

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ТЕЛЕВАТЮК БОГДАН ІВАНОВИЧ

УДК: 635.67:631.527.5:631.8(477.7)(292.485)

ДИСЕРТАЦІЯ

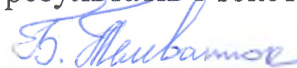
ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ
ГРУП СТИГЛОСТІ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ВИСІВУ ТА ЗАСТОСУВАННЯ
БІОДОБРИВ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

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

 Б.І. Телеватюк

Науковий керівник:

Дідур Ігор Миколайович

доктор сільськогосподарських наук,

професор

Вінниця – 2025

АНОТАЦІЯ

Телеватюк Б. І. Формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норм висіву та застосування біодобрих в умовах Лісостепу правобережного. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 201 Агрономія. – Вінницький національний аграрний університет, Вінниця. 2025.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню процесів росту та розвитку рослин гібридів кукурудзи, формування її фотосинтетичної продуктивності з пошуком оптимальних варіантів для максимальної реалізації зазначених процесів у кількісних та якісних показниках сформованого врожаю при різних нормах висіву та оптимізації системи удобрення.

У дисертації вивчено особливості та закономірності наростання сухої речовини рослин гібридів кукурудзи у співвідношенні до розвитку і формування їх листкової поверхні.

Нами проведено експериментальні дослідження з гібридами кукурудзи зарубіжної селекції з високим потенціалом зернової продуктивності, визначено ефективні параметри живлення рослин за елементів біологізованих технологій вирощування, що в свою чергу сприяло формуванню високої продуктивності і підвищенню економічної та енергетичної ефективності вирощування.

Встановлено, що використання біодобрих на фоні мінерального удобрення суттєво впливало на висоту рослин, фотосинтетичну і зернову продуктивність досліджуваних гібридів кукурудзи. Так у середньому за роки досліджень найбільш продуктивним поєднанням технологічних прийомів було внесення біодобрих Граундфіксу нормі 6 л/га на фоні повного мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$, на даних варіантах зафіксована

максимальна у досліді висота рослин від 210,8см до 222,2 см у гібрида Р8834 (ФАО 280) і від 216,4см до 226,3 см у гібрида Р9074 (ФАО 330) залежно від густоти посіву. Варто відмітити, що на варіантах із більшою густиною посіву (70 тис./га), за рахунок конкуренції за вологу та елементи живлення, рослини на 4,1см – 11,4 см перевищували посіви густота яких становила 65 тис./га.

Дослідженнями встановлено, що дана модель технології вирощування гібридів кукурудзи забезпечила формування найвищої у досліді фотосинтетичної продуктивності посівів при цьому, у фазі цвітіння, за густоти рослин 65 тис/га площа листкової поверхні становила у гібрида Р8834 (ФАО 280) 42,4 тис. м²/га, а у гібрида Р9074 (ФАО 330) 41,1 тис. м²/га, підвищення густоти посіву до 70 тис./га забезпечило зростання площі листків у середньому на 4,6-6,6 % до 43,0 і 45,2 тис. м²/га. Фотосинтетичний потенціал при цьому становив 3,316 – 3,198 млн м²×діб/га і 3,542 – 3,385 млн м²×діб/га.

Встановлено, що оптимізація мінерального живлення рослин кукурудзи за рахунок внесення біодобрива Граундфікс (6 л/га) на фоні N₁₂₀P₆₀K₆₀, сприяли формуванню максимальних у досліді показників індивідуальної продуктивності рослин. Так, на даних варіантах, за густоти посіву 65 тис/га, формувалась найвища кількість зерен у ряді - 32,8 шт у гібрида Р8834 (ФАО 280) і 33,1 шт. у гібрида Р9074 (ФАО 330), маса зерна з качана, відповідно, 181,8 г і 171,9 г та маса 1000 зерен 326,7 г і 307,3 г.

У середньому за роки досліджень, на фоні повного мінерального удобрення (N₁₂₀P₆₀K₆₀), використання біологічного добрива Граунфікс у нормі 4 л/га забезпечило зростання маси зерна з качана залежно від густоти рослин, у гібрида Р8834 на 5,8-8,3 %, а у нормі 6 л/га на 8,6-10,4 %. На варіантах досліді де висівали гібрид Р9074 за аналогічної схеми удобрення ці показники були дещо нижчими і становили, відповідно, 4,2-6,7 % і 6,7-10,8 %.

Встановлено, що збільшення густоти рослин на площі з 65 тис/га до

70 тис/га забезпечило зниження маси зерна з качана на 9,2 – 13,9 г, або на 7,8 – 8,4 % залежно від рівня удобрення у гібрида Р8834 і на 10,4-15,6 г, або 6,4-10,7 % у гібрида Р9074.

Встановлено, що урожайність зерна послідовно підвищувалась при насиченні технологічної схеми вирощування кукурудзи ґрунтовим біодобривом Граундфікс та збільшенням норми висіву. Максимальна урожайність зерна – 11,15 т/га у розрізі варіантів дослідів відмічена у варіанті з гібридом Р8834 висіяним з густотою 70 тис/га з удобренням $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га.

Підвищення густоти рослин досліджуваних гібридів кукурудзи з 65 тис/га до 70 тис/га сприяло зростанню вмісту крохмалю в зерні на 0,25 % – 0,47 % у гібрида Р8834 і на 0,15 % - 0,54 % у гібрида Р9074 залежно від рівня удобрення, при цьому зростання виходу крохмалю з одиниці площі склало, відповідно, 0,42 т/га – 0,46 т/га і 0,43 т/га – 0,49 т/га.

За результатами наших досліджень встановлено, що покращення системи удобрення за рахунок сумісного використання мінеральних добрив та добрив біологічного походження призводило до зменшення вмісту крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи. У наших дослідженнях встановлена обернено-пропорційна залежність формування вмісту протеїну і вмісту крохмалю у зерні. Так, із збільшенням протеїну фіксувалось зниження вмісту крохмалю і навпаки.

У наших дослідженнях за вмістом сирого протеїну у зерні переважав гібрид Р9074 (ФАО 320). Залежно від рівня удобрення і густоти рослин вміст сирого протеїну у розрізі варіантів становив від 8,35 % до 9,46 %, що на 0,13 % - 0,41 % більше ніж у зерні гібрида Р8834 (ФАО 280).

Застосування у технологічному циклі вирощування гібридів кукурудзи ґрунтового біодобрива Граундфікс позитивно впливало на вихід біоетанолу. Максимальна кількість біоетанолу з одиниці площі – 4,367 тис. л/га у розрізі варіантів дослідів відмічена у варіанті з гібридом Р8834 висіяним з густотою 70 тис/га з удобренням $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га.

На варіантах з гібридом Р9074 даний варіант також був найбільш продуктивним і вихід біоетанолу при цьому становив – 4,226 тис. л/га.

У середньому за роки проведення досліджень загальні виробничі витрати при вирощуванні гібридів кукурудзи знаходились у межах 25735 - 30349 грн/га у Р8834 і 26549 - 31246 грн/га у Р8834 залежно від інтенсифікації моделі технології вирощування досліджуваними елементами.

Встановлено, що зменшення норми мінеральних добрив до $N_{80}P_{40}K_{40}$ і внесення Граундфіксу (4 і 6 л/га) забезпечило формування вищого рівня рентабельності виробництва ніж варіанти з повним мінеральним удобренням $N_{120}P_{60}K_{60}$. Так, на варіантах де досліджували гібрид Р8834 з економічної точки зору найпродуктивнішими були варіанти висіяні з густотою 70 тис/га, з удобренням $N_{80}P_{40}K_{40}$ та внесенням Граундфіксу 4 і 6 л/га, при цьому рівень рентабельності становив 129 % і 132 %. А на варіантах із гібридом Р9074 на фоні $N_{80}P_{40}K_{40}$ і внесення Граундфіксу 4 л/га і 6 л/га рівень рентабельності становив відповідно 116 і 119 %.

За результатами проведеного аналізу енергетичної ефективності моделей технології вирощування гібридів кукурудзи встановлено, що найбільш ефективною є модель, яка передбачає висів гібрида Р8834 з густотою 70 тис/га, внесення мінеральних добрив у дозі $N_{120}P_{60}K_{60}$ та у передпосівну культивуацію біодобрива Граундфікс (6 л/га), що забезпечує одержання найвищого показника енергетичного коефіцієнту посіву – 3,13, що на 0,30 більше контролю.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, густина рослин, удобрення, біодобрива, фотосинтетична і індивідуальна продуктивність, урожайність, біоетанол, економічна ефективність, енергетична оцінка.

SUMMARY

Televatiuk B. I. Formation of grain yield of corn hybrids of different ripeness groups depending on seeding rates and application of biofertilizers in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe – Qualification scientific work on the rights to manuscripts.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 Agronomy. – Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia. 2025.

The dissertation is devoted to the study of the processes of growth and development of corn hybrid plants, the formation of its photosynthetic productivity with the search for optimal options for the maximum implementation of the specified processes in the quantitative and qualitative indicators of the formed crop at different sowing rates and optimization of the fertilizer system.

The dissertation studies the features and patterns of dry matter growth of corn hybrid plants in relation to the development and formation of their leaf surface.

We conducted experimental studies with corn hybrids of foreign selection with high grain productivity potential, determined effective plant nutrition parameters using elements of biologized cultivation technologies, which in turn contributed to the formation of high productivity and increased economic and energy efficiency of cultivation.

It was found that the use of biofertilizer on the background of mineral fertilizer significantly affected the height of plants, photosynthetic and grain productivity of the studied corn hybrids. Thus, on average over the years of research, the most productive combination of technological methods was the application of Groundfix biofertilizer at a rate of 6 l/ha on the background of complete mineral fertilizer $N_{120}P_{60}K_{60}$, with these variants recording the maximum plant height in the experiment from 210.8 cm to 222.2 cm in the P8834 hybrid (FAO 280) and from 216.4 cm to 226.3 cm in the P9074 hybrid (FAO 330), depending on the sowing density. It is worth noting that in variants with a higher

seeding density (70 thousand/ha), due to competition for moisture and nutrients, plants were 4.1 cm - 11.4 cm taller than crops with a density of 65 thousand/ha.

Studies have shown that this model of corn hybrid cultivation technology provided the formation of the highest photosynthetic productivity of crops in the experiment, while in the flowering phase, at a plant density of 65 thousand/ha, the leaf surface area of the hybrid P8834 (FAO 280) was 42.4 thousand m²/ha, and that of the hybrid P9074 (FAO 330) was 41.1 thousand m²/ha, increasing the seeding density to 70 thousand/ha provided an increase in leaf area by an average of 4.6-6.6% to 43.0 and 45.2 thousand m²/ha. The photosynthetic potential was 3.316 – 3.198 million m²×day/ha and 3.542 – 3.385 million m²×day/ha.

It was established that the optimization of mineral nutrition of corn plants by applying the biofertilizer Groundfix (6 l/ha) on the background of N₁₂₀P₆₀K₆₀, contributed to the formation of the maximum in the experiment indicators of individual plant productivity. Thus, on these variants, at a seeding density of 65 thousand/ha, the highest number of grains in a row was formed - 32.8 pcs. in the hybrid P8834 (FAO 280) and 33.1 pcs. in the hybrid P9074 (FAO 330), the mass of grains per cob, respectively, 181.8 g and 171.9 g and the mass of 1000 grains 326.7 g and 307.3 g.

On average over the years of research, against the background of complete mineral fertilizer (N₁₂₀P₆₀K₆₀), the use of the biological fertilizer Graunfix at a rate of 4 l/ha provided an increase in the mass of grain per ear, depending on the density of plants, in the hybrid P8834 by 5.8-8.3%, and at a rate of 6 l/ha by 8.6-10.4%. In the variants of the experiment where the hybrid P9074 was sown under a similar fertilizer scheme, these indicators were somewhat lower and amounted to, respectively, 4.2-6.7% and 6.7-10.8%.

It was found that increasing plant density on the area from 65 thousand/ha to 70 thousand/ha provided a decrease in the mass of grain per cob by 9.2–13.9 g, or by 7.8–8.4%, depending on the level of fertilization, in the P8834 hybrid and by 10.4–15.6 g, or by 6.4–10.7% in the P9074 hybrid.

It was found that grain yield consistently increased when the technological scheme of corn cultivation was saturated with soil biofertilizer Groundfix and the seeding rate was increased. The maximum grain yield of 11.15 t/ha in terms of experimental variants was noted in the variant with the hybrid P8834 sown at a density of 70 thousand/ha with fertilizer $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Groundfix 6 l/ha.

Increasing the plant density of the studied corn hybrids from 65 thousand/ha to 70 thousand/ha contributed to an increase in the starch content in the grain by 0.25% - 0.47% in the P8834 hybrid and by 0.15% - 0.54% in the P9074 hybrid, depending on the level of fertilization, while the increase in starch yield per unit area was, respectively, 0.42 t/ha - 0.46 t/ha and 0.43 t/ha - 0.49 t/ha.

According to the results of our research, it was found that improving the fertilization system through the combined use of mineral fertilizers and fertilizers of biological origin led to a decrease in the starch content in the grain of the studied corn hybrids. In our research, an inversely proportional dependence of the formation of protein content and starch content in the grain was established. Thus, with an increase in protein, a decrease in starch content was recorded and vice versa.

In our studies, the P9074 hybrid (FAO 320) prevailed in terms of crude protein content in grain. Depending on the level of fertilization and plant density, the crude protein content in the range of variants ranged from 8.35% to 9.46%, which is 0.13% - 0.41% more than in the grain of the P8834 hybrid (FAO 280).

The use of the soil biofertilizer Groundfix in the technological cycle of growing corn hybrids had a positive effect on the yield of bioethanol. The maximum amount of bioethanol per unit area - 4.367 thousand l/ha in the range of experimental variants was noted in the variant with the P8834 hybrid sown at a density of 70 thousand/ha with fertilizer $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Groundfix 6 l/ha. In the variants with the P9074 hybrid, this variant was also the most productive and the bioethanol yield was 4,226 thousand l/ha.

On average, over the years of research, the total production costs for growing corn hybrids were within 25735 - 30349 UAH/ha in P8834 and 26549 -

31246 UAH/ha in P8834, depending on the intensification of the cultivation technology model by the studied elements. It was found that reducing the rate of mineral fertilizers to $N_{80}P_{40}K_{40}$ and applying Groundfix (4 and 6 l/ha) ensured the formation of a higher level of profitability of production than the options with full mineral fertilizer $N_{120}P_{60}K_{60}$. Thus, in the options where the P8834 hybrid was studied, the most productive from an economic point of view were the options sown with a density of 70 thousand/ha, with fertilizer $N_{80}P_{40}K_{40}$ and applying Groundfix 4 and 6 l/ha, while the level of profitability was 129% and 132%. And in the variants with the P9074 hybrid on the background of $N_{80}P_{40}K_{40}$ and the application of Groundfix 4 l/ha and 6 l/ha, the profitability level was 116 and 119%, respectively.

According to the results of the analysis of the energy efficiency of models of the technology of growing corn hybrids, it was found that the most effective model is the one that involves sowing the hybrid P8834 with a density of 70 thousand/ha, applying mineral fertilizers at a dose of $N_{120}P_{60}K_{60}$ and pre-sowing cultivation of biofertilizer Groundfix (6 l/ha), which ensures the highest indicator of the energy coefficient of sowing - 3.13, which is 0.30 more than the control.

Keywords: corn, hybrid, plant density, fertilizer, biofertilizers, photosynthetic and individual productivity, yield, bioethanol, economic efficiency, energy assessment.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus)

1. Дідур І.М., Телеватюк Б.І. Вплив норми висіву насіння та оптимізації системи удобрення на формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 2 (25). С. 14-23 DOI 10.37128/2707-5826-2022-2-2 URL: <http://forestry.vsau.org/en/particles/influence-of-seed-sowing-rates-and-fertilization-system-optimization-on-formation-of-maize-hybrid-productivity-in-forest-steppe-conditions> (0,6 друк. арк. – особистий внесок – досліджено ефективність застосування ґрунтового біодобрива Граундфікс виробництва компанії БТУ-Центр, яке рекомендоване для внесення у передпосівну культивуацію, у поєднанні з повною та зниженою нормою мінеральних добрив за різних норм висіву насіння на формування площі листкової поверхні рослин гібридів кукурудзи та на урожайність зерна – 0,5 друк. арк.).
2. Дідур І.М., Циганський В.І., Телеватюк Б.І. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від біологізації системи удобрення в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 3 (30). С. 5-14 DOI: 10.37128/2707-5826-2023-3-1 URL: <http://forestry.vsau.org/en/particles/the-formation-of-the-productivity-of-maize-hybrids-depends-on-the-biology-of-the-fertilizer-system-in-the-conditions-of-the-forest-steppe-of-the-right-bank> (0,66 друк. арк. – особистий внесок – досліджено формування висоти рослин гібридів кукурудзи залежно від оптимізації системи удобрення та норми висіву насіння – 0,4 друк. арк.).
3. Телеватюк Б.І. Формування фотосинтетичної продуктивності посівів кукурудзи за біологізованої системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 4 (35). С. 154-162. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-4-13 URL: <http://forestry.vsau.org/en/particles/formation-of-photosynthetic-productivity-of-corn-crop-under-a-biologized-nutrition-system> (0,62 друк. арк.).

4. Телеватюк Б.І. Вплив біологізації системи живлення та густоти рослин на формування продуктивності рослин кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2024. № 28. С. 111–116. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.17>
URL: <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/715>
(0,58 друк. арк.).

Інші видання (тези доповідей)

1. Телеватюк Б.І. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від поєднання мінеральних та біологічних добрив. *Актуальні проблеми сучасної науки: теоретичні та практичні дослідження молодих учених*: збірник тез II Всеукраїнської науково-практичної конференції, 14-15 травня 2024 р. Полтава. 2024. С. 70–71.
URL: https://drive.google.com/file/d/1ky1nD10PZ9Lf1IT8Da6-X8mjT_dBJX6m/view (0,1 друк. арк.).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ....	15
ВСТУП.....	16
РОЗДІЛ 1. ГОСПОДАРСЬКО-БІОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ КУКУРУДЗИ.....	23
1.1. Агробіологічний потенціал та сучасна технологія вирощування кукурудзи	23
1.2. Використання сучасних добрив як фактор інтенсифікації системи удобрення кукурудзи.....	29
1.3. Формування продуктивності кукурудзи залежно від густоти стояння рослин.....	39
Висновки до розділу 1.....	45
Список використаних джерел до розділу 1.....	46
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	56
2.1. Характеристика ґрунтово–кліматичних умов місця проведення польових досліджень.....	56
2.2. Схема досліду та методика проведення польових досліджень....	66
Висновки до розділу 2.....	71
Список використаних джерел до розділу 2.....	72
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН.....	74
3.1. Вплив рівня удобрення та густоти рослин на формування висоти рослин гібридів кукурудзи.....	74
3.2. Динаміка формування площі листової поверхні гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних факторів.....	79

3.3. Динаміка накопичення сухої речовини посівами кукурудзи залежно від рівня удобрення та густоти рослин.....	83
3.4. Фотосинтетична продуктивність посівів кукурудзи залежно від рівня удобрення та густоти рослин.....	87
Висновки до розділу 3.....	93
Список використаних джерел до розділу 3.....	94
РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН ТА УРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН	96
4.1. Вплив досліджуваних факторів на індивідуальну зернову продуктивність рослин гібридів кукурудзи.....	96
4.2. Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин.....	103
Висновки до розділу 4.....	110
Список використаних джерел до розділу 4.....	111
РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ БІОЛОГІЗАЦІЇ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ТА РОЗРАХУНКОВИЙ ВХІД БІОЕТАНОЛУ.....	112
5.1. Показники якості зерна гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин.....	112
5.2 Вплив рівня удобрення та густоти рослин на розрахунковий вихід біоетанолу з зерна гібридів кукурудзи.....	118
Висновки до розділу 5.....	121
Список використаних джерел до розділу 5.....	121

РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОСЛІДЖУВАНИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ	123
6.1. Економічна ефективність досліджуваних моделей технології вирощування кукурудзи.....	123
6.2. Енергетична ефективність досліджуваних моделей технології вирощування кукурудзи.....	128
Висновки до розділу 6.....	132
Список використаних джерел до розділу 6.....	133
ВИСНОВКИ.....	135
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	138
ДОДАТКИ	139

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

N – азот

P – фосфор

K – калій

га – гектар

м – метр

л –літр

% – відсоток

°C – градус Цельсія

t – температура

см – сантиметр

мм – міліметр

грн – гривня

мг – міліграм

т – тонна

тис. – тисяча

шт. – штуки

млн – мільйон

р. – рік

рр. – роки

ГДж – гігаджоуль

pH – реакція ґрунтового розчину

НІР – найменша істотна різниця

НААН – Національна академія аграрних наук України

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

K_{ее} – коефіцієнт енергетичної ефективності

тис. сх. нас./га – тисяч схожих насінин на гектар

ФП – фотосинтетичний потенціал

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

ВСТУП

В сучасних умовах ведення аграрного виробництва однією із найбільш цінних сільськогосподарських культур яка інтенсивно використовуються у світовому землеробстві є кукурудза. За рахунок пластичності до умов вирощування та своїх біологічних особливостей вона широко використовується у різних галузях, а саме тваринництві, харчовій і переробній промисловості.

В останні роки в умовах значного дефіциту енергоресурсів зерно кукурудзи інтенсивно використовують не лише, як високопоживну кормову добавку широкого спектру використання але й для виробництва різних видів біопалив, в тому числі біогазу та біоетанолу. Генетично-селекційні досягнення у науці, сучасні інтенсивні технології та ґрунтово-кліматичні умови нашої країни є цілком сприятливими для вирощування високих та сталих врожаїв зерна кукурудзи та його ефективного використання.

На основі наукових досліджень та аналітичної роботи відомо, що в умовах виробництва потенціал урожайності кукурудзи використовується не в повній мірі, хоча генетичні можливості рослин кукурудзи значно вищі. Підвищення зернової продуктивності кукурудзи можливе за умови інтенсифікації та особливо біологізації технологічних прийомів вирощування, що передбачає використання біологічних препаратів різного механізму дії, підбору адаптивних гібридів та оптимальної густоти рослин на одиницю площі, що особливо актуальне в умовах глобальної зміни клімату, нестачі органічних добрив та високої вартості мінеральних добрив.

Актуальність теми дослідження. В умовах ускладненої функціональної діяльності агропромислового комплексу України, який є ключовим сегментом наповнення державного бюджету та гарантування продовольчої безпеки вирощуванню такої стратегічної культури як кукурудза відводиться провідна роль.

Порушення логістичної інфраструктури зумовило суттєве підвищення цін та ускладнення у постачанні насінневого матеріалу, засобів захисту рослин та особливо мінеральних добрив, що спонукало виробників аграрної продукції до певної корекції існуючих технологій вирощування, а саме альтернативних підходів до системи удобрення на основі поєднання мінеральних добрив та використання препаратів біологічного походження розроблених на основі різних видів бактерій продуцентів та мікоризи. Комбіноване застосування мінеральних добрив та ґрунтового біодобрива позитивно впливає на ґрунт, підвищує коефіцієнт засвоєння рослиною поживних речовин активізує стійкість рослин до стресових факторів, а також підвищує урожайність та якість продукції.

Саме тому, розробка нових та удосконалення існуючих заходів оптимізації живлення кукурудзи у комплексі сучасних технологічних прийомів її вирощування в умовах Лісостепу правобережного направлених на покращення умов росту і розвитку рослин, підвищення фотосинтетичної продуктивності з урахуванням сучасної динаміки гідротермічних показників є завданням актуальним, яке потребує наукового узагальнення та вирішення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є результатом досліджень, виконаних автором упродовж 2021–2023 років, що була складовою тематики наукових досліджень Вінницького національного аграрного університету: «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 визначено ефективність застосування мінеральних добрив та біологічних добрив, вплив біологізації системи живлення та густоти рослин на ростові процеси, продуктивність гібридів кукурудзи та якість їх зерна; оптимізовано технологічний процес із використанням запропонованих агрозаходів.

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень полягала у встановленні закономірностей формування врожайності та якості зерна гібридів кукурудзи залежно від сумісного використання мінеральних і біологічних добрив та густоти рослин в умовах Лісостепу правобережного на сірих лісових ґрунтах.

Для досягнення даної мети поставлені наступні задачі:

- дослідити особливості росту та розвитку рослин гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від гідротермічних умов, густоти рослин і різних варіантів застосування мінеральних та біологічних добрив;

- встановити вплив варіантів застосування мінеральних та біологічних добрив і різної густоти рослин на формування фотосинтетичної продуктивності рослин гібридів кукурудзи;

- визначити особливості формування елементів структури врожаю та врожайності зерна гібридів кукурудзи різної групи стиглості залежно від досліджуваних факторів;

- оцінити мінливість показників якісного хімічного складу зерна кукурудзи під впливом елементів технології її вирощування поставлених на вивчення та визначити розрахунковий вихід біоетанолу;

- дати економічну і енергетичну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології вирощування гібридів кукурудзи.

Об'єктом дослідження є процеси росту, розвитку та формування врожаю зерна гібридів кукурудзи та його якості залежно від густоти рослин та удобрення мінеральними та біологічними добривами.

Предметом дослідження є гібриди кукурудзи та їх реакція на органо-мінеральну систему удобрення та різну густоту рослин.

Методи дослідження. У процесі проведення досліджень використовували наступні загальнонаукові методи: гіпотез (для постановки проблематики досліджень), індукції і дедукції (аналіз та узагальнення результатів досліджень), аналогії (проведення порівняння між впливом норми висіву насіння, мінеральних добрив, біодобрив), узагальнення

(висновки та пропозиції) та спеціальні: польовий в поєднанні із візуальним – для визначення фенологічних змін росту і розвитку рослин гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних факторів та погодних умов, ваговий – для визначення структури врожаю та зернової продуктивності гібридів, фізіологічний – для визначення показників фотосинтетичної продуктивності рослин кукурудзи, біохімічний – для дослідження хімічного складу зерна, математико-статистичні методи: дисперсійний, кореляційний та регресійний – для оцінки достовірності отриманих результатів досліджень, кореляційних залежностей, розрахунково-порівняльний – для визначення економічної та енергетичної ефективності досліджуваних моделей технології вирощування кукурудзи.

Наукова новизна отриманих результатів. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею у якій на основі теоретичного узагальнення та експериментального вивчення особливостей формування врожайності й якості зерна кукурудзи в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу правобережного:

вперше:

- встановлено залежності формування показників фотосинтетичної продуктивності та структури врожаю гібридів кукурудзи від густоти стояння рослин та біологізації системи живлення;
- досліджено комплексну дію мінеральних і біологічних добрив та густоти рослин гібридів кукурудзи на формування урожайності зерна;
- описано залежності між основними показниками, що характеризують рівень урожайності зерна та досліджуваними факторами;
- обґрунтовано економічну та енергетичну ефективність досліджуваних моделей технології вирощування кукурудзи.

Удосконалено основні елементи технології вирощування гібридів кукурудзи різної групи стиглості та встановлено їх реакцію на зміну густоти стояння рослин і поєднання, у системі удобрення, мінеральних та біологічних добрив.

Набули подальшого розвитку теоретичні положення щодо необхідності біологізації технологій вирощування кукурудзи з використанням біологічних добрив для трансформації важкодоступних форм макроелементів фосфору та калію.

Практичне значення одержаних результатів. На основі застосування різних варіантів удобрення зокрема поєднання мінеральних і біологічних добрив, а також вирощування різностиглих гібридів кукурудзи з різною густиною та вивчення дії природних і антропогенних чинників на процеси росту і розвитку рослин і формування їхньої продуктивності розроблено практичні рекомендації вирощування, які забезпечують одержання в умовах правобережного Лісостепу врожаю зерна на рівні 10,0 – 14,3 т/га.

Розроблені моделі технології пройшли виробничу перевірку та впровадження в агроформуваннях Вінницької області, а саме ФГ «Україна» с. Стара Прилука Вінницького р-ну, Вінницької обл., щодо визначення найбільш перспективної моделі технології вирощування кукурудзи на основі оптимізації системи живлення та густоти рослин в умовах Лісостепу правобережного; ФГ «АГРО САД» с. Озаринці Могилів-Подільського р-ну, Вінницької обл., щодо удосконалення технологічних прийомів вирощування гібридів кукурудзи у господарстві на основі біологізації системи живлення (внесення у передпосівну культивуацію ґрунтового біодобрива Граундфікс (6 л/га) на фоні мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$) та підбору оптимальної густоти рослин (70 тис/га) вдалося підвищити рівень урожайності гібридів кукурудзи у середньому на 9,5 % (середній приріст зерна 0,84 т/га) до рівня отриманого при застосуванні базової технології вирощування; ФГ «ВРОЖАЙНЕ» с. Слобода-Шаргородська Жмеринського р-ну, Вінницької обл., щодо удосконалення вирощування в умовах регіону на чорноземних ґрунтах гібриду кукурудзи Р8834 (ФАО 280) з густиною рослин 70 тис./га на фоні мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ та внесення у передпосівну

культивувацію ґрунтового біодобрива Граундфікс у нормі 6 л/га із рівнем рентабельності запропонованої технології 119 %.

Положення дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі Вінницького національного аграрного університету під час викладання окремих частин навчальних дисциплін «Технологія виробництва та переробки продукції рослинництва», «Рослинництво з основами кормовиробництва» (довідка № 01.1-59-1397 від 13.12.2023 р.).

Особистий внесок здобувача полягає у безпосередній участі в розробці програми, організації та проведенні польових та науково-виробничих досліджень, самостійному опрацюванні світової та вітчизняної наукової літератури з теми дисертаційної роботи, узагальненні результатів, їх систематизації та підготовці до друку. Матеріали, що викладені у дисертаційній роботі, отримані здобувачем особисто в процесі проведення досліджень. На основі одержаного експериментального матеріалу оформлено дисертаційну роботу, узагальнено і сформульовано висновки та рекомендації виробництву.

Апробація результатів дослідження. Результати досліджень дисертаційної роботи щорічно доповідались і обговорювалися на засіданнях кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії, вчених радах ННІ агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету та наукових конференціях, а саме, на Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Розвиток аграрної науки в умовах змін клімату та діджиталізації землеробства»*, 9-10 червня 2022 р. Вінниця; Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку»*, 24-25 травня 2023 р. Вінниця; II Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Актуальні проблеми сучасної науки: теоретичні та практичні дослідження молодих учених»*, 14-15 травня 2024 р. Полтава; Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Екологоорієнтовані технології вирощування*

сільськогосподарської продукції в умовах ґрунтозбереження та кліматичної нейтральності», 23-24 травня 2024 р. Вінниця.

Публікації результатів досліджень Результати дисертаційної роботи Телеватука Богдана Івановича опубліковано у 5 наукових працях загальним обсягом 2,47 умовн. друк. арк. (власний доробок автора 2,2 умовн. друк. арк.), у тому числі 2,1 умовн. друк. арк. у наукових фахових виданнях України та 0,1 умовн. друк. арк. у інших виданнях.

Структура роботи. Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, шести розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 157 сторінок. Дисертація містить 14 таблиць, 17 рисунків, 18 сторінок – додатки. У списку використаних джерел 170 найменувань, з них 10 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

ГОСПОДАРСЬКО-БІОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ КУКУРУДЗИ

1.1 Агробіологічний потенціал та сучасна технологія вирощування кукурудзи

За ботанічною характеристикою кукурудза (*Zea mays L.*) відноситься до родини злакових або тонконогових (*Poaceae*), підродини просовидних (*Panicoidae*), до триби маїсових (*Maydeae*) роду *Zea*. Кукурудза є однорічною, однодомною, роздільностатевою рослиною. Вона значно відрізняється від інших зернових культур за своїми біологічними особливостями [1, 2].

Коренева система у кукурудзи мичкувата, поширюється в радіусі близько 1 м навколо центрального стебла, причому одна її частина розвивається близько до поверхні ґрунту, а інша проникає на глибину 2,5-3 м. Повністю розвинена за площею живлення мичкувата коренева система формується тільки до у фази 6-8 листків, максимальної глибини коріння досягають лише у фазі викидання мітелки. Неглибоке розміщення коренів у ґрунті створює велику небезпеку їх ушкодження при розпушуванні міжрядь. Коренева система розвивається у молодих рослин повільно, у зв'язку з чим рослини кукурудзи пізно використовують повний об'єм ґрунту як у глибину, так і по горизонталі (у міжряддях). Цим пояснюється важке засвоєння поживних речовин, особливо молодими рослинами, що слід враховувати при розробці системи удобрення кукурудзи [3]. Найкраще коренева система кукурудзи розвивається за щільності ґрунту 1,1–1,3 г/см³ [4]. Це обумовлює ускладнення в засвоєнні поживних речовин, особливо фосфору, молодими рослинами, що необхідно враховувати при удобренні кукурудзи.

Фізіологічні дослідження показали, що коренева система не лише орган, який поглинає і всмоктує поживні речовини, але й передає в надземні органи значну частину мінеральних солей, перетворивши їх у органічні

сполуки. Це доведено дослідженнями з кукурудзою у стерильних умовах водної культури з використанням ізотопу P^{32} , внесеного у поживний розчин. Аналогічно перетворюється у кореневій системі значна частина сполук азоту (N). Клітинний сік тканин кукурудзи, особливо у генеративній фазі її росту та розвитку, містить велику кількість амінокислот [5].

Стебло кукурудзи прямостояче, вузлувате, порожнисте всередині, діаметром від 2 до 4 см, висота коливається від 1 до 4 метрів в залежності від гібриду і умов вирощування, має до 22 міжвузлів та таку ж кількість листків. Висота стебел має широкий діапазон коливання від 0,5 до 1 м. Від розміщення листя на стеблі залежить інтенсивність фотосинтезу рослин кукурудзи. Для зниження взаємного затінення селекціонерами створено геліотропні форми кукурудзи.

Листки лінійно-ланцетні, широколінійні з широкими і довгими пластинами. Краї пластинок ростуть швидше, ніж середина, за рахунок чого листки стають хвилястими, що в свою чергу збільшує їх поверхню. Розташування листків почергове, що виключає взаємозатінення. Довжина листків досягає 1 м, ширина - до 10 см. Кількість листків на рослині різна і залежить від групи стиглості гібрида [6, 7].

Кукурудза проходить декілька стадій росту і розвитку. При цьому можна відмітити, як і у всіх зернових культур, системний ріст, в ході якого закладаються, диференціюються та редукуються органи урожайності і ріст елементів індивідуальної продуктивності. Так як в загальному рослини кукурудзи та окремі компоненти урожайності в ході росту і розвитку піддаються багаточисельному впливу конкуренції в середині та поміж рослинами і впливу негативних факторів навколишнього середовища, то реалізується тільки більш або менш незначна частина від вихідної потенційної урожайності [8].

До того ж, кукурудза являється дуже продуктивною рослиною. За відносно короткий час вона продукує більше органічної речовини ніж інші культурні рослини. Така висока продуктивність обумовлена тим, що

асиміляція вуглекислого газу відбувається за дуже ефективним циклом (як у рослин тропічного клімату). Це обумовлює ще одну позитивну особливість кукурудзи, як рослини типу С-4 – низький коефіцієнт транспірації [9].

Кукурудза відноситься до світлолюбних рослин. Інтенсивність освітлення в значній мірі визначає інтенсивність асиміляції CO_2 . Саме тому розміщення листя на рослині і площа живлення мають велике значення. Кукурудза являється рослиною короткого дня. Тобто, при тривалості світлового дня 8-9 годин рослини швидше переходитимуть до генеративної фази розвитку. Відповідно, при тривалості світлового дня понад 14 годин вегетативна стадія та увесь період вегетації подовжуються.

Щодо ґрунтово-кліматичних умов, котрі є сприятливими для вирощування кукурудзи, то визначальним є висока потреба в теплі для росту та розвитку. Необхідна температура знаходиться в діапазоні $12\text{-}25^{\circ}\text{C}$. Приріст вегетативної маси кукурудзи розпочинається при температурах понад 12°C . В період найбільшої потреби вологи у кукурудзи вона формує потужну кореневу систему, котра проникає у глибокі ґрунтові горизонти. Найбільшу кількість вологи кукурудза потребує у період до викидання мітелки та до фази молочної стиглості зерна. У цей період рослини швидко ростуть у висоту і відбувається накопичення сухої маси. У даний період сприятливі умови для кукурудзи створюються при випадінні 80-120 мм опадів і при вологості ґрунту понад 60 % від найменшої польової вологості. Проте, часті дощі та надмірні опади, котрі призводять до перезволоження ґрунту в цей період, гірше впливають на кукурудзу, ніж сухі періоди з нетривалими дощами [10].

