2022. №16(22). С. 135-142. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.21>

312. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Міщенко С.В. Маса 1000 зерен та урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву та обробітку біопрепаратами. *Зрошуване землеробство*. 2022. № 77. С. 13-18. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.3>
313. Носов С.С. Біометричні показники та зернова продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від строків сівби і густоти стояння рослин в умовах північної підзони Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2014. № 2 (34). С. 86-90.
314. 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. Vol. 30. P. 70022-70038 <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27235-3>
315. Гож О. А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від мікродобрив та стимуляторів росту в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2014. № 61. С. 118-120.
316. Грабовський М. Б., Грабовська Т. О., Ображій С. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості під впливом строків сівби. *Агробіологія*. 2014. № 2 (113). С. 81-86.
317. Паламарчук В.Д., Скакун М.В. Вирощування силосної кукурудзи для виробництва біогазу та отримання дигестату. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 2 (37). С. 13-26. DOI: 10.37128/2707-5826-2025-2-2 <http://forestry.vsau.org/storage/articles/June2025/0Vh3lLpy33JOifpINtUs.pdf>
318. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю., Рудська Н.О., Скакун М.В. Перспективи використання дигестату з силосної кукурудзи для біологізації технологій вирощування. Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових розробок у виробництво: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції (Миколаїв, 17-18 жовтня 2024 р.). Миколаїв: МНАУ, 2024. С. 133-136.
319. Паламарчук В.Д., Скакун М.В. Вплив дигестату на передзбиральний рівень вологості зерна кукурудзи. *Зернові культури*. 2025. Т. 9. № 1. С. 109-116.

DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0367>

320. Чорнолата Л., Здор Л. Зерно кукурудзи – цінна складова кормосумішок і силосу. *Агробізнес сьогодні*. 2021. №10. С. 26-32.

321. Полішкевич О.Р. Ефективність використання кукурудзи для виробництва альтернативних палив. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2011. Вип. 3(60). С. 76-80.

322. Дубровін В.О. Біопалива. [В.О. Дубровін, М.О. Корченський, І.П. Масло та ін. К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. 256 с.

323. Дубровін В.О. Гжибек А., Любарський В.М. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад. Науково-методичні рекомендації щодо впровадження передового досвіду аграрних підприємств Польщі, Литви та України зі створення новітніх об'єктів біоенергетики, ефективного виробництва і використання біопалив. Київ, 2009. 117 с.

324. Дудка Т.В. Доцільність отримання біоетанолу із зерна кукурудзи. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2012. №1. С. 44-47.

325. Каменщук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу. *Вісник аграрної науки*. 2012. №12. С. 26-28.

326. Каменщук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу. *Агроном*. 2013. №3. С. 162-163.

327. Рибалка О.І., Червоніс М.В., Моргун Б.В., Починок В.М., Поліщук С.С. Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спирто-дистилятного напрямку технологічного використання зерна. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2013., Т. 45. № 1. С. 3-20.

328. Керсанюк Ю. Ринок кукурудзи: основні тренди. *Агробізнес сьогодні*. 2018. №19. С. 12-14.

329. Железна Т. А., Драгнєв С. В., Баштовий А. І., Роговський І. Л. Перспективи виробництва і споживання біопалив другого покоління в Україні. *Machinery & Energetics*. 2018. Vol. 9. № 2. Р. 61-66.

330. Грабовський М.Б. Потенціал виробництва біогазу із силосної маси

сорго цукрового та кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 106. С. 26-32.

331. Oechsner H., Lemmer A., Neuberger C. Crops as a digestion substrate in biogas plants. *Landtechnik*. 2003. № 2. P. 146-147.

332. Танчик С.П., Мокрієнко В.А., Скалій І.М. Строки збирання кукурудзи на силос і якість корму. *Хімія, Агронія, Сервіс*. 2010. №11. С. 18-21.

333. Amon Th., Kryvoruchko V., Amon B., Bodiroza V., Zollitsch W., Boxberger J. Biogas production from energy maize. *Landtechnik*. 2006. № 2. P. 86-87.

334. Palamarchuk V., Krychkovskiy V., Skakun M. Study of the efficiency of growing maize for silage for processing into biogas and digestate. *Scientific Horizons*. 2024. 27(1). P. 54-61. DOI: 10.48077/scihor1.2024.54. URL:<https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-27-1-2024>

335. Одосій О. Яким був 2012-2013 маркетинговий рік для зернової галузі. К.: Держзвншісінформ, 2014. С. 12-14.

336. Малярчук М.П., Котельников Д.І., Шепель А.В. Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно за різних способів обробітку ґрунту та удобрення в сівоzmіні на зрошенні. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 65. С. 44-45.

337. Пастернак О. Перспективи кукурудзи в Україні. *Агробізнес сьогодні*. 2015. №7(230). С. 24-29.

338. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи різного рівня інтенсивності. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3. С. 27-34. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107).

339. Технології вирощування сільськогосподарських культур за різних систем землеробства / Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України / За ред. В. Ф. Камінського. Київ: Едельвейс, 2015. С. 190-221.

340. Palamarchuk V., Lohosha R., Skakun M. Economic efficiency of maize cultivation using digestate in Ukraine. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2025. Vol. 11. № 4. P. 357-366. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2025-11-4-357-366>.

ДОДАТКИ

Характеристика метеорологічних умов за 2023-2025 рр.
(за даними Вінницької метеостанції)

Місяць	Декада	Середньомісячна температура повітря, °С				Опади, мм			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середньо-багаторічна	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середньо-багаторічна
Квітень	I	6,1	14,4	4,9	7,5	55,0	3,0	20,0	6,6
	II	9,4	11,4	11,1	7,5	30,0	37,0	2,0	15,3
	III	9,9	10,8	14,9	10,8	7,0	44,0	1,0	15,3
	За місяць	8,5	12,2	10,3	8,6	92,0	84,0	23,0	37,3
Травень	I	11,4	15,0	11,9	11,7	3,0	0,9	40,0	43,3
	II	16,2	13,2	9,8	14,8	0,0	0,0	47,0	43,5
	III	18,2	18,9	15,4	14,6	0,3	23,0	102,0	49,2
	За місяць	15,3	15,7	12,4	13,7	3,3	23,9	189	136,0
Червень	I	18,5	20,7	21,8	18,0	10,0	47,0	16,0	21,2
	II	18,8	20,1	17,7	18,1	43,0	27,0	0,7	21,7
	III	20,5	22,1	18,6	22,1	22,0	7,0	3,0	30,0
	За місяць	19,3	21,0	19,4	21,4	75,0	81,0	19,7	72,5
Липень	I	21,5	23,2	22,7	20,5	36,0	30,0	18,0	17,0
	II	21,7	27,1	20,3	20,2	3,0	22,0	42,0	11,8
	III	20,7	21,0	22,1	21,7	25,0	5,0	43,0	27,7
	За місяць	21,3	23,8	21,7	20,8	64,0	57,0	103,0	56,5
Серпень	I	21,7	21,2	20,6	20,2	17,0	30,0	19,0	9,7
	II	22,5	22,1	18,9	20,3	0,0	3,0	13,0	6,4
	III	23,9	23,1	18,2	19,9	15,0	0,0	11,0	8,4
	За місяць	22,7	22,1	19,2	20,1	32,0	33,0	43,0	32,0
Вересень	I	17,1	20,5	19,8	17,4	28,0	2,0	19,0	2,8
	II	17,9	18,6	16,3	15,6	3,0	20,0	35,0	2,3
	III	18,4	17,3	12,4	12,8	2,0	9,0	19,0	26,0
	За місяць	17,8	18,8	16,2	15,3	33,0	31,0	73,0	31,2
Жовтень	I	11,0	13,6	8,7	11,2	3,0	23,0	37,0	16,3
	II	9,5	8,0	7,8	10,7	20,0	19,0	13,0	7,0
	III	13,7	7,8	8,4	8,6	11,0	1,0	18,0	0,6
	За місяць	11,4	9,8	8,3	10,1	34,0	43,0	68	33,0
В цілому за вегетаційний період		16,6	17,6	15,4	15,7	333,3	352,9	518,7	398,5