Вимоги до ґрунту знаходяться у взаємозалежності із кліматичними умовами. При обмеженій вологості суглинкові ґрунти краще підходять для кукурудзи як більш вологоємні, ніж піщані. Звичайно, найкращі умови для росту та розвитку створюються на чорноземах.

Кукурудза є однією із провідних злакових зернових культур у сучасному світовому землеробстві. Поряд із високим потенціалом

урожайності кукурудза характеризується різнобічним використанням. За різними повідомленнями близько 20 % зерна кукурудзи використовується на продовольчі цілі, 15 – 20 % на технічні, решта на кормові [11].

Як кормовий компонент зерно кукурудзи характеризується високими поживними якостями, за рахунок чого має ключове значення у розвитку галузі тваринництва. 100 кг зерна кукурудзи еквівалентно 134 кормовим одиницям. Крім того у ньому міститься 10-13 % білка, 64-75 % крохмалю, близько 4 % жирів і 2-3 % клітковини. Зерно кукурудзи є важливим компонентом у виготовленні різних комбікормів. Високою поживністю характеризуються качани та стебла кукурудзи, які можна використовувати для виготовлення силосу, а також згодуюються в сухому подрібненому стані. Силос з качанами в стані молочно-воскової стиглості зерна за поживністю є одним із кращих, у 100 кг якого міститься близько 40 корм. од., в листках та качанах – 21,2 корм. од. [12].

Поряд з високими кормовими властивостями кукурудза є цінним продуктом харчування. Із зерна кукурудзи виготовляють муку, крупу, пластівці, консерви, крохмаль, цукор, пиво, спирт, олію та інше. Із кукурудзи можна одержувати більше 150 продуктів харчування [13]. Тобто, завдяки своїм властивостям кукурудза використовується в харчуванні населення, на корм тварин, а також в якості відновлювальної сировини для переробки на технічні потреби, виробництво біогазу та електроенергії.

Головним чином кукурудзу вирощують на зернові цілі та для виготовлення кормів. Кукурудза на зерно, переважно, вирощувалася в теплих регіонах світу, проте, завдяки досягненням селекції та появі ранньостиглих гібридів її вирощування розповсюдилося і у північні території Європи.

Урожайність кукурудзи на зерно в загальному у світі за останні десятиліття зростає. Таке зростання та рівень абсолютної урожайності знаходиться в тісній залежності від ґрунтово-кліматичних умов, рівня інтенсивності рослинництва та прогресу біотехнологій. В той же час, зростання посівних площ та урожайності є результатом селекційного

прогресу, завдяки якому зросла продуктивність гібридів і суттєво підвищилася їх адаптивність до нестачі тепла.

Із 100 кг зерна одержують 37 – 40 л спирту, що на 3-5 л більше, ніж із зерна інших культур. Із зародків зерна добувають цінну харчову олію, яка має лікувальні властивості. Із стрижнів виготовляють фурфурол, лігнін, ксилозу, одержують целюлозу і папір [1, 14, 15].

Увесь арсенал засобів інтенсифікації вирощування кукурудзи спрямований на максимальну реалізацію генетичного потенціалу сучасних гібридів культури. У таких умовах важливим фактором підвищення виробництва зерна є дотримання рекомендованої технології відповідно до особливостей кожного гібрида. Удобрення, засоби захисту, системи обробітку ґрунту, зрошення – це лише інструментарій у вмілих руках спеціаліста [16, 17, 18, 19, 20]. Для того, щоб отримати максимальний урожай кукурудзи як на зерно так і на силос, варто розробити і чітко дотримуватися технологічної карти технології вирощування з урахуванням усіх особливостей полів, гібридів, добрив і ЗЗР [21].

Сучасні технології вирощування кукурудзи на зерно ще не досягли такого рівня, який забезпечив би повноцінне використання потенціалу цієї культури. Значний розрив між величиною рівня урожайності кукурудзи із року в рік свідчить про те, що на її формування, окрім кліматичних умов, значний вплив здійснюють агротехнічні засоби, стан інтенсифікації вирощування даної культури (використання мінеральних добрив, пестицидів, сільськогосподарських машинах, палива насіння та ін.) [22, 23, 2, 20]. Новітні технології дозволяють оптимізувати живлення рослин, надійно захистити від хвороб, шкідників і бур'янів, максимально використовувати і трансформувати енергію сонця в сільськогосподарську продукцію [24, 25].

Інтенсифікація нерозривно пов'язана з прискоренням науково-технічного прогресу і здійснюється на основі використання його досягнень, організаційно-економічних факторів, які виникли в процесі реформування в АПК тощо [26, 27, 28, 29]. Важливою складовою сучасної технології є

технічне оснащення. За останні 20 років суттєво змінилися елементи технології вирощування кукурудзи, її технічне забезпечення, що призвело до значного підвищення врожайності культури. Сучасна збиральна техніка дозволяє швидко та якісно збирати зерно кукурудзи, а стебла подрібнювати й рівномірно розподіляти на полі [30, 31, 32].

З точки зору економіки та екології, бажано, в технології вирощування кукурудзи запроваджувати обробку поля та проводити менеджмент посівів із врахуванням умов росту і розвитку культурних рослин на кожній окремій ділянці. Такий підхід знайшов свою реалізацію у концепції точного землеробства, під якою розуміють технологію вирощування, котра націлена на диференційовану обробку окремих ділянок поля із врахуванням відмінностей природних умов росту та розвитку культурних рослин, наявності шкідників, хвороб та бур'янів. Отже, застосування навіть найпростіших елементів точного землеробства у поєднанні із сучасними посівними агрегатами й тракторами, що обладнані системами автоматичного водіння, дає змогу підвищити рентабельність вирощування кукурудзи від 5 до 10%. Якщо ж йти далі й рік за роком впроваджувати більш складні елементи, у тому числі повноцінний аналіз ґрунтів і диференційоване внесення добрив, то можна розрахувати на набагато вищі показники рентабельності. Ще одна перевага такого підходу на кукурудзі – всі можливості отримати більш-менш дружні сходи, отже, своєчасно провести технологічні операції підживлення і захисту посівів і зібрати її з оптимальною вологістю. А тоді й суттєво менше витрат на післязбиральну доробку зерна [33, 34].

У сучасних умовах господарювання все більшого розповсюдження набувають ресурсозбережні технології вирощування сільськогосподарських культур, які базуються не тільки на мінімізації обробітку ґрунту, а й на застосуванні помірно-оптимальних, окупних доз добрив. У зв'язку з підвищенням цін на мінеральні добрива водночас з агротехнічною оцінкою технологій вирощування кукурудзи важливе значення має визначення

економічної доцільності застосування окремих прийомів і в цілому сортової технології культури [35].

Проте реалізація генетичного потенціалу інтенсивних гібридів кукурудзи у виробничих умовах складає менше 50%. Це свідчення того, що в кукурудзи ще недостатньо вивчені процеси росту й розвитку, формування фотосинтетичного, симбіотичного апаратів та умови реалізації потенціалу зернової продуктивності в сортів сої та гібридів кукурудзи. Окрім того, на початку нового століття стало зрозуміло, що досягти додаткового росту продуктивності сільськогосподарського виробництва без використання інноваційних технологій неможливо. До таких технологій відноситься і застосування регуляторів росту рослин, біоінженерія, створення нових рослинних варіацій та ін. [36, 37]. Кукурудза має великі потенційні можливості у формуванні високих урожаїв зерна й зеленої маси. Це стає реальністю за сприятливих екологічних умов і дотримання технології вирощування, які відповідають біологічним вимогам кукурудзи. Знаючи ці вимоги, можна послабити або повністю уникнути негативного впливу того чи іншого фактору [38].

1.2 Використання сучасних добрив як фактор інтенсифікації системи удобрення кукурудзи

Як результат особливостей росту та розвитку кукурудза пред'являє особливі вимоги до забезпечення поживними речовинами. Коренева система кукурудзи на початку вегетації розвивається досить повільно і не глибоко у поверхневому шарі ґрунту. Це обумовлює погане використання поживних речовин рослинами у цей період. Тому, варто вносити добрива у легкокорозчинній формі. Пізніше кукурудза зможе засвоювати поживні речовини із більш глибоких шарів ґрунту. Висока індивідуальна продуктивність окремої рослини кукурудзи на пряму залежить від оптимального забезпечення поживними речовинами [39, 40].

Кукурудза, як рослина тропічного клімату, краще за інші використовує сонячну енергію, що обумовлює високу потребу у поживних речовинах. До фази восьми листків кукурудза поглинає тільки незначну частину необхідних для неї поживних речовин. Максимальну кількість поживних речовин рослини кукурудзи поглинають у період від викидання мітелок і рилець до трьох-чотирьох тижнів після цвітіння. За цей час поглинається 70-80 % від всієї потреби. Частково поглинання азоту та фосфору триває і у фазу досягання насіння. Як наслідок, забезпечення поживними речовинами має узгоджуватися із потребами рослин в конкретній фазі [41, 42, 43].

Кукурудза, як і інші багаті на вуглеводи рослини, має підвищену потребу у калію, котрий підвищує її стійкість до вилягання і до ураження стебловими та кореневими гнилями. Потреба кукурудзи у магнію і рекомендовані його дози внесення будуть залежати від його вмісту в різних типах ґрунтів. Що стосується удобрення сіркою то по мірі зменшення сірки у опадах в результаті очищення викидів промисловості у різних культур може спостерігатися зростаюча потреба в удобренні цим елементом. Проте, вагома частка сірки у ґрунті знаходиться у не доступній органічній формі для рослин. Рослини можуть її використовувати тільки після мінералізації. Проте сірка у ґрунті є досить рухливою і на легких супіщаних ґрунтах швидко вимивається. Відповідно, сірка вноситься в ґрунт у формі сірчанокислих чи калійних мінеральних добрив. Тому, при визначених умовах може виникнути потреба підживлення посівів кукурудзи цими елементами [44, 45, 46].

Кукурудза має високу потребу в забезпеченні цинком та марганцем і середню – в міді та борі. Дослідженнями було встановлено, що в процесі вегетації вона поглинає більшу кількість мікроелементів: до 80 г/га марганцю, 350-400 г/га цинку, близько 70 г/га бору та 50-60 г/га міді. Дефіцит мікроелементів може виникнути через їх нестачу в ґрунті або коли вони знаходяться у недоступній формі для рослин кукурудзи. Найчастіше це трапляється при нейтральній або лужній реакції ґрунту (бор, марганець).

Дослідженнями встановлено, що на початкових фазах росту та розвитку рослини кукурудзи через слабо розвинену кореневу систему потерпають через нестачу не тільки фосфору але й марганцю та цинку. У фази інтенсивного росту рослин потреба у всіх наведених елементах є надзвичайно високою, оскільки вони посилюють ферментативну активність. Бор володіє особливо довготривалою дією на процес запліднення, адже сприяє росту пилкової трубки [47, 48, 49, 50].

Нестача бору особливо часто спостерігається на піщаних ґрунтах, що обумовлює його обов'язкове внесення для підвищення рівня урожайності кукурудзи. На ґрунтах із нейтральною або лужною реакцією в рослин кукурудзи спостерігається «прихована» нестача марганцю. Обприскування посівів марганцевмісними добривами або ж його внесення разом із азотним добривом дозволяє усунути його нестачу. У дослідженнях науковців із марганцем визначено, що прирости урожаю кукурудзи складали у межах 10-11% [51, 52, 53].

При потребі у цинку необхідно проводити обприскування посівів кукурудзи 25% розчином сульфату цинку та 1% розчином вапна для забезпечення листків від опіків. Ознакою нестачі цинку є світлі смуги на листках кукурудзи. Також, є результати, котрі свідчать про ефективність проведення обробки насіння (інкрустації) марганцем та цинком. Дослідження показують, що в такому разі зростає показник польової схожості насіння та краще розвивається коренева система завдяки чому повніше поглинаються поживні речовини та волога. Що в подальшому обумовлює розвиток асиміляційного апарату та підвищений вміст хлорофілу, кращу стійкість до стресових чинників, дії гербіцидів, а також більш рівномірне досягання. У фазу розвитку за ВВСН від 13-17 можна використовувати багатокomпонентне мікродобриво листової дії різного складу у поєднанні із гербіцидом [54, 55, 56].

Науковцями вивчається застосування біологічних препаратів як однієї з основних складових сучасних технологій екологічно безпечного

виросування, рівень їх реалізації у захисті рослини від ґрунтової інфекції, шкідливих комах та гризунів. Відомо, що ріст рослин пов'язаний із функціонуванням фотосинтетичного апарату [57, 58].

Одним з основних факторів, що визначають можливість нормального перебігу процесу фотосинтезу рослин, є наявність пігментів. Головними компонентами пігментної системи кукурудзи, як й інших рослин, є хлорофіли і каротиноїди. Дослідження їх вмісту в листках рослин під впливом хімічних і біологічних факторів має велике значення, оскільки він впливає на інтенсивність фотосинтезу і ряд інших фізіологічних процесів. Одержані результати досліджень вказують, що за вмістом хлорофілів а, б та каротиноїдів на варіантах із застосуванням біологічних препаратів було виявлено більший вміст фотосинтетичних пігментів, ніж на варіантах із комплексом дії хімічних препаратів. Також, можна стверджувати суттєву ефективність при застосуванні біологічних препаратів для захисту рослини від шкідників та хвороб. Окрім, безпосередньо, самого захисту від шкідників і ґрунтових інфекцій, передпосівний обробіток насіння кукурудзи цукрової біопрепаратами здійснював позитивний вплив на рослини, активізуючи їх початкові етапи росту і розвиток завдяки формуванню продуктивного фотосинтетичного апарату. В цілому ж застосування мікробіологічних препаратів сприяє збільшенню об'ємів екологічно безпечної продукції у виробництві та запобігає накопиченню нітратів у рослинах. Це дає змогу істотно знизити хімічне навантаження на екосистеми та значно поліпшити якість сільськогосподарської продукції [59, 60, 61].

Одним із резервів підвищення урожайності продукції рослинництва та її якості є використання мікробіологічних технологій, які вже визнані в багатьох країнах світу. Свідченням цього є вітчизняний та зарубіжний досвід із впровадження біологічних засобів стимуляції рослин. У більшості економічно розвинених країнах світу (Франція, Німеччина, Англія, Швейцарія, Японія та ін.) приділяють велику увагу широкому застосуванню регуляторів росту в рослинництві. На сьогодні ці чинники є невід'ємними

елементами у технології вирощування різних сільськогосподарських культур [62, 63, 64].

Наприкінці XIX століття англійський учений Чарльз Дарвін передбачив, а вже на початку XX століття український вчений Микола Холодний виявив у точках росту рослин перші біологічно активні речовини. Перші штучні препарати були створені за принципом впливу ростових речовин у рослинах, але вони виявилися дуже дорогими та малоефективними, тому їх припинили використовувати у сільському господарстві. Особливо після того, як в 60-ті роки XX століття не підтвердилася ефективність використання регулятора, який був добутий із нафти [65].

Слово «регулятори» походить від латинського слова «regulo», що в біології означає «впорядкованість біологічних процесів». За походженням регулятори росту поділяються на групи: природні або ендогенні поєднання, які синтезуються самими рослинами (фітогормони або інгібітори); продукти життєдіяльності мікроорганізмів та синтетичні сполуки [66, 67].

Перше застосування регуляторних препаратів для стимуляції пророщування насіння було за допомогою: бурштинової кислоти, гібереліну, тіосечовини, тур (ССС), гетероауксину, етилен хлоргідрину, гідрохінону, етролу. Відмічено, що не всі гібриди кукурудзи були однаково чутливими до обробки насіння ніотиновою кислотою [68].

Негативні наслідки хімізації дали поштовх для розвитку сільськогосподарської мікробіології, що в свою чергу призвело до використання біопрепаратів із стимулюючою та рістрегулюючою схемою. Вони сприяють підвищенню врожайності рослин, якості продукції, позитивно впливають на родючість ґрунту [69, 70].

Регулятори росту рослин – це фітогормони (ауксин, гіберелін, цитокінін), їх композиції чи штучні аналоги. Вони містять збалансований комплекс фіторегуляторів, біологічно активних речовин, мікроелементів, які через покращення в рослинах біологічних процесів росту і розвитку

цілеспрямовано їх регулюють. Під впливом цих речовин активізуються процеси наростання біомаси та кореневої системи, інтенсивніше використовуються поживні речовини з ґрунту, зростають захисні властивості рослинного організму проти несприятливих факторів та стійкість до захворювань, високих і низьких температур. Застосування регуляторів росту рослин дозволяє ефективніше реалізувати потенційні можливості сорту чи гібриду, які закладені в геномі природою, селекційним чи генно-інженерним процесом [71, 72, 73].

Характерною особливістю фітогормонального комплексу рослини є його надзвичайна чутливість до зовнішніх факторів впливу. На вміст та баланс фітогормонів у рослинному організмі впливають температура, освітлення, вологість повітря і ґрунту, пошкодження рослин шкідниками та хворобами, а також антропогенне навантаження тощо. Застосування регуляторів росту рослин дає можливість підвищувати стійкість рослин до несприятливих погодних умов і покращувати процеси формування урожаю та його структуру, а також зменшувати норми використання пестицидів [74, 62].

Базисом ефективного природного регулятора росту з цитокініноювою активністю є продукти термофільного метанового бродіння відходів спирто-дріжджової промисловості, що містять фітогормони цитокінінової та індольної природи, вітаміни групи В, макро- і мікроелементи. Важливими їхніми перевагами є здатність підвищувати стійкість до дії високої температури, нівелювати мутагенний ефект деяких гербіцидів, зменшувати ступінь вилягання посівів [44].

На сьогодні знайдено та вивчено майже 5 тисяч сполук різного походження (мікробного, хімічного та рослинного), яким притаманна регуляторна дія. У світовій практиці використовують приблизно 50 сполук. Тому виробництво цих речовин, їх вивчення та використання ще тільки починається [75].

Слід відзначити, що при застосуванні традиційної технології ступінь засвоєння рослинами діючої речовини з добрив залежить від типів ґрунтів і

доз добрив та є досить невисоким й не перевищує для азотних – 35–50 %, фосфорних – 20, калійних – 25–60 %. Із зростанням дози добрив зменшується інтенсивність засвоєння NPK рослинами. Особливо небезпечними є втрати мінерального азоту. Поряд із тим є повідомлення іноземних вчених про здатність бактеризованих рослин до кращого засвоєння азоту та мінеральних сполук інших елементів [74].

Відомо, що мікрофлора ґрунту значно впливає на ріст і розвиток та врожайність більшості сільськогосподарських культур. Мікробні популяції здатні синтезувати фізіологічно активні речовини, зокрема підвищеною здатністю до їх синтезу володіють мікроорганізми, тісно пов'язані з рослинами: фітопатогени, бульбочкові бактерії, мікоризні гриби [1]. Тому є всі передумови успішного використання мікробного синтезу для отримання екологічно чистих регуляторів росту [76, 77]. Для вирішення проблеми екологічно безпечних регуляторів росту рослин виявилася розробка технологій біосинтезу продуктів метаболізму грибів-ендофітів в штучних умовах культивування, які багаті на біологічно активні речовини.

Однак універсальних регуляторів росту, які б впливали на розвиток сільськогосподарських рослин на різних етапах їх росту і розвитку не існує, хоча багато з них є поліфункціональними [78, 79].

За даними Анішина Л. А. препарати які вироблені в Україні за ефективністю не поступаються іноземним. Дослідженнями проведеними на Тернопільській, Черкаській та Вінницькій дослідних станціях при обприскуванні посівів цукрових буряків вітчизняним препаратом Бетастимулін (5 мл/га) збільшився вихід цукру на 1 т/га, або на 13,8 %, тоді як американський Агріспон при дозі 1 л/га – на 8,1 %. При використанні Емістиму С на буряках (5 мл/га) вихід цукру збільшився на 9,7 %, а від болгарського Лактофолу (10 л/га) лише на 8,6 %. У Тернопільській державній сільськогосподарській станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН цей показник збільшився від Емістиму С на 14,1 % або 0,95 т/га, тоді як від іспанського Екофлешу – тільки на 12,9 % або 0,9 т/га [80].

Встановлена ефективність використання даних препаратів не тільки на буряках, а й на зернових колосових, горосі, ріпаку, сої, кукурудзі та інших. У колосових культур підвищилася продуктивна кущистість на 20–35 %, збільшилася середня довжина колоса, кількість зерен та їх маса; в буряків – маса коренеплодів та площа листя. Препарати біологічного походження викликають у рослин зміну пропорцій у співвідношенні вегетативних та репродуктивних органів на користь останніх [81].

При використанні регуляторів росту можлива не тільки обробка насіння перед посівом, а й позакореневе підживлення посівів. Особливо у фази розвитку рослин, критичних до елементів живлення та умов вирощування. За даними Чернігівського інституту агропромислового виробництва (АПВ) регулятори росту є самостійним засобом підвищення продуктивності посівів, незалежно від рівня удобрення та доведена їх ефективність на різних фонах добрив і при спільному застосуванні з гербіцидами, інсектицидами, прилипачами, плівкоутворювачами, розтікачами та препаратами для інкрустації насіння. Регулятори підвищують польову схожість насіння на 2–7 %. При передпосівній обробці насіння урожай соняшнику підвищується на 0,25–0,35 т/га, ярого ячменю на 0,35–0,65 т/га, зерна кукурудзи на 0,6–1,1 т/га [82].

При застосуванні на кукурудзі регулятора Зеастимулін (10 мл/га) в поєднанні з гербіцидами урожайність зерна підвищується на 0,3–0,6 т/га і зменшується маса бур'янів на 20–70 %, на пшениці – 14 %. При використанні регуляторів росту у пшениці підвищується вміст клейковини на 3–5 %, у ячменю на 1,0–1,5 % збільшується вміст протеїну та крохмалю, в кукурудзі вміст протеїну та жирів, у соняшнику вміст олії на 1,5–3,0 % і в цукрових буряків на 0,2–1,2 % – цукристість [83, 84].

Вартість придбання препаратів українського виробництва в десятки разів нижча, як в іноземних, а поєднання обробки насіння разом із протруюванням забезпечує зменшення витрат. При цьому всі витрати окупаються вартістю приросту від урожаїв на колосових у 8–10 разів, на

соняшнику в 50–60, на цукрових буряках, овочах, картоплі та кукурудзі – у сотню разів [81].

На думку вчених, значна прибавка зернової продуктивності може бути отримана за рахунок використання фізіологічно активних речовин. Завдяки своїй високій біологічній активності в рослинному організмі активізуються основні життєві процеси. У результаті прискорення процесу накопичення надземної маси та розвитку кореневої системи відбувається більш активне використання поживних речовин з ґрунту і зростають захисні (імунні) властивості рослин. Тому поєднання таких препаратів із хімічними засобами захисту сільськогосподарських культур дозволять сформувати рівновагу в агрофітоценозах, що дасть змогу зменшити використання протруйників та фунгіцидів на 20 % без зменшення захисного ефекту [24].

У Чернігівському інституті АПВ НААН випробовували вплив інокуляції насіння Мікрогуміном на ячмені та Біограном на кукурудзі. Встановлено, що дані препарати можуть бути еквівалентними дії 30–60 кг/га мінерального азоту, 25–30 кг/га K_2O і 20 кг/га – P_2O_5 . Приріст зеленої маси кукурудзи на фоні $N_{40}P_{20}K_{35}$ становив 5,51 т/га (15,8 %). Найменшим цей показник виявився на фоні $N_{160}P_{80}K_{140}$ – 2,70 т/га або 5,8 % [85]. Отже, застосування мікробного препарату Біогран на кукурудзі дозволяє більш ефективно використовувати рослинами поживні речовини, у тому числі з добрив. Ймовірно, що значна кількість сполук досліджуваних елементів закріплюється кореневою системою рослин і може бути використана наступними культурами у сівозміні.

Герасименко С. відмічає, що при використанні Емістиму С для обробки насіння підвищується польова схожість рослин на 2–8 %. Насіння, яке оброблене сумішшю протруйника з стимулятором, проростає на кілька днів раніше і дає дружні темно-зелені сходи. Активніше формується вторинна коренева система: збільшується її водопоглинальна здатність і активна зона на 25–30 %, а прибавка врожаю становить 10–19 % [86].

У сучасних умовах розвитку сільського господарства важко переоцінити значення екзогенних регуляторів росту. Але не потрібно вважати, що вони є універсальним засобом і можуть викликати у рослин нові, не притаманні їм властивості. Дія регуляторів чітко обмежена можливостями генотипу самої рослини, а вони лише допомагають розкрити її потенціал.

Таким чином, для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, зокрема і кукурудзи, із метою зменшення антропогенного навантаження на ґрунт та зниження енерговитрат при вирощуванні сільськогосподарських культур важливе значення має застосування регуляторів росту на основі передпосівної обробки насіння.

Біопрепарати Флуоресцин БТ, Трихопсин БТ, Біоспектр БТ на посівах ліній-батьківських компонентів гібридів кукурудзи спричиняють рістрегулюючу дію. Під дією препаратів збільшувалася площа листкової поверхні ліній кукурудзи. Індивідуальна площа листкової поверхні рослин зменшувалася зі збільшенням густоти рослин, а загальна зростала. Густота рослин та обробіток біопрепаратами суттєво впливали на формування площі листкової поверхні, частка їхнього впливу становила відповідно 10,7% та 27,2%. Площа листкової поверхні рослин батьківських ліній гібридів кукурудзи показала високий рівень залежності врожайності насіння та площі листкової поверхні ($r=0,556$), що пов'язано з групою стиглості ліній та дією біопрепаратів [87].

Аналітичні дані свідчать, що серед високоефективних і найменш витратних розробок вітчизняної аграрної науки за останні роки вагоме місце належить впровадженню вітчизняних регуляторів росту рослин. За результатами досліджень науково-виробничої перевірки, витрати на їх придбання і впровадження окупаються приростами урожаїв у сотні разів [88, 89, 90]. Фізіологічний ефект від використання регуляторів росту та мікродобрив полягає в покращенні процесів життєдіяльності, а саме у поліпшеному поглинанні поживних речовин, посиленні процесів фотосинтезу. Все це сприяє підвищенню врожайності та дає можливість

рослині максимально використати свій потенціал [91, 92]. Застосування регуляторів росту – новий і перспективний напрям сільського господарства. Неабияк цінується на посівах самоzapилених ліній кукурудзи, які внаслідок морфобіологічних особливостей відрізняються низькою енергією проростання, слабким стартовим ростом, чутливістю до уражень шкідниками та фітоінфекціями [93, 94].

1.3 Формування продуктивності кукурудзи залежно від густоти стояння рослин

Густота стояння рослин залежить від групи стиглості, типу гібриду за ростом та від волого забезпечення. При виборі густоти стояння потрібно враховувати ґрунтово-кліматичні умови, висоту рослин та групу стиглості гібридів кукурудзи. Ранньостиглі гібриди рекомендовано висівати із більшою густотою, ніж пізньостиглі. Також, морфологічні особливості рослин, зокрема висота також впливають на вибір густоти їх стояння. Чим вищі рослини, тим менше рослин має бути на 1 м². Густота стояння рослин значною мірою впливає на показники урожайності та якості. За результатами досліджень науковців встановлено, що за умов які включають екстремальну суху погоду, урожайність крохмальних одиниць збільшується при підвищенні кількості рослин до 14 штук на 1 м². Проте, збільшення густоти призводить до гіршого визрівання, зниження частки качанів в урожаї сухої маси, меншому вмісту сухої речовини і більш низькій стійкості до вилягання.

Дослідженнями встановлено, що збільшення густоти стояння рослин на 10 % знижує часту зерна в урожаї на 1 %. Відповідно, зменшення даного показника з 10 до 8 рослин на м² підвищує вміст сухої речовини на 1 % та концентрацію енергії на 0,1 %. Тому, при виборі густоти стояння необхідно знайти чи підібрати такий варіант, при якому і величини урожаю і його якість будуть оптимальними. Визначено, що найбільший вихід сухої речовини та качанів можна отримати при густоті стояння від 80 до 100 тис. рослин / га.

Чим вища родючість ґрунту та чим більш ранні строки посіву, тим більшою може бути густота стояння. Варто враховувати забезпечення рослин кукурудзи вологою під час вегетації та особливо очікувану кількість опадів у липні та серпні. Для кукурудзи необхідно не менше 200 мм/га [8].

Забезпечення точного висіву насіння гарантує рівномірність у відстані між рослинами. У зв'язку із цим як за глибиною загортання насіння так і за їх кількістю на одиниці площі та відстанню між рослинами у рядах необхідно здійснювати контроль. При вирощуванні кукурудзи перевага по технологічним причинам надається ширині міжрядь 70 см. Проте, при дуже ранніх строках посіву в несприятливих умовах для вирощування кукурудзи щоб забезпечити необхідну густоту стояння рослин потрібно збільшувати кількість насіння на 10%. Проте, підвищена густота стояння рослин негативно впливатиме на урожайність. При нестачі вологи підвищується конкуренція між рослинами і за вологу і за поживні речовини, знижується ріст у висоту, зменшується показник розвитку качанів та скорочується період дозрівання. При достатньому забезпеченні вологою підвищується конкуренція за сонячну енергію, посилюється наростання вегетативної маси із пригніченням розвитку качанів та сповільнюється дозрівання [95, 96].

Із появою точної збиральної техніки, котра здатна працювати незалежно від ширини міжрядь, стало можливим вирощування кукурудзи як з більш вузькими так і з більш широкими міжряддями. Результати проведених досліджень в цьому напрямку є досить різними та неоднозначними на що впливали індивідуальні особливості ґрунтово-кліматичних умов [97].

Кукурудза сильніше, ніж інші культури, відгукується на зміну площі живлення, тому відповідним підбором ширини міжрядь і кількості рослин у ряду можна досягти істотного збільшення врожаю й покращення його якості [3]. Величина площі живлення рослин, окрім об'єму ґрунту, який охоплює коренева система рослин включає також певний наземний простір, що забезпечує рослини чинниками фотосинтетичної діяльності. У посіві рослини розміщені на такій відстані, що їхні корені й надземні органи проникають під сусідні рослини. У

зв'язку з цим їх розвиток залежить не лише від забезпечення життєвонеобхідними екологічними чинниками (елементи живлення, світло, повітря тощо), а й від сусідніх із ними рослин [4, 11].

Суттєве зростання врожаю одночасно із покращенням якості зерна кукурудзи може бути одержане завдяки правильному вибору ширини міжрядь і кількості рослин у ряду. Адже кукурудза значно більше за інші культури, реагує на площу живлення та зміну даного показника. У площу живлення рослин та її величину, без врахування ґрунту, об'єм котрого охоплюється кореневою системою рослини включається також і наземна площа, яка забезпечує рослини функціонуванням фотосинтетичного апарату. В полі у посівах розміщення рослин обумовлює проникнення коренів та надземних органів під сусідні рослини. Саме тому їх розвиток знаходиться у прямій залежності як від забезпечення життєвонеобхідними екологічними чинниками (елементи живлення, світло, повітря тощо) так і від сусідніх із ними рослин [3, 4]. Кількість рослин на одиниці площі визначає характер взаємодії та взаємовідносин рослин у посівах. Під впливом морфологічних та біологічних особливостей гібридів та ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування відбувається і зміна густоти стояння рослин, що буде забезпечувати найоптимальніші умови для формування врожаю кукурудзи [98].

Густота рослин та сортові особливості у значній мірі визначають формування продуктивного стеблостою що є стартом для реалізації врожаю [99, 100]. Безпосередній вплив на ріст та розвиток рослин кукурудзи, проходження фенологічних фаз і тривалість вегетаційного періоду здійснюється саме густотою стояння рослин як одним із факторів формування зернової продуктивності [101]. Зростання показника густоти стояння рослин кукурудзи, у порівнянні з оптимальним, буде впливати на рівень урожайності, стійкість посівів до пошкодження хвороботворними мікроорганізмами. Посіви, котрі є загущеними, формують підвищену висоту рослин при зменшеній товщині стебла, що призводить до вилягання [8, 6].

Реакція рослин кукурудзи на вплив умов навколишнього середовища є досить пластичною. Така особливість вказує на можливу зміну розміру і

розміщення індивідуальної площі живлення при розташуванні рослин кукурудзи на полі. Що можна регулювати шириною міжрядь і кількістю рослин на площі при наявній відповідній техніці для механізованого виконання всіх прийомів вирощування даної культури [10].

На процеси забезпечення життєдіяльності посівів рослин кукурудзи здійснюють вплив показники кількості рослин та просторового їх розміщення на площі у значній мірі. При цьому, є межа можливої мінливості розміру і конфігурації індивідуальної площі живлення котра обмежується в першу чергу потребами рослин у екологічних факторах навколишнього середовища та важливістю забезпечення для них в посівах максимально сприятливих умов вирощування, що сприятиме нормальному їх росту, розвитку та високій продуктивності. Це напряду обумовлює теоретичну та практичну цінність результатів по виявленню закономірностей росту, розвитку і формуванню продуктивності рослин кукурудзи залежно від способів розміщення їх на площі при зміні густоти стояння. Значні об'єми наукової роботи в різних ґрунтово-кліматичних зонах України проводилися на вивчення дії ширини міжрядь та густоти стояння рослин кукурудзи при різних способах посіву на показники продуктивності гібридів відмінних по морфо-біологічних особливостях, в тому числі і в умовах північної частини Степу та в центральному Лісостепу. За одержаними результатами досліджень, було зафіксовано, що за умов північного Степу кращі дані було одержано за квадратногніздового способу посіву, за пунктирного способу сівби при ширині міжрядь 90–100 см.

Вищу врожайність зерна посіви середньораннього гібрида кукурудзи формували за широкорядного пунктирного способу сівби (100 см) за густоти стояння 30–35 тис. шт./га. Звуження міжрядь до 70 см зумовлювало збільшення в посіві кукурудзи площі необроблених культиватором захисних зон рослин, що призводило до погіршення фітосанітарного стану та негативно впливало на ріст, розвиток і продуктивність культури, особливо за відсутності ручного прополювання. При вивченні зернової продуктивності середньораннього і

середньостиглого гібридів кукурудзи Дніпровський 438 і ВІР 42 за пунктирного способу сівби з шириною міжрядь 100 і 50 см, за густоти стояння рослин 30, 40 і 50 тис. шт./га., було встановлено, що в умовах дослідного господарства при зменшенні ширини міжрядь з 100 до 50 см спостерігали тенденцію до підвищення урожайності зерна у обох гібридів кукурудзи [98].

Відповідно до результатів досліджень одержаних в ДУ ІЗК НААН в 2009–2011 рр., урожайність зерна ранньостиглого гібрида Почаївський 190 МВ становила 2,69 т/га при традиційному пунктирному способі посіву коли ширина міжрядь становила 70 см на фоні природнього рівня забур'яненості посіву. За таких умов зменшена ширина міжрядь до 35 см призводила до приросту урожайності зерна на 0,54 т/га або на 20,1 % [102].

Наразі один із основних способів посіву кукурудзи не залежно від ґрунтово-кліматичної зони вирощування в Україні, одночасно із використанням у технології вирощування хімічних засобів захисту у догляді за посівами, є пунктирний широкорядний з міжряддями 70 см. Навіть враховуючи те, що у виробництві з'явилися нові гібриди кукурудзи, котрі є більш скоростиглими і для них властиві менші показники архітекtonіки рослин, характерна адаптивність до несприятливих факторів навколишнього середовища, такі елементи технології вирощування як спосіб сівби та густина стояння рослин у посіві є практично незмінні впродовж тривалого часу [13]. Визначено, що забезпеченість вологою та, зокрема, морфо-біологічні особливості гібридів, будуть у досить широкому діапазоні впливати на вибір оптимальної густоти стояння рослин кукурудзи у різних ґрунтово-екологічних зонах. До прикладу у посушливих районах Степу де висівають кукурудзу (середньорічна кількість опадів 350–400 мм) максимальні врожаї ранньостиглих і середньоранніх гібридів кукурудзи зазвичай одержують при густоті стояння рослин 45–60 тис. шт./га, за умов нестійкого зволоження в Лісостеповій зоні (400–500 мм) – за густоти стояння 65–85 тис. шт./га і в районах Полісся, сприятливих за зволоженням (500–800 мм опадів і більше) – за густоти стояння 75–90 тис. шт./га [103, 104].