**Енергетична оцінка вирощування кукурудзи на зерно залежно від варіанту
удобрення, (середнє за 2023-2025 рр.)**

Назва гібриду	Варіант удобрення	Урожайність зерна, т/га	Вміст енергії у вирощеній продукції (в перерахунку на суху речовину), МДж/га	Загальні затрати енергії на вирощування продукції, МДж/га	Енергетичний коефіцієнт
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	5,36	8115,0	5325,4	1,52
	2	6,93	10492,0	6128,2	1,71
	3	6,04	9144,6	5895,5	1,55
	4	6,44	9750,2	5985,6	1,63
	5	6,02	9114,3	5886,5	1,55
	6	6,72	10174,1	6050,6	1,68
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	5,09	7706,3	5138,2	1,50
	2	7,62	11536,7	6250,8	1,85
	3	6,10	9235,4	5910,5	1,56
	4	6,91	10461,7	6075,6	1,72
	5	5,76	8720,6	5496,4	1,59
	6	6,93	10492,0	6085,7	1,72
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	6,52	9871,3	5768,3	1,71
	2	9,68	14655,5	6515,2	2,25
	3	8,92	13504,9	6440,9	2,10
	4	9,00	13626,0	6470,3	2,11
	5	7,87	11915,2	6375,8	1,87
	6	8,81	13338,3	6458,4	2,07
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	7,74	11718,4	6195,6	1,89
	2	11,40	17259,6	6950,7	2,48
	3	9,73	14731,2	6550,2	2,25
	4	10,26	15533,6	6732,5	2,31
	5	9,05	13701,7	6475,2	2,12
	6	10,34	15654,8	6726,2	2,33
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	7,80	11809,2	6134,7	1,92
	2	10,83	16396,6	6895,1	2,38
	3	9,98	15109,7	6580,3	2,30
	4	10,54	15957,6	6765,4	2,36
	5	9,57	14489,0	6495,7	2,23

	6	10,36	15685,0	6690,2	2,34
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	8,37	12672,2	6350,5	2,00
	2	11,61	17577,5	6937,3	2,53
	3	10,55	15972,7	6765,4	2,36
	4	10,80	16351,2	6890,5	2,37
	5	9,39	14216,5	6450,6	2,20
	6	10,88	16472,3	6900,3	2,39
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	8,60	13020,4	6405,4	2,03
	2	11,41	17274,7	6865,5	2,52
	3	10,46	15836,4	6750,6	2,35
	4	10,49	15881,9	6755,1	2,35
	5	10,26	15533,6	6735,8	2,31
	6	10,75	16275,5	6790,2	2,40
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	8,88	13444,3	6480,5	2,07
	2	11,36	17199,0	6840,2	2,51
	3	10,07	15246,0	6650,4	2,29
	4	10,86	16442,0	6780,5	2,42
	5	9,52	14413,3	6670,9	2,16
	6	10,67	16154,4	6765,2	2,39

Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне дигестатом (60 т/га) + підживлення (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).

**Енергетична оцінка вирощування силосної кукурудзи залежно від
варіанту удобрення, (середнє за 2023-2025 рр.)**

Назва гібриду	Варіант удобрення	Урожайність зеленої маси, т/га	Вміст сухих речовин, %	Вихід сухих речовини, т/га	Вміст енергії у вирощеній продукції (з розрахунку на суху речовину), МДж/га	Загальні затрати енергії на вирощування продукції, МДж/га	Енергетичний коефіцієнт
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	43,68	36,4	15895,2	182794,2	63682,5	2,9
	2	54,63	38,3	20928,8	240680,7	64152,8	3,8
	3	48,95	36,3	17768,9	204341,8	63095,3	3,2
	4	51,85	35,6	18453,4	212214,3	63957,1	3,3
	5	46,24	37,4	17284,5	198771,9	63120,3	3,1
	6	49,07	37,7	18519,0	212968,7	63453,5	3,4
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	46,51	34,3	15952,9	183458,7	62532,5	2,9
	2	56,48	37,8	21355,1	245583,5	64358,2	3,8
	3	53,31	35,2	18775,8	215921,5	64352,1	3,4
	4	54,52	36,5	19916,2	229035,8	64160,3	3,6
	5	47,48	34,8	16542,0	190233,4	63270,2	3,0
	6	50,81	36,7	18637,1	214326,7	64125,3	3,3
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	51,89	31,3	16246,8	186837,7	63067,4	3,0
	2	59,96	33,0	19792,8	227617,2	64675,4	3,5
	3	57,67	31,5	18137,2	208578,0	64356,9	3,2
	4	58,10	32,1	18655,9	214543,0	64534,2	3,3
	5	52,97	31,4	16648,5	191457,4	64168,3	3,0
	6	57,28	32,8	18782,1	215994,3	64390,6	3,4
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	57,16	31,8	18176,9	209034,1	63289,3	3,3
	2	64,26	35,8	23024,4	264780,1	65122,1	4,1
	3	61,84	32,4	20060,9	230700,3	64985,3	3,6
	4	63,40	33,4	21156,6	243300,7	65090,3	3,7
	5	59,17	32,3	19100,1	219650,9	64985,7	3,4
	6	61,47	35,4	21741,9	250032,3	65095,6	3,8
КВС 381	1 (К)	60,37	30,9	18654,3	214524,8	63452,5	3,4

(ФАО 350)	2	68,87	35,7	24552,2	282349,8	66127,3	4,3
	3	65,90	31,5	20771,7	238874,3	65923,4	3,6
	4	67,41	32,8	22083,5	253960,4	65938,1	3,9
	5	62,64	31,1	19493,6	224176,0	65237,2	3,4
	6	66,00	34,1	22519,2	258970,8	65889,4	3,9
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	61,85	30,1	18585,9	213738,1	63480,6	3,4
	2	70,66	33,1	23374,3	268804,8	66932,4	4,0
	3	67,66	31,1	21042,3	241986,0	65930,5	3,7
	4	69,21	32,3	22334,1	256841,8	66876,9	3,8
	5	65,32	31,1	20314,5	233617,0	66132,7	3,5
	6	68,10	32,7	22295,9	256403,3	65990,1	3,9
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	62,71	29,1	18267,4	210075,4	63530,4	3,3
	2	71,43	31,7	22621,9	260151,6	67121,2	3,9
	3	68,00	29,6	20121,2	231393,8	66750,1	3,5
	4	69,78	30,8	21513,2	247401,5	66867,2	3,7
	5	66,89	29,3	19598,8	225385,9	66640,4	3,4
	6	68,84	31,6	21774,1	250402,1	66750,5	3,8
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	64,26	28,8	18513,3	212903,0	64120,6	3,3
	2	72,81	31,4	22891,5	263251,8	67530,8	3,9
	3	71,60	28,9	20685,2	237880,3	67010,4	3,5
	4	71,90	30,0	21570,0	248055,0	67070,7	3,7
	5	70,00	28,8	20167,0	231920,5	66968,5	3,5
	6	71,17	30,3	21593,0	248319,2	67010,3	3,7

Примітка: 1 кг сухої речовини містить 10,24-11,5 МДЖ обмінної енергії; **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне дигестатом (60 т/га) + підживлення (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л / га).