За результатами досліджень науковців встановлено, що показник тривалості вегетаційного періоду знаходиться у залежності від багатьох чинників та, зокрема, від густоти стояння рослин кукурудзи. Тривалість вегетаційного періоду була найменшою (114 днів) при густоті стояння рослин 60 тис./га незалежно від удобрення у гібрида Каховський. У досліджах максимальний вегетаційний період зафіксовано у гібриду Скадовський при густоті 80 і 90 тис./га і застосуванні добрив у дозі $N_{120}P_{120}$ (відповідно 124 і 126 днів) і у гібриду Арабат на варіанті із показником 90 тис./га рослин і $N_{90}P_{90}$ – 125 днів. При цьому визначено, що зростання густоти стояння рослин від 60 до 90 тис./га на кожному рівні удобрення практично не впливало на польову схожість насіння. У гібрида кукурудзи Арабат найвищі показники польової схожості встановлено при густоті 60 тис. / га і внесенні $N_{90}P_{90}$ – 89,9%. Зі збільшенням густоти стояння до 90 тис. / га і внесення повного мінерального добрива в нормі $N_{120}P_{120}$ польова схожість насіння знижувалася до 87,0%. [105].

Одержані результати досліджень [106] вказують на відсутність впливу густоти стояння рослин кукурудзи на особливості проходження міжфазних періодів та настання фенологічних фаз та їх тривалість. Таку ж тенденцію було зафіксовано на показнику висоти рослин кукурудзи - при зміні форми площі живлення вона практично не змінювалася. Результати біометричних досліджень свідчать, що найбільший вплив на варіацію висоти рослин кукурудзи здійснював фактор року дослідження, при цьому біометричні показники залежали як від густоти стояння, так і від способу сівби.

Відповідно до результатів досліджень науковців встановлено, що фотосинтетичний потенціал, ширина міжрядь і густота рослин знаходяться у сильному позитивному зв'язку. При цьому показник коефіцієнта множинної кореляції знаходиться на рівні 0,93 [107].

Висновки до розділу 1.

1. В умовах сучасного аграрного виробництва кукурудза є провідною культурою. За площами посіву і валовими зборами зерна, кукурудза на третьому місці після пшениці і рису, а за величиною урожайності, яка може досягати до 25-28 т/га, займає перше місце. За рахунок пластичності до умов вирощування та своїх біологічних особливостей вона широко використовується у різних галузях, а саме тваринництві, харчовій і переробній промисловості. Зростання попиту на зерно кукурудзи та підвищення обсягів його виробництва насамперед пов'язане з стрімким зрощанням енергоресурсів, при цьому зерно кукурудзи стало основною сировиною для виробництва біоетанолу.

2. Ключовими фактором впливу на продуктивність рослин та в цілому урожайність зерна кукурудзи є густота рослин та система живлення, по удосконаленню яких на сьогоднішній день проведено цілий ряд досліджень у різних ґрунтово-кліматичних зонах. Проте такі дослідження необхідно удосконалювати з урахуванням зміни клімату, появи нових форм добрив, у тому числі біологічних, потребують уточнення норми та терміни їх внесення, а також можливість сумісного використання біологічних і мінеральних добрив.

3. Недостатньо дослідженими для умов Лісостепу правобережного є нові гібриди кукурудзи інтенсивного типу. Потребують наукового обґрунтування моделі технологій вирощування цих гібридів за різної густоти сівби із врахуванням дії та взаємодії організованих факторів та наявних гідротермічних ресурсів регіону.

Список використаних джерел до розділу 1.

1. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
2. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця, 2017. 588 с.
3. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця: ФОП Данилюк, 2013. 636 с.
4. Паламарчук В.Д., Мазур В.А., Зозуля О.Л. Кукурудза. Селекція та вирощування гібридів. Монографія. Вінниця, 2009 р. 199 с.
5. Vegh K.R., Rajkai K., Nemeth T. (1996): Water redistribution and nitrate movement in the root zone. [In Transactions of the 9th Nitrogen Workshop]. 361 – 364
6. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерно-виробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.
7. Ярошко М., Штангела Й. Кукурудза – основні вимоги до вирощування. Агроном. 2012. № 2(36). С. 138-140.
8. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Монографія. Вінниця: Видавництво «Друк». 2020. 536 с.
9. Лихочвор В. В. Рослинництво: Технології вирощування сільськогосподарських культур. Київ: ЦНЛ, 2004. 798 с.
10. Томашевський Д. Ф. Кукурудза. К.: Урожай, 1970. 364 с.
11. Паламарчук В.Д., Климчук О.В., Поліщук І.С., Колісник О.М., Борівський А.Ф. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур. Вінниця: ФОП Данилюк, 2010. 636 с.

12. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування якісних показників зерна кукурудзи. *Сільське господарство і лісівництво*. Вінниця, 2017. №6, т. 1. С. 7–14.
13. Пащенко Ю.М., Борисов В.М., Шишкіна О.Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи. Монографія. Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2009. 224 с.
14. Бабич А. О. Кормові та лікарські рослини в ХХ-ХХІ століттях. Київ: Аграрна наука, 1996. 822 с.
15. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Засуха, суховій і пилова буря в Україні в період глобальних змін клімату. Вінниця: ТОВ «Видавництво-друкарня ДІЛО», 2014. 536 с.
16. Любар В. Органогенез кукурудзи як технологічна складова. *Зерно*. 2015. №3(108). С. 98-102.
17. Мокрієнко В. А. Мінеральне живлення кукурудзи. *Агроном*. 2009. № 2. С 102–104.
18. Туренко В. Безпечні пестициди – запорука високого урожаю в майбутньому. *Зерно*. 2014. № 3(96). С. 190-191.
19. Черчель В., Дзюбецький В., Марочко В. Адаптивні властивості кукурудзи. *Пропозиція*. 2014. № 3. С. 76-80.
20. Якунін О.П., Румбах М.Ю. Економічна і біоенергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи в умовах північної підзони Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2010. №1. С.7 - 10.
21. Капустіна К. Кукурудза на силос від А до Я: усе про гібриди та технологію. 2020. [Електронний ресурс]: режим доступу <https://kurkul.com/spetsproektv/929-kukurudza-na-silos-vid-a-do-ya-use-pro-gibridi-ta-tehnologiyu> .
22. Гречкосій В., Корх В. Механічна кукурудза. *Агробізнес сьогодні*. 2010. № 7 (182). С. 32-38.

23. Гуляк Н. Хто їстиме нашу кукурудзу. *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 34-36.
24. Зінченко О.І., Коваленко Г.О., Коротєєв А.В., Січкач А.О., Нестеренко А.Г. Строки сівби та догляд за посівами кукурудзи в південній частині Лісостепу. *Збірник наук. пр. Інституту землеробства УААН. Спецвипуск присвячений Всеукраїнській конференції «Особливості ведення зернового господарства України залежно від кон'юктури ринку»* К., 2004. С. 126–132.
25. Palamarchuk V., Telekalo N.. The effect of seed size and seeding depth on the components of maize yield structure. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. 24 (№ 5) P. 783-790.
26. Воскобойник О.В., Олізько О.П., Грабовський М.Б., Грабовська Т.О. Динаміка зміни біометричних показників ліній кукурудзи залежно від строків сівби. *Вісник Білоцерківського державного аграрного університету*. Біла церква, 2009. Вип. 59. С. 90-94.
27. Веремєєнко С., Олійник О. Вплив стимуляторів росту на кукурудзу. *Агро Перспектива*. 2010. №7. С. 72-73.
28. Музафаров Н., Манько К., Музафаров І. Кукурудза в сівозміні – чекай на врожай. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 10. С. 30-32.
29. 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. 8(3), 47-53.
30. Косолап Н. Кукуруза – за 120, соя – за 30. *Зерно*. 2012. №11. С. 102-110.
31. Паламарчук В.Д., Поліщук М. І., Паламарчук О. Д. Характеристика основних елементів технології вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. №3. С. 58-64.
32. 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.

33. Павлюк І. Економічні переваги точного землеробства у вирощуванні кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2019. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/15669-ekonomichni-perevahy-tochnoho-zemlerobstva-u-vyroshchuvanni-kukurudzy.html>

34. Танчик С., Бабенко А., Шпирка О. Захист посівів кукурудзи від бур'янів. *Пропозиція*. 2012. № 6. С. 80-81.

35. Мірошниченко М., Гладкіх Є. Агротехніка за стресових умов. *Farmer (the ukrainian)*. 2015. №10(70), жовтень. С. 36-39.

36. Мокрієнко В. Адаптивні гібриди кукурудзи Roots Power для посушливих умов. *Зерно*. 2015. № 10(115). С. 54-56.

37. Паламарчук В.Д., Алексєєв О.О. Математичні моделі високо крохмальних гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. №16. С. 28-47.

38. Терек О., Головач О., Терек К. Ростові процеси у рослин кукурудзи та зміни у фітогормональному комплексі за дії несприятливих температур. *Вісник Львівського університету*. Серія біологічна. 2000. Вип. 26. С. 147–152.

39. Янош Надь. Кукурудза. Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2012. 580 с.

40. Bennetzen J. L., Hake C. Handbook of Maize: Its Biology. Springer Science Business Media, 2009. 146 p.

41. Bright J. Designing irrigation systems to use water efficiently New Zealand Institute of Primary Industry Management Conference. 2002. P. 185– 188.

42. Пастернак В. Елементи мінерального живлення рослин. 2015, УкрАгроРесурс. 30 с.

43. Городній М.М. Агрохімія – 4-те вид., переробл. та доп. К.: Арістей, 2008. С. 156-182.

44. Гож О.А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від мікродобрив та регуляторів росту на зрошуваних землях півдня України:

автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд.с.-г. наук: 06.01.09. Херсон, 2016. - 22 с.

45. Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України / За ред. доктора с.-г. наук, професора, член-кореспондента НААН В. Ф. Камінського. Київ: ВП «Едельвейс», 2015. 428 с.

46. Каленська С. М., Шевчук О. Я., Дмитрощак М. Я. *Рослинництво*. Київ: НАУУ, 2005. 502 с.

47. Адаменко С. М., Машинник С. В. Застосовуйте «Нутривант плюс» та отримуйте щедрий врожай кукурудзи. *Агроном*. 2008. № 2. С. 52–53.

48. Коваленко О., Ковбель А. Елементи живлення та стреси польових культур. *Пропозиція*. 2013. № 5 (215). С.78–79.

49. Bamm A. Physiologische Grundlagen des Wasser und Stoffhaushaltes von Mais Z. Be. Wasser. 1980. H. 2. S. 113–119.

50. Мілютенко Т.Б., Демидов О.А., Шерстобоева О.В. Міграція біогенних елементів з ґрунту за різних систем удобрення. *Агроекологічний журнал*. 2014. №1. С. 60-64.

51. Зубець М.В. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України. Київ: Аграрна наука, 2004. 986 с.

52. Calvino P. A., Andradeb F. A., Sadrasb V. O. Maize Yield as Affected by Water Availability, Soil Depth, and Crop Management. *Agronomy Journal*. 2003. № 95 P. 275–281.

53. Асанішвілі Н.М. Ефективність елементів технології вирощування кукурудзи в умовах північної частини Лісостепу. Зб. наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ, 2013. Вип. 3-4. С. 68-74.

54. Кур'ята В. Г. Фізіологія рослин. Част. 1. Навч. пос. для студ. ден. і заочн. форм навч. спец. «Біологія». Вінниця: Гіпаніс, 2005. 100 с.

55. Рибка В., Ляшенко Н., Дудка В. Чинники врожайності кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2018. № 13 (380). URL: <http://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/11857-chynnyky-vrozhainostikukurudzy.html>.

56. Господаренко Г. Удобрення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2010. №10(185). С. 18-19.
57. Пономаренко С. Біостимулятори росту. Як зменшити пестицидний стрес на поля. *Захист рослин*. 1997. №1. С. 4-5.
58. Тимофійчук О.Б. Рекомендації із застосування біостимуляторів – добрив нового покоління в технологія вирощування кукурудзи на зерно. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2012. 27 с.
59. Терновий Ю.В., Теличко Л.П. Біологічні препарати, як елемент екологічно безпечної технології вирощування кукурудзи цукрової. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 1. С. 108-114.
60. Корчагіна І. Кукурудза – 2011. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2011. № 3 (32). С. 34-37.
61. Bircher J.A. Auger D.L., Riddle N.C. In search of the molecular basis of heterosis. *Plant cell*. 2003. V. 15, 10. P. 2236-2240.
62. Терек О. Ріст рослин. Львів, Видавн. центр ЛНУ, 2007. 252 с.
63. Фітопатогенні бактерії. Методи досліджень. Монографія. Том. 2. / В.П. Патики, Л.А. Пасічник, Р.І. Гвоздяк, В.Ф. Петриченко та ін. / За ред. В.П. Патики. Вінниця: ТОВ «Віндрук», 2017. 432 с.
64. Крамарьов С. Живлення через листок. *Farmer*. 2013. № 5. С. 38-40.
65. Ростоцький О. Біологічні препарати в технології вирощування кукурудзи. *Аграрник*. 2014. № 8. С. 16.
66. Патики В. П. Перспективи використання біопрепаратів у землеробстві. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УАН*. 1999. Вип. 4. С. 84–91.
67. Рекомендації щодо проведення комплексу весняно-польових робіт у Вінницькій області в умовах 2016 року / авт. кол. : М. М. Неїлик, В. Ф. Петриченко, О. В. Корнійчук та ін. ; Департамент агропром. розвитку, Ін-т кормів та сіл. госп-ва Поділля НААН, Центр наук. забезпечення АПВ Вінницької області. Вінниця, 2016. 44 с.

68. Кордін О. І. Вплив гідротермічних умов на схожість насіння різних за холодостійкістю гібридів кукурудзи. Матеріали наради–семінару «Погода і зернове господарство України». Дніпропетровськ, 2004. С. 58–63.
69. Пати́ка В.П., Пасі́чник Л.А. Фітопатогенні бактерії: фундаментальні і прикладні аспекти. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 2. С. 7-11.
http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnuc_2014_2_4
70. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.
71. Жилкін В.А. Регулятори росту в рослинництві. Міжвідомчий науково-технологічний центр «Агробіотех» НАН України та МОН України. К., 2007. 27 с.
72. Рекомендації по застосуванню регуляторів росту рослин в сільськогосподарському виробництві. Київ: Високий врожай, 2006. 24 с.
73. Яворська В.К., Драговоз І.В., Крючкова Л.О. Регулятори росту на основі природної сировини та їх застосування в рослинництві. Київ: Логос, 2006. 176 с.
74. Пати́ка В.П., Макаренко Н.А., Моклячук Л.І. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів. Київ: Основа, 2005. 300 с.
75. Крамарьов С.М., Шевченко М.С., Шевченко В.М. Позакореневе підживлення посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Бюл. Ін-ту зерн. Госп-ва УААН*. Дніпропетровськ, 2000. № 12–13. С. 36–39.
76. Пати́ка В. П. Що дає виробникам рослинної продукції застосування препарату КЛЕПС? *Агробізнес сьогодні*. 2002. № 5. С. 10–13.
77. Усманова Г. О., Пати́ка В. П. Мікробіологічні препарати в посівах ріпаку і соняшнику. Біологічні науки і проблеми рослинництва. *Збірник наукових праць Уманського держ. аграр. ун-ту*. Умань, 2003. С. 247–250.
78. Волкогон В.В. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. К.: Аграрна наука, 2011. 156 с.

79. Пономаренко С. П. Регулятори росту рослин – вагомий резерв урожаю 2009. *Посібник українського хлібороба: Наук.-виробн. щорічник*. К.: Академпрес, 2009. С. 102–106.
80. Анішин Л. А. Вітчизняні біологічно активні препарати просяться на поля України. *Пропозиція*. 2004. № 10. С. 48–50.
81. Засуха Т. Вітчизняні регулятори росту – це надійно. *Пропозиція*. 2001. № 3. С. 76.
82. Дудка В. Позакореневе підживлення: хибні теорії та практичні помилки. *Агроном*. 2010. № 4 (30). С. 24–27.
83. Скринник Я. Т. Особливості застосування комплексних рідких добрив при вирощуванні кукурудзи в умовах північного Степу України. *Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН*. Дніпропетровськ, 2010. № 39. С. 103–106.
84. Скурятін Ю. М. МайсТер для цариці полів. *Зерно*. 2007. № 5 (14). С. 62–63.
85. Волкогон В.В., Дімова С.Б., Волкогон К. І., Борулько Р.О., Бердніков О.М. Вплив мікробних препаратів на засвоєння культурними рослинами поживних речовин. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 5. С. 25–28.
86. Герасименко С. Емістим С і Агростимулін – ефективні засоби передпосівної обробки насіння. *Пропозиція*. 2001. № 8/9. С. 60.
87. Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О., Кирпа М.Я., Стасів О.Ф. Ефективність застосування біопрепаратів під час вирощування ліній-батьківських компонентів гібридів кукурудзи за різної густоти рослин в умовах краплинного зрошення. *Аграрні інновації*. № 5 (2021). С 135-142.
88. Асанішвілі Н. М. Оптимізація мінерального живлення гібридів кукурудзи на основі рослинної діагностики. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Т. 11. №3. 22 с. URL: <http://dx.doi.org/10.31548/agr>
89. Асанішвілі Н. М., Юла В. М., Шляхтурова С. П. Формування елементів структури врожаю кукурудзи під впливом технології вирощування в Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 663-676.

90. Калінін Ф. Л. Застосування регуляторів росту в сільському господарстві. К. : Урожай, 1989. 168 с.

91. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи різного рівня інтенсивності. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3 (107). С. 19–27.

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

93. Мазур В. А., Азуркін В. О., Поліщук І. С. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння для виробництва біоетанолу. *Зб. наук. пр. ВНАУ*. 2011. С. 27–30.

94. Мазур В. А., Шевченко Н. В., Циганська О. І. Висота рослин кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 8 (1). С. 5-13.

95. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. для студ. вищ. аграр. закл. освіти I–IV рівнів акредитації, що вивчають дисципліни «Рослинництво» / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Івашук, О. В. Корнійчук ; за ред. В. В. Лихочвора, В. Ф. Петриченка. 4-те вид., доп. Львів : НВФ «Укр. технології», 2014. 1039 с.

96. Вожегова Р. А., Белов Я. В. Удосконалення технології вирощування гібридів в умовах зрошення півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2019. Вип. 2. С. 41–47.

97. Вожегова Р. А., Белов Я. В. Продуктивність та якість гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та фону мінерального живлення за вирощування на зрошуваних землях. *Наукові доповіді НУБіП*. Київ, 2019. Вип. 3. С. 89-95

98. Пащенко Ю.М., Остапенко М.А., Єремко Л.С. Строки сівби та густота стояння рослин гібридів кукурудзи в умовах південного Степу

України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2007. №2. С. 24-28.

99. Грабовський М.Б., Озерова Л.В. Продуктивність та вологість зерна гібридів кукурудзи компанії «Монсанто» залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення. *Агробіологія*. 2012. Вип. 7(91). С. 97-102.

100. Цехмейструк М.Г., Музафаров Н.М., Манько К.М. Аспекти вирощування кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 8. С. 28-32.

101. Влащук А., Прищепко М., Желтова А. Цариця полів. Чинники урожайності. *Farmer (the Ukrainian)*. 2017. №3 (87). С. 12-13.

102. Кравець С.С. Формування продуктивності кукурудзи залежно від ширини міжрядь і гербіцидів в північному Степу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09. Дніпропетровськ. 2013. 19 с.

103. Зубець М.В. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України. Київ: Аграрна наука, 2010. 980 с.

104. Зубець М.В. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України. Київ: Урожай, 2004. 560 с.

105. Минкін М.В., Берднікова О.Г., Минкіна Г.О. Формування продуктивності кукурудзи на зерно залежно від живлення та густоти стояння в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. № 106 (2019). С. 103-109.

106. Дудка М.І., Якунін О.П. Формування врожайності зерна кукурудзи залежно від способу сівби та густоти стояння рослин в північному Степу України. *Зернові культури*. Том 7. № 1. 2023. С. 76–84.

107. Дробітько О.М. Особливості формування продуктивності кукурудзи залежно від просторового і кількісного розміщення рослин в агрофітоценозі в умовах південно-західного Степу. *Корми і кормо виробництво*. Вінниця, 2008. Вип. 60. С. 62-68.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Характеристика ґрунтово-кліматичних умов місця проведення польових досліджень

Процеси росту, розвитку та формування високої продуктивності рослин, у тому числі кукурудзи, відбуваються у злагодженій взаємодії ґрунтових та кліматичних чинників, основними з яких є тепло, волога, світло і вміст у ґрунті необхідних елементів живлення. За рахунок детального аналізу ґрунтових та кліматичних умов зони вирощування тої чи іншої культури можна обґрунтувати особливості ростових процесів а, в деякій мірі, повпливати на формування рівня продуктивності посіву.

Польові дослідження з вивчення особливостей формування зернової продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від рівня удобрення та густоти стояння рослин проводили впродовж 2021 – 2023 рр. на дослідному полі НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету.

Відповідно до геоморфологічного районування України територія дослідного відноситься до Придніпровської височини геоморфологічного району – Вінницької денудаційно–акумулятивної хвилястої рівнини і відноситься до Суббореального (помірно теплого) ґрунтового географічного поясу в зоні Лісостепу [108].

Лісостепова зона є перехідною від лісо-лучної (Полісся) до чорноземно-степової. Вона розміщується вузькою смугою, через всю Україну, від кордонів Польщі і Румунії на схід, а далі до Уральських гір. У межах України Лісостеп займає 202,8 тис. км², або 33,6 % території, більше 65% цієї площі орні землі. Зона Лісостепу налічує 9 областей, які розташовуються від Львова на заході – до Харкова на сході. Вінниця та Чернівці утворюють області на крайньому півдні зони. У відмінності від інших

зон Лісостеп це суцільна територія з порівняно однаковими ґрунтово–кліматичними умовами. В залежності від особливостей рельєфу, Лісостепова зона поділяється на три природно–сільськогосподарські провінції: Лісостепову Західну, Лісостепову Правобережну та Лісостепову Лівобережну, які за складом ґрунтів, кліматичними умовами та іншими особливостями підзони мають певні відмінності [109].

Лісостепова зона характеризується однією із найскладніших структур ґрунтового покриву. У земельному фонді зони набули поширення такі ґрунти: ясно–сірі лісові (3,8 %), сірі лісові (11,3 %), темно–сірі опідзолені (13 %), чорноземи опідзолені (21,6 %), чорноземи типові (36,5 %), лучно–чорноземні (2,8 %) і лучні (3,5 %) [109].

Головними ґрунтоутворюючими породами зони Лісостепу є лесовидні суглинки і леси, які мають високі агрономічно цінні якості, проте ступінь їх родючості безпосередньо залежить від гранулометричного складу. Ґрунтові води на переважній частині зони залягають на глибині 9 – 14 м, на терасах річок – 6 – 10 м, а в місцях зниження – 2,0 – 3 м [110].

Більша частина ґрунтів Вінницької області має кислу реакцію ґрунтового розчину. Із 1 млн. га обстежених ґрунтів 5,5 тис. га відноситься до дуже сильно кислих (рН до 4,1), 19 тис. га – до сильно кислих (рН 4,1–4,5), 215 тис. га – до середньокислих (рН 4,6 – 5,0), 336 тис. га – до слабокислих (рН 5,1–5,5), 271,5 тис. га близькі до нейтральних (рН 5,6 – 6,0) та 599 тис. га – нейтральних (рН >6,0). Виходячи з чого проведення вапнування є одним із важливих прийомів технології вирощування сільськогосподарських культур [109].

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки, на якій проводили польові дослідження з гібридами кукурудзи різної групи стиглості представлений сірими лісовими ґрунтами, які мають середньо–суглинковий гранулометричний склад та грудочкувату структуру, рельєф поля рівний. Згідно морфологічної класифікації дані ґрунти знаходяться у проміжному місці між сірими і темно–сірими лісовими. Гумусо–елювіальний горизонт

складає 25 – 30 см. Він сильно елювіований, бурувато–сірий, вологий, пілувато–середньосуглинковий, щільний 1,3 – 1,4 г/см³, його глибина 55–60 см.

Дані ґрунти мають середній потенціал родючості, вони характеризуються схильністю до підвищеного утворення кірки та запливання при надмірній кількості опадів. Крім того сірі лісові ґрунти характеризуються середніми темпами досягання навесні та середньою агрономічною цінністю структури, при цьому спостерігається висока розпиленість верхнього горизонту 0-4 см.

За результатами агрохімічного аналізу ґрунт дослідного поля характеризується не високим вмістом гумусу (за Тюрнімом) 1,94 – 2,20 %, гідролітична кислотність – 2,85 – 3,29 мг-екв на 100 г рН сольової витяжки 5,5 – 5,9. Вміст лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) становив 63 – 69 мг/кг, рухомого фосфору та обмінного калію (за Чириковим) відповідно 142 – 155 і 83 – 94 мг на 1 кг ґрунту.

Таким чином для отримання високих і сталих врожаїв сільськогосподарських культур на сірих лісових ґрунтах необхідно проводити обов'язкову мобілізацію їх біологічної активності шляхом покращення агрофізичних і агрохімічних показників та оптимізацію поживного режиму. З огляду на біологічні властивості кукурудзи даний тип ґрунту є середньо сприятливим для їх ростових та фізіологічних процесів, а за необхідного удобрення можна отримати високу урожайність зерна.

У зв'язку з певними особливостями географічного розташування та геоморфологічною пластикою території кліматичні умови Лісостепової зони досить неоднорідні. Для прикладу у правобережній частині Лісостепу клімат формується з повітряних мас, які утворились над Атлантичним океаном, на відміну від лівобережної частини клімат якої формуються над Північно–Льодовитим океаном. У цілому, клімат зони характеризується теплим літом і помірно холодною зимою. В напрямку із заходу на схід спостерігається

збільшення континентальності, що, відповідно, впливає на кількість опадів і амплітуду коливань добової температури [111, 112].

Багаторічними метеорологічними спостереженнями І.М. Півошенка було встановлено, що в умовах Лісостепу перехід середньодобової температури через $+5^{\circ}\text{C}$ весною відбувається у першій декаді квітня, а восени в третій декаді жовтня – першій декаді листопада. Орієнтовно, тривалість вегетаційного періоду знаходиться у межах 200 – 205 діб. Середньобагаторічна сума опадів у зоні становить 580 – 630 мм, за вегетаційний період – близько 320 мм. Найбільша кількість опадів фіксується влітку – 80 – 90 мм/міс, а найменша – взимку – 30 – 35 мм/міс (табл. 2.1) [113].

Таблиця 2.1.

**Агрокліматичні показники центральної зони Вінницької області
(за Півошенко І. М., 1997 р.)**

Кліматичні показники	Величина
Сума активних температур, $t^{\circ}\text{C}$	2671 – 2780
Довжина без морозного періоду, дні	141 – 147
Середньорічна температура повітря, $t^{\circ}\text{C}$	6,7 – 7,0
Мінімальна температура повітря, $t^{\circ}\text{C}$	– 34
Максимальна температура повітря, $t^{\circ}\text{C}$	+ 38
Дата осінніх заморозків	6 – 7. 10
Дата останніх весняних заморозків	23 – 25. 04
Довжина вегетаційного періоду, дні	199 – 205
Сума атмосферних опадів за рік, мм	581 – 634
Сума опадів за вегетаційний період, мм	368 – 425
Довжина періоду з сніговим покривом, дні	87 – 90
Середня максимальна глибина снігового покриву, см	14 – 15
Середня глибина промерзання ґрунту, см	56
Сума ефективних температур $>5^{\circ}\text{C}$	1949 – 2059
Переважаючий напрямок вітру	Північно–західний

В останні роки в зоні Лісостепу правобережного спостерігаються досить нестабільні кліматичні умови за роками, тобто вологі роки можуть

змінюватися на посушливі і навпаки, спостерігається нерівномірність випадання опадів, що безпосередньо впливає на формування продуктивності рослин.

Головними факторами вирощування кукурудзи в нашому регіоні є довжина теплового періоду і в загальному всього періоду вегетації рослин та достатня кількість вологи у ґрунті на момент посіву, від чого безпосередньо залежить поява дружніх сходів і подальший розвиток рослини. Оцінку погодних умов у роки проведення досліджень проводили за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології.

В квітні 2021 року спостерігалася нестійка, прохолодна з нічними мінусовими температурами погода. Опади випадали в вигляді дощу та мокрого снігу.

У першій декаді травня спостерігалася помірно тепла з нерівномірним розподілом опадів погода, 9 та 10 травня відмічені заморозки на поверхні ґрунту та на висоті 2 см від поверхні ґрунту.

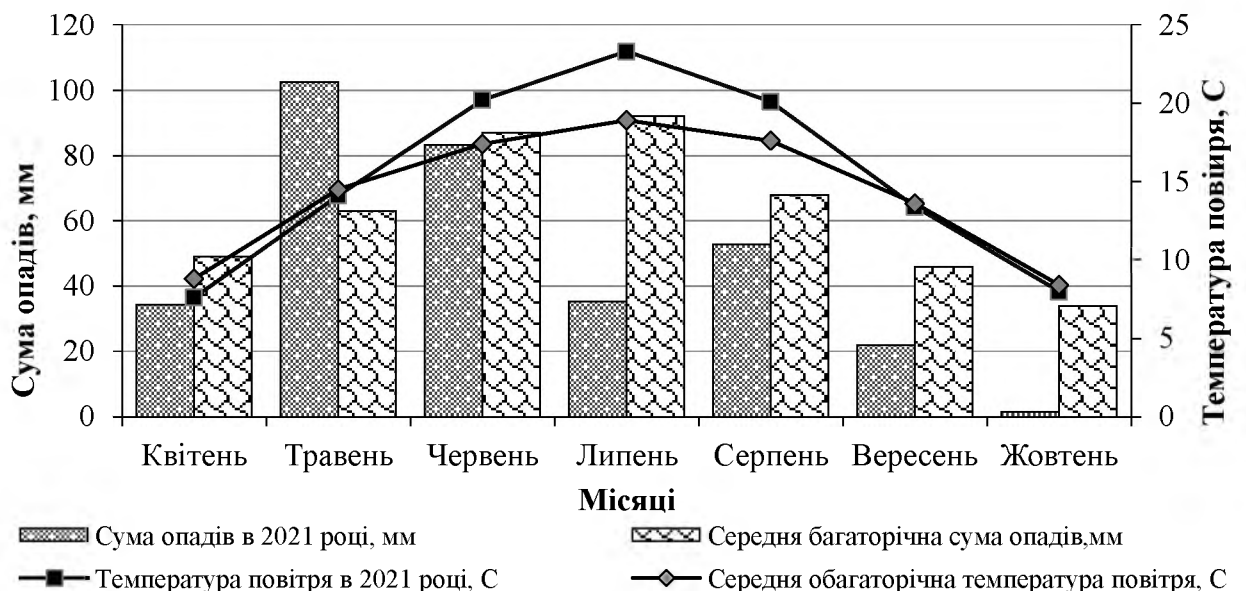
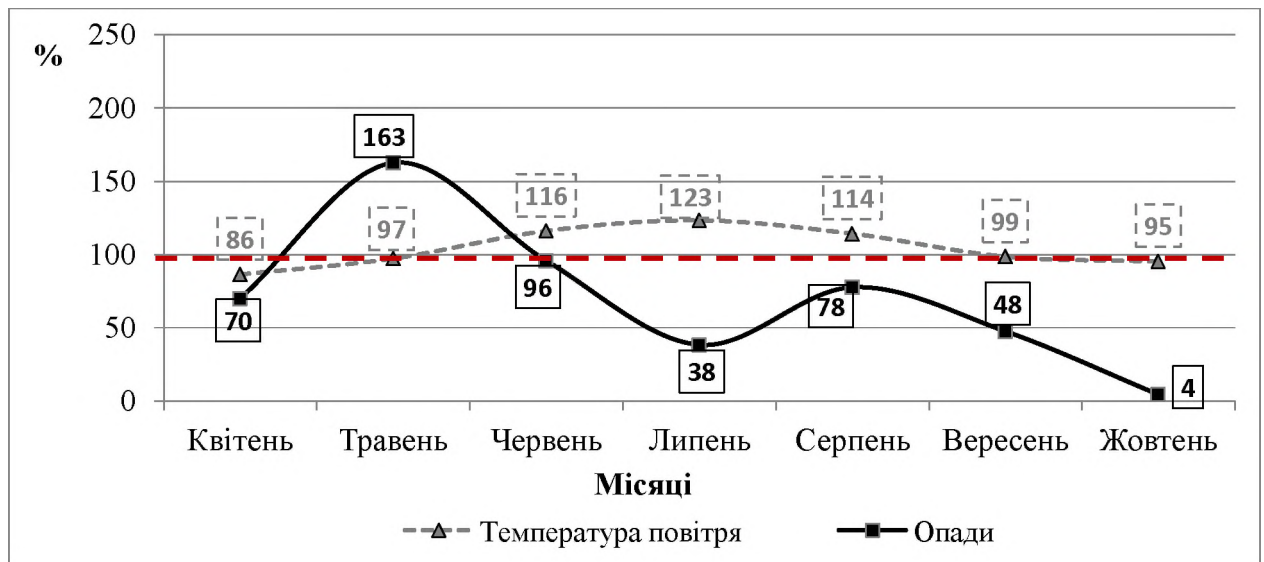


Рис 2.1. Динаміка середньодобової температури повітря та суми опадів у 2021 році, (за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології)

Погодні умови протягом другої декади травня формувалися під

впливом циклонів та антициклонів. Температура повітря за другу декаду травня була дещо нижча від норми і становила 13,9 С. Протягом третьої декади спостерігалася, нестійка погода, подекуди з грозами. Загалом за місяць випало 102 мм опадів, що на 63 % перевищувало багаторічні показники, середньодобова температура повітря становила 14,1°C, що становило 97 % від норми.



Примітка: середня багаторічна норма взята за 100

Рис. 2.2. Відхилення температури повітря та атмосферних опадів від середніх багаторічних показників, 2021 р., %

Червень 2021 року характеризувався нестійкою прохолодною погодою з достатньою кількістю опадів. Підвищення середньодобової температури повітря та сильні атмосферні опади відмічались у другій та третій декадах. Середньодобова температура повітря за місяць складала 20,2 °С, а сума опадів 83,3 мм, що відповідно на 16 % більше і на 4 % менше середньобагаторічних показників.

Початок липня характеризувався помірно теплою погодою 21,5°C та відсутністю опадів. Упродовж другої декади липня спостерігалась суха та жарка погода з підвищенням температурного режиму до 24,3°C та зростанням кількості опадів до 5 мм. Протягом третьої декади липня утримувалась тепла погода 21,6 °С із сумою опадів за декаду 30 мм. У загальному за місяць

середньодобова температура повітря становила 23,3 °С, що на 23 % більше норми, при цьому сума опадів складала 35,3 мм, що менше норми на 62 %.

Упродовж серпня температура повітря становила 20,1 °С, що на 14 % більше багаторічної норми. Серпень характеризувався значною строкатістю випадання опадів, коли в першій декаді випало 19 мм опадів 106 % від норми, тоді як у другій 60 %, а у третій кількість опадів була на рівні 108 % від норми. Таким чином, за місяць випало 52,8 мм опадів, що на 22 % менше середньобагаторічного показника.

Впродовж першої декади вересня із переміщенням атмосферних фронтів переважала прохолодна погода. В окремі дні мінімальна температура повітря знижувалася до позначки 3–5°С тепла. Тепла, суха та сонячна погода переважала впродовж другої декади вересня. Протягом третьої декади вересня переважала контрастна погода. В загальному за місяць випало 21,9 мм опадів, а середньодобова температура повітря становила 13,4 °С.

Жовтень характеризувався прохолодною, сухою погодою. На поверхні ґрунту та місцями в повітрі відмічалися незначні заморозки.

Упродовж квітня 2022 року переважала нестійка погода, з суттєвими коливаннями температури, опади випадали у вигляді дощу, мокрого снігу та снігової крупи. В загальному за місяць випало 23,3 мм опадів, що становило 48 % від середньобагаторічного показника. Середньодобова температура повітря становила 9,7 °С, що на 10 % більше норми.

У першій декаді травня переважала тепла погода без істотних опадів. У другій декаді спостерігалось значне коливання добових температур, проте середня декадна температура повітря була близькою до норми, опади були практично відсутні. Третя декада характеризувалася зниженням середньодобової температури повітря із невеликою кількістю опадів різної інтенсивності. В цілому за місяць середньодобова температура повітря становила 15,9°С, що на 10,0 % перевищувало середньо багаторічний показник, а сума опадів – 27,3 мм, що на 57 % менше норми.

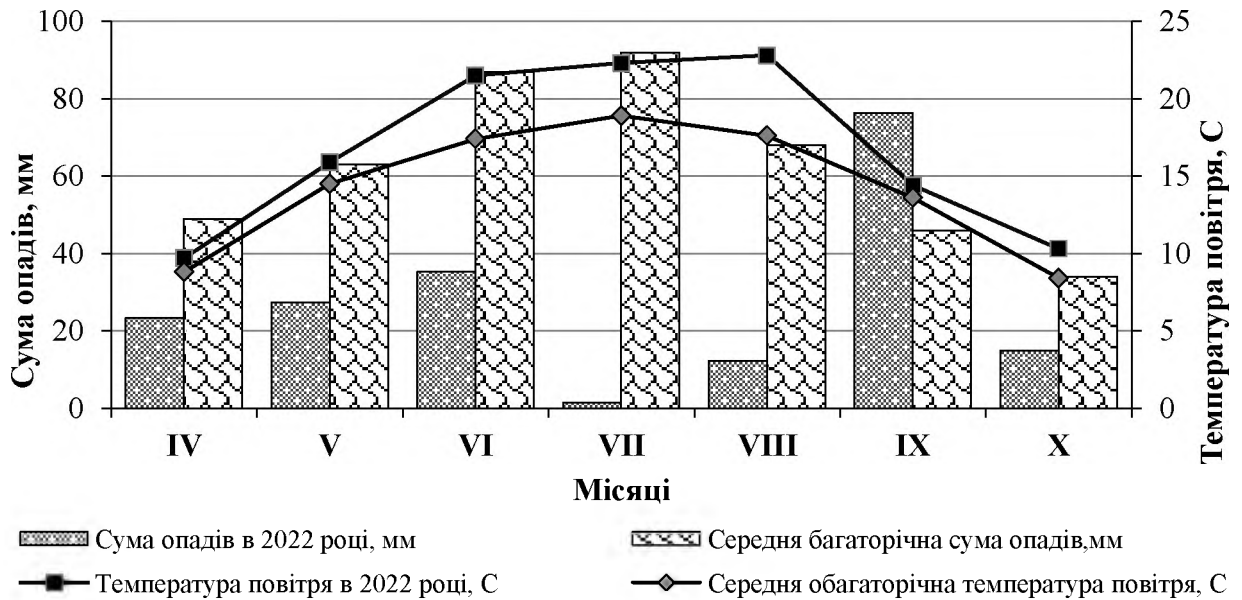
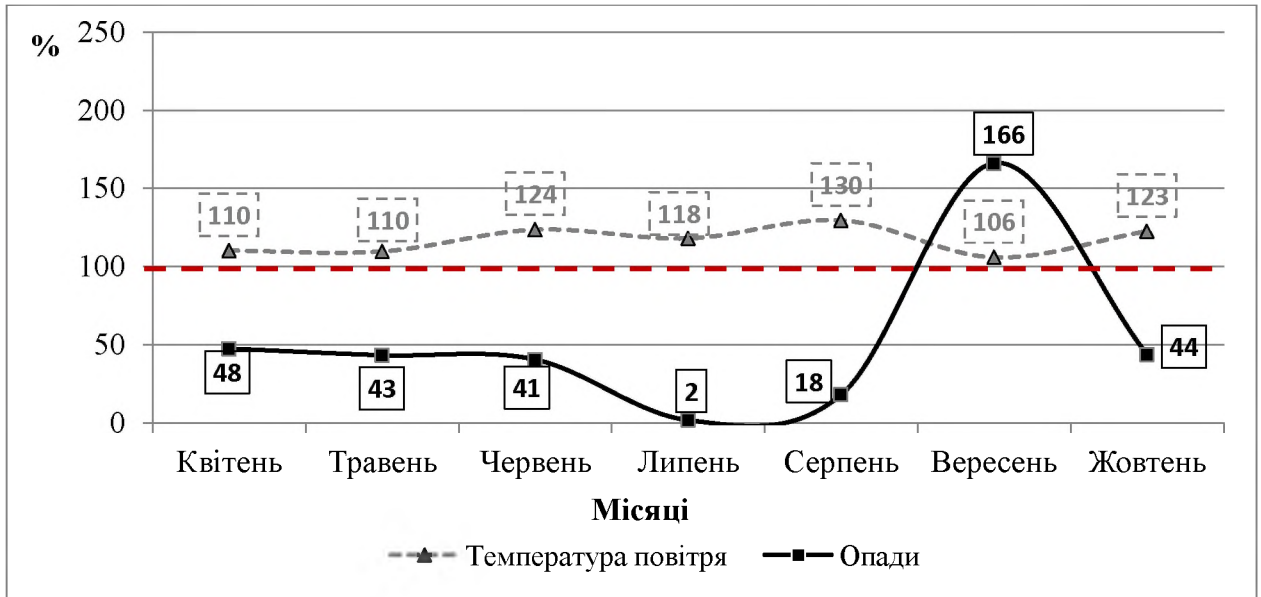


Рис 2.3. Динаміка середньодобової температури повітря та суми опадів у 2022 році, (за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології)

Червень 2022 року характеризувався наростанням середньодобової температури повітря та інтенсивними опадами. Впродовж першої декади червня середньодобова температура повітря становила 17,2 °C при нормі 16,4 °C, із дефіцитом опадів на 21 % менше норми. У другій та третій декаді червня утримувалась тепла погода, при цьому середньодобова температура повітря перевищувала норму, відповідно, на 12,4 – 18,2 %, із інтенсивним випаданням атмосферних опадів, які, відповідно, на 183,3 і 6,6 % перевищували норму. В загальному сума опадів за місяць становила 88 мм, з середньодобовою температурою повітря 19,3 °C (рис 2.3. 2.4).

На початку липня переважала помірно тепла погода 21,1°C з опадами різної інтенсивності. Друга декада липня характеризувалась сухою та жаркою погодою з підвищенням температури до 23,9 °C та зростанням кількості опадів до 25 мм. Впродовж третьої декади липня утримувалась тепла погода з помірними опадами. У загальному за місяць середньодобова температура повітря становила 22,3 °C при нормі 18,9 °C із сумою опадів 1,4 мм, тобто опади були відсутні.

Серпень характеризувався відсутністю випадання опадів, та підвищеною температурою повітря. Таким чином за місяць випало 12,3 мм опадів, що становило 18 % від середньобогаторічного показника, а середньодобова температура повітря становила 22,7 °С, що на 30 % більше багаторічного показника.



Примітка: середня багаторічна норма взята за 100 %

Рис. 2.4. Відхилення температури повітря та атмосферних опадів від середніх багаторічних показників, 2022 р., %

Протягом вересня із переміщенням атмосферних фронтів переважала дещо прохолодніша погода з вищою ніж у минулі місяці кількістю опадів. Загалом за місяць випало 76,4 мм опадів, а середньодобова температура повітря становила 14,4 °С. Жовтень характеризувався прохолодною, сухою погодою. На поверхні ґрунту та місцями в повітрі відмічалися незначні заморозки.

У квітні 2023 року спостерігалися часті коливання температури з істотними опадами. Так, за місяць випало 92 мм опадів, що на 43 мм більше багаторічного показника.

Травень характеризувався відсутністю опадів та стабільною температурою. Загалом за травень місяць випало 3,3 мм опадів, що на 59,7 мм менше норми, середньодобова температура повітря становила

15,3 °С, при нормі 14,5 °С (рис. 2.5).

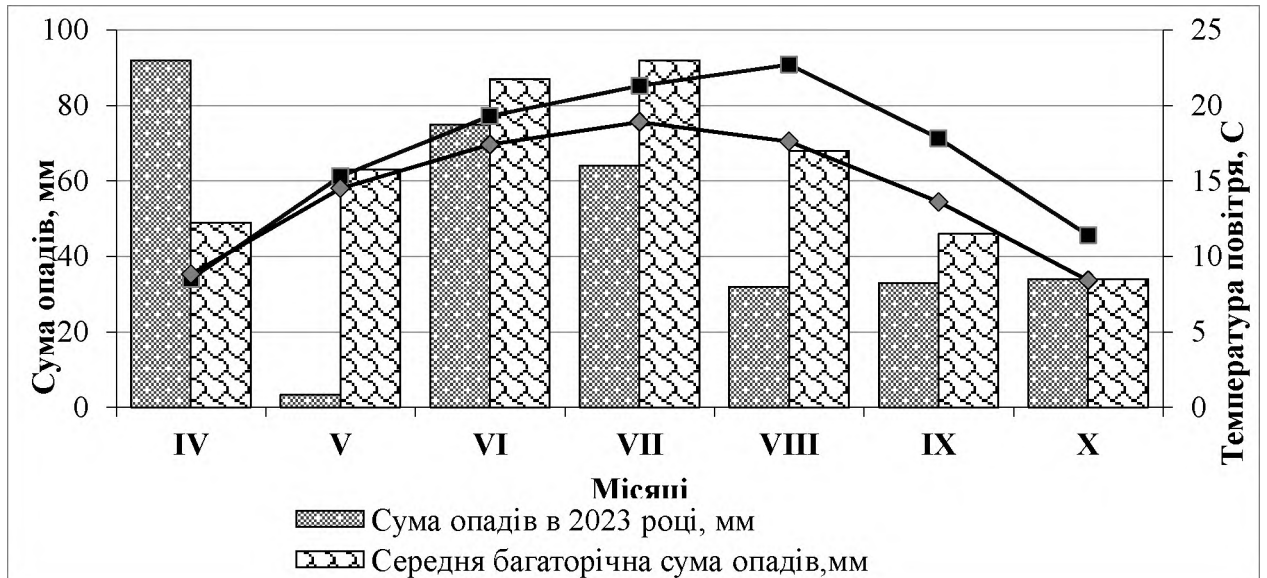


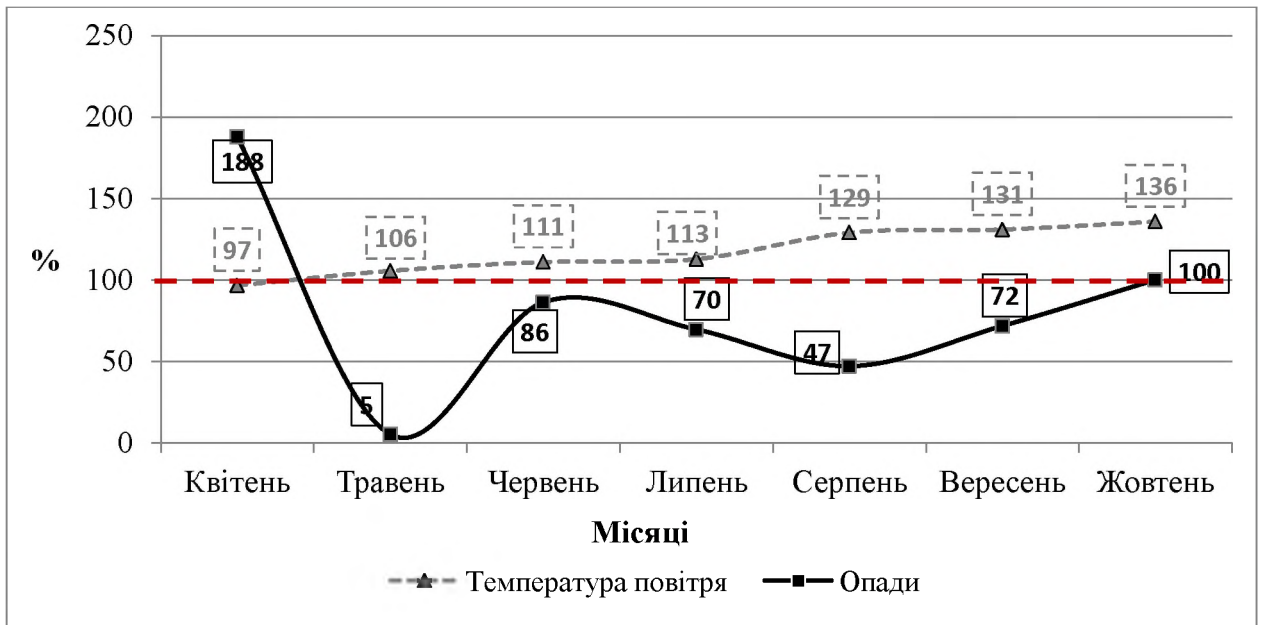
Рис 2.5. Динаміка середньодобової температури повітря та суми опадів у 2023 році, (за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології)

Червень 2023 року характеризувався нестійкою прохолодною погодою з істотними опадами. Різке зниження середньодобової температури повітря та сильні атмосферні опади відмічались у третій декаді. Середньодобова температура повітря за місяць складала 19,3 °С, а сума опадів 75 мм.

У липні та серпні утримувалася помірно тепла погода із середньодобовою температурою повітря відповідно 21,3 – 22,7 °С, та опадами різної інтенсивності із сумою 64,4 – 32,7 мм.

У першій декаді вересня утримувалась жарка та суха погода. Зниження середньодобової температури та випадання атмосферних опадів було зафіксоване лише у третій декаді місяця. Загалом, за місяць випало 33,1 мм опадів, а середньодобова температура повітря становила 17,8 °С.

Перша декада жовтня характеризувалася прохолодною, сухою погодою. На поверхні ґрунту та місцями в повітрі відмічались незначні заморозки. В загальному за місяць випало 34,0 мм опадів, а середньодобова температура повітря становила 11,4 °С.



Примітка: середня багаторічна норма взята за 100 %

Рис. 2.6. Відхилення температури повітря та атмосферних опадів від середніх багаторічних показників, 2023 р., %

Отже, погодні умови вегетаційного періоду у роки проведення досліджень були досить контрастними, часто спостерігалось відхилення середньодобової температури і кількості атмосферних опадів від середніх багаторічних показників, проте дані умови були досить сприятливими для росту, розвитку та формування продуктивності досліджуваних гібридів кукурудзи.

2.2. Схема досліду та методика проведення польових досліджень

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили упродовж 2021-2023 рр. в умовах науково-дослідного господарства «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету, яке розташоване у селі Агрономічне Вінницького району Вінницької області. За темою дисертаційної роботи щорічно закладали польовий дослід. Окремо було проведено науково-виробничі дослідження по апробації розроблених моделей технології вирощування кукурудзи.

Полевий дослід: «Вплив оптимізації системи мінерального живлення на продуктивність гібридів кукурудзи».

Повторність у досліді чотирьохразова. Розміщення варіантів – систематичне. Площа облікової дослідної ділянки – 46 м², загальної – 62 м². Факторіальна схема досліді 2:2:5=20 варіантів (загальна кількість ділянок у чотирьох повтореннях – 80). Схема досліді включала наступні фактори.

Таблиця 2.2

Схема полевого досліді

Фактор А Гібриди	Фактор В Густота рослин	Фактор С Удобрення
1. P8834 (ФАО 280); 2. P9074 (ФАО 330).	1. 65 тис/га; 2. 70 тис/га.	1. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ ; 2. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Граундфікс 4 л/га; 3. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Граундфікс 6 л/га; 4. N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ +Граундфікс 4 л/га; 5. N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ +Граундфікс 6 л/га.

Технологія вирощування досліджуваних гібридів кукурудзи включала всі базові технологічні прийоми рекомендовані для Лісостепової зони. Система захисту від бур'янів передбачала застосування гербіцидів Примекстра Голд 720 SC, к. с. (д.р. 400 г/л S-метолахлору 320 г/л Атразин) 4,0 л/га до появи сходів та МайсТер Пауер (д.р. форамсульфурон, 31,5 г/л + йодосульфурон, 1,0 г/л + тіенкарбазон-метил, 10 г/л + ципросульфамід (антидот), 15 г/л) 1,25 л/га у фазу 6-7 листків. Від шкідників (лучний метелик, стебловий метелик, совки, попелиці) вносили інсектицид Рімон Фаст (д.р. новалурон, 50 г/л + біфентрин, 50 г/л) 0,4 л/га.

Попередник у досліді пшениця озима. Осінній цикл польових робіт здійснювався після збору попередника і передбачав дискування на глибину 8–12 см, внесення фосфорно-калійних добрив та оранку на глибину 23–25 см. Навесні проводили закриття вологи та передпосівну культивуацію на глибину загортання насіння. Під передпосівний обробіток ґрунту вносили мінеральні азотні добрива у вигляді карбаміду у нормі відповідно до варіантів досліді, а також проводили внесення біодобрива Граундфікс.

У досліді використовували наступні види мінеральних добрив: з азотних *карбамід* (вміст N₄₆), з фосфорних – *амофос* (вміст P₅₂, вміст N₁₂), з калійних – *хлористий калій* (вміст K₆₀). Фосфорні та калійні добрива вносили під зяблеву оранку, азотні – під передпосівну культивуацію (вміст азоту з амофосу враховано при внесенні азотних добрив весною).

Граундфікс – ґрунтове мікробіологічне добриво для РК-мобілізації та N-фіксації. Підвищує доступність і рухомість в ґрунті фосфору і обмінного калію, а також збільшує кількість різних форм азоту в ґрунті, підвищує коефіцієнт використання поживних елементів з добрив у 1,2–1,5 рази, сприяє вільному надходженню в рослини кремнію, поліпшує агрохімічні показники ґрунту, збільшує біологічну активність ґрунту, оздоровлює ґрунт та запобігає його деградації, підвищує стресостійкість рослин, збільшує продуктивність сільськогосподарських культур, ефективність препарату не знижується при внесенні з різними видами добрив має позитивну післядію. Склад: клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium var. phosphaticum*, *Azotobacter chroococcum*, *Enterobacter sp.*, *Paenibacillus polymyxa*, інша корисна мікрофлора (молочнокислі бактерії, продуценти ферментів), вітаміни, фітогормони, амінокислоти та інші фізіологічно–активні речовини. Загальне число життєздатних клітин $(0,5 - 1,5) \times 10^9$ КУО/см³. Норма витрати препарату – 3,0–6,0 л/га [114].

У досліді використовували гібриди компанії PIONEER P8834 і P9074. Гібрид P8834 внесений в державний реєстр в 2019 році. Тривалість періоду вегетації складає 117 – 119 діб. Висота рослини – 218 – 225 см. Вихід зерна при обмолоті – 80,9 – 83,2%. Вміст білка – 7,9 – 8,7%. Вміст крохмалю – 73,2 – 73,7%. Стійкість до посухи 7 – 9 балів. Стійкість до вилягання 9 балів. Стійкість до пухирчастої сажки 8 – 9 балів. Стійкість проти стеблової гнилі 9 балів. Стійкість до кукурудзяного метелика 7 – 8 балів. Стійкість до гельмінтоспориозу 8 балів.

Гібрид P9074 внесений в державний реєстр в 2019 році. Тривалість періоду вегетації складає 118 – 119 діб. Висота рослини – 213,3 – 242,8 см.

Вихід зерна при обмолоті – 80,7 – 82 %. Вміст білка – 8,1 – 9 %. Вміст крохмалю – 73 – 73,5 %. Стійкість до посухи 7 – 8 балів. Стійкість до вилягання 8 – 9 балів. Стійкість до пухирчастої сажки 8 – 9 балів. Стійкість проти стеблової гнилі 9 балів. Стійкість до кукурудзяного метелика 7 – 8 балів. Стійкість до гельмінтоспориозу 8 балів.

У процесі польових досліджень проводились фенологічні спостереження, обліки та лабораторні аналізи відповідно до загальноприйнятих у рослинництві методик, а саме:

- фенологічні спостереження проводили згідно «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури)» [115]. При цьому за початок кожної фази приймалися наявність відповідних ознак не менш, як у 10 % рослин, за повну – у 75 % рослин;

- висоту рослин кукурудзи визначали шляхом заміру на закріплених кілочках 25 рослинах в основні фази росту і розвитку рослин у двох несуміжних повтореннях [116];

- динаміку наростання листостеблової маси та накопичення у рослинах сухої речовини визначали методом відбору рослинних проб із погонного метра з наступним зважуванням та перерахунком на один гектар. Вміст сухої речовини в рослинах визначали термостатно-ваговим методом (висушуванням в сушильній шафі при температурі 105 °C) [117];

- оцінку фотосинтетичної діяльності посівів кукурудзи проводили за такими показниками: площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП) та чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ).

- площу листової поверхні визначали методом «висічок» за методикою В. Ф. Мойсейченко та В. О. Єщенко, використовуючи формулу (2.2) [116]:

- фотосинтетичний потенціал розраховували, використовуючи формулу 2.2:

$$\Phi\Pi = \frac{(L_1 + L_2) * T_1 + \dots + (L_n + L_{n+1}) * T_n}{2}, \quad (2.1)$$

де: $\Phi П$ – фотосинтетичний потенціал, млн м² діб/га;

$L_1 + L_2$ – сума площі листків за періодами, тис. м²/га;

$T_1 T_n$ – тривалість періоду, діб.

– чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ)

розраховували використовуючи формулу 2.3:

$$\text{ЧПФ} = \frac{2 * (B_2 - B_1)}{(L_1 + L_2) * T}, \quad (2.2)$$

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

B_1 – суха маса врожаю в попередній фазі, г;

B_2 – суха маса врожаю в наступній фазі, г;

L_1 – площа листя в попередній фазі, тис. м²/га;

L_2 – площа листя в наступній фазі, тис. м²/га;

T – тривалість, діб.

- визначення хімічних показників якості зерна проводили в сертифікованій лабораторії «Лабораторія моніторингу якості, безпеки кормів і сировини» Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. Хімічні аналізи виконували за наступними стандартами: методи відбору проб – ДСТУ ISO 6497:2005 [117], початкова волога – висушуванням наважки в сушильній шафі за температури + 65 С – ГОСТ 29305-92 (ИСО 6540–80), гігроскопічна волога – висушуванням повітряно-сухої наважки до постійної маси в сушильній шафі за температури +100-105 °С – ДСТУ ISO 6496:2005 [118]; визначення загального азоту і обчислення сирого протеїну проводилося за методикою К'ельдаля – ДСТУ ISO 5983-2003 [119], визначення сирого жиру ґрунтується на виділенні жиру органічними розчинниками в апаратах Сокслета – ДСТУ ISO 6492–2003 [120], як органічний розчинник використовувався – гексан; крохмаль визначався за ДСТУ10845-91.

- математичну обробку одержаних результатів проводили методом дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу з використанням пакетів

програм на ПЕОМ (Excel, Statistica, Agrostat) [121].

- вихід біоетанолу із зерна розраховували як вихід етанолу. Вихід етанолу – його кількість, що отримують з тони вуглеводів в перерахунку на крохмаль. Теоретичний вихід обчислюють за рівнянням спиртного бродіння: $C_6H_{12}O_6=2C_2H_5OH+2CO_2$. Із 100 кг гексоз утворюється 51,14 кг безводного етанолу і 48,86 кг діоксиду вуглецю. При відносній густоті етанолу $d_{20}^4=0,78927$ його теоретичний вихід становить 64,79 л [122].

- економічну ефективність досліджуваних моделей технології розраховували відповідно до стандартизованих показників базового економічного аналізу із кінцевою калькуляцією рівня рентабельності кожного варіанту на основі технологічних карт вирощування кукурудзи у досліді [123].

- енергетичну оцінку вирощування кукурудзи проводили відповідно до методики О. К. Медведовського та П. І. Іваненка [124].

Висновки до розділу 2.

1. Детальний аналіз агрохімічного складу сірого лісового середньосуглинкового ґрунту дослідного поля НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету, на якому проводили наші дослідження, дав підстави зробити висновок, що він є цілком придатним для формування високої продуктивності рослин досліджуваних гібридів кукурудзи при умові оптимальної системи удобрення.

2. Погодні умови зони Лісостепу правобережного є сприятливими для формування високої зернової продуктивності кукурудзи. Проте, через недостатню кількість гідротермічних ресурсів, особливо опадів, повна реалізація генетичних можливостей рослин не забезпечується.

3. Схема польового досліді та методика його проведення у повній мірі відповідає реалізації робочої гіпотези. Завдання дослідження передбачало відповідну кількість аналізів, спостережень та обліків, які дозволили у повній мірі дослідити вплив організованих факторів на продуктивність рослин кукурудзи.

Список використаних джерел до розділу 2.

108. Крикунов В.Г. Грунти і їх родючість. Київ : Вища школа, 1993. 287 с.
109. Барвінченко В. І., Заболотний Г. М. Грунти Вінницької області. Навчальний посібник. Вінниця, 2004. 45 с.
110. Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. Грунтознавство: підручник. Чернівці : Книги – XXI, 2004. 400 с.
111. Цупенко Н. Ф. Довідник агронома по метеорології. Київ: Урожай, 1990. 240 с.
112. Нова карта кліматичних зон України: зміщення на 200 км на Північ. URL: <https://landlord.ua/news/nova-karta-klimatychnyh-zon-ukrainyvmishchennia-na-200-km-na-pivnich/> (дата звернення 28.02.2022).
113. Півошенко І.М. Клімат Вінницької області. Вінниця: ВАТ «Віноблдрукарня», 1997. 240 с.
114. Граундфікс - фосфор-калій мобілізатор. Режим доступу: <https://btu-center.com/ua/groundfix>
115. Волкодава В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури). Київ, 2001. 69 с.
116. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Вища школа, 1994. 334 с.
117. Корми для тварин. Методи відбирання проб: ДСТУ ISO 6497:2005. [Розроблений вперше; введ. 01.01.08.] К.: Держспоживстандарт України, 2008. 19 с. (Національний стандарт України).
118. Корми для тварин. Визначання вмісту вологи та інших летких речовин: ДСТУ ISO 6496:2005. [Розроблений вперше; введ. 01.07.06.] К.: Держспоживстандарт України, 2006. 12 с. (Національний стандарт України).
119. Корми для тварин. Визначення вмісту азоту і обчислення вмісту сирого білка методом К'ельдаля: ДСТУ ISO 5983–2003. [Розроблений

вперше; введ. 01.01.04.] К.: Держспоживстандарт України, 2003. 18 с. (Національний стандарт України).

120. Корми для тварин. Визначення вмісту жиру: ДСТУ ISO 6492–2003. [На заміну ГОСТ 13496.15–97; введ. 01.01.2004.] К.: Держспоживстандарт України, 2003. 19 с. (Національний стандарт України).

121. Ушкаренко В.О., Нікіщенко В.Л., Голобородько С.П., Коковіхін С.П. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів. Монографія. Херсон : Айлант, 2009. 345 с.

122. Блюм Я.Б., Гелетуха 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.

123. Збарський В.К. Економіка сільського господарства. Навчальний посібник. Київ: Каравела, 2009. 264 с.

124. Медведовський О.В., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1991. 217 с.

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН

3.1. Вплив рівня удобрення та густоти рослин на формування висоти рослин гібридів кукурудзи

Рослин кукурудзи впродовж свого онтогенезу мають досить високі вимоги до умов вирощування, а саме до площі живлення, середньодобової температури повітря та опадів. Більш інтенсивно вони ростуть за оптимальних умов забезпечення вологою і поживними речовинами та помірної середньодобової температури повітря. Ріст і розвиток рослин значно пригнічуються при нестачі або негативному впливову будь-якого з перелічених чинників [125].

Доведено, що при температурі повітря нижче 15°C у період початкових стадій розвитку рослин кукурудзи фотосинтетичні та ростові процеси суттєво затримуються, подовжуються міжфазні періоди, погіршується розвиток кореневої системи, знижується стійкість рослин до шкочинних організмів, рослини жовтіють та значно знижують продуктивність в подальшому [126, 127].

Висота рослин кукурудзи є однією із найважливіших морфо-біологічних ознак, за якою можна робити певні висновки щодо реакції рослин на зміну умов їх вирощування, а саме технологічних прийомів і погодних факторів. Відомості про інтенсивність росту й розвитку рослин кукурудзи в онтогенезі дають можливість своєчасно впливати на процес формування високої продуктивності культури [128].

У посівах кукурудзи в перші 15-20 діб після появи сходів фіксується досить швидкий лінійний ріст, середньодобовий приріст рослин у висоту складає 1,5-2,5 см. У наступні 8-10 діб відбувається сповільнення росту, у

зв'язку з використанням рослинами пластичних речовин на формування вузлових коренів. Після цього темпи росту рослин підвищуються і досягають максимуму за 8-12 діб до фази викидання волоті, при цьому за оптимальних умов, середньодобовий приріст може досягати 10-13 см за добу. На кінець фази цвітіння рослини досягають 95% кінцевої висоти і після цвітіння приросту не спостерігається [129].

Ріст рослин кукурудзи у висоту безпосередньо залежить від морфобіологічних особливостей гібриду, погодних умов та технологічних прийомів вирощування, у тому числі від густоти рослин та рівня удобрення.

За результатами досліджень проведених у Вінницькому національному аграрному університеті, встановлено, що передпосівна обробка насіння мікробіологічним препаратом «Поліміксобактерин» та позакореневі підживлення мікродобривом «Мікро-Мінераліс» (кукурудза) і біостимулятором росту «Стимпо» збільшують висоту рослин середньораннього гібриду кукурудзи Арія в умовах Лісостепу правобережного як за окремого використання, так і у комплексі. У фазі молочної стиглості висота рослин за використання даних препаратів зростає від 208 до 218 см [94].

Трирічні дослідження в умовах Сумської області показали, що висота рослин кукурудзи перебувала у прямій кореляційній залежності від норми внесення мінерального азоту. Найбільшою вона була на варіантах із максимальними нормами нітрогену – 210 кг/га. При внесенні безводного аміаку на зазначеному варіанті досліді вона становила 6,12 см у фазу V3, 87,1 см у фазу V8, 266,1 см VT та 268,9 см у період молочно-воскової стиглості. При використанні карбаміду зазначені показники знаходилися на рівні відповідно 6,01 см, 86,6 см, 263,3 та 266,0 см. На варіантах із внесенням КАС-32 висота рослин у фазі V3 становила 6,25 см, у фазі V8 – 87,5 см, у фазі VT – 249,3 см та 251,5 см у фазі R6 [130].

На основі проведених досліджень та отриманих результатів встановлено, що висота рослин кукурудзи підвищувалась від фази повних

сходів до молочної стиглості, внаслідок наростання листостеблової маси рослин та безпосередньо залежала від факторів, які досліджувалися. На варіантах досліду, де у передпосівну культивуацію вносили ґрунтове біологічне добриво Граундфікс (4 і 6 л/га), рослини відрізнялись по висоті та темпах росту (таблиця 3.1). Відмічена залежність спостерігалася протягом всього періоду вегетації кукурудзи.

Таблиця 3.1

Висота рослин гібридів кукурудзи у фазу молочної стиглості (ВВСН 75) залежно від густоти рослин та норм добрив, см

Гібриди	Густина рослин, тис/га	Удобрення	Роки досліджень			Середнє за 2021-2023 рр.
			2021	2022	2023	
P8834 (ФАО 280)	65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	221,4	165,7	211,8	199,6
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	228,8	171,1	219,5	206,5
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	233,3	174,2	224,9	210,8
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	219,5	160,6	209,2	196,4
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	221,6	164,5	211,4	199,2
	70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	229,1	171,2	220,1	206,8
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	241,7	178,9	231,0	217,2
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	245,9	183,5	237,1	222,2
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	224,2	167,5	216,3	202,7
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	228,6	168,4	219,9	205,6
P9074 (ФАО 330)	65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	232,3	162,8	224,8	206,6
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	241,4	167,1	233,2	213,9
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	243,1	170,2	235,8	216,4
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	229,3	158,6	223,8	203,9
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	229,5	160,5	225,2	205,1
	70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	241,8	167,0	233,3	214,0
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	253,1	173,9	242,6	223,2
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	255,6	176,5	246,8	226,3
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	236,3	162,2	225,4	208,0
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	237,4	165,4	229,7	210,8
Коефіцієнт варіації V, %			4,4	3,9	4,5	3,9
Відносна похибка Sx, %			1,0	0,9	1,0	0,9

Так у гібрида P8834 за густоти стояння рослин 65 тис./га максимальну висоту рослин 210,8 см, у фазі молочної стиглості зерна (ВВСН 75), у

середньому за роки досліджень (2021-2023 рр.), зафіксовано на варіанті досліду, де у передпосівну культивуацію вносили біодобриво Граундфікс у нормі 6 л/га на фоні мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$, що на 11,2 см більше порівняно з контролем (без Граундфікса). Оптимізація мінерального живлення рослин кукурудзи за рахунок внесення біодобрива Граундфікс 4 л/га, на фоні повного мінерального удобрення, забезпечило зростання висоти стебла до 206,5 см, що на 6,9 см більше порівняно з контролем (199,6 см).

У наших дослідженнях підвищення густоти посіву з 65 тис./га до 70 тис./га мало суттєвий вплив на інтенсивність формування лінійних розмірів, при цьому ріст рослин у висоту посилювався. Так на варіантах з густотою стояння 70 тис./га рослини були вищими на 6,2 – 11,4 см порівняно із густотою 65 тис./га.

За густоти стояння рослин 70 тис./га зафіксовано аналогічний позитивний вплив від використання у передпосівну культивуацію біодобрива Граундфікс, на варіантах із нормою внесення 4 л/га на фоні $N_{120}P_{60}K_{60}$ збільшення висоти стебла становило до 10,4 см (217,2 см проти 208,6 см на контролі), збільшення норми біодобрива до 6 л/га забезпечило зростання висоти рослин до 222,2 см, що відповідно перевищувало контроль на 15,4 см.

На варіантах із зниженою нормою мінеральних добрив $N_{80}P_{40}K_{40}$ і внесенням Граундфікса у нормах 4 і 6 л/га висота рослин кукурудзи формувалась на 10,1-17,0 см нижчою ніж на аналогічних варіантах із нормою удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$.

Відомо, що висота рослин в певній мірі визначається групою стиглості гібридів. Вона збільшується в бік пізньостиглих гібридів [131]. У наших дослідженнях у 2021 і 2023 роках підтверджується дана закономірність, а у 2022 році зафіксована обернено-пропорційна залежність. Так, при оптимальних погодних умовах, особливо за вологозабезпеченням, у 2021 році рослини гібриду Р9074 (ФАО 330) перевищували рослини гібриду Р8834 (ФАО 280) у середньому на 8,8-12,6 см залежно від рівня удобрення і густоти

стояння, у 2023 році дане перевищення становило 9,1-14,6 см відповідно. У 2022 році склались надзвичайно складні погодні умови для вегетації рослин кукурудзи, майже повна відсутність опадів та значне підвищення температурного режиму, в таких умовах вегетації висота рослин гібрида Р8834 (ФАО 280) перевищувала висоту гібрида Р9074 (ФАО 330) на 2,9-7,0 см. Аналогічну залежність позитивної дії досліджуваного біологічного препарату на ростові процеси рослин кукурудзи зафіксовано і на варіантах з гібридом Р9074 (ФАО 330), при цьому показники висоти рослин за внесення біодобрива Граундфікс (4 л/га) становили 213,9 – 223,2 см, а за норми Граундфікса (6 л/га) 216,4 – 226,3 см залежно від густоти стояння рослин.