**Енергетична оцінка вирощування гібридів силосної кукурудзи для
отримання біогазу залежно від варіанту удобрення, (за 2024 рік)**

Назва гібриду	Варіант удобрення	Вихід біогазу, тис. м ³ /га	Вихід енергії з біогазу, ГДж/га	Витрати енергії, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності (Ке)
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	6,645	144,9	26,4	5,49
	2	8,725	190,2	27,1	7,02
	3	7,435	162,1	26,7	6,07
	4	7,655	166,9	26,8	6,23
	5	7,092	154,6	26,5	5,83
	6	7,939	173,1	26,9	6,43
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	6,658	145,1	26,5	5,48
	2	9,030	196,9	27,7	7,11
	3	7,872	171,6	26,8	6,40
	4	8,395	183,0	27	6,78
	5	6,860	149,5	26,5	5,64
	6	7,935	173,0	26,9	6,43
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	6,722	146,5	26,7	5,49
	2	8,305	181,0	26,9	6,73
	3	7,597	165,6	26,7	6,20
	4	7,787	169,8	26,8	6,33
	5	6,815	148,6	26,5	5,61
	6	7,851	171,2	26,9	6,36
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	7,597	165,6	26,8	6,18
	2	9,572	208,7	27,3	7,64
	3	8,386	182,8	26,9	6,80
	4	8,820	192,3	27,0	7,12
	5	7,972	173,8	26,8	6,48
	6	9,220	201,0	27,2	7,39
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	7,771	169,4	26,9	6,30
	2	10,111	220,4	27,5	8,02
	3	8,510	185,5	26,9	6,90
	4	9,124	198,9	27,1	7,34
	5	8,084	176,2	26,8	6,58
	6	9,475	206,6	27,3	7,57

КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	7,724	168,4	26,8	6,28
	2	9,620	209,7	27,4	7,65
	3	8,573	186,9	27,2	6,87
	4	9,153	199,5	27,3	7,31
	5	8,380	182,7	27,1	6,74
	6	9,335	203,5	27,2	7,48
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	7,587	165,4	26,6	6,22
	2	9,271	202,1	27,3	7,40
	3	8,264	180,2	26,8	6,72
	4	8,787	191,6	26,9	7,12
	5	8,022	174,9	26,8	6,53
	6	9,082	198,0	27,1	7,31
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	7,625	166,2	26,8	6,20
	2	9,353	203,9	27,5	7,41
	3	8,435	183,9	26,8	6,86
	4	8,785	191,5	26,9	7,12
	5	8,204	178,8	26,8	6,67
	6	8,959	195,3	27,4	7,13

*Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – Контроль (без добрив); 2 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га) + передпосівне дигестатом (60 т/га) + підживлення (60 т/га); 3 – Підживлення дигестатом (60 т/га); 4 – Передпосівне удобрення дигестатом (60 т/га); 5 – Основне удобрення дигестатом (60 т/га); 6 – Внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л/га).*

Дисперсійний аналіз даних таблиці 3.5
**Вплив системи удобрення на лінійних розміри рослин досліджуваних
 гібридів кукурудзи, см**

Результати дисперсійного аналізу висоти рослин за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	89414,97	46	1943,803682	153,9411	2,84E-70	1,501318
Стовпці	30,44213	2	15,22106383	1,205444	0,304246	3,095433
Похибка	1161,678	92	12,6269334			
Всього	90607,09	140				

Результати дисперсійного аналізу висоти рослин за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	108475,6	46	2358,16563	190,9587	1,67E-74	1,501318
Стовпці	3,52383	2	1,76191489	0,142676	0,867227	3,095433
Похибка	1136,116	92	12,3490888			
Всього	109615,3	140				

Результати дисперсійного аналізу висоти рослин за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	75522,51	46	1641,793799	112,023	4,607E-64	1,501318
Стовпці	61,0478	2	30,52390071	2,08271	0,1304275	3,095433
Похибка	1348,339	92	14,65585723			
Всього	76931,9	140				

Результати дисперсійного аналізу висоти кріплення качанів за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	28108,52	46	611,0548289	76,46585	1,13E-56	1,501318
Стовпці	0,348511	2	0,174255319	0,021806	0,978435	3,095433
Похибка	735,1915	92	7,991211841			
Всього	28844,06	140				

Результати дисперсійного аналізу висоти кріплення качанів за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	22462,23	46	488,309334	76,53524	1,09E-56	1,501318
Стовпці	5,955887	2	2,977943262	0,466748	0,628514	3,095433
Похибка	586,9774	92	6,380189639			
Всього	23055,16	140				

Результати дисперсійного аналізу висоти кріплення качанів за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	23295,56	46	506,425174	62,50611	8,21E-53	1,501318
Стовпці	16,43504	2	8,21751773	1,014257	0,366691	3,095433
Похибка	745,385	92	8,10201048			
Всього	24057,38	140				

Дисперсійний аналіз даних таблиці 3.6
Вплив варіантів удобрення на формування площі листової поверхні у гібридів
кукурудзи, тис. м²/га

Результати дисперсійного аналізу за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	6357,848	46	138,2140795	65,46322	1,08E-53	1,501318
Стовпці	0,932112	2	0,466056028	0,220741	0,802348	3,095433
Похибка	194,2418	92	2,111324144			
Всього	6553,022	140				

Результати дисперсійного аналізу за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	4308,473	46	93,6624528	52,95729	1,16E-49	1,501318
Стовпці	4,398384	2	2,1991922	1,243436	0,293192	3,095433
Похибка	162,715	92	1,76864147			
Всього	4475,586	140				

Результати дисперсійного аналізу за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	6206,093	46	134,9150632	92,13156	2,87E-60	1,501318
Стовпці	5,157589	2	2,578794326	1,761022	0,177613	3,095433
Похибка	134,7224	92	1,464374036			
Всього	6345,973	140				

Дисперсійний аналіз даних таблиці 3.7
Маса листків з однієї рослини у гібридів кукурудзи залежно від варіанту
удобрення, г (за 2023 р.)

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	199281,2	46	4332,200503	624,4454	5,81E-98	1,501318
Стовпці	6,533759	2	3,266879433	0,47089	0,625943	3,095433
Похибка	638,2662	92	6,937676534			
Всього	199926	140				

Результати дисперсійного аналізу за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	136892,8	46	2975,929997	411,3246	1,14E-89	1,501318
Стовпці	2,887376	2	1,443687943	0,199542	0,819459	3,095433
Похибка	665,6193	92	7,234992291			
Всього	137561,3	140				

Результати дисперсійного аналізу за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	199727,4	46	4341,900759	578,0506	1,99E-96	1,501318
Стовпці	69,46213	2	34,73106383	4,623853	0,012205	3,095433
Похибка	691,0379	92	7,511281221			
Всього	200487,9	140				

Дисперсійний аналіз даних таблиці 3.8
**Характеристика маси качана у гібридів кукурудзи різних груп
 стиглості залежно від варіанту удобрення, г**

Результати дисперсійного аналізу маси качана з обгортками за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	498232,8	46	10831,14824	367,6976	1,9E-87	1,501318
Стовпці	79,88596	2	39,94297872	1,355991	0,262793	3,095433
Похибка	2710,014	92	29,45667438			
Всього	501022,7	140				

Результати дисперсійного аналізу маси качана з обгортками за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	837101,5	46	18197,8596	796,5721	8,3E-103	1,501318
Стовпці	1,920426	2	0,96021277	0,042031	0,958858	3,095433
Похибка	2101,76	92	22,8452128			
Всього	839205,2	140				

Результати дисперсійного аналізу маси качана з обгортками за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	494198,9	46	10743,4551	844,6529	5,7E-104	1,501318
Стовпці	14,0044	2	7,00219858	0,550514	0,578541	3,095433
Похибка	1170,182	92	12,7193725			
Всього	495383,1	140				

Результати дисперсійного аналізу маси качана без обгортки за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	349950,8	46	7607,626614	801,4939	6,3E-103	1,501318
Стовпці	78,51362	2	39,25680851	4,135862	0,019056	3,095433
Похибка	873,2464	92	9,491808511			
Всього	350902,6	140				

Результати дисперсійного аналізу маси качана без обгортки за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	469389,6	46	10204,12259	798,7771	7,3E-103	1,501318
Стовпці	6,662695	2	3,331347518	0,260777	0,77102	3,095433
Похибка	1175,271	92	12,77468085			
Всього	470571,6	140				

Результати дисперсійного аналізу маси качана без обгортки за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	352175,1	46	7655,979488	620,131	7,98E-98	1,501318
Стовпці	7,418014	2	3,709007092	0,300428	0,741225	3,095433
Похибка	1135,809	92	12,34574622			
Всього	353318,3	140				

Дисперсійний аналіз даних таблиці 3.9
**Характеристика маси стебла у гібридів кукурудзи залежно від системи
 удобрення, г**