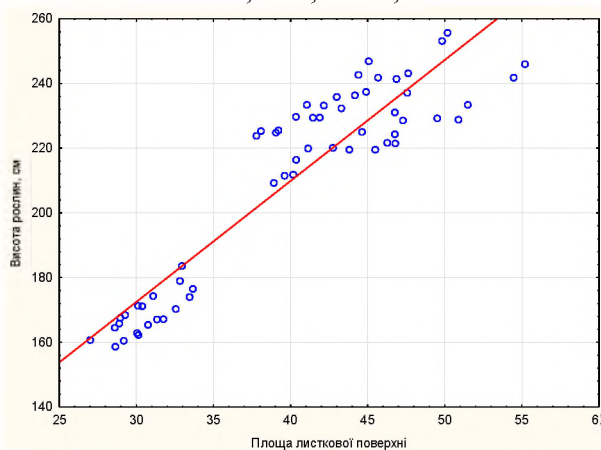
Проведений кореляційно – регресійний аналіз показав що між показниками висоти рослин кукурудзи та кількістю опадів за вегетаційний період існує позитивний зв'язок. При цьому коефіцієнт кореляції становив $r = 0,768$, а детермінації $r^2 = 0,590$. Залежність висоти рослин сої від кількості опадів за період вегетації можна описати наступним рівнянням лінійної регресії:

$$Y = 43,9656 + 0,2739 * x \quad (3.1)$$

Поряд із цим встановлено сильні кореляційно-регресійні залежності між висотою рослин і площею листкової поверхні та урожайністю зерна (рис. 3.1).

$$Y = 60,2904 + 3,7399 * x \quad (3.2)$$

$$R = 0,923 ; R^2 = 0,852$$



$$Y = 97,0835 + 11,1616 * x \quad (4.3)$$

$$R = 0,948 ; R^2 = 0,899$$

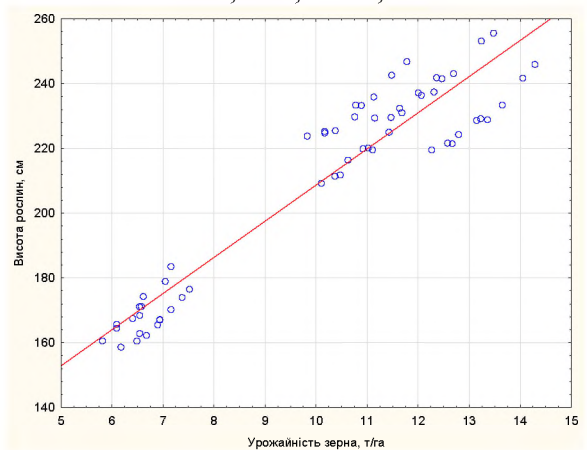


Рис. 3.1 Кореляційно-регресійна залежність між висотою рослин у фазу молочної стиглості зерна (ВВСН 75) та площею листкової поверхні і урожайністю зерна, у загальній сукупності даних за 2021- 2023 рр. ($n = 60$)

Отже, використання у системі живлення біологічного добрива Граундфікс (6 л/га), внесеного у передпосівну культивуацію на фоні повного мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$, сприяло формуванню максимальних показників висоти рослин кукурудзи на рівні 210,8–222,2 см у гібрида Р8834 (ФАО 280) і 216,4–226,3 см у гібрида Р9074 (ФАО 330) залежно від густоти посіву. Відмічено, що зменшення норми мінеральних добрив на 30 % спричинило зниження висоти рослин на 10,1–17,0 см. Виявлено, що на варіантах досліду із густотою посіву 70 тис./га рослини були вищими на 4,1 – 11,4 см порівняно із посівом густота якого становила 65 тис./га.

3.2. Динаміка формування площі листкової поверхні гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних факторів

Дослідження впливу окремих технологічних прийомів вирощування, в тому числі і густоти рослин та рівня удобрення, на ростові процеси та розвиток кукурудзи, як правило, супроводжується спостереженнями за особливостями та динамікою фотосинтетичної діяльності посівів.

Це надзвичайно важливе питання, оскільки зміна умов вирощування рослин безпосередньо, прямо чи опосередковано, впливає на продукційні процеси і в кінцевому підсумку на формування врожаю зерна.

Численними дослідженнями було доведено, що продуктивність рослин тісно пов'язана із двома фундаментальними фізіологічними процесами – ростом рослин та фотосинтезом. Створення потужного фотосинтетичного апарату високої активності є першою умовою для отримання високої продуктивності посіву. Друге не менш важливе завдання – це створення фотосинтетичного апарату, достатнього за розміром, тобто отримання оптимальної площі листків [132-135].

До основних показників, які характеризують фотосинтетичну продуктивність посівів, є площа листкової поверхні, індекс листової поверхні, фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу.

Висока продуктивність кукурудзи обумовлена тим, що асиміляція вуглецевого газу відбувається, як і інших тропічних рослин по дуже ефективному циклу. Фотосинтетична продуктивність на одиницю листової поверхні та на одиницю часу в 2-3 рази вище, ніж у сільськогосподарських культур із помірної кліматичної зони. Це обумовлено тим, що кукурудза на відміну від інших зернових культур відноситься до рослин з C_4 -типом фотосинтезу, які відрізняються від C_3 -рослин більш ефективним механізмом фотосинтетичного засвоєння вуглекислого газу. Листки C_4 -видів рослин мають у 1,5–2 рази вищу швидкість асиміляції вуглекислоти в розрахунку на одиницю площі листової пластинки при світловому насиченні та оптимальній температурі повітря. У рослин кукурудзи більш високий коефіцієнт газообміну вуглекислоти та ефективність використання води, ніж у рослин з C_3 -типом фотосинтезу за рахунок вищого відношення інтенсивності фотосинтезу до інтенсивності транспірації [126].

Продуктивність нетто-асиміляції вуглекислого газу рослинами кукурудзи на одиницю листової поверхні за одиницю часу у 1,5–3 рази вища, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами C_3 -типу фотосинтезу. При температурі повітря нижче 12 °C інтенсивність фотосинтезу суттєво знижується. [125].

Дослідженнями, які проводились в умовах Лісостепу України, встановлена оптимальна площа листової поверхні для кукурудзи. Вона становить 40 – 50 тис. м²/га. Проте, даний показник у посівах кукурудзи може коливатися у досить широкому діапазоні в залежності від гібрида, ґрунтово-кліматичних умов регіону та технологічних прийомів її вирощування [135].

Відомо, що у рослин кукурудзи формування зерна відбувається завдяки фотосинтетичним процесам, які проходять у верхніх листках. Виявлено, що інтенсивніша фотосинтетична продуктивність формується у гібридів, у яких листові поверхні середніх і нижніх ярусів активно використовують послаблену інсоляцію, а листки верхніх ярусів краще пристосовані до інтенсивного надходження ФАР. У кукурудзи найвища

площа листків формується орієнтовно на 70-ту добу після появи сходів, що відповідає фазі «викидання-цвітіння волоті». Після цього площа листкової поверхні поступово знижується до нуля орієнтовно на 130-ту добу вегетації [128].

Дана тенденція зафіксована і у наших дослідженнях, за результатами проведених обліків виявлено, що у рослин кукурудзи формування площі листкової поверхні мало синусоїдний характер і відбувалося від фази повних сходів до цвітіння після чого спостерігалось певне сповільнення росту рослин та поступове зниження даного показника. У середньому за період досліджень 2021 – 2023 рр. найбільша площа листкової поверхні формувалась у фазі цвітіння на всіх варіантах досліду.

Окремої уваги заслуговує характеристика дії системи удобрення на величину площі листкової поверхні. Дані таблиці 3.2 показують, що використання ґрунтового біологічного добрива Граундфікс на фоні мінерального удобрення виконує як регулюючу так і листозберігаючу функцію.

Внесення у передпосівну культивуацію біологічного добрива Граундфікс у нормі 4 л/га, на фоні повного мінерального удобрення ($N_{120}P_{60}K_{60}$) забезпечило зростання площі листкової поверхні на 7,5 – 9,6 % або 2,8 – 3,9 тис. $m^2/га$ порівняно із контролем залежно від гібрида та густоти рослин, а за внесення Граундфікса у нормі 6 л/га площа листкової поверхні була на 9,2 – 10,9 % або на 3,6 – 4,4 тис. $m^2/га$ більшою ніж на контролі. Так, у гібрида Р8834 (ФАО 280), за густоти рослин 65 тис/га, на контрольному варіанті площа листкової поверхні у фазі цвітіння становила 38,6 тис. $m^2/га$, а за внесення біологічного добрива Граундфікс у нормі 4 і 6 л/га даний показник становив, відповідно, 41,7 і 42,4 тис. $m^2/га$, а у гібрида Р9074 (ФАО 330) ці показники становили, відповідно, 37,5 тис. $m^2/га$ на контрольному варіанті та 40,3 і 41,1 тис. $m^2/га$ за внесення 4 і 6 л/га Граунфікса.

Підвищення густоти рослин до 70 тис./га сприяло і зростанню площі листкової поверхні досліджуваних гібридів, у середньому по досліду на 1,1 –

3,0 тис. м²/га із збереженням тенденції позитивного впливу досліджуваного біологічного добрива. Так за даної густоти рослин на контрольному варіанті із гібридом Р8834 (ФАО 280) площа листкової поверхні рослин знаходилась на рівні 40,8 тис. м²/га, а за внесення Граундфікса (4 і 6 л/га) вона становила, відповідно, 44,7 і 45,2 тис. м²/га. На варіантах де висівали гібрид Р9074 (ФАО 330) дані показники становили 39,4 тис. м²/га і 42,6 і 43,0 тис. м²/га.

Таблиця 3.2

Динаміка площі листкової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від рівня удобрення та густоти рослин, (у середньому за 2021-2023 рр.), тис. м²/га., М±m*

Густота рослин, тис/га	Удобрення	Фази росту і розвитку			
		12 листків	цвітіння	молочна стиглість	воскова стиглість
<i>Р8834 (ФАО 280)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	24,1±5,4	38,6±9,0	36,5±8,5	32,5±6,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	26,3±5,9	41,7±10,4	39,9±9,7	35,5±8,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	27,2±6,2	42,4±10,3	41,2±9,8	36,4±8,4
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	23,3±5,1	37,1±9,4	34,0±8,0	30,4±6,9
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	24,2±5,4	38,2±8,9	34,9±7,7	31,4±6,5
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	26,7±6,0	40,8±9,8	40,0±9,1	36,3±7,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	28,3±6,2	44,7±11,0	42,6±9,9	38,4±8,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	29,9±5,9	45,2±11,3	43,1±10,0	39,3±8,5
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	25,1±6,4	38,7±9,0	36,5±9,0	33,1±7,5
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	25,4±6,2	39,2±9,2	36,9±8,9	33,6±7,1
<i>Р9074 (ФАО 330)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	23,6±3,0	37,5±6,8	36,0±6,8	32,0±5,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	26,0±3,9	40,3±7,7	37,6±6,2	34,5±5,9
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	26,7±3,8	41,1±7,5	39,2±6,6	35,8±5,2
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	22,1±3,8	36,0±6,6	33,4±6,8	29,7±6,0
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	22,8±3,3	36,4±6,5	34,3±6,8	30,3±5,8
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	25,7±3,9	39,4±7,3	38,5±6,1	35,6±5,1
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	27,5±4,5	42,6±8,3	40,6±7,3	36,9±5,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	28,4±4,5	43,0±8,5	41,7±7,5	38,2±5,2
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	23,5±3,8	37,8±7,1	34,5±7,3	31,9±6,2
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	24,1±3,7	38,7±7,2	35,9±7,1	32,9±5,8
<i>Коефіцієнт варіації V, %</i>		8,2	6,6	8,0	8,4
<i>Відносна похибка Sx, %</i>		1,8	1,4	1,7	1,7

Варто відмітити, що у наших дослідженнях використання для сівби гібридів різних груп стиглості дозволило виявити, в певні роки, досить не типову тенденцію до підвищення площі листкової поверхні при переході від середньоранньої до середньостиглої групи. Так, у 2021 і 2023 роках за рахунок погодних умов, які склалися впродовж періоду вегетації, середньостиглий гібрид Р9074 (ФАО 330) сформував меншу площу листкової поверхні порівняно із середньораннім гібридом Р8834 (ФАО 280), а у 2022 році навпаки.

3.3. Динаміка накопичення сухої речовини посівами кукурудзи залежно від рівня удобрення та густоти рослин

Фотосинтез надзвичайно важливий у якісному і кількісному відношенні процес живлення рослин. Це первинний синтез збагачених енергією органічних речовин які є елементом живлення для всіх рослин. Рівень продуктивності сільськогосподарських культур безпосередньо залежить від інтенсивності засвоєння ними поживних речовин і їх переробки в процесі внутрішнього обміну, а також, ростових процесах і розвитку. Близько 90 – 95 % маси всього урожаю формується саме у листках у процесі фотосинтезу. За рахунок фотосинтетичних процесів відбувається накопичення органічної (сухої) речовини, інтенсивність якого залежать від агротехніки, біологічних особливостей культури, гібриду, фази росту рослин та умов навколишнього середовища [136, 137].

Відомо, що між поглинанням рослинами з ґрунту елементів мінерального живлення та процесом фотосинтезу існує тісний взаємозв'язок. Покращення або погіршення умов для проходження одного з даних процесів зумовлює функціональні зміни іншого, так як мінеральне живлення рослин і фотосинтез є два фундаментальних процеси у онтогенезі рослин.

Таким чином, вивчення особливостей накопичення органічної речовини рослинами кукурудзи залежно від впливу оптимізації системи удобрення, на основі поєднання мінеральних і біодобрих є досить

актуальним.

Динаміка накопичення рослинами сухої речовини (табл. 3.3) з огляду на її трансформацію у перерахунку на відсоток вмісту вологи демонструє подібні особливості та закономірності, що були зафіксовані при оцінці формування листкової поверхні рослин.

Таблиця 3.3

**Динаміка наростання сухої речовини кукурудзи
залежно від рівня удобрення, (у середньому за 2021-2023 рр.), т/га**

Густота рослин, тис/га	Удобрення	Фази росту і розвитку			
		12 листків	цвітіння	молочна стиглість	воскова стиглість
<i>P8834 (ФАО 280)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	2,96±0,8	8,90±2,4	13,91±3,8	19,01±4,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	3,21±0,9	9,73±2,4	14,75±3,8	20,96±5,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	3,38±0,9	10,04±2,6	15,25±3,9	21,51±5,0
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	2,79±0,7	8,32±2,2	13,09±3,4	18,15±4,6
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	2,92±0,7	8,85±1,9	13,38±3,2	18,61±4,4
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	3,36±0,9	9,93±2,5	14,89±3,9	20,47±4,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	3,59±0,9	10,73±2,8	16,68±4,2	22,89±5,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	3,72±0,8	11,12±2,9	17,51±4,3	24,12±5,6
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	3,05±0,8	9,24±2,4	13,71±3,1	19,52±4,6
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	3,16±0,9	9,69±2,6	14,43±3,6	20,39±4,9
<i>P9074 (ФАО 330)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	2,80±0,5	8,74±1,3	13,31±2,3	18,58±3,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	3,05±0,6	9,45±1,6	14,43±3,1	20,34±4,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	3,13±0,6	9,70±1,6	14,91±3,2	21,03±4,5
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	2,63±0,5	8,19±1,2	12,66±2,3	17,56±3,3
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	2,76±0,4	8,52±1,2	13,26±2,3	18,55±3,1
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	3,20±0,6	9,45±1,9	14,52±2,7	20,10±3,9
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	3,47±0,6	10,56±1,8	16,30±2,9	22,61±3,9
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	3,51±0,6	10,81±1,9	17,15±3,2	23,53±4,1
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	2,91±0,4	8,88±1,7	13,47±2,7	19,00±3,5
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	3,02±0,5	9,19±1,8	14,12±2,5	20,01±3,7
<i>Коефіцієнт варіації V, %</i>		9,6	8,9	9,5	9,1
<i>Відносна похибка Sx, %</i>		2,1	1,9	2,0	1,9

Загальна тенденція щодо накопичення посівами органічної речовини зберігалася незалежно від моделі удобрення. До початку фази викидання

волоті нагромадження сухої речовини відбувалося досить повільно, а найвищого показника накопичення сухої маси посіви досягали у фазу повної стиглості зерна.

У процесі проведення досліджень виявлено тісний кореляційний зв'язок між площею листкової поверхні гібридів кукурудзи та кількістю накопиченої сухої речовини. Таким чином, у розрізі варіантів, за усередненими даними по досліді, тіснота зв'язку у фазі воскової стиглості становила $r = 0,980$, а коефіцієнт детермінації $r^2 = 0,962$. Отже, зростання площі листкової поверхні в онтогенезі рослин кукурудзи зумовлювало збільшення інтенсивності накопичення сухої речовини.

Слід відмітити, що використання у системі удобрення біодобрива Граундфікс, на фоні мінеральних добрив, сприяло збільшенню загального виходу сухої маси рослин кукурудзи. Так, у фазі воскової стиглості зерна, за густоти посіву 65 тис./га внесення біологічного добрива Граундфікс у нормі 4 л/га зумовило зростання виходу сухої речовини на 1,95 т/га ($20,96 \pm 5,0$ проти $19,01 \pm 4,7$) у гібрида Р8834 (ФАО 280) та 1,76 т/га ($20,34 \pm 4,3$ проти $18,58 \pm 3,2$) у гібрида Р9074 (ФАО 330). Більш ефективним було внесення Граундфікс у нормі 6 л/га, при цьому прибавка до контролю становила, відповідно, 2,50 т/га ($21,51 \pm 5,0$ проти $19,01 \pm 4,7$) і 2,45 ($21,03 \pm 4,5$ проти $18,58 \pm 3,2$) т/га.

На варіантах із густотою рослин 70 тис./га вихід сухої речовини був на 1,4 – 2,6 т/га вищим ніж за густоти 65 тис./га. Так, внесення у передпосівну культивуацію Граундфікса (4 л/га) сприяло інтенсифікації ростових процесів, накопиченню рослинами більшої кількості вегетативної маси, а як наслідок зростанню виходу сухої речовини з одиниці площі в середньому на 2,42 т/га ($22,89 \pm 5,7$ проти $20,47 \pm 4,8$) у гібрида Р8834 (ФАО 280) та 2,50 т/га ($22,61 \pm 3,9$ проти $20,10 \pm 3,9$) у гібрида Р9074 (ФАО 330).

Дещо більшу прибавку приросту сухої речовини забезпечило збільшення норми біодобрива до 6 л/га, при цьому прибавка становила, відповідно, 2,45 т/га ($24,12 \pm 5,6$ проти $20,47 \pm 4,8$) і 3,43 т/га ($23,53 \pm 4,1$ проти

20,10±3,9). Слід відмітити, що оптимальні умови для максимальної реалізації потенціалу досліджуваних гібридів, а як наслідок і найбільша прибавка сухої речовини на відповідних варіантах формувались за удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га.

Зниження норми мінеральних добрив від $N_{120}P_{60}K_{60}$ до $N_{80}P_{40}K_{40}$ сприяло зниженню рівня накопичення сухої речовини на 11,8 – 16,0 %.

Надзвичайно важливим критерієм оцінювання того чи іншого досліджуваного показника росту рослин є виявлення тісноти зв'язку із іншими елементами індивідуальної продуктивності. У нашому випадку ми проводили дослідження щодо встановлення взаємозалежностей величини площі листової поверхні з інтенсивністю накопичення сухої речовини та урожайністю зерна кукурудзи у загальній сукупності років досліджень та співставленні масиву даних у системі роки-варіанти (рис. 3.2).

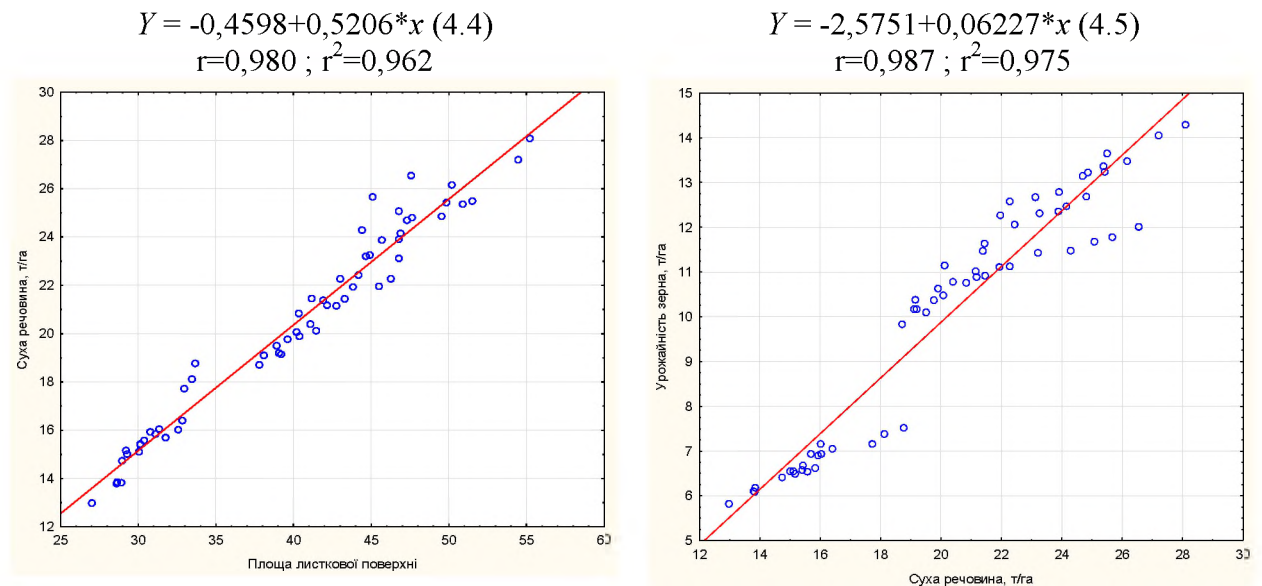


Рис. 3.2 Кореляційно-регресійна залежність між площею листової поверхні та накопиченням посівами сухої речовини і урожайністю зерна кукурудзи, у загальній сукупності даних за 2021- 2023 рр. ($n = 60$)

За результатами проведених нами спостережень виявлено, що у період онтогенезу досліджуваних гібридів кукурудзи динаміка нагромадження сухої речовини їх рослинами проходила у міру формування

площі листкової поверхні, і досягала максимальних показників у фазі воскової стиглості.

В процесі розрахунків виявлено тісний кореляційний зв'язок між площею листкової поверхні та кількістю нагромадженої органічної речовини. Таким чином, у загальній сукупності варіантів дослідів тіснота зв'язку між даними показниками була сильною оскільки коефіцієнт кореляції був близьким до 1 і становив $r=0,980$, в той час коефіцієнт детермінації знаходився на рівні $r^2=0,962$. Отже, можна зробити висновок, що зростання площі листкової поверхні посівів сприяло і підвищенню накопичення ними органічної речовини. На основі проведеного регресійно-кореляційного аналізу також встановлено позитивний зв'язок високої сили між площею листкової поверхні та урожайністю зерна кукурудзи $r^2=0,975$.

3.4. Фотосинтетична продуктивність посівів кукурудзи залежно від рівня удобрення та густоти рослин

На фотосинтетичну ефективність агрофітоценозу впливають не тільки величина площі асиміляційної поверхні листків, а й тривалість її активної роботи. Виходячи з цього, показником за допомогою якого можна достовірно оцінити фотосинтетичну продуктивність травостоїв є фотосинтетичний потенціал (ФП), що характеризує фенотипічні особливості рослин, площу листової поверхні та темпи її розвитку за весь період вегетації з врахуванням погодних умов. Фотосинтетичний потенціал в більшій мірі показує реальні можливості травостоїв формувати органічну речовину ніж площа асиміляційної поверхні рослин.

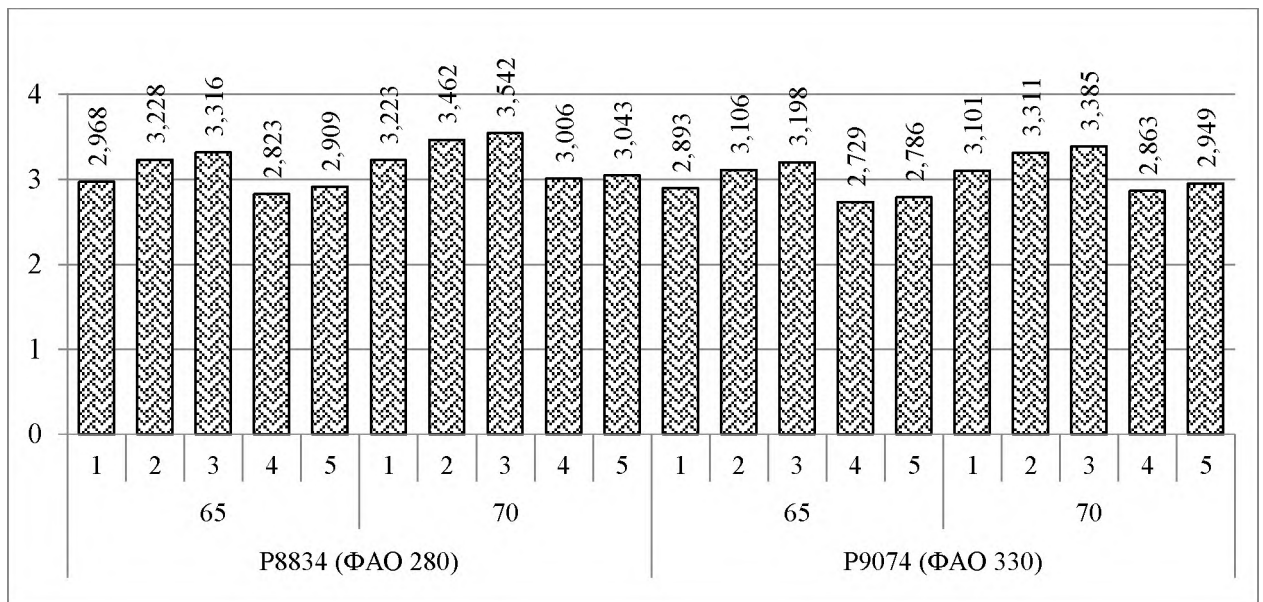
Висока продуктивність посівів сільськогосподарських культур можлива за умови, якщо фотосинтетичний потенціал буде більшим 2 млн. м²/добу на 1 га в розрахунку на 100 днів вегетації [138].

Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи, за фазами росту, залежно від рівня удобрення, (у середньому за 2021-2023 рр.), млн м²×діб/га.

Густота рослин, тис/га	Удобрення	Фази росту і розвитку			
		12 листків	цвітіння	молочна стиглість	воскова стиглість
<i>P8834 (ФАО 280)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,477	0,659	1,315	0,517
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,522	0,714	1,427	0,565
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,539	0,731	1,464	0,582
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,460	0,635	1,245	0,483
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,479	0,655	1,278	0,497
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,527	0,709	1,415	0,573
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,561	0,767	1,527	0,607
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,590	0,789	1,545	0,618
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,498	0,670	1,316	0,522
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,503	0,679	1,333	0,529
<i>P9074 (ФАО 330)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,457	0,641	1,286	0,510
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,507	0,696	1,363	0,541
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,520	0,712	1,404	0,562
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,432	0,610	1,213	0,473
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,444	0,622	1,237	0,484
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,499	0,683	1,363	0,556
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,538	0,736	1,456	0,582
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,555	0,749	1,481	0,599
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,455	0,644	1,266	0,498
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,468	0,659	1,306	0,516
<i>Коефіцієнт варіації V, %</i>		8,5	7,2	7,2	8,1
<i>Відносна похибка Sx, %</i>		1,9	1,6	1,5	1,7

Одержані нами результати досліджень щодо особливостей формування фотосинтетичного потенціалу підтвердили позитивний вплив оптимізації системи удобрення кукурудзи за рахунок використання біологічного добрива Граундфікс. Виявлено закономірне підвищення фотосинтетичного потенціалу у співставленні міжфазних періодів від 12 листків до воскової стиглості. При цьому на момент фази фізіологічної

стиглості найнижче значення сумарного фотосинтетичного потенціалу 2,968 млн $\text{м}^2 \times \text{дїб/га}$ у гібрида Р8834 (ФАО 280) і 2,893 млн $\text{м}^2 \times \text{дїб/га}$ у гібрида Р9074 (ФАО 330) формувалось на варіанті абсолютного контролю з удобренням $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$, а найвище, на варіанті із комплексним застосуванням мінеральних добрив у цій же нормі і препарату Граундфікс 6 л/га – на рівні 3,316-3,542 млн. $\text{м}^2/\text{га}$ і 3,198-3,385 млн. $\text{м}^2/\text{га}$ залежно від густоти рослин, тобто було вищим в 1,2 рази (рис. 3.3).



Примітка: *1- $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ (st); 2- $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + Граундфікс 4 л/га; 3- $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + Граундфікс 6 л/га; 4- $\text{N}_{80}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$ + Граундфікс 4 л/га; 5- $\text{N}_{80}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$ + Граундфікс 6 л/га.

Рис. 3.3 Сумарний фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи залежно від рівня удобрення, (у середньому за 2021-2023 рр.), млн $\text{м}^2 \times \text{дїб/га}$.

Встановлено, що використання у передпосівну культивуацію ґрунтового біологічного добрива Граундфікс у нормі 3 л/га на фоні $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ забезпечило зростання фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи гібриду Р8834 (ФАО 280) до 3,228 млн м^2 дїб/га за густоти стояння 65 тис/га і до 3,462 млн м^2 дїб/га за густоти стояння 70 тис/га, що більше на 0,239-0,260 млн м^2 дїб/га порівняно з контролем. Підвищення норми Граундфіксу до 6 л/га забезпечило формування фотосинтетичного потенціалу на рівні 3,316-3,542 млн м^2 дїб/га, що на 0,319-0,348 млн м^2 дїб/га перевищувало

контроль. На варіантах досліду з використанням Граунфіксу у нормах 3 і 6 л/га на фоні нижчих норм мінеральних добрив $N_{80}P_{40}K_{40}$ формування фотосинтетичного потенціалу посівів дещо знизилось і становило залежно від густоти рослин, відповідно, 2,823-2,909 млн m^2 діб/га і 3,006-3,043 млн m^2 діб/га, що на 0,405-407 млн m^2 діб/га і 0,217-0,499 млн m^2 діб/га нижче ніж на аналогічних варіантах із повною нормою мінеральних добрив $N_{120}P_{60}K_{60}$ та на 0,059-0,145 млн m^2 діб/га і 0,180-0,217 млн m^2 діб/га нижче порівняно до контролю лише з мінеральними добривами (2,968 і 3,223 млн m^2 діб/га).

Аналогічну залежність нами було зафіксовано на варіантах досліду, де у дослідженнях використовували гібрид Р9074 (ФАО 330), при цьому показники фотосинтетичного потенціалу були на 2,6 – 5,0 % вищими і знаходились у межах від 2,792 млн m^2 діб/га до 3,385 млн m^2 діб/га.

Використання Граундфіксу у нормах 3 і 6 л/га на фоні мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ сприяло формуванню фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи, відповідно, 3,106-3,198 млн m^2 діб/га і 3,311-3,385 млн m^2 діб/га, що перевищувало контроль на 0,213-0,305 млн m^2 діб/га і 0,210-0,284 млн m^2 діб/га. На варіантах досліду де норми мінеральних добрив знижували від $N_{120}P_{60}K_{60}$ до $N_{80}P_{40}K_{40}$ рівень фотосинтетичного потенціалу посівів також був нижчим, у середньому на 13,8 – 15,6 %.

Встановлено, що на варіантах досліду із удобренням $N_{80}P_{40}K_{40}$ і внесенням Граунфіксу у нормі 5 л/га рівень формування фотосинтетичного потенціалу посіву кукурудзи був майже на однаковому рівні як і за використання лише мінеральних добрив $N_{120}P_{60}K_{60}$.

Крім фотосинтетичного потенціалу (ФП) надзвичайно важливим показником, який характеризує динаміку та величину формування врожаю сільськогосподарських культур, в тому числі і кукурудзи, є чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ).

Чиста продуктивність фотосинтезу – це маса сухої речовини, яка утворилась за певний період часу, в перерахунку на одиницю площі листків у посівах. Відповідно, цей показник виражає продуктивну здатність до

фотосинтезу одиниці площі листової поверхні за даний інтервал часу. Чиста продуктивність фотосинтезу – досить пластична ознака, яка піддається суттєвим змінам під впливом факторів навколишнього середовища та технологічних прийомів вирощування.

Таблиця 3.5

Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу рослин кукурудзи залежно від рівня удобрення, (у середньому за 2021-2023 рр.), г/м² за добу

Густота рослин, тис /га	Удобрення	Фази росту і розвитку			
		сходи – 12 листків	12 листків - цвітіння	цвітіння - молочна стиглість	молочна стиглість - воскова стиглість
<i>P8834 (ФАО 280)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	4,97	8,48	4,26	7,09
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	5,20	8,80	4,40	7,43
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	5,30	9,06	4,61	7,76
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	4,74	8,01	3,88	6,77
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	4,84	8,11	4,17	6,90
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	5,09	8,79	4,45	7,46
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	5,29	9,12	4,74	7,80
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	5,40	9,36	4,99	8,04
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	4,92	8,42	4,12	6,96
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	5,02	8,56	4,32	7,13
<i>P9074 (ФАО 330)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	4,87	8,50	4,19	7,07
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	5,01	8,84	4,43	7,37
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	5,08	9,02	4,54	7,61
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	4,79	7,85	3,93	6,63
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	4,87	8,07	4,15	6,80
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	5,05	8,63	4,46	7,52
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	5,18	9,00	4,74	7,85
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	5,30	9,10	4,97	8,05
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	4,88	8,33	4,15	6,91
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	5,00	8,41	4,32	7,04

Найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу за варіантами досліду як у гібрида P8834 (ФАО 280) 8,01 – 9,36 г/м² за добу так і гібрида P9074 (ФАО 330) 7,85 – 9,10 г/м² за добу формувалися за період від 12 листків до цвітіння, на нашу думку це пов'язано із з швидким темпом

наростання листостеблової маси, крім того у наведені фази росту площа листкової поверхні ще досить низька, що обумовлює сприятливі умови для проникнення світла та фотосинтетичної активної радіації до нижніх листків. Починаючи від фази початку цвітіння до молочної стиглості інтенсивність чистої продуктивності фотосинтезу знижувалась до 3,88 – 4,99 г/м² за добу у гібрида Р8834 (ФАО 280) та 3,93 – 4,97 г/м² за добу у гібрида Р9074 (ФАО 330). За період від молочної стиглості до повної воскової стиглості чиста продуктивність фотосинтезу посівів зростала і становила, відповідно 6,77 – 8,04 і 6,63 – 8,05 г/м² за добу залежно від варіанта удобрення та густоти рослин.

За результатами проведених досліджень виявлено, що оптимізація системи удобрення мала вагомий вплив на інтенсивність чистої продуктивності рослин.

Встановлено, що на фоні мінерального удобрення N₁₂₀P₆₀K₆₀ в середньому за три роки досліджень внесення ґрунтового біологічного добрива Граундфікс у нормі 4 л/га забезпечило зростання рівня чистої продуктивності фотосинтезу у гібридів кукурудзи Р8834 (ФАО 280) та Р9074 (ФАО 330) у фазі 12 листків – цвітіння, відповідно, на 0,32-0,34 г/м² за добу за густоти рослин 65 тис/га і 0,33-0,37 г/м² за добу за густоти рослин 70 тис/га, в той час як внесення Граундфікса у нормі 6 л/га забезпечило зростання даного показника, відповідно, на 0,52-0,58 г/м² за добу і 0,47-0,57 г/м² за добу.

Таким чином, максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу 9,36 г/м² за добу у гібрида Р8834 (ФАО 280) і 9,10 г/м² за добу у гібрида Р9074 (ФАО 330) зафіксовано у період 12 листків – цвітіння на варіантах досліду із густотою рослин 70 тис/га, де вносили у передпосівну культивуацію біологічне добриво Граундфікс у нормі 6 л/га на фоні мінерального удобрення N₁₂₀P₆₀K₆₀, що на 0,88 і 0,60 г/м² за добу більше порівняно з абсолютними контролями.

Висновки до розділу 3.

1. Встановлено, що оптимізація мінерального живлення рослин кукурудзи за рахунок внесення біодобрива Граундфікс (6 л/га) на фоні повного мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$, забезпечила формування максимальної у досліді висоти рослин 210,8-222,2 см у гібрида Р8834 (ФАО 280) і 216,4–226,3 см у гібрида Р9074 (ФАО 330) залежно від густоти посіву. Виявлено, що на варіантах із густотою посіву 70 тис./га рослини були вищими на 4,1 – 11,4 см порівняно із посівами густота яких становила 65 тис./га. Відмічено, що на аналогічних варіантах з нормою мінеральних добрив $N_{80}P_{40}K_{40}$ висота рослин була на 10,1–17,0 см нижчою.

2. Встановлено, що використання біодобрива Граундфікс (6 л/га) у передпосівну культивуацію, для переведення малодоступних форм фосфору і калію у форми які легко засвоюються рослинами, на фоні повного мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ забезпечило формування найвищих у досліді фотосинтетичних показників посіву. За цих умов, у фазу цвітіння, за густоти рослин 65 тис/га площа листкової поверхні становила у гібрида Р8834 (ФАО 280) 42,4 тис. м²/га, а у гібрида Р9074 (ФАО 330) 41,1 тис. м²/га, підвищення густоти посіву до 70 тис./га забезпечило зростання площі листків у середньому на 4,6-6,6 % до 43,0 і 45,2 тис. м²/га.

3. Встановлено тісний кореляційний зв'язок ($r = 0,980$, коефіцієнт детермінації $r^2 = 0,962$) між нагромадженням сухої маси рослин кукурудзи та їх площею листкової поверхні, а також залежність тотожного характеру ($r = 0,987$, коефіцієнт детермінації $r^2 = 0,975$) між площею листкової поверхні та врожайністю зерна.

4. Встановлено, що оптимізація системи удобрення кукурудзи за рахунок внесення у передпосівну культивуацію біологічного добрива Граундфікс (6 л/га) на фоні повного мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$, за густоти рослин 70 тис/га, забезпечили найвищий у досліді фотосинтетичний потенціал посіву, рівень нагромадження органічної речовини та чисту продуктивність фотосинтезу.

Список використаних джерел до розділу 3.

125. Шпаар Дітер. Кукурудза. Вирощування, збір, зберігання і використання. К.: Вид. Д. «Зерно», 2012. 464 с.
126. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. Київ. Либідь. 2005. 808 с.
127. Городній М.М., Павлик Р.М. Вплив систематичного використання добрив в сівозміні на формування асиміляційного апарату посівів та продуктивність кукурудзи на силос. *Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України*. Київ, 2010. № 149. С. 54 - 60.
128. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексеєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Вінниця: Видавництво «Друк». 2020. 536 с.
129. Шпаар Д. Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання. Навчально-практичний посібник. Київ: Альфа-стевія ЛТД . 2009. 396 с.
130. Сеник 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*. № 20. 2023. С 69-75.
- 131 Носов С. С. Біометричні показники та зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від строків сівби і густоти стояння рослин у північній підзоні Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2014. №. 2. С. 86–90.
132. Писаренко П. В., Біляєва, І. М., Пілярський В. Г., Пілярська О. О. Фотосинтетичний потенціал рослин кукурудзи залежно від умов вирощування. *Миронівський вісник*. 2015. №. 1. С. 243–251.
133. Князюк О. В., Липовий В. Г., Підпалій І. Ф. Вплив технологічних прийомів вирощування на фотосинтетичну продуктивність гібридів кукурудзи. *Агробіологія*. 2012. №. 9. С. 116–120

134. Лавриненко Ю. О., Рубан В.Б. Динаміка листової поверхні рослин кукурудзи та фотосинтетичні показники посівів при краплинному способі поливу в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. №4. С. 122–128.

135. Тарасенко О. В. Вплив добрив на фотосинтетичну продуктивність посівів кукурудзи за прямої сівби. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 7. С. 73–76.

136. Шадчина Т.М. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 384 с.

137. Зв'язок фотосинтезу з продуктивністю рослин. Навчальна Інформація для українських студентів. URL: http://ni.biz.ua/3/3_5/3_57321_svyaz-fotosinteza-s-produktivnostyu-rastenyi.html (дата звернення 04.02.2025).

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

РОЗДІЛ 4

ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН ТА УРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН

4.1. Вплив досліджуваних факторів на індивідуальну зернову продуктивність рослин гібридів кукурудзи

Загальновідомо, що рівень урожайності будь якої сільськогосподарської культури, в тому числі і кукурудзи суттєво залежить від кількості качанів на рослинах та інших елементів індивідуальної продуктивності поєднаних між собою відповідною кореляцією. Даний взаємозв'язок залежить не лише від генетико-біологічних властивостей сучасних гібридів кукурудзи, а й суттєво від агротехнічних заходів, які застосовуються в технологічному процесі, у тому числі – від густоти стояння рослин та системи удобрення. Кількість качанів на рослинах та кількість рядів зерен у качані є генотипними ознаками кожного конкретного біотипу, проте вони можуть в певній мірі змінюватись під впливом гідротермічних умов та інших антропогенних факторів [139, 140, 141, 142].

У сприятливі роки (у наших дослідженнях це 2021 і 2023 рр.) кількість рослин, які формують розвинені другі качани, досягає максимуму, завдяки чому з'являються додаткові можливості одержання більш високого урожаю. В менш сприятливі роки їх число зменшується, а в посушливі вони можуть бути зовсім відсутні. В стресових умовах, до яких можна віднести і різкі коливання погоди, важливого значення набуває ознака відсутності безплідних рослин, які формуючи вегетативну масу, непродуктивно використовують ґрунтову вологу, посилюючи конкуренцію між рослинами в агроценозі.

Особливості ростових процесів рослин гібридів кукурудзи, які спостерігались впродовж проростання насіння і в ювенільний період, а також

різні погодні умови досліджуваних років позначились на формуванні індивідуальної продуктивності рослин і урожайності зерна в цілому. На основі проведених досліджень встановлено особливості формування генеративних органів у рослин гібридів під впливом густоти стояння рослин та біологізації системи удобрення як в окремі роки так і в середньому за період досліджень.

В наших дослідженнях гібриди кукурудзи по різному формували структурні показники качанів за умов різного фону живлення та густоти рослин. При вивченні гібридів кукурудзи різних груп стиглості ми визначали основні елементи структури врожаю, а саме кількість зерен в рядку, кількість рядків, масу зерна з качана та масу 1000 зерен.

В загальному, рівень врожайності зерна гібридів кукурудзи визначається густотою рослин і масою зерна з рослини. Останній показник залежить від кількості качанів на рослині, кількості зерен з качана та маси 1000 зерен. Досліджувані гібриди при збільшенні густоти посіву з 60 до 75 тис. /га суттєво знижували кількість і масу зерен з качана та масу 1000 зерен.

На основі проведених досліджень нами не було зафіксовано суттєвого впливу досліджуваних факторів на кількість рядів зерен, оскільки дана ознака є генетично обумовленою для різних гібридів. У розрізі варіантів досліду кількість рядів зерен у гібрида Р8834 (ФАО 280) коливалась у межах 15,8 – 17,0 шт., а у Р9074 (ФАО 330) 16,0 – 16,9 шт.

Детальний аналіз елементів структури врожаю гібридів кукурудзи показав, що впродовж проведення польових досліджень на їх величину значний вплив мали погодні умови та рівень удобрення.

У середньому за роки проведення досліджень найвища кількість зерен у ряді, як у гібрида Р8834 (ФАО 280) – 32,8 шт., так і у гібрида Р9074 (ФАО 330) – 33,1 шт. була отримана, за густоти рослин 65 тис/га, на варіанті досліду із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{120}P_{60}K_{60}$, та використання у передпосівну культивуацію біодобрива Граундфікс у нормі

6 л/га, що на 1,2 – 1,6 шт. більше контрольних варіантів без використання ґрунтового біодобрива. Слід відмітити, що внесення біодобрива Граундфікс у нормі 4 л/га також мало позитивний вплив на формування кількості зерен у ряду, проте прибавка до контролю була нижчою і становила 0,6 – 1,2 шт.

Аналогічний позитивний вплив сумісного використання мінеральних та біологічних добрив був зафіксований і на варіантах з густрою стояння рослин 70 тис./га. Так, внесення у передпосівну культивуацію біодобрива Граундфікс у нормі 4 л/га забезпечило зростання кількості зерен у ряді на 0,7-0,9 шт, а у нормі 6 л/га на 1,1-1,2 шт залежно від досліджуваного гібрида.

Таблиця 4.1

**Вплив рівня удобрення та густоти рослин гібридів кукурудзи на
формування кількості рядів та зерен у ряду, шт.
(у середньому за 2021-2023 рр.)**

Густина рослин, тис/га	Удобрення	Гібриди			
		<i>P8834 (ФАО 280)</i>		<i>P9074 (ФАО 330)</i>	
		рядів зерен,шт	зерен у ряді, шт	рядів зерен,шт	зерен у ряді, шт
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	16,2	31,2	16,6	31,9
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	16,8	32,4	16,8	32,5
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	16,8	32,8	16,9	33,1
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	15,8	30,6	16,0	31,6
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	15,9	31,0	16,0	31,8
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	16,6	29,8	16,1	30,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	16,9	30,5	16,7	31,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	17,0	30,9	16,8	31,9
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	16,1	29,4	16,0	29,1
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	16,1	29,7	16,0	29,4

Відомо, що із підвищенням густоти стояння рослин їх індивідуальна продуктивність знижується. Проте, варто відмітити, що на окремі показники

структури, зокрема кількість рядів зерен, густота рослин суттєвого впливу не мала, що і підтверджується у наших дослідженнях.

Порушення генеративних процесів запилення та відповідно формування зерна пов'язано не тільки з дуже високими температурами повітря у даний період, а й дефіцитом вологи, елементів живлення та нестачею асимілянтів, які накопичуються в рослині за рахунок високої інтенсивності фотосинтезу. Такі умови можуть створюватися при зростанні густоти стояння рослин, посилюючи дію стресових факторів, що проявляється в череззерниці (середній частині качану) або в нерозвиненій верхній частині качана (рис 4.1.). У процесі досліджень нами зафіксовано різницю у формуванні кількості зерен в межах досліджуваних гібридів за різного удобрення та густоти стояння рослин.

Встановлено, що підвищення густоти рослин з 65 тис./га до 70 тис./га забезпечило певне зниження кількості зерен у ряді, так у гібрида Р8834 (ФАО 280) воно становило 1,2 – 1,9 шт., а у гібрида Р9074 (ФАО 330) 0,9 – 2,5 шт., залежно від рівня удобрення.



густота рослин 65 тис./га

густота рослин 70 тис./га

Рис. 4.1 Співставлення розмірів і характеру розвитку качанів гібриду Р8834 за густоти стояння рослин 65 тис./га (ліва позиція 5 качанів) та 70 тис./га (права позиція 5 качанів). Варіант удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га



густота рослин 65 тис./га

густота рослин 70 тис./га

Рис. 4.2 Співставлення розмірів і характеру розвитку качанів гібриду Р9074 за густоти стояння рослин 65 тис./га (ліва позиція 5 качанів) та 70 тис./га (права позиція 4 качани). Варіант удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га

Поряд із цим варто відмітити, що на варіантах із нормою мінеральних добрив $N_{80}P_{40}K_{40}$ та використанням біодобрива Граундфікс 4 і 6 л/га кількість зерен у ряді була на 2,8-8,5 % нижчою ніж на аналогічних варіантах з повною нормою добрив.

Важливим показником індивідуальної продуктивності рослин кукурудзи є маса насіння з одного качана, вона може коливатись у досить широких межах і становити від 120 до 190 г, залежно від впливу різних факторів (погодні умови, гібрид, удобрення, густота рослин). У наших дослідженнях даний показник, також, у значній мірі піддавався впливу факторів, які вивчалися.

Встановлено, що досліджувані фактори по різному впливали на формування маси зерна з одного качана. Так, у середньому за роки досліджень, на фоні повного мінерального удобрення ($N_{120}P_{60}K_{60}$), використання біологічного добрива Граунфікс у нормі 4 л/га забезпечило зростання даного показника залежно від густоти рослин, у гібрида Р8834 на

9,0-13,7 г (5,8-8,3 % приріст), а у нормі 6 л/га на 13,3-17,2 г (8,6-10,4 % приріст). На варіантах дослідів де висівали гібрид Р9074 за аналогічної схеми удобрення ці показники були дещо нижчими і становили, відповідно, 6,8-11,2 г (4,2-6,7 % приріст) і 10,6-15,8 г (6,7-10,8 % приріст).

На варіантах дослідів із внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{80}P_{40}K_{40}$ і біодобрива Граундфікс у нормі 4 л/га маса зерна з качана гібриду Р8834 становила 157,5 г при густоті 65 тис/га і 148,2 г при 70 тис/га, а за норми Граундфікс 6 л/га відповідно – 160,7 г при густоті 65 тис/га і 149,8 г при 70 тис/га., що на 16,2-20,8 г і 18,9-21,1 г менше ніж на аналогічних варіантах з повною нормою мінеральних добрив. На варіантах де висівали гібрид Р9074 за норми мінеральних добрив $N_{80}P_{40}K_{40}$ маса зерна з качана була меншою на 19,9-23,1 г ніж на варіантах із повною нормою добрив (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Вплив рівня удобрення та густоти рослин гібридів кукурудзи на формування маси зерна з качана та маси 1000 зерен, г (у середньому за 2021-2023 рр.)

Густота рослин, тис/га	Удобрення	Гібриди			
		Р8834 (ФАО 280)		Р9074 (ФАО 330)	
		маса зерна з одного качана,г	маса 1000 зерен, г	маса зерна з одного качана,г	маса 1000 зерен, г
65	$N_{120}P_{60}K_{60}$ (st)	164,6	322,4	161,3	301,3
	$N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 4 л/га	178,3	325,3	168,1	304,8
	$N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га	181,8	326,7	171,9	307,3
	$N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 4 л/га	157,5	321,8	148,2	296,2
	$N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 6 л/га	160,7	322,2	149,8	298,4
70	$N_{120}P_{60}K_{60}$ (st)	155,4	311,9	145,7	291,5
	$N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 4 л/га	164,4	315,8	156,9	294,3
	$N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га	168,7	318,2	161,5	298,7
	$N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 4 л/га	148,2	310,7	135,8	288,5
	$N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 6 л/га	149,8	311,5	138,4	291,3

Встановлено, що збільшення густоти рослин на площі з 65 тис/га до 70 тис/га забезпечило зниження маси зерна з качана на 9,2 – 13,9 г, або на 7,8 –

8,4 % залежно від рівня удобрення у гібрида P8834 і на 10,4-15,6 г, або 6,4-10,7 % у гібрида P9074.

Маса 1000 зерен кукурудзи є важливим структурним елементом формування загальної продуктивності посіву, та може становити від 120 до 400 г. Залежно від умов вирощування даний показник може варіюватись від 20 до 30 %. Як показують багаточисельні дослідження, зміна розмірів насінини є наслідком зміни умов навколишнього середовища під час наливу та безумовно пов'язана з урожайністю [143].

Аналіз отриманих результатів щодо визначення маси 1000 зерен у розрізі варіантів досліду показав, що рівень удобрення та густина рослин мали безпосередній вплив на формування маси 1000 зерн досліджуваних гібридів кукурудзи, а характер даного впливу був схожим на формування маси зерна з качана. У середньому за 2021-2023 роки, використання у системі удобрення кукурудзи ґрунтового біодобрива Граунфікс (4 л/га) на фоні $N_{120}P_{60}K_{60}$, забезпечило зростання маси 1000 зерен, залежно від густоти рослин, у гібрида P8834 на 2,9-3,9 г (0,9-1,3 % приріст), а у нормі 6 л/га на 4,3-6,3 г (1,3-2,0 % приріст). На варіантах досліду де був висіяний гібрид P9074 використання ґрунтового біодобрива Граундфікс у нормах 4 л/га і 6 л/га забезпечило зростання маси 1000 зерен кукурудзи на 2,8-3,5 г (1,0-1,2 % приріст) і 6,0-7,5 г (2,0-2,5 % приріст) залежно від густоти рослин.

На варіантах досліду із нижчою нормою мінеральних добрив $N_{80}P_{40}K_{40}$ і використанням біодобрива Граундфікс у нормі 4 л/га маса 1000 зерен також дещо знизилась і становила у гібриду P8834 – 321,8 г при густоті 65 тис/га і 310,7 г при 70 тис/га, за норми Граундфіксу до 6 л/га дані показники становили, відповідно – 322,4 г і 311,5 г, що на 3,5-5,1 г і 4,3-6,7 г менше ніж на аналогічних варіантах з мінеральним удобренням $N_{120}P_{60}K_{60}$. На варіантах де досліджували гібрид P9074 за внесення Граундфіксу (4 л/га) на фоні $N_{80}P_{40}K_{40}$ маса 1000 зерн становила 296,2 г при густоті 65 тис/га і 288,5 г при 70 тис/га, за підвищення норми Граундфіксу до 6 л/га маса 1000 зерен

становила, відповідно – 298,4 г і 291,3 г., що на 3,5-6,7 г і 5,8-8,9 г нижче ніж на аналогічних на фоні $N_{120}P_{60}K_{60}$.

4.2. Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин

Пошук та реалізація методів підвищення урожайності сільськогосподарських культур і якості отриманого зерна у тому числі і кукурудзи, є головною метою проведення різних польових досліджень. Успіх у підвищенні продуктивності і урожайності безпосередньо залежить від знання основних закономірностей ростових і продукційних процесів та їх взаємозв'язку з ґрунтово-кліматичними умовами вирощування. Урожайність є результатом складної взаємодії рослин та комплексом чинників навколишнього середовища. Вплив особливостей умов росту та розвитку на рослини проявляється в зміні параметрів елементів їх продуктивності, а взаємозв'язок між основними групами факторів і визначає рівень урожайності [144, 145, 146, 147].

Головним завдання нових гібридів кукурудзи в сучасних умовах ведення аграрного бізнесу є забезпечення стабільної високої зернової продуктивності, що в свою чергу найкращим чином забезпечить високорентабельне вирощування даної культури. Для цього необхідно чітко розуміти, які виклики і потреби існують при вирощуванні даної культури на сьогодні. Значна частина цих викликів безпосередньо пов'язана із технологічними прийомами вирощування. На сьогоднішній день є досить багато результатів досліджень впливу різних агрозаходів на реалізацію генетичного потенціалу урожайності гібридів кукурудзи. Проте, інша частина викликів пов'язана із впливом нерегульованих факторів, таких як ґрунтові і кліматичні умови, вплив яких спрогнозувати неможливо. Виходячи з цього залишається пристосовуватись раціонально використати комплекс ґрунтово-

кліматичних умов, підібравши для вирощування найпридатніші гібриди кукурудзи [148].

За період польових досліджень впродовж 2021 – 2023 років виявлений нами вплив кліматичних умов на перебіг ростових процесів і розвитку рослин, динаміку формування площі листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та величини нагромадження сухої речовини, як результат, знаходить своє відображення у індивідуальній продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості та величині урожайності зерна.

Крім того, у наших дослідженнях було проаналізовано і встановлено ефективний захід оптимізації системи мінерального живлення рослин кукурудзи за рахунок використання біодобрива Граундфікс, який підвищує доступність і рухомість в ґрунті фосфору і обмінного калію, а також збільшує кількість різних форм азоту в ґрунті, підвищує коефіцієнт використання поживних елементів з добрив.

Результати наших досліджень щодо обліку найважливішого показника – урожайності насіння – підтверджують зроблені раніше висновки.

Урожайність зерна кукурудзи у досліді за період досліджень (2021-2023 рр.) залежно від застосованих варіантів коливалась у межах від 9,05 т/га у варіанті де висівали гібрид Р9074 з густотою 65 тис/га і системою удобрення $N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 4 л/га до 11,15 т/га у варіанті з гібридом Р8834 висіяним з густотою 70 тис/га з удобренням $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га. При цьому, у середньому по досліді, у розрізі років, врожайність зерна була максимальною у 2021 році і становила у гібрида Р8834 - 13,20 т/га, у гібрида Р9074 – 12,29 т/га, а мінімальною у 2022 році, відповідно 6,49 і 6,87 т/га.

Встановлено, що урожайність зерна послідовно підвищувалась при насиченні технологічної схеми вирощування кукурудзи ґрунтовим біодобривом Граундфікс. Так, у середньому за роки досліджень, на варіантах з гібридом Р8834 внесення у передпосівну культивуацію біологічного добрива Граундфікс у нормі 4 л/га на фоні $N_{120}P_{60}K_{60}$, забезпечило зростання

урожайності зерна, у співставленні до контрольного варіанту, на 0,59 т/га (6,0 % приріст), за густоти рослин 65 тис/га і на 0,65 т/га (6,3 % приріст) за густоти рослин 70 тис/га, а внесення Граундфікса у нормі 6 л/га забезпечило прибавку урожайності відповідно на 0,82 т/га (8,2 % приріст) і 0,88 т/га (8,6 % приріст) (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та рівня удобрення, т/га

Густина рослин, тис/га	Удобрення	Роки досліджень			Середнє за 2021-2023 рр.
		2021	2022	2023	
<i>P8834 (ФАО 280)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	12,67	6,09	10,48	9,75
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	13,36	6,54	11,11	10,34
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	13,65	6,62	11,43	10,57
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	12,27	5,82	10,10	9,40
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	12,58	6,10	10,37	9,68
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	13,23	6,58	11,02	10,28
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	14,05	7,05	11,68	10,93
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	14,29	7,16	12,01	11,15
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	12,79	6,41	10,63	9,94
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	13,15	6,55	10,92	10,21
<i>P9074 (ФАО 330)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	11,64	6,55	10,17	9,45
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	12,47	6,94	10,89	10,10
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	12,69	7,16	11,13	10,33
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	11,15	6,18	9,83	9,05
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	11,47	6,49	10,17	9,38
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	12,36	6,94	10,78	10,03
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	13,24	7,38	11,48	10,70
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	13,48	7,52	11,79	10,93
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	12,06	6,68	10,37	9,71
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	12,31	6,90	10,76	9,99
NIP _{0,5} т/га	2021 р.	A=0,055, B=0,055, C=0,087, AB=0,078, AC=0,124, BC=0,124, ABC=0,175.			
	2022 р.	A=0,140, B=0,140, C=0,222, AB=0,199, AC=0,314, BC=0,314, ABC=0,444.			
	2023 р.	A=0,133, B=0,133, C=0,179, AB=0,160, AC=0,254, BC=0,254, ABC=0,359.			

На варіантах дослідів де норму мінеральних добрив було знижено до N₈₀P₄₀K₄₀ і внесено біодобриво Граундфікс 4 л/га урожайність зерна гібрида P8834 висіного з густотою 65 тис/га становила 9,40 т/га, а за норми

Граундфікса 6 л/га 9,68 т/га., що на 9,2 і 10,0 % менше ніж на аналогічних варіантах з повною нормою мінеральних добрив ($N_{120}P_{60}K_{60}$). На аналогічних варіантах де гібрид Р8834 вирощували з густотою 70 тис/га дані показники становили відповідно 9,94 т/га і 10,21 т/га, що на 9,2 і 9,9 % менше варіантів із удобренням $N_{120}P_{60}K_{60}$.

На варіантах дослід з гібридом Р9074 зафіксована аналогічна тенденція позитивної дії біологізації системи удобрення за рахунок використання ґрунтового біодобрива Граунфікс. Так, на фоні мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ внесення Граундфікса у нормі 4 л/га сприяло зростанню урожайності зерна на 0,65 т/га (6,9 % приріст), за густоти рослин 65 тис/га і на 0,67 т/га (6,6 % приріст) за густоти рослин 70 тис/га, більш продуктивним було внесення Граунфікса у нормі 6 л/га при цьому прибавка урожайності до контролю становила, відповідно 0,87 т/га (9,3 % приріст) і 0,90 т/га (8,9 % приріст).

За рівня мінерального удобрення $N_{80}P_{40}K_{40}$ та внесення у передпосівну культивування біодобрива Граундфікс 4 л/га урожайність зерна гібрида Р9074 становила 9,05 т/га за густоти 65 тис/га, а за норми Граундфікса 6 л/га, відповідно, 9,71 т/га, на аналогічних варіантах де посів проводили з густотою 70 тис/га рівень урожайності становив 9,38 т/га і 9,99 т/га.

При проведенні наших досліджень, у роки з кардинально різними погодними умовами, використання для сівби гібридів різних груп стиглості дозволило виявити досить нетипову тенденцію до формування врожайності зерна при переході від середньоранньої до середньостиглої групи. Так, у 2021 і 2023 роках за рахунок погодних умов, які склалися впродовж періоду вегетації, середньостиглий гібрид Р9074 (ФАО 330) сформував меншу урожайність зерна порівняно із середньораннім гібридом Р8834 (ФАО 280), а у 2022 році навпаки.

Наші дослідження щодо визначення урожайності зерна показали, що зменшення індивідуальної продуктивності рослин зі збільшенням густоти

компенсується їх кількістю на одиниці площі. Водночас, найбільша врожайність одержана за густоти рослин 70 тис./га по всіх роках досліджень.

Наведені прирости і підвищення рівня урожайності зерна гібридів кукурудзи у досліді підтверджуються результатами розрахунків дисперсійного аналізу та оцінки частки впливу досліджуваних факторів на її формування відповідно до факторної схеми досліді (рис. 4.4).

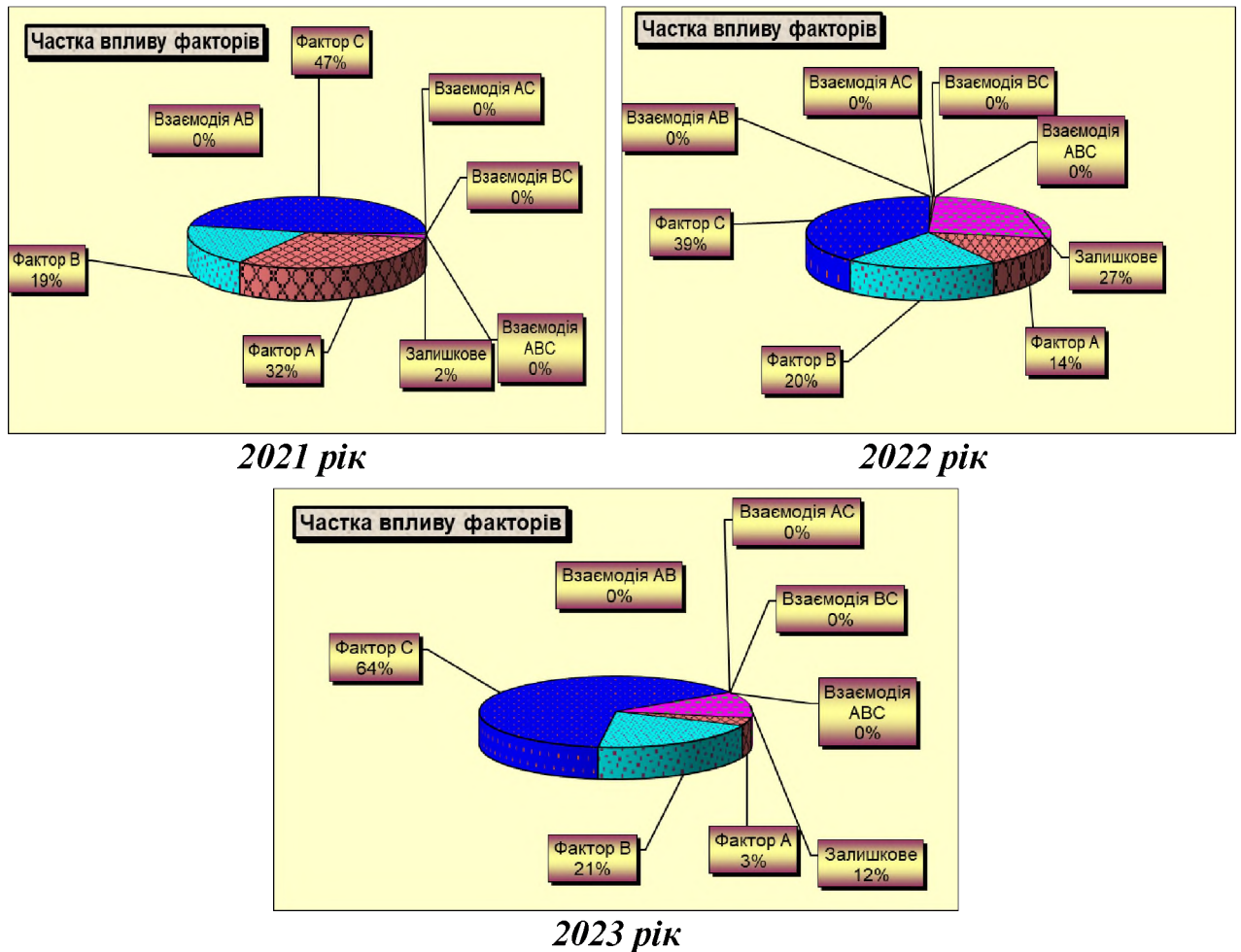


Рис. 4.3 Частка впливу факторів у формуванні врожаю зерна кукурудзи, за 2021-2023 рр.

Під час проведення розрахунків дисперсійного аналізу ми зробили обґрунтоване припущення, що погодні умови у роки проведення досліджень з культурою кукурудзи були сприятливими у 2021 і 2023 роках, що підтверджується високими показниками сформованого урожаю.

Встановлено, що оптимізація умов мінерального живлення посівів кукурудзи за рахунок поєднання норми мінеральних добрив $N_{120}P_{80}K_{80}$ із внесенням

Граундфіксу в нормі 6 л/га, в певній мірі підвищує стресостійкість та позитивно впливає на ростові процеси і розвиток рослин. Загальновідомо, що обмежуючим фактором формування високих і сталих врожаїв зерна кукурудзи є волога. Проведений аналіз погодних умов та аналіз величини сформованого за цей період урожайності зерна, встановлено, що вони суттєво відрізнялись за роками і мали значний вплив на рівень урожайності зерна досліджуваних гібридів кукурудзи.

Таким чином, впродовж періоду вегетації кукурудзи у 2021 році сформувались найбільш сприятливі умови для формування продуктивності рослин кукурудзи. При цьому рівень сформованої врожайності зерна кукурудзи залежав на 47 % від системи удобрення.

За несприятливих погодних умов 2022 року передпосівна оптимізація системи удобрення забезпечувала формування 39 % врожаю зерна кукурудзи, тобто його ефективність дещо знижувалась. У 2023 році сформувались оптимальні погодні умови для максимальної реалізації ґрунтового біодобрива, за цих умов рівень сформованої врожайності зерна кукурудзи залежав на 64 % від системи живлення.

За результатами проведеного нами кореляційно-регресійного аналізу було достовірно встановлено залежності урожайності зерна кукурудзи від показників фотосинтетичної продуктивності (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Регресійні залежності між урожайністю зерна гібридів кукурудзи та фотосинтетичною продуктивністю посівів, у загальній сукупності даних за 2021 – 2023 рр.

	Рівняння регресії
Урожайність зерна (Y), т/га	$Y = 10,9963 + 2,8697 * X_0$ ($r = 0,987$, $r^2 = 0,975$, $p < 0,001$)
	$Y = 7,3261 + 0,1285 * X_1$ ($r = 0,645$, $r^2 = 0,416$, $p < 0,001$)
	$Y = 0,4685 + 0,2599 * X_2$ ($r = 0,987$, $r^2 = 0,974$, $p < 0,001$)

Примітка: Значення параметрів X_0 – площа листкової поверхні, тис.м²/га; X_1 – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² за добу; X_2 – фотосинтетичний потенціал, млн м²×діб/га; R – коефіцієнт кореляції; R^2 – скорегований коефіцієнт детермінації.

Отже, проаналізувавши результати розрахунків, які наведені у таблиці 4.4, ми можемо дійти висновку, що між урожайністю зерна та площею листкової поверхні рослин, чистою продуктивністю фотосинтезу та фотосинтетичним потенціалом існує позитивний зв'язок різної сили, про що свідчать високі коефіцієнти кореляції.

Поряд із цим, нашими розрахунками було встановлено, що між урожайністю зерна та виходом сухої речовини з одиниці площі існує сильний позитивний зв'язок з коефіцієнтом кореляції $r = 0,960$, а детермінації $r^2 = 0,922$.

$$Y = -2,5751 + 0,6227 * X \quad (3.5)$$

де: Y – урожайність зерна, т/га; X – вихід сухої речовини, т/га.

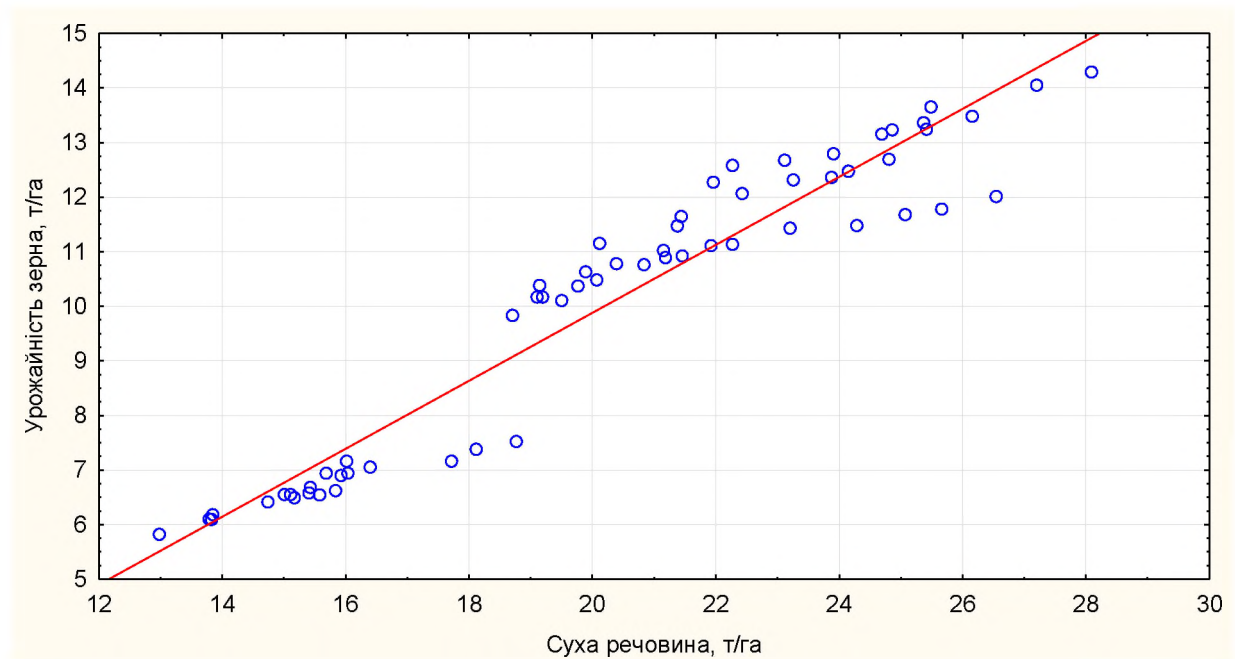


Рис. 4.4 Кореляційний зв'язок між виходом сухої речовини рослин гібридів кукурудзи та урожайністю зерна, (у середньому за 2021-2023 рр.).

За результатами проведеного математичного аналізу встановлено, що між елементами індивідуальної продуктивності рослин гібридів кукурудзи та їх урожайністю зерна існує позитивний зв'язок високої сили. Так, між величиною урожайності та масою зерна з одного качана коефіцієнт кореляції

становив $r = 0,961$, при цьому скорегований коефіцієнт детермінації, відповідно, $r^2 = 0,925$, між величиною урожайності та масою 1000 зерен гібридів кукурудзи дані показники становили, відповідно, $r = 0,970$, $r^2 = 0,941$.

Таким чином, в умовах Лісостепу правобережного у середньому за три роки досліджень, найбільш ефективними з варіантів оптимізації технології вирощування гібридів кукурудзи визначено посіви з густотою 70 тис/га та системою удобрення $N_{120}P_{60}K_{60} + \text{Граундфікс } 6 \text{ л/га}$. За такого поєднання, досліджуваних технологічних прийомів, окупність у зазначених варіантах приростом урожайності зерна кукурудзи становила 0,82 т/га (8,2 % приріст) і 0,88 т/га (8,6 % приріст) у гібрида Р8834 і відповідно 0,87 т/га (9,3 % приріст) і 0,90 т/га (8,9 % приріст) у гібрида Р9074.

Висновки до розділу 4.

1. Встановлено, що оптимізація мінерального живлення рослин кукурудзи за рахунок внесення біодобрива Граундфікс (6 л/га) на фоні $N_{120}P_{60}K_{60}$, сприяла формуванню максимальних у досліді показників індивідуальної продуктивності рослин. Так, на даних варіантах, за густоти посіву 65 тис/га, формувалась найвища кількість зерен у ряді - 32,8 шт у гібрида Р8834 (ФАО 280) і 33,1 шт. у гібрида Р9074 (ФАО 330), маса зерна з качана, відповідно, 181,8 г і 171,9 г та маса 1000 зерен 326,7 г і 307,3 г.

2. Встановлено, що збільшення густоти рослин на площі з 65 тис/га до 70 тис/га забезпечило зниження маси зерна з качана на 9,2 – 13,9 г, або на 7,8 – 8,4 % залежно від рівня удобрення у гібрида Р8834 і на 10,4-15,6 г, або 6,4-10,7 % у гібрида Р9074.

3. Встановлено, що у середньому по досліді, врожайність зерна була максимальною у 2021 році і становила у гібрида Р8834 – 13,20 т/га, у гібрида Р9074 – 12,29 т/га, а мінімальною у 2022 році, відповідно 6,49 і 6,87 т/га.

Максимальна урожайність зерна – 11,15 т/га у розрізі варіантів досліді відмічена у варіанті з гібридом Р8834 висіяним з густотою 70 тис/га з удобренням $N_{120}P_{60}K_{60} + \text{Граундфікс } 6 \text{ л/га}$.

Список використаних джерел до розділу 4.