Результати дисперсійного аналізу за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	468733,2	46	10189,85212	1159,815	2,7E-110	1,501318
Стовпці	25,73716	2	12,86858156	1,46471	0,236484	3,095433
Похибка	808,2895	92	8,785755473			
Всього	469567,2	140				

Результати дисперсійного аналізу за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	476036,8	46	10348,62534	1330,484	5E-113	1,501318
Стовпці	20,09589	2	10,04794326	1,291827	0,279705	3,095433
Похибка	715,5841	92	7,77808819			
Всього	476772,4	140				

Результати дисперсійного аналізу за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	477487,1	46	10380,15432	1278,362	3,2E-112	1,501318
Стовпці	17,43035	2	8,715177305	1,073313	0,346116	3,095433
Похибка	747,0296	92	8,11988745			
Всього	478251,6	140				

Дисперсійний аналіз даних таблиці 3.10
**Вплив системи удобрення на стійкість кукурудзи до пухирчастої сажки та
стеблового метелика, %**

Результати дисперсійного аналізу кількості рослин уражених пухирчастою сажкою
за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	3133,657	46	68,1229787	37,16949	4,84E-43	1,501318
Стовпці	4,638865	2	2,31943262	1,265537	0,286952	3,095433
Похибка	168,6145	92	1,83276596			
Всього	3306,91	140				

Результати дисперсійного аналізу за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	5955,604	46	129,4696577	50,5051	9,08E-49	1,501318
Стовпці	18,0783	2	9,039148936	3,526101	0,033457	3,095433
Похибка	235,8417	92	2,563496762			
Всього	6209,524	140				

Результати дисперсійного аналізу за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	2594,867	46	56,41016035	49,40749	2,36E-48	1,501318
Стовпці	2,907234	2	1,453617021	1,273167	0,284829	3,095433
Похибка	105,0394	92	1,141732963			
Всього	2702,814	140				

Результати дисперсійного аналізу кількості рослин пошкоджених стебловим
кукурудзяним метеликом за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	1897,462	46	41,24916435	64,15446	2,62E-53	1,501318
Стовпці	0,840426	2	0,420212766	0,653553	0,522592	3,095433
Похибка	59,15291	92	0,642966389			
Всього	1957,455	140				

Результати дисперсійного аналізу за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	1915,698	46	41,64559975	45,73588	6,66E-47	1,501318
Стовпці	4,767801	2	2,383900709	2,618039	0,078375	3,095433
Похибка	83,7722	92	0,910567376			
Всього	2004,238	140				

Результати дисперсійного аналізу за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	1897,496	46	41,24991674	50,35477	1,03E-48	1,501318
Стовпці	1,508227	2	0,754113475	0,920564	0,401931	3,095433
Похибка	75,36511	92	0,819185939			
Всього	1974,37	140				

Дисперсійний аналіз даних таблиці 4.1
Вплив системи удобрення на формування кількості обгорток та довжини ніжки качана

Результати дисперсійного аналізу кількості обгорток за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	203,1888	46	4,417147703	10,0514	1,07E-20	1,501318
Стовпці	0,223404	2	0,111702128	0,254183	0,776093	3,095433
Похибка	40,42993	92	0,439455751			
Всього	243,8421	140				

Результати дисперсійного аналізу кількості обгорток за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	305,2365	46	6,635575085	16,84502	5,55E-29	1,501318
Стовпці	1,632766	2	0,816382979	2,072463	0,131713	3,095433
Похибка	36,24057	92	0,393919211			
Всього	343,1098	140				

Результати дисперсійного аналізу кількості обгорток за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	194,0841	46	4,219219858	16,15382	2,81E-28	1,501318
Стовпці	0,157163	2	0,07858156	0,300859	0,740907	3,095433
Похибка	24,0295	92	0,261190256			
Всього	218,2708	140				

Результати дисперсійного аналізу довжини ніжки качанів за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	386,2295	46	8,396293555	30,71035	1,53E-39	1,501318
Стовпці	0,04695	2	0,023475177	0,085863	0,917793	3,095433
Похибка	25,15305	92	0,273402714			
Всього	411,4295	140				

Результати дисперсійного аналізу довжини ніжки качанів за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	279,3129	46	6,072019735	18,09653	3,38E-30	1,501318
Стовпці	0,31078	2	0,155390071	0,463111	0,630782	3,095433
Похибка	30,86922	92	0,335534998			
Всього	310,4929	140				

Результати дисперсійного аналізу довжини ніжки качанів за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	281,1399	46	6,111736047	21,60481	2,92E-33	1,501318
Стовпці	1,74766	2	0,873829787	3,088963	0,050304	3,095433
Похибка	26,02567	92	0,282887758			
Всього	308,9132	140				

Дисперсійний аналіз даних таблиці 4.2
**Вплив системи удобрення на формування кількості рядів зерен та
 кількості зерен в ряду в кукурудзи, шт.**

Результати дисперсійного аналізу кількості рядів зерен на качані за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	73,97886525	46	1,608236201	70,8918	3,22E-55	1,501318
Стовпці	0,052907801	2	0,026453901	1,1661	0,316142	3,095433
Похибка	2,087092199	92	0,022685785			
Всього	76,11886525	140				

Результати дисперсійного аналізу кількості рядів зерен на качані за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	65,63702128	46	1,426891767	56,71888	5,79E-51	1,501318
Стовпці	0,005531915	2	0,002765957	0,109947	0,895999	3,095433
Похибка	2,314468085	92	0,025157262			
Всього	67,95702128	140				

Результати дисперсійного аналізу кількості рядів зерен на качані 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	71,60652482	46	1,5566636	60,81875	2,73E-52	1,501318
Стовпці	0,011914894	2	0,0059574	0,232757	0,792811	3,095433
Похибка	2,354751773	92	0,0255951			
Всього	73,97319149	140				

Результати дисперсійного аналізу кількості зерен в ряду 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	1651,681844	46	35,90612704	21,74363	2,26E-33	1,501318
Стовпці	0,136737589	2	0,068368794	0,041402	0,959461	3,095433
Похибка	151,9232624	92	1,651339809			
Всього	1803,741844	140				

Результати дисперсійного аналізу кількості зерен в ряду 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	1312,979149	46	28,54302498	18,12128	3,2E-30	1,501318
Стовпці	3,003120567	2	1,501560284	0,953304	0,389239	3,095433
Похибка	144,9102128	92	1,575111008			
Всього	1460,892482	140				

Результати дисперсійного аналізу кількості зерен в ряду 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	1604,649504	46	34,88368486	22,08095	1,21E-33	1,501318
Стовпці	0,757588652	2	0,378794326	0,239772	0,787297	3,095433
Похибка	145,3424113	92	1,579808819			
Всього	1750,749504	140				

Дисперсійний аналіз даних таблиці 4.3
**Маса 1000 зерен та рівень передзбиральної вологості зерна кукурудзи
 залежно від системи удобрення**

Результати дисперсійного аналізу маси 1000 зерен за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	177547	46	3859,726972	106,533	4,4E-63	1,50132
Стовпці	94,8976	2	47,44879433	1,30964	0,2749	3,09543
Похибка	3333,19	92	36,23031607			
Всього	180976	140				

Результати дисперсійного аналізу маси 1000 зерен за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	113914,6	46	2476,404147	89,31125	1,15E-59	1,501318
Стовпці	43,8027	2	21,90134752	0,78987	0,456957	3,095433
Похибка	2550,957	92	27,72779679			
Всього	116509,4	140				

Результати дисперсійного аналізу маси 1000 зерен за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	178409,2	46	3878,461736	157,8817	9,08E-71	1,501318
Стовпці	3,136596	2	1,568297872	0,063841	0,938196	3,095433
Похибка	2260,037	92	24,56561671			
Всього	180672,4	140				

Результати дисперсійного аналізу передзбиральної вологості зерна за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	3433,664	46	74,64487203	103,3936	1,67E-62	1,501318
Стовпці	4,087376	2	2,043687943	2,830793	0,064113	3,095433
Похибка	66,41929	92	0,721948813			
Всього	3504,171	140				

Результати дисперсійного аналізу передзбиральної вологості зерна за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	1012,948	46	22,02061055	45,10907	1,21E-46	1,501318
Стовпці	0,10227	2	0,051134752	0,104749	0,900658	3,095433
Похибка	44,91106	92	0,488163737			
Всього	1057,961	140				

Результати дисперсійного аналізу передзбиральної вологості зерна за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	2401,326	46	52,20273204	90,18187	7,44E-60	1,501318
Стовпці	0,171489	2	0,085744681	0,148127	0,862527	3,095433
Похибка	53,25518	92	0,578860623			
Всього	2454,752	140				

Дисперсійний аналіз даних таблиці 4.4
Маса стрижня качана та його вологість у гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення

Результати дисперсійного аналізу маси стрижня качана за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	9643,331	46	209,6376287	282,1261	3,33E-82	1,501318
Стовпці	1,851489	2	0,925744681	1,245849	0,292504	3,095433
Похибка	68,36184	92	0,743063521			
Всього	9713,544	140				

Результати дисперсійного аналізу маси стрижня качана за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	10358,66	46	225,1882578	248,8518	1,01E-79	1,501318
Стовпці	0,301702	2	0,150851064	0,166703	0,846706	3,095433
Похибка	83,25163	92	0,904909035			
Всього	10442,21	140				

Результати дисперсійного аналізу маси стрижня качана за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	9578,512	46	208,2285291	200,4971	1,83E-75	1,501318
Стовпці	2,385674	2	1,192836879	1,148547	0,321601	3,095433
Похибка	95,54766	92	1,038561517			
Всього	9676,446	140				

Результати дисперсійного аналізу вологості стрижня качана за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	3342,305	46	72,65879741	89,59018	9,98E-60	1,501318
Стовпці	4,700142	2	2,350070922	2,897698	0,0602	3,095433
Похибка	74,61319	92	0,811012951			
Всього	3421,618	140				

Результати дисперсійного аналізу вологості стрижня качана за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	4708,912	46	102,3676596	122,113	9,62E-66	1,501318
Стовпці	0,909504	2	0,454751773	0,542467	0,58316	3,095433
Похибка	77,12383	92	0,838302498			
Всього	4786,946	140				

Результати дисперсійного аналізу вологості стрижня качана за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	3272,556	46	71,14252544	101,3616	4,05E-62	1,501318
Стовпці	0,621418	2	0,31070922	0,442689	0,643668	3,095433
Похибка	64,57191	92	0,70186864			
Всього	3337,75	140				

Дисперсійний аналіз даних таблиці 4.5
Урожайність зерна та зеленої маси гібридів кукурудзи залежно від
варіанту удобрення, т/га

Результати дисперсійного аналізу урожайності зеленої маси за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	7866,352	46	171,0076549	31,55968	4,88E-40	1,501318
Стовпці	3,837536	2	1,918768085	0,354111	0,702749	3,095433
Похибка	498,5065	92	5,418549245			
Всього	8368,696	140				

Результати дисперсійного аналізу урожайності зеленої маси за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	9129,712	46	198,4719961	67,31564	3,15E-54	1,501318
Стовпці	4,397559	2	2,198779433	0,745759	0,47722	3,095433
Похибка	271,2508	92	2,948378708			
Всього	9405,36	140				

Результати дисперсійного аналізу урожайності зеленої маси за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	8274,267	46	179,8753735	54,90831	2,39E-50	1,501318
Стовпці	18,69046	2	9,345228369	2,852701	0,062804	3,095433
Похибка	301,3849	92	3,275922572			
Всього	8594,343	140				

Результати дисперсійного аналізу урожайності зерна за 2023 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	555,3966	46	12,0738383	171,7829	2E-72	1,501318
Стовпці	0,03234	2	0,016170213	0,230065	0,794938	3,095433
Похибка	6,46626	92	0,07028543			
Всього	561,8952	140				

Результати дисперсійного аналізу урожайності зерна за 2024 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	337,6181	46	7,339524391	64,84073	1,64E-53	1,501318
Стовпці	0,270566	2	0,135282979	1,195152	0,307313	3,095433
Похибка	10,41377	92	0,113193124			
Всього	348,3025	140				

Результати дисперсійного аналізу урожайності зерна за 2025 р.

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P - значення	F критичне
Рядки	527,1275	46	11,45929417	94,76994	8,15E-61	1,501318
Стовпці	0,037772	2	0,018885816	0,156188	0,855624	3,095433
Похибка	11,12436	92	0,120916975			
Всього	538,2897	140				

Мікробіологічний аналіз ґрунту



Мікробіо Лаба

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ № MS-04 від 03.12.2024

Замовник (назва, адреса)	Вінницький національний аграрний університет, м.Вінниця, вул.Сонячна, 3, ЄДРПОУ 00497236		
Контактна особа (ПІБ, тел., e-mail)	Цицюра Я.Г., +380 (67) 585 40 08		
Супровідні документи	Відсутні	Дата одержання зразків	05.11.2024
Об'єкт досліджень	ґрунт	Період проведення випробувань	05.11.2024-02.12.2024

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ¹

Код зразка S01405 Назва зразка Зразок ґрунту 1 ТОВ «ОРГАНІК Д» застосування дигестану

Показник, одиниці вимірювання	Результат випробувань	НД на метод випробувань
Визначення швидкості мікробного дихання ґрунту		
Базальне дихання, мгСО ₂ /кг ґрунту/год	12,1	М.ЦЛДР 7.2-02-14
Субстрат-індуковане дихання, мгСО ₂ /кг ґрунту/год	25,3	
Коефіцієнт мікробного дихання	0,47	
Мікробна біомаса, г/кг ґрунту	12,1	
Визначення еколого-функціональних груп ґрунтових мікроорганізмів		
Олігонітрофільні та азотфіксувальні бактерії, КУО/г	5,75×10 ⁷	М.ЦЛДР 7.2-02-13
Фосфатмобілізувальні бактерії, КУО/г	1,67×10 ⁶	
Стрептоміцети, КУО/г	8,63×10 ⁶	
Педотрофи, КУО/г	4,83×10 ⁷	
Амоніфікатори, КУО/г	1,84×10 ⁷	
Амліолітичні бактерії, КУО/г	3,74×10 ⁷	
Оліготрофи, КУО/г	8,28×10 ⁶	
Мікроміцети, КУО/г	2,76×10 ⁵	
Целюлозолітичні бактерії, КУО/г	1,15×10 ⁴	
Целюлозолітичні мікроміцети, КУО/г	1,61×10 ⁴	
Нітрифікатори, КУО/г	9,5×10 ⁵	
Санітарний стан ґрунту		
<i>Salmonella spp.</i>	Не виявлено	М.ЦЛДР 7.2-02-07
<i>Clostridium perfringens</i>	Не виявлено	М.ЦЛДР 7.2-02-12
Бактерії групи кишкової палички, КУО/г	1,0×10 ⁵	М.ЦЛДР 7.2-02-07

¹Результати випробувань стосуються тільки зразків, які піддавались випробуванням, у тому вигляді, у якому їм було отримано.

Назва зразків вказана згідно заявки на випробування Ф.ЦЛДР 7.1-01 «Заявка на проведення випробувань».

Протокол випробувань – це цілісний документ, який може бути відтворений повністю або частково лише з дозволу ВИПРОБУВАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ ТОВ «ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА РОЗРОБОК «МІКРОБІО ЛАБА».