139. Дудка М., Шевченко О. Мікродобрива й кукурудза. *Farmer the Ukrainian*. №5(77). 2016. С. 68-69.
140. Андрієнко А.Л. Фотосинтетична діяльність та продуктивність нових гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 36-38.
141. Паламарчук В. Д. Кількість рядів зерен та зерен у ряді в гібридів кукурудзи залежно від елементів технології. *Новітні агротехнології* (Електронний науковий журнал). 2017. №5. 8 с. URL: <http://jna.bio.gov.ua/issue/view/7327>.
142. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на кількість качанів у гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. Рослинництво, кормовиробництво. 2018, №8(785). С. 24-32.
143. Кирпа М.Я. Визначення якості насіння кукурудзи та його підготовка до сівби. *Сучасні аграрні технології*. 2013. № 3. С. 18-22.
144. Кричковський В. Вплив дигестату на структуру врожаю та продуктивність кукурудзи. *Зрошуване землеробство*. Міжвідомчий тематичний збірник. 2021. Вип. 75. С. 57-63.
145. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво. Підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. С. 249–265
146. Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. №4. С. 63–65.
147. Мерленко І. М., Зінчук М. І., Штань С. С. Застосування стимуляторів росту рослин та біопрепаратів як один з факторів біологізації сільськогосподарського виробництва. Охорона родючості ґрунтів : матеріали Міжнар. Наук.-практич. Конф. К., 2004. Вип. 1. С. 105–114.
148. Кернасюк Ю. Кукурудза у світі. Агробізнес Сьогодні. 14.04.2021. Електронний ресурс: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/21184-kukurudza-u-sviti.html>.

РОЗДІЛ 5

ВПЛИВ БІОЛОГІЗАЦІЇ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ТА РОЗРАХУНКОВИЙ ВХІД БІОЕТАНОЛУ

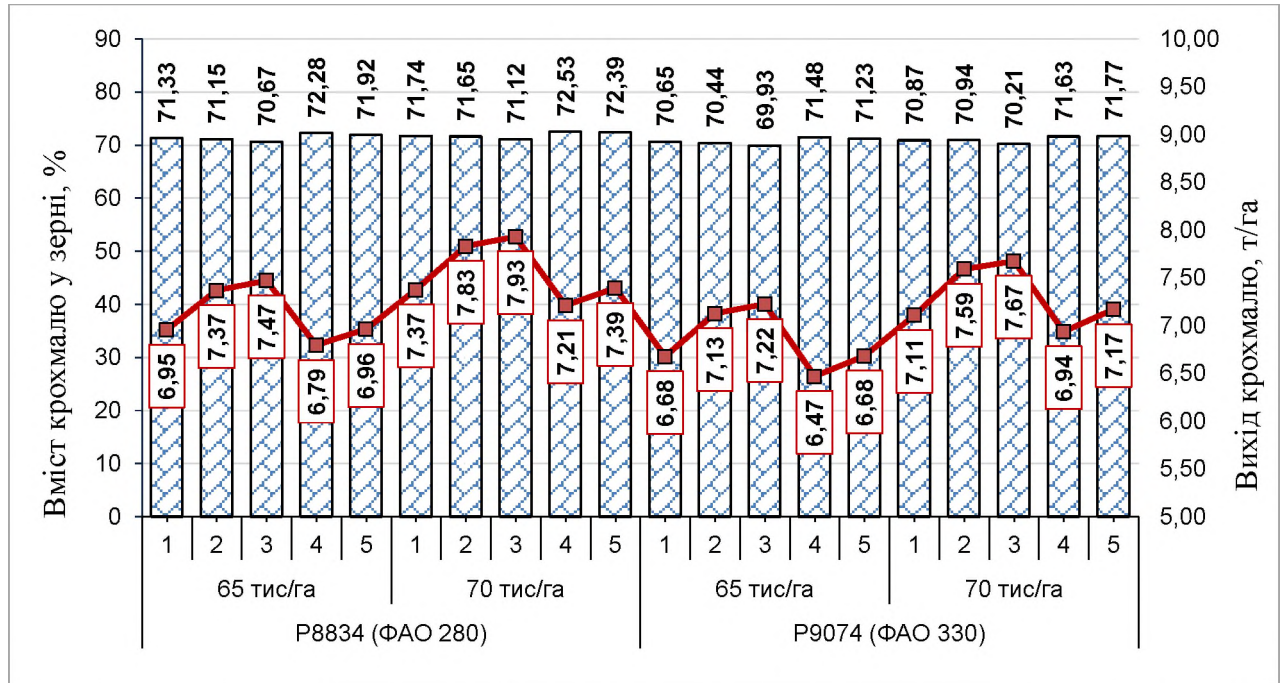
5.1. Показники якості зерна гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин

Зерно кукурудзи має надзвичайно широкий спектр використання, а саме у харчовій і технічній промисловості та кормовиробництві, виходячи з цього в залежності від напрямку його використання і проводять оцінку якісних показників. При використанні у харчовій галузі основними показниками якості є високий вміст сирого протеїну та жиру, які забезпечують від 15 до 20 % загальної денної норми калорій [149]. У технічній промисловості на сьогоднішній день кукурудза є однією з найперспективніших культур для виробництва етанолу, оскільки сприятливі природно-кліматичні умови дають можливість отримувати високий рівень урожайності у всіх зонах вирощування та забезпечують високий вихід енергії з 1 т сировини. При переробці зерна кукурудзи на біопаливо надзвичайно важливим є вміст у ньому крохмалю, завдяки якому вихід біоетанолу може сягати до 400–500 л із 1 т сировини [150].

Формування якісних показників зерна, у тому числі і кукурудзи, безпосередньо залежить від сукупної дії багатьох факторів, а саме ґрунтових, погодних та антропогенних. Для позитивного впливу на продуктивність та підвищення якості отриманого зерна необхідно детально дослідити процеси, які відбуваються у рослинах у різні фази їхнього росту й розвитку з метою подальшого їх регулювання [151, 152].

Вміст і вихід крохмалю, у наших дослідженнях, в певній мірі залежав від групи стиглості гібридів. Так, у середньому за 2021-2023 рр., вміст та вихід крохмалю у гібрида Р8834 (ФАО 280) склав 70,67 % - 72,53 % і 6,79 т/га

– 7,93 т/га, а у гібрида Р9074 (ФАО 320), відповідно, 69,93 % - 71,77 % і 6,47 т/га – 7,67 т/га. Зафіксоване незначне зростання вмісту та виходу крохмалю у гібрида кукурудзи із меншим вегетаційним періодом порівняно з більш пізньостиглим, що є не зовсім типовим явищем яке безпосередньо формувалось під впливом погодних умов (рис. 5.1).



Примітка: *1- $N_{120}P_{60}K_{60}$ (st); 2- $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 4 л/га; 3- $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га; 4- $N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 4 л/га; 5- $N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 6 л/га.

Рис. 5.1 Вміст та вихід крохмалю у досліджуваних гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та рівня удобрення, (у середньому за 2021- 2023 рр.).

Підвищення густоти рослин досліджуваних гібридів кукурудзи з 65 тис/га до 70 тис/га сприяло зростанню вмісту крохмалю в зерні на 0,25 % – 0,47 % у гібрида Р8834 і на 0,15 % - 0,54 % у гібрида Р9074 залежно від рівня удобрення, при цьому зростання виходу крохмалю з одиниці площі склало, відповідно, 0,42 т/га – 0,46 т/га і 0,43 т/га – 0,49 т/га.

За результатами наших досліджень встановлено, що покращення системи удобрення за рахунок сумісного використання мінеральних добрив та добрив біологічного походження призводило до зменшення вмісту

крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи.

Таким чином, у середньому за роки досліджень вміст крохмалю на контрольному варіанті досліду становив 71,33 % у гібрида Р8834 і 70,65 % у Р9074. Встановлено, що вміст крохмалю у зерні дещо знижувався при поєднанні організованих факторів. Так, на варіанті з густотою посіву 65 тис/га, і внесенням біодобрива Граундфікс у нормі 4 л/га, на фоні мінеральних добрив $N_{120}P_{60}K_{60}$, вміст крохмалю становив 71,15 % і 70,44 %, що на 0,18 – 0,21 % нижче контролю, а підвищення норми Граундфікса від 4 л/га до 6 л/га забезпечило формування вмісту крохмалю в зерні кукурудзи на рівні 70,67 % і 69,93 %, що на 0,66 % і 0,72 % менше контрольного варіанту. На варіантах з нормою мінеральних добрив $N_{80}P_{40}K_{40}$ і використанням ґрунтового біодобрива Граундфікс у нормах 4 л/га і 6 л/га нами зафіксований вищий вміст крохмалю у зерні, який у гібрида Р8834 становив, відповідно, 72,28 % і 71,92 %, а у гібрида Р9074 - 71,48 % і 71,23 %. На варіантах з густотою 70 тис /га формувалась аналогічна тенденція щодо вмісту крохмалю у зерні кукурудзи залежно від рівня удобрення.

Ще одним важливим показником якості зерна є сирий протеїн, його вміст свідчить про високу кормову цінність зерна кукурудзи. Він представлений неповноцінним зеїном і глютеліном. Поживність 1 кг зерна – 1,34 к. од. і 67 – 73 г перетравного протеїну. За даними Килимнюка О. І. [153] зерно кукурудзи складається на 9–12 % білка, на 65–70 % з вуглеводів і на 4–8 % з рослинної олії і 2 % клітковини.

У наших дослідженнях встановлена обернено-пропорційна залежність формування вмісту протеїну і вмісту крохмалю у зерні. Так, із збільшенням протеїну фіксувалось зниження вмісту крохмалю і навпаки. Зменшення вмісту крохмалю в зерні кукурудзи пов'язане з тим, що існує обернена залежність між накопиченням протеїну та крохмалю – підвищення вмісту протеїну уповільнює нагромадження вуглеводів у зерні кукурудзи. Ці результати підтверджують інші роботи щодо дослідження якісних показників зерна кукурудзи [151, 153, 154].

У наших дослідженнях за вмістом сирого протеїну у зерні переважав гібрид Р9074 (ФАО 320). Залежно від рівня удобрення і густоти рослин вміст сирого протеїну у розрізі варіантів становив від 8,35 % до 9,46 %, що на 0,13 % - 0,41 % більше ніж у зерні гібрида Р8834 (ФАО 280).

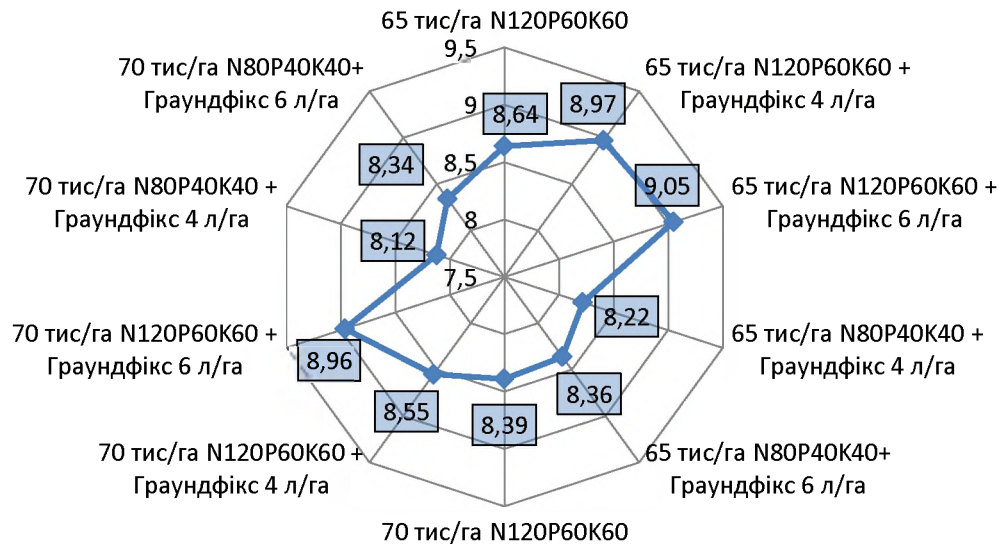


Рис. 5.2 Вміст сирого протеїну у зерні кукурудзи гібриду Р8834 залежно від густоти рослин та рівня удобрення, % (у середньому за 2021-2023 рр.).

Встановлено, що, у середньому за роки досліджень вміст сирого протеїну у зерні кукурудзи на контрольному варіанті, за густоти рослин 65 тис/га, становив 8,64 % у гібрида Р8834 і 8,93 % у гібрида Р9074. Вміст сирого протеїну у зерні зростав при покращенні умов мінерального живлення. Так, на варіанті, де вносили біодобриво Граундфікс у нормі 4 л/га, на фоні мінеральних добрив $N_{120}P_{60}K_{60}$, вміст сирого протеїну становив, залежно від гібриду, 8,97 % і 9,18 %, що на 0,25 % – 0,33 % перевищувало контрольний варіант, а підвищення норми Граундфікса до 6 л/га забезпечило формування вмісту протеїну в зерні кукурудзи на рівні 9,05 % і 9,46 %, що на 0,41 % і 0,53 % більше контролю.

За густоти посіву гібридів кукурудзи 70 тис/га зафіксований аналогічний позитивний вплив оптимізації системи удобрення на вміст сирого протеїну у зерні. Так, на фоні мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ внесення у передпосівну культивуацію біодобрива Граундфікс у нормі 4 л/га сприяло зростанню вмісту сирого протеїну на 0,16 % - 0,25 %, а у нормі 6 л/га, відповідно на 0,53 % - 0,55 % залежно від гібрида.

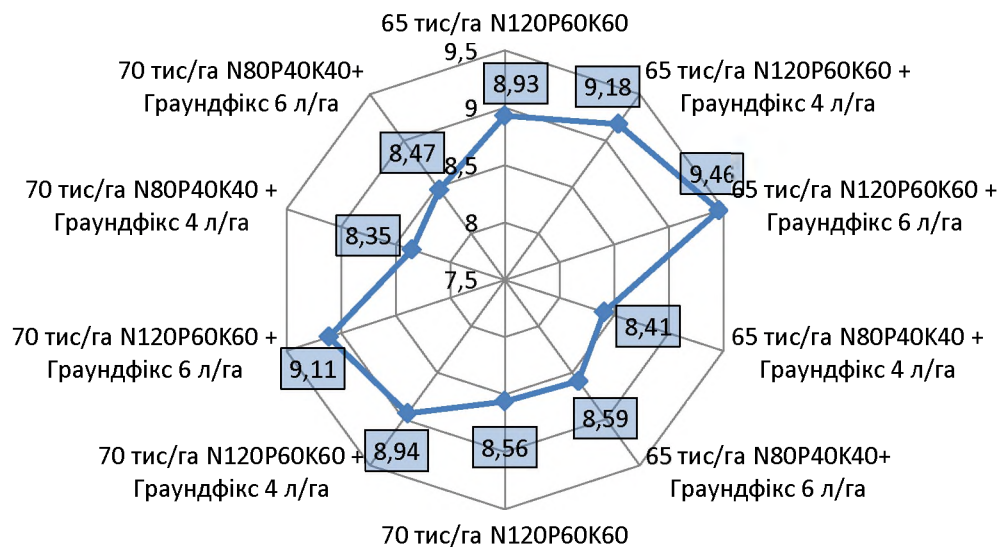


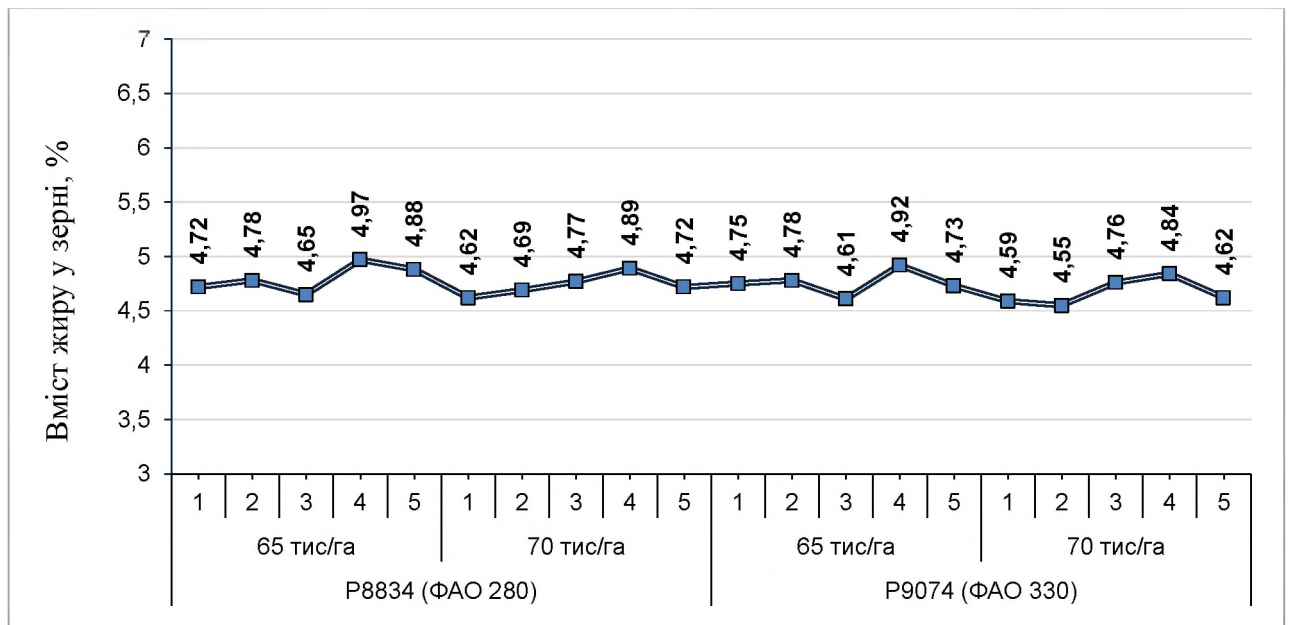
Рис. 5.3 Вміст сирого протеїну у зерні кукурудзи гібриду P9074 залежно від густоти рослин та рівня удобрення, % (у середньому за 2021-2023 рр.).

Виявлено, що на варіантах досліду із нормою мінеральних добрив $N_{80}P_{40}K_{40}$ вміст сирого протеїну був на 0,43 – 0,87 % нижчим ніж на аналогічних варіантах із внесенням повної норми мінеральних добрив $N_{120}P_{60}K_{60}$.

Аналіз отриманих результатів показав, що вміст протеїну у зерні також мав певну тенденцію до зниження із підвищенням густоти посіву з

65 тис /га до 70 тис/га, і в розрізі варіантів дане зниження коливалося у межах від 0,06 % до 0,42 %.

Жирнокислотний склад зерна кукурудзи характеризується вмістом лінолевої, олеїнової, пальмітинової, ліноленової та стеаринової кислот у різних пропорціях. Кукурудзяна олія у 2,5 рази калорійніша за крохмаль, тому високоолійні гібриди становлять великий інтерес як високоенергетичні корми для тваринництва і птахівництва.



Примітка: *1- $N_{120}P_{60}K_{60}$ (st); 2- $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 4 л/га; 3- $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га; 4- $N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 4 л/га; 5- $N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 6 л/га.

Рис. 5.4 Вміст жиру у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та рівня удобрення, (у середньому за 2021-2023 рр.).

За результатами наших досліджень встановлено, що у зерні гібридів які досліджувались містилось від 4,55 % до 4,97 % жиру. За вмістом у зерні жиру суттєвих відмінностей між гібридами не виявлено. Підвищення густоти рослин з 65 тис/га до 70 тис/га сприяло незначному зменшенню вмісту жиру у зерні у розрізі інших варіантів дослідження.

5.2 Вплив рівня удобрення та густоти рослин на розрахунковий вихід біоетанолу з зерна гібридів кукурудзи

В умовах сучасного військового стану надзвичайно актуальним в нашій країні стала тематика виробництва паливного етанолу (біоетанолу). Події останнього часу вказують на те, що поряд із продовольчою безпекою надзвичайно важливим є зміцнення енергетичного потенціалу країни. Одним з ефективних варіантів вирішення цієї проблеми є нарощування обсягів виробництва біоетанолу.

Біоетанол – це спирт етиловий зневоднений, виготовлений з біологічно відновлюваної сировини [155].

Базовою сировиною для його виготовлення є культури з високим вмістом крохмалю або цукру, а саме зерно кукурудзи, ячменю, пшениці, а також коренеплоди цукрових буряків. Виробництво великої кількості біоетанолу дасть додатковий потужний внутрішній ринок збуту для наших аграріїв, адже багато зовнішньо-торгових зв'язків зруйнувала війна.

Одним із найпоширеніших сировинних ресурсів для виробництва біоетанолу є зерно кукурудзи, в той час, як листостеблова маса даної культури може використовуватися для виготовлення твердого біопалива. Стебла кукурудзи мають високі теплоутворюючі властивості, близько 12,5 МДж/кг, що на 18-20 % більше, ніж у гілок плодкових дерев і соломи колосових культур. В порівнянні із іншими культурами, які можна використовувати для виробництва біоетанолу, зерно кукурудзи містить високий вміст крохмалю та забезпечує найвищий вихід біоетанолу із одиниці площі [156]. За результатами численних досліджень було встановлено, що з 1 тони зерна кукурудзи можна одержати 320-470 л етанолу в той час, як із 1 т ячменю – 250-330 л, жита – 270-350 л, пшениці – 375- 450 л, тритикале – 430 л, соризу – 460 л [157]. Хоча сориз і має вищий вміст крохмалю, проте його важче гідролізувати, і тому вихід біоетанолу з зерна кукурудзи більший.

Вирахувано, що для виробництва 1,0 т біоетанолу у середньому потрібно 0,64 га посівів пшениці або 0,47 га посівів кукурудзи [158].

Вихід біоетанолу з сировини зазвичай розраховують як вихід етанолу. Вихід етанолу – його кількість, отримують з тони зароджуваних вуглеводів в перерахунку на крохмаль. Теоретичний вихід обчислюють за рівнянням спиртного бродіння: $C_6H_{12}O_6=2C_2H_5OH+2CO_2$. За відносної густоти етанолу $d_4^{20}=0,78927$ його теоретичний вихід становить 64,79 л [159].

Аналіз одержаних нами результатів показав, що розрахунковий вихід біоетанолу з зерна досліджуваних гібридів безпосередньо залежав від рівня удобрення та густоти рослин (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Розрахунковий вихід біоетанолу із одиниці площі
залежно від рівня удобрення та густоти рослин, тис. л/га
(у середньому за 2021-2023 рр.)**

Густота рослин, тис/га	Удобрення	<i>P8834</i> (<i>ФАО 280</i>)	<i>P9074</i> (<i>ФАО 330</i>)
65	$N_{120}P_{60}K_{60}$ (st)	3,830	3,677
	$N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 4 л/га	4,052	3,918
	$N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га	4,114	3,978
	$N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 4 л/га	3,742	3,563
	$N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 6 л/га	3,834	3,680
70	$N_{120}P_{60}K_{60}$ (st)	4,061	3,915
	$N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 4 л/га	4,313	4,180
	$N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га	4,367	4,226
	$N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 4 л/га	3,970	3,830
	$N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 6 л/га	4,070	3,949

Вихід біоетанолу з зерна кукурудзи у розрізі варіантів за період досліджень (2021-2023 рр.) знаходився у межах від 3,563 тис. л/га на варіанті з гібридом P9074 та густотою посіву 65 тис/га на фоні удобрення $N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 4 л/га до 4,367 тис. л/га у варіанті з гібридом P8834 та густотою 70 тис/га на фоні удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га.

Встановлено, що вихід біоетанолу поступово зростав при інтенсифікації технологічного процесу вирощування кукурудзи, а саме додаванні у схему дослідів ґрунтового біодобрива Граундфікс. Так, у середньому за роки досліджень, на варіантах з гібридом Р8834 внесення у передпосівну культивуацію біологічного добрива Граундфікс у нормі 4 л/га на фоні $N_{120}P_{60}K_{60}$, сприяло підвищенню виходу біоетанолу до 4,052 тис. л/га (проти 3,830 тис. л/га на контролі) за густоти рослин 65 тис/га і до 4,313 тис. л/га (проти 4,061 тис. л/га на контролі) за густоти рослин 70 тис/га, а внесення Граундфікса у нормі 6 л/га забезпечило зростання виходу біоетанолу відповідно до 4,114 тис. л/га і 4,367 тис. л/га.

На варіантах дослідів де норму мінеральних добрив було знижено до $N_{80}P_{40}K_{40}$ і внесено ґрунтове біодобриво Граундфікс 4 л/га вихід біоетанолу з зерна гібрида Р8834 на варіантах з густотою 65 тис/га становив 3,742 тис. л/га, а за норми Граундфікса 6 л/га 3,834 тис. л/га. На аналогічних варіантах де гібрид Р8834 вирощували з густотою 70 тис/га дані показники становили відповідно 3,970 тис. л/га і 4,070 тис. л/га.

На варіантах дослідів з гібридом Р9074 зафіксована аналогічна тенденція позитивної дії досліджуваних факторів на вихід біоетанолу з одиниці площі. Так, на фоні мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ внесення Граундфікса у нормі 4 л/га сприяло зростанню виходу біоетанолу до 3,918 тис. л/га (проти 3,677 тис. л/га на контролі), за густоти рослин 65 тис/га і до 4,180 тис. л/га (проти 3,915 тис. л/га на контролі) за густоти рослин 70 тис/га, більш продуктивним було внесення Граундфікса у нормі 6 л/га при цьому вихід біоетанолу з одиниці площі зріс, відповідно до 3,978 тис. л/га і 4,226 тис. л/га.

За рівня мінерального удобрення $N_{80}P_{40}K_{40}$ та внесення у передпосівну культивуацію біодобрива Граундфікс 4 л/га вихід біоетанолу з зерна гібрида Р9074 становив 3,563 тис. л/га за густоти 65 тис/га, а за норми Граундфікса 6 л/га, відповідно, 3,680 тис. л/га, на аналогічних варіантах де посів

проводили з густотою 70 тис/га вихід біоетанолу становив 3,830 тис. л/га і 3,949 тис. л/га.

Наші дослідження щодо визначення розрахункового виходу біоетанолу з одиниці площі показали, що найбільша його кількість у розрізі варіантів досліду одержана за густоти рослин 70 тис./га.

Висновки до розділу 5.

1. За результатами наших досліджень встановлено, що оптимізація системи удобрення за рахунок сумісного використання мінеральних добрив та добрив біологічного походження призводила до зменшення вмісту крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи та підвищувала вміст сирого протеїну.

2. Застосування у технологічному циклі вирощування гібридів кукурудзи ґрунтового біодобрива Граундфікс позитивно впливало на вихід біоетанолу. Максимальна кількість біоетанолу з одиниці площі – 4,367 тис. л/га у розрізі варіантів досліду відмічена у варіанті з гібридом Р8834 висіяним з густотою 70 тис/га з удобренням $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га. На варіантах з гібридом Р9074 даний варіант також був найбільш продуктивним і вихід біоетанолу при цьому становив – 4,226 тис. л/га.

Список використаних джерел до розділу 5.

149. Вожегова Р.А., Дробіт, О.С., Шебанін В. С. Дробітько А.В. Вплив агротехнічних прийомів на продуктивність та якісні показники зерна кукурудзи. Науково практичні основи формування інноваційних агротехнологій – новітні підходи молодих вчених : зб. матер. міжнар. наук.-практ. online конф. молодих вчених, м. Херсон : ІЗЗ НААН, 2020. 48-49 с.

150. Полішкевич О.Р. Ефективність використання кукурудзи для виробництва альтернативних палив. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*.

Миколаїв, 2011. Вип. 3(60). С. 76-80.150.

151. Поляков В. І. Особливості формування якісних показників зерна кукурудзи залежно від комплексу елементів технології вирощування. *Агробіологія*. 2020. № 2. С. 132–138.

152. Влащук А. М., Колпакова О. С., Конащук О. П. Вплив строків сівби на продуктивність та якість зерна гібридів кукурудзи в умовах зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 3. С. 89–95.

153. Глушко Т. В., Войташенко Д. П. Урожайність та якість зерна кукурудзи під впливом біопрепаратів в умовах зрошення південного Степу України. *Зрошене землеробство*. 2013. № 59. С. 44–47.

154. Килимнюк О. І. Аналіз хімічного складу зерна кукурудзи та перспективи використання в годівлі свиней відходів її переробки на спирт і біоетанол. *Корми і кормовиробництво*. 2013. № 77. С. 300–307.

155. Holou R. A. Y., Kindomihou V. Impact of nitrogen fertilization on the oil, protein, starch, and ethanol yield of corn (*Zea mays* L.) grown for biofuel production. *Journal of Life Sciences*. 2011. Т. 5. С. 1013–1021.

156. Дубровін В.О., Масло І.П., Корченский М.О. Біопалива. К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. 256 с.

157. Калетнік Г.М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України: монографія. К.: Хай-Тек Прес, 2010. 516 с.

158. Дубровін В.О. 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.

159. Каменщук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу. *Агроном*. 2013. №3. С. 162-163.

160. AACC International 2000 (AACCI Method 76-13.01 Total Starch Assay Procedure (Megazyme Amyloglucosidase/alpha-Amylase Method).

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

ДОСЛІДЖУВАНИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

КУКУРУДЗИ

Виробництво продукції рослинництва в сучасних умовах дефіциту ресурсного потенціалу вимагає перегляду підходів, які існували декілька років тому щодо розподілу виробничих витрат при розробці технологій вирощування польових культур. Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур, і кукурудзи зокрема, повинні розроблятися на принципах заощадження грошових, матеріальних та енергетичних ресурсів. Окрім цього вони повинні бути конкурентоспроможними на ринку технологій. В зв'язку з цим, в наших дослідженнях ми визначали показники економічної і енергетичної ефективності запропонованих моделей технологій вирощування гібридів кукурудзи при порівнянні з базовою технологією вирощування в зоні правобережного Лісостепу України.

6.1. Економічна ефективність досліджуваних моделей технології вирощування кукурудзи

Разом із вирішенням проблематики щодо підвищення урожайності зерна кукурудзи, а також його валового збору, не менш актуальним завданням аграрного сектору залишається і підвищення економічної ефективності виробництва. Особливої уваги це потребує, коли існує загальна тенденція випередження темпів грошових вкладень порівняно із зростанням рівня виробництва певної продукції.

Процес інтенсифікації вирощування кукурудзи пов'язаний з певними удосконаленнями у технологічному циклі [160, 161, 162]. В той же час, насичення технології вирощування кукурудзи елементами інтенсифікації безпосередньо пов'язане з додатковими витратами праці і ресурсів, забезпеченням ефективного використання виробничих засобів, оптимізацією

умов праці [163]. На сьогоднішній день, в сучасних умовах ведення аграрного бізнесу економічна оцінка агротехнічних заходів набуває першочергового значення.

Однією із основних точок вразливості для аграрного сектору в умовах війни стало погіршення забезпечення аграрних підприємств матеріально-технічними засобами. Висока вартість засобів виробництва та певні ризики довгострокового планування призводять до певної корекції процесів аграрного виробництва, зниження норм мінеральних добрив і засобів захисту рослин, що, у свою чергу, знижує урожайність сільськогосподарських культур, у тому числі і кукурудзи [164]. У таких надзвичайно важких умовах господарювання ключового значення набуває стабільне аграрне виробництво та зниження економічних та енергетичних витрат на одиницю вирощеної продукції.

Одним із надійних шляхів вирішення цієї проблеми є впровадження у виробництво сучасних технологій вирощування, що базуватимуться на забезпеченні максимального ресурсного потенціалу нових високоефективних сортів, використанню біологічних препаратів та збалансованої системі удобрення культури і будуть конкурентоспроможними. Все частіше обговорюється тема скорочення норми добрив і використання дешевших біопрепаратів для компенсації цього скорочення і збереження врожайності [163, 165].

Розроблення нових та удосконалення існуючих технологій вирощування кукурудзи у першу чергу повинні бути обґрунтованими і з економічної точки зору рентабельними.

Кожного року на аграрний ринок надходить велика кількість сучасних гібридів кукурудзи, кожен з яких потребує уточнення оптимальної густоти рослин на одиницю площі, найефективнішої системи живлення та інших елементів інтенсивної технології вирощування. У сортовій технології вирощування кукурудзи на зерно рівень удобрення та густота стояння рослин не змінюють кількості і послідовності виконання виробничих операцій. Вплив цих агротехнічних заходів проявляється на зміні врожаю кукурудзи, що вимагає застосування відповідного методу оцінки ефективності цих змін.

Економічна ефективність виробництва продукції рослинництва, у тому числі і кукурудзи, є результатом вираженим окупністю ресурсів і затрат у процесі виробництва. Кукурудза – економічно вигідна зернова культура. Проте затрати праці і засобів виробництва на її вирощування суттєво вищі, ніж при вирощуванні інших зернових культур. Це пояснюється тим, що собівартість її вирощування дуже висока. Розрахунки затрат на вирощування кукурудзи по окремих статтях показують, що найбільша питома вага припадає на добрива та засоби захисту рослин від шкідливих організмів і паливно–мастильні матеріали (відповідно 40–48 і 19–25%), механізовані роботи (47–49%, з них на обробіток ґрунту 15–19% і догляд за посівами 8–12%) [165].

Важливим резервом зниження собівартості зерна кукурудзи є впровадження у виробництво нових гібридів інтенсивного типу і агротехнічних заходів. Досвід вирощування кукурудзи показує, що перехід виробництва на вирощування продуктивних гібридів і на покращенні технології вирощування кукурудзи дає можливість підвищити її урожайність, а відповідно чистий доход і рівень рентабельності. Для характеристики економічної ефективності досліджуваних гібридів використовували такі показники: вартість валової продукції, виробничі затрати і чистий доход з 1 га, рівень рентабельності.

На основі результатів проведених досліджень та розрахунків виявлено, що досліджувані фактори, а саме (рівень удобрення та різна густина рослин) мали безпосередній вплив на формування економічної ефективності вирощування гібридів кукурудзи різної групи стиглості. У середньому за роки проведення досліджень загальні виробничі витрати при вирощуванні гібридів кукурудзи знаходились у межах 25735 - 30349 грн/га у Р8834 і 26549 – 31246 грн/га у Р8834 залежно від інтенсифікації моделі технології вирощування досліджуваними елементами. На основі розрахунків встановлено, що на динаміку виробничих витрат впливали всі досліджувані фактори. Аналіз впливу рівня удобрення показав, що за густоти посіву 65 тис/га на контролі $N_{120}P_{60}K_{60}$ (st) виробничі витрати склали – 28698 грн/га (Р8834) і 29512 грн/га

(P9074) а на варіантах досліду із внесенням мінеральних добрив $N_{120}P_{60}K_{60}$ та біодобрива Граундфікс у нормі 4 л/га і 6 л/га вони зросли відповідно, до 29640 грн/га і 30023 грн/га (P8834) та 30456 грн/га і 30837 грн/га (P9074). На варіантах із зниженою нормою мінеральних добрив ($N_{80}P_{40}K_{40}$) та внесенням ґрунтового біодобрива Граундфікс у нормі 4 л/га і 6 л/га виробничі витрати зменшились і склали, відповідно, 25735 грн/га і 26119 грн/га (P8834) та 26549 грн/га і 26932 грн/га (P9074) (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та рівня удобрення, (у середньому за 2021 – 2023 рр.)

Густота рослин, тис/га	Удобрення	Урожайність зерна, т/га	Виробничі витрати, грн/га.	Вартість вирощеної продукції, грн.	Умовно чистий прибуток, грн.	Собівартість 1 т насіння, грн.	Рівень рентабельності, %
<i>P8834 (ФАО 280)</i>							
65	1	9,75	28698	58480	29782	2944	104
	2	10,34	29640	62020	32380	2867	109
	3	10,57	30023	63400	33377	2841	111
	4	9,40	25735	56380	30645	2739	119
	5	9,68	26119	58100	31981	2697	122
70	1	10,28	29024	61660	32636	2824	112
	2	10,93	29967	65560	35593	2743	119
	3	11,15	30349	66920	36571	2721	121
	4	9,94	26063	59660	33597	2621	129
	5	10,21	26445	61240	34795	2591	132
<i>P9074 (ФАО 330)</i>							
65	1	9,45	29512	56720	27208	3122	92
	2	10,10	30456	60600	30144	3015	99
	3	10,33	30837	61960	31123	2986	101
	4	9,05	26549	54320	27771	2933	105
	5	9,38	26932	56260	29328	2872	109
70	1	10,03	29921	60160	30239	2984	101
	2	10,70	30864	64200	33336	2884	108
	3	10,93	31246	65560	34314	2860	110
	4	9,71	26960	58240	31280	2777	116
	5	9,99	27342	59940	32598	2737	119

Примітка: *1- $N_{120}P_{60}K_{60}$ (st); 2- $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 4 л/га; 3- $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 6 л/га; 4- $N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 4 л/га; 5- $N_{80}P_{40}K_{40}$ + Граундфікс 6 л/га.