СЕРТИФІКАТ ВИЗНАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ № ПТ-286/24 від 01.10.2024 р.

www.microbiolaba.com

ВИПРОБУВАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ

Сторінка 1 з 6

lab@microbiolaba.com

ТОВ «ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА РОЗРОБОК
«МІКРОБІО ЛАБА»

+38 (098) 007 3 007

65490, Україна, Одеська обл., м. Теплодар, вул. Кордонна, 7

Ф.ЦЛДР 7.8-03, редакція 02
від 03.10.2024



Мікробіо Лаба

Код зразка S01405 Назва зразка Зразок ґрунту 1 ТОВ «ОРГАНІК Д» застосування дигестану

Показник, одиниці вимірювання	Результат випробувань	НД на метод випробувань
<i>Escherichia coli</i>	Не виявлено	М.ЦЛДР 7.2-02-07
Термофільні бактерії, КУО/г	$2,0 \times 10^4$	М.ЦЛДР 7.2-02-08
Токсичність ґрунту до мікроорганізмів	Не виявлено	М.ЦЛДР 7.2-02-11

Код зразка S01406 Назва зразка Зразок ґрунту 2 ТОВ «ОРГАНІК Д» без застосування дигестану

Показник, одиниці вимірювання	Результат випробувань	НД на метод випробувань
Визначення швидкості мікробного дихання ґрунту		
Базальне дихання, мгСО ₂ /кг ґрунту/год	11,0	М.ЦЛДР 7.2-02-14
Субстрат-індуковане дихання, мгСО ₂ /кг ґрунту/год	38,5	
Коефіцієнт мікробного дихання	0,29	
Мікробна біомаса, г/кг ґрунту	25,33	
Визначення еколого-функціональних груп ґрунтових мікроорганізмів		
Олігонітрофільні та азотфіксувальні бактерії, КУО/г	$3,82 \times 10^7$	М.ЦЛДР 7.2-02-13
Фосфатмобілізувальні бактерії, КУО/г	$5,11 \times 10^8$	
Стрептоміцети, КУО/г	$7,48 \times 10^6$	
Педотрофи, КУО/г	$7,48 \times 10^7$	
Амоніфікатори, КУО/г	$3,28 \times 10^7$	
Амліолітичні бактерії, КУО/г	$8,11 \times 10^7$	
Оліготрофи, КУО/г	$1,26 \times 10^7$	
Мікроміцети, КУО/г	$2,59 \times 10^5$	
Целюлозолітичні бактерії, КУО/г	$2,82 \times 10^4$	
Целюлозолітичні мікроміцети, КУО/г	$3,16 \times 10^4$	
Нітрифікатори, КУО/г	$9,5 \times 10^5$	
Санітарний стан ґрунту		
<i>Salmonella spp.</i>	Не виявлено	М.ЦЛДР 7.2-02-07
<i>Clostridium perfringens</i>	Не виявлено	М.ЦЛДР 7.2-02-12
Бактерії групи кишкової палички, КУО/г	$4,31 \times 10^5$	М.ЦЛДР 7.2-02-07
<i>Escherichia coli</i>	Не виявлено	М.ЦЛДР 7.2-02-07
Термофільні бактерії, КУО/г	$1,96 \times 10^4$	М.ЦЛДР 7.2-02-08
Токсичність ґрунту до мікроорганізмів	Не виявлено	М.ЦЛДР 7.2-02-11

СЕРТИФІКАТ ВИЗНАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ № ПТ-286/24 від 01.10.2024 р.

www.microbiolaba.com

ВИПРОБУВАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ

Сторінка 2 з 6

lab@microbiolaba.com

ТОВ «ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА РОЗРОБОК
«МІКРОБІО ЛАБА»

Ф.ЦЛДР 7.8-03, редакція 02
від 03.10.2024

+38 (098) 007 3 007

65490, Україна, Одеська обл., м. Теплодар, вул. Кордонна, 7

Україна
Фермерське господарство
«ВЕЛЕС ВІТА»

вулиця Першотравнева, будинок 33 с. Попелюхи Могилів - Подільський район Вінницька область 23434 Тел. факс (04356) 37331 velesvita@ukr.net	Код ЄДРПОУ 35718077 ПІН 357180702131 Свідоцтво № 200040724 р/р UA473003350000000260082197473 в «Райффайзен Банк м. Київ» МФО 300335
---	---

вих № 150 від 04.12.2025

Довідка № 65
про впровадження завершеної науково-технічної розробки

Впродовж 2024-2025 років у господарстві було проведено впровадження результатів завершеної НТР «Удосконалення системи удобрення гібридів силосної кукурудзи на основі використання дигестату в умовах Лісостепу правобережного». Авторами даного дослідження були аспірант кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету Скакун Михайло Васильович та доктор с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету Паламарчук Віталій Дмитрович. Дослідження стосувалися використання оптимізованої системи удобрення зернової та силосної кукурудзи у сучасних технологіях вирощування із використанням дигестату біогазових станцій. Загальна площа впровадження становила 350 га.

За результатами проведених досліджень встановлено високу ефективність внесення дигестату біогазових станцій, у три строки (основне, передпосівне удобрення та підживлення) нормою 60 т/га в технології вирощування кукурудзи, при цьому приріст урожайності зеленої маси становив 5,1-10,6 т/га зернової маси – 2,3-3,6 т/га, а рівень рентабельності зростав на 35-45 %, особливо за відмови від застосування синтетичних добрив.

Встановлено, що внесення дигестату не лише збільшує урожайність зеленої маси та основної продукції кукурудзи, але й сприяє покращенню накопичення пластичних речовин в продукції, що істотно розширює можливість переробки такої продукції для отримання біотанолу та біогазу. Також відмічено позитивний вплив застосування дигестату на мікробіологічний, механічний та агрохімічний склад ґрунту, зростання інтенсивності накопичення у ньому органічного вуглецю.

Голова ФГ «Велес Віта»

Струсевич П.П.



**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ТОВАРИСТВО З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ПИСАРІВКА»**

24535 с. Писарівка, Могилів-Подільський район, Вінницької області, код ЄДРПОУ
03729641, ІПН 037296402273, св. № 200094763 Р/р І А423005280000026004000014362 АГ
ОТП БАНК" м. Київ МФО 300528

Тел. (0686998840),

E – mail: Pisarevka@meta.ua

Довідка №1

від 10.12.2025 р.

про впровадження завершеної науково-технічної розробки

В 2024-2025 рр. у господарстві СГОВ «Писарівка» в технологіях вирощування зернової та силосної кукурудзи запроваджувалася оптимізована система удобрення, яка передбачала використання дигестату, мінеральних добрив та мікроелементів, що розроблена в межах наукового дослідження «Удосконалення системи удобрення гібридів силосної кукурудзи на основі використання дигестату в умовах Лісостепу правобережного». Розробниками оптимізованої системи удобрення кукурудзи були аспірант кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету Скакун Михайло Васильович та доктор с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету Пашмарчук Віталій Дмитрович. Впроваджена система удобрення сприяє зростанню рівня продуктивності кукурудзи. Загальна площа впровадження становила 25 га, приріст урожайності зеленої маси склав 8,5-10,9 т/га, а зернової маси - 2,7-3,4 т/га.

В результаті вирощування зернової та силосної кукурудзи із використанням розробленої системи удобрення в господарстві спостерігаються не лише зростання урожайності, але й поліпшення якості отримуваної продукції. Крім того використання дигестату може розглядатися, як високоєфективне альтернативне застосуванню дорогіших синтетичних добрив.

Директор СГОВ «Писарівка»



Корець В.Ф.

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ПЛЕМІННИЙ ЗАВОД
«УКРАЇНА»

22510, Вінницька область, Липовецький район, село Костянтинівка, вул.
Котлобитальна,
код ЄДРПОУ 20102139

Довідка №59
Від 12.12.2025 р
про впровадження результатів НТР

Результати дисертаційного дослідження Скакуна М.В. «Удосконалення системи удобрення гібридів силосної кукурудзи на основі використання дигестату в умовах Лісостепу правобережного» у 2024-2025 рр. впроваджено у виробничу діяльність ТОВ «Племінний завод Україна» с. Костянтинівка, Липовецького району Вінницької області на площі 25 га, у технологічний процес вирощування кукурудзи на зерно та силос. Запровадження розробленої системи використання добрив дозволяє додатково отримувати 8,8-11,3 т/га зеленої маси, 2,6-3,5 т/га зерна кукурудзи, порівняно із контрольним варіантом (без добрив) та істотно покращити якісні показники продукції, що істотно розширює напрямок використання отриманої продукції особливо для отримання альтернативних видів палив.

Крім того використання дигестату у технологіях вирощування кукурудзи забезпечило підвищення рівня рентабельності самої технології та знизило собівартість отриманої продукції за рахунок зменшення використання дороговартісних синтетичних добрив.

Директор ТОВ
ЩУК Валдим



«Племінний завод «Україна»

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АРЧІ»

Юридична адреса: 22162, с. Михайлин вул. Миру, 72, Хмельницький район,
Вінницька область,
рах. IBAN: UA 81380805000000026004411303
в АТ „Райффайзен Банк“ м. Київ, МФО 380805
Код ЄДРПОУ 32745862, ІПН 327458602082

Довідка №145

від 18.11.2025

про впровадження завершеної науково-технічної розробки

В господарстві ТОВ «АРЧІ» впродовж 2024-2025 рр. запроваджувалися оптимізована система удобрення зернової кукурудзи, яка передбачала використання дигестату, мінеральних добрив та мікроелементів, яка розроблена в межах наукового дослідження «Удосконалення системи удобрення гібридів силосної кукурудзи на основі використання дигестату в умовах Лісостепу правобережного». Дослідження проведені аспірантом кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету Скакуном Михайлом Васильовичем та доктором с.-г. наук, доцентом кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету Панамарчуком Віталієм Дмитровичем показали високу ефективність для реалізації генетичного потенціалу продуктивності кукурудзи використання дигестату біогазових станцій, особливо при його внесенні у три строки (основне, передпосівне удобрення та підживлення) поромою 60 т/га. Загальна площа впровадження становила 200 га, приріст урожайності зернової маси – 3,1—3,8 т/га. При цьому рентабельність виробництва зростала на 30-40%.

В результаті вирощування зернової кукурудзи із використанням розробленої системи удобрення, в господарстві спостерігалося не лише зростання урожайності, але й підвищення якості отримуваної продукції. Крім того використання дигестату може розглядатися, як високоєфективна альтернатива застосуванню дороговартісних синтетичних добрив.

Директор ТОВ «АРЧІ»



Олександр Щелінський

ПРИВАТНЕ АКЦІОНАРНЕ ТОВАРИСТВО «ПЛЕМЗАВОД
«ЛІТИНСЬКИЙ»
код за ЄДРПОУ 00846180
22343, Вінницька область, Вінницький р-н, с.Громадське, вул. Центральна, будинок № 1

АКТ

впровадження завершеної науково-технічної розробки

1. Назва науково-дослідної установи: Вінницький національний аграрний університет, кафедра рослинництва та садівництва.

2. Назва впроваджені НТР: Удосконалення системи удобрення гібридів силосної кукурудзи на основі використання дигестату в умовах Лісостепу правобережного.

3. Автори впроваджені НТР: Скакун Михайло Васильович - аспірант кафедри рослинництва та садівництва, Вінницького національного аграрного університету та Паламарчук Віталій Дмитрович - доктор с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та садівництва, Вінницького національного аграрного університету.

4. Впровадження проводилось: повна назва господарства та його адреса ПрАТ «Племзавод «Літинський» Вінницького району, Вінницької області с.Громадське.

5. Відповідальні за проведення впровадження:

- від Вінницького національного аграрного університету: Скакун Михайло Васильович - аспірант кафедри рослинництва та садівництва
- від господарства ПрАТ «Племзавод «Літинський» Майданюк В.М.- агроном.

6. Умови проведення впровадження: агролітнина зона - Лісостеп, ґрунти - сірі лісові.

7. Обсяг впровадження: кукурудза на зерно - 100 га, кукурудза на силос - 100 га.

8. Період впровадження: 2024-2025 рр.

9. Результати впровадження: Збільшення урожайності зеленої маси на 9-12 т/га та на 2-4 т/га зернової маси кукурудзи, за одночасного поліпшення хімічних властивостей отриманої продукції, що істотно розширює можливості її переробки для отримання біогазу та біоетанолу.

10. Рекомендації виробництву: Для отримання високого рівня продуктивності зеленої маси (55-70 т/га) та зерна (10-14 т/га) кукурудзи і покращення якості отриманої продукції необхідно застосовувати трьохразове внесення дигестату в основне, передпосівне удобрення та підживлення, нормою по 60 т/га.

Представник ВНАУ

аспірант _____ Скакун М.В.

Агроном



Майданюк В.М.

Товариство з обмеженою відповідальністю



30602, Хмельницька область, селище Теофіполь, вул. Небесної Сотні, 37В
 Тел.: + 38 (03844) 2-01-55, Факс: + 38 (03844) 2-01-55, E-mail: ukraine2001.teof@meta.ua
 Web сайт: www.ukraine-2001.net, код ЄДРПОУ 35080933, ІПН 350809322176

Вих. № 706 від 30.12.2025р.

Довідка № 1

про впровадження завершеної науково-технічної розробки

Впродовж 2024-2025 років у господарстві ТОВ «Україна 2001» було проведено впровадження результатів завершеної НТР «Удосконалення системи удобрення гібридів силосної кукурудзи на основі використання дигестату в умовах Лісостепу правобережного». Авторами даного дослідження були аспірант кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету Скакун Михайло Васильович та доктор с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету Паламарчук Віталій Дмитрович. Дослідження стосувалися використання оптимізованої системи удобрення зернової та силосної кукурудзи у сучасних технологіях вирощування із використанням дигестату біогазових станцій. Загальна площа впровадження становила 350 га.

За результатами проведених досліджень встановлено високу ефективність внесення дигестату біогазових станцій, у три строки (основне, передпосівне удобрення та підживлення) нормою 60 т/га в технології вирощування кукурудзи, при цьому приріст урожайності зеленої маси становив 5,1-10,6 т/га та зернової маси — 2,3-3,6 т/га, а рівень рентабельності зростав на 35-45%, особливо за відмови від застосування синтетичних добрив.

Встановлено, що внесення дигестату не лише збільшує урожайність зеленої маси та основної продукції кукурудзи, але й сприяє покращенню накопичення пластичних речовин в продукції, що істотно розширює можливість переробки такої продукції для отримання біоетанолу та біогазу. Також відмічено позитивний вплив застосування дигестату на мікробіологічних, механічний та агрохімічний склад ґрунту, зростання інтенсивності накопичення у ньому органічного вуглецю.

Директор товариства



Камінський Олександр Петрович



ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ОРГАНІК-Д»

Довідка №1
від 05.01.2026 р.
про впровадження завершеної науково-технічної розробки

В 2024-2025 рр. у господарстві ТОВ Органік-Д в технологіях вирощування зернової та силосної кукурудзи запроваджувалася оптимізована система удобрення, яка передбачала використання дигестату, мінеральних добрив та мікроелементів, що розроблена в межах наукового дослідження «Удосконалення системи удобрення гібридів силосної кукурудзи на основі використання дигестату в умовах Лісостепу правобережного». Розробниками оптимізованої системи удобрення кукурудзи аспірант кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету Скакун Михайло Васильович та доктор с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету Паламарчук Віталій Дмитрович. Впроваджена система удобрення сприяє зростанню рівня продуктивності кукурудзи. Загальна площа впровадження становила 60 га, приріст урожайності зеленої маси складав 8,5-10,9 г/га, а зернової маси - 2,7-3,4 г/га. результати вирощування зернової та силосної кукурудзи із використанням розробленої системи удобрення, в господарстві спостерігалось не лише зростання урожайності, але й поліпшення якості отримуваної продукції. Крім того використання дигестату може розглядатися, як високоефективна альтернатива застосуванню дорогіших синтетичних добрив.

Директор

господарства



Вадим КРИЧКОВСЬКИЙ



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, тел. (0432) 46-00-03,
email: office@vzau.org, rector@vzau.org, код ЄДРПОУ 00497236

05 грудня 2024 р. № 01.1-60-15d1
на № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень
дисертаційної роботи Скакуна Михайла Васильовича
на тему: «Удосконалення системи удобрення гібридів силосної кукурудзи на
основі використання дигестату в умовах Лісостепу правобережного»

Повідомляємо, що наукові розробки Скакуна Михайла Васильовича за
вказаною темою дисертації мають практичну цінність, що зумовлено їх
впровадженням у навчально-методичний процес та наукову роботу кафедри
рослинництва та садівництва факультету агрономії, садівництва та захисту
рослин навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування.

Положення дисертаційної роботи використовується при викладанні
навчальної дисципліни «Енергетичні рослинні ресурси».

Довідка видана Скакуну М. В. для представлення у спеціалізовану вчену
раду за місцем захисту його дисертації на здобуття наукового ступеня доктора
філософії.

Розглянуто та затверджено на засіданні науково-методичної комісії
Вінницького національного аграрного університету від 06 листопада 2024 року,
протокол № 4.

Ректор



Віктор МАЗУР

№ 02310

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за спеціальністю 201 Агроніомія

Скакуна Михайла Васильовича

№ п/п	Назва	Назва видання та його вихідні відомості, що дозволяють ідентифікувати та відрізнити це видання від інших	Кількість сторінок/ др. арк.	Співавтори
1	2	3	4	5
Стаття у науковому фаховому виданні України категорії А, включеної до міжнародної наукометричної бази Scopus				
1	Study of the efficiency of growing maize for silage for processing into biogas and digestate	<i>Scientific Horizons</i> . 2024. Vol. 27. № 1. DOI: 10.48077/scihor1.2024.54. URL: https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-27-1-2024/doslidzhennya-efektivnosti-viroshchuvannya-kukurudzi-na-silos-dlya-pererobki-na-biogaz-ta-digestat	P. 54-61 0,86 (0,29)	Palamarchuk V. Krychkovskiy V.
Стаття в іноземному науковому фаховому виданні, що індексується в міжнародній наукометричній базі Web of Science				
2	Economic efficiency of maize cultivation using digestate in Ukraine	<i>Baltic Journal of Economic Studies</i> . 2025. Vol. 11. № 4. DOI: https://doi.org/10.30525/2256-0742/2025-11-4-357-366 . URL: http://www.baltijapublishing.lv/index.php/issue/article/view/3054/3025	P. 357-366 1,01 (0,34)	Palamarchuk V. Lohosha R.
Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б				
3	Вплив дигестату на агрохімічний склад ґрунту та накопичення в ньому вуглецю	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2024. № 4 (35). DOI: 10.37128/2707-5826-2024-4-1. URL: http://forestry.vsau.org/storage/articles/December2024/eTKT1oT0cDpkjJVsfu2m.pdf	C. 5-16 0,84 (0,28)	Паламарчук В.Д. Кричковський В.Ю.
4	Вплив дигестату на формування архітекtonіки рослин гібридів кукурудзи	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2025. № 1 (36). DOI: 10.37128/2707-5826-2025-1-6. URL: http://forestry.vsau.org/storage/articles/May2025/o3VQIJf3nYjY7RkxqY2K.pdf	C. 69-82 0,97 (0,48)	Паламарчук В.Д.

1	2	3	4	5
5	Вирощування силосної кукурудзи для виробництва біогазу та отримання дигестату	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2025. № 2 (37). DOI: 10.37128/2707-5826-2025-2-2. URL: http://forestry.vsau.org/storage/articles/June2025/0Vh3ILpy33JOifpINtUs.pdf	<u>С. 13-26</u> 0,99 (0,49)	Паламарчук В.Д.
6	Вплив дигестату на передзбиральний рівень вологості зерна кукурудзи	<i>Зернові культури</i> . 2025. Т. 9. № 1. DOI: https://doi.org/10.31867/2523-4544/0367 . URL: https://journal-grain-crops.com/arhiv/view/68f8bc2fe88b9.pdf	<u>С. 109-116</u> 0,78 (0,39)	Паламарчук В.Д.
Інші видання (тези доповідей)				
7	Перспективи вирощування кукурудзи в Україні та оптимізація системи удобрення за рахунок використання дигестату	<i>Екологічні проблеми сучасності: збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції</i> . 10 травня 2023 р. Луцьк. 2024. URL: https://repository.vsau.org/getfile.php/33521.pdf	<u>С. 111-112</u> 0,14 (0,1)	Паламарчук В.Д.
8	Використання дигестату в технологіях вирощування кукурудзи	<i>Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри. Міжнародний форум: тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції</i> . 1-2 червня 2023 р. Миколаїв. 2023. URL: https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/33522.pdf	<u>С. 99-101</u> 0,16 (0,15)	Паламарчук В.Д.
9	Перспективи використання зеленої маси кукурудзи для переробки на біогаз та дигестат	<i>Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої видатним вченим Васильківському С.П. і Молоцькому М.Я. - засновникам наукової школи з селекції та насінництва пшениці і картоплі</i> . 28 березня 2024 р. Біла Церква. 2024. URL: https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/40958.pdf	<u>С.198-201</u> 0,27 (0,2)	Паламарчук В.Д. Кричковський В.Ю.

1	2	3	4	5
10	Перспективи використання дигестату з силосної кукурудзи для біологізації технологій вирощування	<i>Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових розробок у виробництво: матеріали доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції.</i> 17-18 жовтня 2024 р. Миколаїв. 2024. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/19648/1/rozvitok-agrarnoyi-galuzi-131-135.pdf	C.133-136 0,24 (0,1)	Паламарчук В.Д. Кричковський В.Ю.
11	Особливості технології вирощування силосної кукурудзи для виробництва біогазу та отримання дигестату	<i>Єдиний світ – єдине здоров'я: збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції.</i> 3-4 червня 2025 р. Одеса. 2025. URL: icsanaas.com.ua/wp-content/uploads/2025/07/Збірник-матеріалів-конференції-3-4-червня-2025.pdf	C. 266-271 0,36 (0,3)	Паламарчук В.Д.
12	Характеристика передзбиральної вологості зерна у гібридів кукурудзи залежно від варіанту удобрення	<i>Актуальні питання розвитку сільського господарства: теорія і практика: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції.</i> 9 жовтня 2025 р. Івано-Франківськ. URL: https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/40956.pdf	C. 115-119 0,15 (0,15)	Паламарчук В.Д.

Усього за темою дисертаційної роботи «Удосконалення системи удобрення гібридів силосної кукурудзи на основі використання дигестату в умовах Лісостепу правобережного» опубліковано 12 наукових праць загальним обсягом 6,77 умовн. друк. арк. (власний доробок автора 3,27 умовн. друк. арк.). У тому числі 2 у наукометричних базах Scopus та Web of Science, 4 у наукових фахових виданнях України та 6 тез доповідей в інших виданнях.

Автор

Вчений секретар

МП

«07» 04

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ НА НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ КОНФЕРЕНЦІЯХ

за спеціальністю 201 Агроніомія

Скакуна Михайла Васильовича

№ п/п	Тема доповіді	Назва конференції, місце, дата проведення
Апробація результатів дисертації на науково-практичних конференціях		
1	Дослідження ефективності використання дигестату в технологіях вирощування кукурудзи	Всеукраїнська науково-практична конференція «Аграрна галузь України в умовах Євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку», м. Вінниця, 24-25 травня 2023 року
2	Перспективи вирощування кукурудзи в Україні та оптимізація системи удобрення за рахунок використання дигестату	I Міжнародна науково-практична конференція «Екологічні проблеми сучасності», м. Луцьк, 10 травня 2023 року
3	Перспективи використання зеленої маси кукурудзи для переробки на біогаз та дигестат	V Міжнародна науково-практична конференція «Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку», м. Біла Церква, 28 березня 2024 року
4	Хімічний склад зеленої маси кукурудзи придатної для виробництва біогазу	Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологоорієнтовані технології вирощування сільськогосподарської продукції в умовах ґрунтозбереження та кліматичної нейтральності», м. Вінниця, 23-24 травня 2024 року
5	Вплив дигестату на формування архітектури рослин гібридів кукурудзи	Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційні технології збереження ґрунтів та екосистем за вирощування сільськогосподарських культур в умовах глобальних змін клімату», м. Вінниця, 22-23 травня 2025 року

Аспірант

Михайло СКАКУН

Вчений секретар

Тетяна КОРІАНЮК