На варіантах з густотою рослин 70 тис/га зафіксована аналогічна тенденція розподілу виробничих витрат. Максимальні виробничі витрати 30349 грн/га (Р8834) і 31246 грн/га (Р9074) формувались на варіанті досліду із повною нормою мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ та внесенням у передпосівну культивуацію біологічного добрива Граундфікс у нормі 6 л/га.

На основі проведених розрахунків встановлено, що на контрольних варіантах досліду з удобренням $N_{120}P_{60}K_{60}$ вартість вирощеної продукції, у середньому за роки досліджень, становила у гібрида Р8834 58480 грн/га за густоти 65 тис/га та 61660 грн/га на варіанті з густотою 70 тис/га. Внесення біологічного добрива у нормах 4 л/га і 6 л/га сприяло зростанню вартості вирощеної продукції до 62020 грн/га і 63400 грн/га на варіантах за густоти 65 тис/га, та до 65560 грн/га і 66920 грн/га на варіантах з посівом 70 тис/га, що було максимальним показником у досліді. Зниження норми мінеральних добрив до $N_{80}P_{40}K_{40}$ сприяло і зниженню вартості вирощеної продукції, так на варіантах з густотою 65 тис/га вона становила 25735 – 26119 грн/га, а на варіантах з посівом 70 тис/га 26063 – 26445 грн/га в залежності від норми Граундфіксу.

На варіантах з гібридом Р9074 зафіксована така ж закономірність формування вартості вирощеної продукції. Так, максимальне значення даного показника 65560 грн/га зафіксоване на варіанті досліду з густотою 70 тис/га та внесенням біодобрива Граундфікс на фоні мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$, що на 7840 грн/га більше контролю.

Нашими дослідженнями встановлено, що водночас із підвищенням виробничих витрат та вартості вирощеної продукції зменшувалась собівартість 1 тони зерна кукурудзи. Проте, найнижчу собівартість 1 тони зерна кукурудзи 2591 грн у гібрида Р8834 і 2737 грн у гібрида Р9074 було одержано на фоні мінерального удобрення $N_{80}P_{40}K_{40}$ та внесенні у передпосівну культивуацію ґрунтового біологічного добрива Граундфікс у нормі 6 л/га.

Встановлено, що на варіантах де досліджували гібрид Р8834 використання Граундфіксу у нормі 4 л/га на фоні $N_{120}P_{60}K_{60}$ забезпечило

рівень рентабельності 109 % за густоти 65 тис/га і 119 % за густоти 70 тис/га, а за внесення Граундфікса 6 л/га, відповідно 111 % і 121 %, що на 7 – 9 % більше варіантів з внесенням лише мінеральних добрив. На аналогічних варіантах з гібридом Р9074 дані показники становили відповідно 99 - 117,4 % і 101 – 110 %, що перевищувало контроль на 9 %.

Важливим аспектом який необхідно зазначити є те, що зменшення норми мінеральних добрив до $N_{80}P_{40}K_{40}$ і внесення Граундфіксу (4 і 6 л/га) забезпечило формування вищого рівня рентабельності виробництва ніж варіанти з повним мінеральним удобренням $N_{120}P_{60}K_{60}$. Так, на варіантах де досліджували гібрид Р8834 з економічної точки зору найпродуктивнішими були варіанти висіяні з густотою 70 тис/га, з удобренням $N_{80}P_{40}K_{40}$ та внесенням Граундфіксу 4 і 6 л/га, при цьому рівень рентабельності становив 129 % і 132 %. А на варіантах із гібридом Р9074 на фоні $N_{80}P_{40}K_{40}$ і внесення Граундфіксу 4 л/га і 6 л/га рівень рентабельності становив відповідно 116 і 119 %.

Отже, проведений детальний економічний аналіз отриманих результатів польових досліджень підтвердив раніше сформульовані нами висновки щодо визначення оптимальної густоти посіву та позитивного впливу біологізації системи удобрення кукурудзи. Так, найбільш ефективною з економічної точки зору є модель технології вирощування кукурудзи, яка передбачає посів з густотою 70 тис/га, внесення мінеральних добрив у дозі $N_{80}P_{40}K_{40}$, та внесення у передпосівну культивуацію ґрунтового біодобрива Граунфікс 6 л/га, що забезпечує максимальний рівень рентабельності 132 % у гібрида Р8834 і 119 % у гібрида Р9074.

6.2. Енергетична ефективність досліджуваних моделей технології вирощування кукурудзи

Будь-яка технологія вирощування сільськогосподарських культур, у тому числі і кукурудзи, потребує різних витрат енергії. Для того, щоб

об'єктивно оцінити ефективність використання у технологічному процесі окремих агроприємів з енергетичної точки зору, необхідно провести кількісну оцінку їх енергетичної ефективності.

Основним критерієм ефективності вирощування сільськогосподарських культур, в тому числі і кукурудзи, з енергетичної точки зору є відношення акумульованої в отриманому урожаї у процесі фотосинтезу енергії до суми загальних енергетичних витрат у технологічному циклі. Частка від ділення одержаної з урожаєм валової енергії на сумарну витрачену енергію показує коефіцієнт енергетичної ефективності ($K_{ет}$) [166, 167]. Загальний вміст енергії в урожаї агроценозу коливається відповідно з його величиною, яка в свою чергу безпосередньо залежить від рівня агротехніки. Оптимізація продукційного процесу гібридів кукурудзи за рахунок підбору оптимальної густоти посіву та системи живлення сприяє збільшенню виходу сухої речовини і, відповідно, збільшується накопичення в ній енергії.

Метод енергетичної оцінки ефективності вирощування сільськогосподарської культури зводиться до порівняння сукупних витрат енергії на виробництво продукції та кількості енергії, одержуваної з урожаєм.

Узагальнюючим показником є енергетичний коефіцієнт (ККД посіву), який враховується як відношення валової енергії, отриманої з урожаєм, до сумарних енергетичних витрат. Технологія вирощування вважається ефективною коли даний коефіцієнт більше одиниці [168, 169, 170].

Отже, проведення енергетичної оцінки досліджуваних моделей вирощування гібридів кукурудзи дає можливість рекомендувати виробництву найбільш енергоощадну технологію, що є досить актуальним в умовах сучасного ведення аграрного виробництва.

На основі проведеного детального аналізу розрахованих показників енергетичної ефективності вирощування гібридів кукурудзи встановлено, що в середньому за три роки досліджень затрати сукупної енергії на контрольному варіанті дослідів $N_{120}P_{60}K_{60}$ у гібрида P8834 становили – 50,34 ГДж/га за густоти 65 тис/га та 50,73 ГДж/га при 70 тис/га, за цих

умов вихід валової енергії з урожаєм становив відповідно 142,50 ГДж/га і 150,24 ГДж/га, чистий енергетичний прибуток – 92,16 ГДж/га і 99,51 ГДж/га а енергетичний коефіцієнт технології – 2,83 і 2,96 (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Енергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та рівня удобрення, (у середньому за 2021 - 2023 рр.)

Густота рослин, тис/га	Удобрення	Затрати сукупної енергії, ГДж/га	Вихід валової енергії, ГДж/га	Чистий енергетичний прибуток, ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт
<i>P8834 (ФАО 280)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	50,34	142,50	92,16	2,83
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	51,69	151,12	99,43	2,92
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	51,72	154,48	102,77	2,99
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	48,24	137,38	89,14	2,85
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	48,27	141,57	93,30	2,93
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	50,73	150,24	99,51	2,96
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	52,09	159,75	107,66	3,07
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	52,11	163,06	110,96	3,13
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	48,65	145,37	96,73	2,99
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	48,66	149,22	100,56	3,07
<i>P9074 (ФАО 330)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	50,30	138,21	87,91	2,75
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	51,66	147,66	96,01	2,86
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	51,68	150,98	99,30	2,92
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	48,20	132,36	84,16	2,75
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	48,22	137,09	88,86	2,84
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	50,70	146,59	95,89	2,89
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	52,06	156,43	104,38	3,01
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	52,07	159,75	107,67	3,07
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	48,61	141,91	93,30	2,92
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	48,63	146,05	97,43	3,00

На варіантах, де вирощували гібрид Р9074 посіви кукурудзи, залежно від густоти рослин (65 тис/га і 70 тис/га), акумулювали 138,21 ГДж/га і 146,59 ГДж/га, відповідно, сукупні витрати енергії на

виросування при цьому становили 50,30 ГДж/га і 50,70 МДж/га, чистий енергетичний прибуток 87,91 МДж/га і 95,89 ГДж/га, а енергетичний коефіцієнт склав 2,75 і 2,89.

На варіантах досліду, де вносили у передпосівну культивуацію біологічне добриво Граундфікс у нормі 4 л/га поряд із зростання врожайності зерна кукурудзи, підвищувався і вихід енергії з одиниці площі. Так, за даних умов вирощування посіви кукурудзи акумулювали на варіантах з гібридом Р8834 висіяним з густотою 65 тис/га – 151,12 ГДж/га, а за густоти 70 тис/га – 159,75 ГДж/га, а у варіантах з гібридом Р9074, відповідно, 147,66 МДж/га і 156,43 ГДж/га. Сукупні витрати енергії у даних моделях технології вирощування становили, відповідно, 51,69 – 52,06 ГДж/га і 51,66 – 52,06 ГДж/га, чистий енергетичний прибуток 99,43 – 107,66 ГДж/га і 96,01 – 104,38 ГДж/га, а енергетичний коефіцієнт посіву склав 2,92 – 3,07 і 2,86 – 3,01.

Дещо більшу ефективність мало внесення Граундфіксу у нормі 6 л/га, при цьому підвищення сукупних витрат енергії було не суттєвим, до 51,72 – 52,11 ГДж/га на варіантах з гібридом Р8834 та до 51,68 – 52,07 ГДж/га з гібридом Р9074, залежно від густоти рослин, за цих умов суттєво підвищився вихід валової енергії з урожаєм і становив, відповідно, 154,48 – 163,06 ГДж/га та 150,98 – 159,75 ГДж/га, чистий енергетичний прибуток знаходився на рівні 102,77 – 110,96 ГДж/га та 99,30 – 107,67 ГДж/га, а енергетичний коефіцієнт – 2,99 – 3,13 та 2,92 – 3,07.

На варіантах з гібридом Р8834 та зниженням норми мінерального удобрення до $N_{80}P_{40}K_{40}$ і внесенням у передпосівну культивуацію ґрунтового біодобрива Граундфікс у нормах 4 і 5 л/га затрати сукупної енергії становили, відповідно, 48,24 ГДж/га і 48,27 ГДж/га при густоті 65 тис/га і 48,65 ГДж/га і 48,66 ГДж/га при 70 тис/га, за цих умов чистий енергетичний прибуток становив 89,14 – 93,30 ГДж/га і 96,73 – 100,56 ГДж/га а енергетичний коефіцієнт, відповідно, 2,85 – 2,93 і 2,99 – 3,07.

На аналогічних варіантах з гібридом Р9074 показники енергетичної ефективності були дещо нижчими, і при цьому затрати сукупної енергії, залежно від густоти посіву, становили 48,20 – 48,22 ГДж/га і 48,61 – 48,63 ГДж/га, чистий енергетичний прибуток 84,16 – 88,86 ГДж/га і 93,30 – 97,43 ГДж/га, енергетичний коефіцієнт 2,75 – 2,84 і 2,92 – 3,00, відповідно.

Таким чином, за результатами проведеного аналізу енергетичної ефективності моделей технології вирощування гібридів кукурудзи встановлено, що найбільш ефективною є модель, яка передбачає висів гібрида Р8834 з густотою 70 тис/га, внесення мінеральних добрив у дозі $N_{120}P_{60}K_{60}$ та у передпосівну культивуацію біодобрива Граундфікс (6 л/га), що забезпечує одержання найвищого показника енергетичного коефіцієнту посіву – 3,13, що на 0,30 більше контролю.

Висновки до розділу 6.

1. Встановлено, що найефективнішою з економічної точки зору є модель технології вирощування кукурудзи, яка передбачає внесення мінеральних добрив у дозі $N_{80}P_{40}K_{40}$, використання у передпосівну культивуацію біологічного добрива Граундфікс 6 л/га та посів кукурудзи з густотою 70 тис/га, що забезпечує максимальний рівень рентабельності 132 % у гібрида Р8834 і 119 % у Р9074.

2. Найкращими заходами підвищення енергетичної ефективності вирощування гібридів кукурудзи є біологізація системи живлення за рахунок використання біодобрива (Граундфікс) сумісно із мінеральними добривами. За цих умов при вирощуванні гібрида Р8834 коефіцієнт енергетичної ефективності знаходився у межах 3,13, а при вирощуванні гібриду Р9074 – 3,07.

Список використаних джерел до розділу 6.

160. Мацибора В. І. Економіка сільського господарства.: Підручник. К.: Вища школа, 1994. 353 с.
161. Ковальчук О.В. Економічна ефективність виробництва продукції рослинництва. Розвиток економіки, підприємництва, торгівлі та біржової діяльності в умовах глобалізації. 2018. № 15. С.58-63
162. Пархомець М. К., Уніят Л.М. Інноваційні методи управління виробництва зерна кукурудзи у сільськогосподарських підприємствах. *Економічний аналіз*. 2018. Т. 28. № 3. С. 176-183.
163. Кабак К. М. Шляхи підвищення економічної ефективності виробництва сільськогосподарських культур на підприємстві. *Перспективні напрямки розвитку економіки, обліку, управління та права: теорія і практика*. 2018. № 2. С. 56-65.
164. Непочатенко О. О. Фінанси підприємств: підручник. Умань: Сочінський, 2012. 501 с.
165. 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. Херсон, 2019. С. 63–69.
166. Крестьянінов Є. В., Єрмакова Л. М., Антал Т. В. Економічна та енергетична ефективність вирощування кукурудзи залежно від мінеральних добрив та позакореневого підживлення посівів. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. №5 (87). doi: 10.31548/dopovidi2020.05.006
167. Тараріко Ю. О., Несмашная О. Є., Глущенко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур : метод. рек. К. : Нора-прінт, 2001. 60 с.
168. Тараріко Ю.О., Городній М.М., Сердюк А.Г. Біоенергетична оцінка систем удобрення і агротехнологій. Друкарська дільниця УВК НАУ, 2006. 34 с.

169. Тараріко Ю.О. Системи біоенергетичного аграрного виробництва. Київ : ДІА, 2009. 16 с.

170. Вожегова Р. А та ін. Енергетична ефективність технології вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях Півдня України. Техніко- технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2021. Вип. 28 (42). С. 272-281

172. Енергетична оцінка агроecosystem: навч. посіб. Житомир: Волинь, 2004. 132 с.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано та наведено нове вирішення наукової задачі, що виявляється у встановленні особливостей росту, розвитку, формування індивідуальної продуктивності, урожайності та якості зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від біологізації системи живлення та різної густоти рослин в умовах Лісостепу Правобережного.

1. Встановлено, що використання біологічного добрива Граундфікс у нормі 6 л/га на фоні $N_{120}P_{60}K_{60}$, та посів з густотою 70 тис/га забезпечило формування найвищої висоти рослин кукурудзи – 226,3 см у гібрида Р9074 і 222,2 см у гібрида Р8834, що на 19,7 – 22,6 см більше рослин на контрольному варіанті. Відмічено, що на аналогічних варіантах досліду за норми мінеральних добрив $N_{80}P_{40}K_{40}$ висота рослин була нижчою – на 15,5-16,6 см.

2. Виявлено, що найбільш сприятливі умови для формування максимальної фотосинтетичної продуктивності посівів кукурудзи зафіксовані на варіантах з використанням у передпосівну культивуацію ґрунтового біодобрива Граундфікс у нормі 6 л/га, на фоні повного мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$. За цих умов, у фазу цвітіння, за густоти рослин 65 тис/га площа листкової поверхні становила у гібрида Р8834 - 42,4 тис. m^2 /га, а у гібрида Р9074 - 41,1 тис. m^2 /га. Підвищення густоти посіву до 70 тис./га сприяло зростанню площі листків у середньому на 4,6-6,6 % до 43,0 і 45,2 тис. m^2 /га.

3. За результатами проведених досліджень встановлено, що біологізація системи живлення кукурудзи за рахунок внесення у передпосівну культивуацію біологічного добрива Граундфікс у нормі 6 л/га на фоні мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$, за густоти посіву 70 тис/га, забезпечила найвищий у досліді фотосинтетичний потенціал посіву 3,542 млн $m^2 \times$ діб/га у гібрида Р8834 і 3,385 млн $m^2 \times$ діб/га у гібрида Р9074, рівень

нагромадження органічної речовини, відповідно, 24,12 т/га і 23,53 т/га та чисту продуктивність фотосинтезу 9,36 г/м² за добу і 9,10 г/м² за добу.

4. Біометричні дослідження засвідчили що максимальні у досліді показники індивідуальної продуктивності рослин формувались на варіантах з внесенням біодобрива Граундфікс у нормі 6 л/га на фоні N₁₂₀P₆₀K₆₀. Так, на даних варіантах, за густоти посіву 65 тис/га, формувалась найвища кількість зерен у ряді - 32,8 шт у гібрида Р8834 (ФАО 280) і 33,1 шт. у гібрида Р9074 (ФАО 330), маса зерна з качана, відповідно, 181,8 г і 171,9 г та маса 1000 зерен 326,7 г і 307,3 г.

5. Встановлено, що у середньому по досліді, врожайність зерна була максимальною у 2021 році і становила у гібрида Р8834 – 13,20 т/га, у гібрида Р9074 – 12,29 т/га, а мінімальною у 2022 році, відповідно 6,49 і 6,87 т/га. Максимальна урожайність зерна – 11,15 т/га у розрізі варіантів досліді відмічена у варіанті з гібридом Р8834 висіяним з густотою 70 тис/га з удобренням N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Граундфікс 6 л/га.

6. За результатами наших досліджень встановлено, що оптимізація системи удобрення за рахунок сумісного використання мінеральних добрив та добрив біологічного походження призводила до зменшення вмісту крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи та підвищувала вміст сирого протеїну.

7. Встановлено позитивний вплив на вихід біоетанолу, з одиниці площі, застосування у технологічному циклі вирощування гібридів кукурудзи ґрунтового біодобрива Граундфікс. Максимальна кількість біоетанолу з одиниці площі – 4,367 тис. л/га у розрізі варіантів досліді відмічена у варіанті з гібридом Р8834 висіяним з густотою 70 тис/га з удобренням N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Граундфікс 6 л/га. На варіантах з гібридом Р9074 дана система живлення також була найбільш продуктивною і вихід біоетанолу при цьому становив – 4,226 тис. л/га.

8. Економічна оцінка моделей технологій вирощування гібридів кукурудзи засвідчує високу ефективність організованих факторів.

Встановлено, що найефективнішою з економічної точки зору є модель технології вирощування кукурудзи, яка передбачає внесення мінеральних добрив у дозі $N_{80}P_{40}K_{40}$, використання у передпосівну культивуацію біологічного добрива Граундфікс 6 л/га та посів кукурудзи з густотою 70 тис/га, що забезпечує максимальний рівень рентабельності 132 % у гібрида Р8834 і 119 % у Р9074.

9. Найкращими заходами підвищення енергетичної ефективності вирощування гібридів кукурудзи є біологізація системи живлення за рахунок використання біодобрива Граундфікс сумісно із мінеральними добривами. За цих умов при вирощуванні гібрида Р8834 коефіцієнт енергетичної ефективності знаходився у межах 3,13, а при вирощування гібриду Р9074 – 3,07.

РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ

За результатами трирічних польових досліджень, їх статистичного, економічного та енергетичного аналізу агроформуванням Лісостепу правобережного для підвищення урожайності та якості зерна кукурудзи рекомендується:

- висівати гібриди Р8834 (ФАО 280) і Р9074 (ФАО 330) з густотою рослин 70 тис./га;
- для одержання максимальної врожайності зерна 10,9 – 11,2 т/га вносити мінеральні добрива у нормі $N_{120}P_{60}K_{60}$ та у передпосівну культивуацію ґрунтове біодобриво Граундфікс у нормі 6 л/га.
- для забезпечення сприятливих умов для росту і розвитку рослин та отримання високих показників економічної ефективності з рівнем рентабельності 119 % - 132 % застосовувати поєднання мінеральних добрив у нормі $N_{80}P_{40}K_{40}$ із внесенням у передпосівну культивуацію біологічного добрива Граундфікс у нормі 6 л/га.

ДОДАТКИ

Додаток А

Характеристика гідротермічних умов за період вегетації кукурудзи (2021 – 2023 рр.), (за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології)

Роки	Місяці							Сума	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	за вегетацію (IV-X)	
<i>Середньодобова температура повітря, °C</i>									
2021	7,6	14,1	20,2	23,3	20,1	13,4	8,0	15,2	
2022	9,7	15,9	21,5	22,3	22,8	14,4	10,3	16,7	
2023	8,5	15,3	19,3	21,3	22,7	17,8	11,4	16,6	
<i>Середня багаторічна норма</i>	8,8	14,5	17,4	18,9	17,6	13,6	8,4	14,2	
± до норми	2021	-1,2	-0,4	2,8	4,4	2,5	-0,2	-0,4	1,1
	2022	0,9	1,4	4,1	3,4	5,2	0,8	1,9	2,5
	2023	-0,3	0,8	1,9	2,4	5,1	4,2	3,0	2,4
<i>Кількість опадів, мм</i>									
2021	34,3	102,4	83,3	35,3	52,8	21,9	1,5	331,5	
2022	23,3	27,3	35,3	1,4	12,3	76,4	14,9	190,9	
2023	92,0	3,3	75,0	64,4	32,7	33,1	34,0	333,3	
<i>Середня багаторічна норма</i>	49,0	63,0	87,0	92,0	68,0	46,0	34,0	439	
± до норми	2021	-14,7	39,4	-3,7	-56,7	-15,2	-24,1	-32,5	-107,5
	2022	-25,7	-35,7	-51,7	-90,6	-55,7	30,4	-19,1	-248,1
	2023	43	-59,7	-12	-28	-36	-13	0	-105,7

Додаток Б.1

Динаміка площі листкової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від рівня удобрення та густоти росин, 2021 р., тис. м²/га.

Густина рослин	Удобрення	Фази росту і розвитку			
		12 листків	ЦВІТІННЯ	МОЛОЧНА СТИГЛІСТЬ	ВОСКОВА СТИГЛІСТЬ
<i>P8834 (ФАО 280)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	29,4	46,8	43,7	39,1
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	31,4	50,9	48,1	44,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	32,8	51,5	49,5	44,9
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	28,3	45,5	42,4	38,1
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	29,5	46,3	42,7	39,0
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	32,9	49,5	48,6	43,5
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	34,1	54,5	51,2	47,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	34,8	55,2	51,8	47,9
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	31,9	46,8	45,8	41,1
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	32,0	47,3	46,2	41,2
<i>P9074 (ФАО 330)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	26,5	43,3	41,9	37,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	29,7	46,9	43,2	40,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	30,2	47,6	44,5	41,2
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	25,7	41,5	40,7	36,5
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	25,9	41,9	41,5	36,8
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	29,7	45,7	43,3	40,9
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	31,8	49,8	46,7	42,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	32,1	50,2	47,4	43,1
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	27,8	44,2	42,5	38,9
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	28,2	44,9	43,5	39,4

Додаток Б.2

Динаміка площі листкової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від рівня удобрення та густоти росин, 2022 р., тис. м²/га.

Густина рослин	Удобрення	Фази росту і розвитку			
		12 листків	ЦВІТІННЯ	МОЛОЧНА СТИГЛІСТЬ	ВОСКОВА СТИГЛІСТЬ
<i>P8834 (ФАО 280)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	18,7	28,9	27,1	25,9
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	19,8	30,4	29,2	27,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	20,5	31,1	30,4	28,1
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	18,1	27,0	26,5	24,6
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	18,8	28,6	27,3	25,5
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	20,9	30,1	30,4	28,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	21,8	32,8	31,7	29,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	23,4	33,0	32,1	30,4
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	19,3	29,0	27,8	26,3
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	19,6	29,3	28,4	27,1
<i>P9074 (ФАО 330)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	20,5	30,1	28,6	27,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	21,9	31,8	30,9	29,1
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	22,6	32,6	31,8	30,9
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	18,2	28,6	27,4	25,3
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	19,4	29,2	28,1	25,9
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	21,9	31,3	31,7	30,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	22,8	33,5	32,5	32,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	23,3	33,7	33,2	32,7
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	20,5	30,1	28,3	27,2
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	20,9	30,8	29,5	28,4

Додаток Б.3

Динаміка площі листкової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від рівня удобрення та густоти росин, 2023 р., тис. м²/га.

Густога рослин	Удобрення	Фази росту і розвитку			
		12 листків	цвітіння	молочна стиглість	воскова стиглість
<i>P8834 (ФАО 280)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	24,3	40,2	38,7	32,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	27,6	43,8	42,3	34,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	28,2	44,6	43,8	36,1
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	23,5	38,9	33,1	28,6
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	24,4	39,6	34,6	29,7
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	26,3	42,8	41,1	37,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	29,1	46,8	44,8	38,1
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	31,5	47,6	45,3	39,6
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	24,2	40,4	35,9	31,8
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	24,6	41,2	36,2	32,4
<i>P9074 (ФАО 330)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	23,7	39,1	37,5	31,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	26,4	42,2	38,7	33,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	27,3	43,0	41,2	35,3
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	22,4	37,8	32,0	27,4
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	23,1	38,1	33,3	28,1
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	25,4	41,1	40,5	35,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	27,9	44,4	42,7	36,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	29,7	45,1	44,4	38,7
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	22,2	39,2	32,7	29,6
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	23,3	40,3	34,8	30,9

Додаток В.1

Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи, за фазами росту, залежно від рівня удобрення, 2021 р., млн м²×діб/га.

Густина рослин	Удобрення	Фази росту і розвитку			
		12 листків	цвітіння	молочна стиглість	воскова стиглість
<i>P8834 (ФАО 280)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,676	0,800	1,584	0,621
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,722	0,864	1,732	0,696
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,754	0,885	1,768	0,708
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,651	0,775	1,538	0,604
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,679	0,796	1,557	0,613
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,757	0,865	1,717	0,691
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,784	0,930	1,849	0,739
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,800	0,945	1,873	0,748
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,734	0,826	1,620	0,652
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,736	0,833	1,636	0,656
<i>P9074 (ФАО 330)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,610	0,733	1,491	0,597
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,683	0,804	1,576	0,630
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,695	0,817	1,612	0,643
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,591	0,705	1,438	0,579
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,596	0,712	1,460	0,587
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,683	0,792	1,557	0,632
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,731	0,857	1,689	0,668
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,738	0,864	1,708	0,679
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,639	0,756	1,517	0,611
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,649	0,768	1,547	0,622

Додаток В.2

Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи, за фазами росту, залежно від рівня удобрення, 2022 р., млн м²×діб/га.

Густина рослин	Удобрення	Фази росту і розвитку			
		12 листків	цвітіння	молочна стиглість	воскова стиглість
<i>P8834 (ФАО 280)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,196	0,500	0,980	0,398
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,208	0,527	1,043	0,425
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,215	0,542	1,076	0,439
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,190	0,474	0,936	0,383
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,197	0,498	0,978	0,396
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,219	0,536	1,059	0,440
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,229	0,574	1,129	0,461
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,246	0,592	1,138	0,469
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,203	0,507	0,993	0,406
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,206	0,513	1,009	0,416
<i>P9074 (ФАО 330)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,215	0,531	1,026	0,419
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,230	0,563	1,097	0,450
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,237	0,579	1,126	0,470
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,191	0,492	0,981	0,395
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,204	0,510	1,003	0,405
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,230	0,559	1,103	0,469
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,239	0,591	1,154	0,484
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,245	0,598	1,170	0,494
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,215	0,532	1,023	0,416
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,219	0,542	1,055	0,434

Додаток В.3

**Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи,
за фазами росту, залежно від рівня удобрення, 2023 р., млн м²×діб/га.**

Густина рослин	Удобрення	Фази росту і розвитку			
		12 листіків	цвітіння	молочна стиглість	воскова стиглість
<i>P8834 (ФАО 280)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,559	0,677	1,380	0,533
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,635	0,750	1,507	0,575
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,649	0,765	1,548	0,599
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,541	0,655	1,260	0,463
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,561	0,672	1,299	0,482
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,605	0,725	1,467	0,587
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,669	0,797	1,603	0,622
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,725	0,830	1,625	0,637
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,557	0,678	1,335	0,508
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,566	0,690	1,354	0,515
<i>P9074 (ФАО 330)</i>					
65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,545	0,659	1,340	0,514
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,607	0,720	1,415	0,543
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,628	0,738	1,474	0,574
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,515	0,632	1,221	0,446
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,531	0,642	1,249	0,461
70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	0,584	0,698	1,427	0,568
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	0,642	0,759	1,524	0,593
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	0,683	0,785	1,566	0,623
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	0,511	0,645	1,258	0,467
	N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	0,536	0,668	1,315	0,493

Додаток Г.1

**Дисперсійний аналіз урожайності зерна гібридів кукурудзи залежно від
густоти рослин та рівня удобрення, 2021 рік**

Фактор А Гібрид	Фактор В Густина рослин, тис /га	Удобрення	Повторення				Сума V	Середнє
			I	II	III	IV		
P8834 (ФАО 280)	65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	12,44	12,92	12,60	12,73	50,69	12,67
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	13,12	13,44	13,21	13,67	53,44	13,36
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	13,67	13,82	13,50	13,61	54,60	13,65
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	12,25	12,38	12,15	12,29	49,07	12,27
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	12,59	12,71	12,49	12,53	50,32	12,58
		Сума B1	64,07	65,27	63,95	64,83	258,12	12,91
	70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	13,18	13,39	13,12	13,24	52,93	13,23
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	13,89	14,13	14,05	14,11	56,18	14,05
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	14,33	14,19	14,27	14,35	57,14	14,29
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	12,69	12,86	12,73	12,86	51,14	12,79
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	13,16	13,03	13,24	13,18	52,61	13,15
		Сума B2	67,25	67,60	67,41	67,74	270,00	13,50
P9074 (ФАО 330)	65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	11,49	11,81	11,55	11,69	46,54	11,64
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	12,50	12,41	12,59	12,38	49,88	12,47
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	12,73	12,65	12,58	12,79	50,75	12,69
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	10,94	11,19	11,26	11,20	44,59	11,15
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	11,40	11,64	11,52	11,32	45,88	11,47
		Сума B1	63,57	63,48	63,60	63,14	253,79	12,69
	70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	12,49	12,24	12,30	12,39	49,42	12,36
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	13,12	13,44	13,22	13,18	52,96	13,24
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	13,35	13,51	13,62	13,45	53,93	13,48
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	12,22	12,01	12,09	11,92	48,24	12,06
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	12,39	12,28	12,37	12,20	49,24	12,31
		Сума B2	63,57	63,48	63,60	63,14	253,79	12,69

Результати дисперсійного аналізу

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
				факт.	теор.	
Загальне (CY)	53,04	79	–	–	–	–
Повторень (CP)	0,12	3	–	–	–	–
Фактор А	16,83	1	16,827	1105,86	4,01	–
Фактор В	9,82	1	9,821	645,43	4,01	–
Фактор С	25,05	4	6,263	411,62	2,53	–
Взаємодії АВ	0,23	1	0,228	14,98	4,01	–
Взаємодії АС	0,04	4	0,011	0,74	2,53	–
Взаємодії ВС	0,02	4	0,005	0,32	2,53	–
Взаємодії АВС	0,06	4	0,015	0,95	2,53	–
Залишкове (CZ)	0,87	57	0,015	–	–	2,002

Додаток Г.2

Дисперсійний аналіз урожайності зерна гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та рівня удобрення, 2022 рік

Фактор А Гібрид	Фактор В Густота рослин, тис /га	Удобрення	Повторення				Сума V	Середнє
			I	II	III	IV		
P8834 (ФАО 280)	65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	5,88	6,34	6,15	6,00	24,37	6,09
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	6,82	6,50	6,21	6,64	26,17	6,54
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	6,74	6,55	6,41	7,09	26,79	6,70
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	5,99	5,64	5,80	5,86	23,29	5,82
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	6,52	5,50	6,36	6,02	24,40	6,10
		Сума B1	31,95	30,53	30,93	31,61	125,02	6,25
	70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	6,89	6,28	6,42	6,71	26,30	6,58
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	7,02	7,23	6,85	7,13	28,23	7,06
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	7,46	7,20	6,89	7,16	28,71	7,18
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	5,99	6,52	6,79	6,49	25,79	6,45
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	6,21	6,98	6,48	6,52	26,19	6,55
		Сума B2	33,57	34,21	33,43	34,01	135,22	6,76
P9074 (ФАО 330)	65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	6,60	6,18	6,88	6,52	26,18	6,55
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	7,22	6,67	6,97	6,90	27,76	6,94
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	7,49	7,07	7,34	6,95	28,85	7,21
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	5,65	6,70	6,05	6,42	24,82	6,21
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	6,89	6,43	6,51	6,11	25,94	6,49
		Сума B1	33,85	33,05	33,75	32,90	133,55	6,68
	70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	6,35	6,98	7,53	6,90	27,76	6,94
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	7,19	7,77	7,06	7,50	29,52	7,38
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	7,53	7,48	7,92	7,15	30,08	7,52
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	6,33	6,74	6,99	6,65	26,71	6,68
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	7,26	6,56	6,94	6,84	27,60	6,90
		Сума B2	34,66	35,53	36,44	35,04	141,67	7,08

Результати дисперсійного аналізу

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
				факт.	теор.	
Загальне (CY)	21,06	79	—	—	—	—
Повторень (CP)	0,04	3	—	—	—	—
Фактор А	2,81	1	2,805	28,49	4,01	—
Фактор В	4,20	1	4,195	42,62	4,01	—
Фактор С	8,24	4	2,060	20,93	2,53	—
Взаємодії АВ	0,05	1	0,054	0,55	4,01	—
Взаємодії АС	0,04	4	0,009	0,09	2,53	—
Взаємодії ВС	0,06	4	0,014	0,14	2,53	—
Взаємодії АВС	0,01	4	0,003	0,03	2,53	—
Залишкове (CZ)	5,61	57	0,098	—	—	2,002

Додаток Г.3

**Дисперсійний аналіз урожайності зерна гібридів кукурудзи залежно від
густоти рослин та рівня удобрення, 2023 рік**

Фактор А Гібрид	Фактор В Густина рослин, тис./га	Удобрення	Повторення				Сума V	Середнє
			I	II	III	IV		
P8834 (ФАО 280)	65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	10,94	9,92	10,64	10,43	41,93	10,48
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	11,12	11,44	11,21	10,67	44,44	11,11
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	11,37	11,78	11,40	11,18	45,73	11,43
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	10,15	10,39	9,75	10,09	40,38	10,10
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	10,39	10,61	10,19	10,30	41,49	10,37
		Сума B1	53,97	54,14	53,19	52,67	213,97	10,70
	70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	11,18	10,90	10,94	11,04	44,06	11,02
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	11,82	11,63	11,55	11,71	46,71	11,68
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	11,93	12,09	11,87	12,15	48,04	12,01
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	10,49	10,66	10,63	10,74	42,52	10,63
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	10,75	10,91	11,14	10,88	43,68	10,92
		Сума B2	56,17	56,19	56,13	56,52	225,01	11,25
P9074 (ФАО 330)	65	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	9,89	10,10	10,28	10,39	40,66	10,17
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	10,87	10,56	11,03	11,11	43,57	10,89
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	10,94	11,14	11,26	11,20	44,54	11,14
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	8,98	10,29	9,76	10,27	39,30	9,83
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	9,86	10,34	10,15	10,32	40,67	10,17
		Сума B1	50,54	52,43	52,48	53,29	208,74	10,44
	70	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ (st)	10,89	10,74	10,70	10,79	43,12	10,78
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 4 л/га	11,26	11,74	11,52	11,38	45,90	11,48
		N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Граундфікс 6 л/га	11,65	11,81	11,92	11,75	47,13	11,78
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 4 л/га	10,42	10,01	10,39	10,70	41,52	10,38
		N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ + Граундфікс 6 л/га	10,82	10,95	10,75	10,50	43,02	10,76
		Сума B2	55,04	55,25	55,28	55,12	220,69	11,03

Результати дисперсійного аналізу

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
				факт.	теор.	
Загальне (CY)	31,86	79	–	–	–	–
Повторень (CP)	0,15	3	–	–	–	–
Фактор А	1,14	1	1,140	17,78	4,01	–
Фактор В	6,61	1	6,607	103,05	4,01	–
Фактор С	20,26	4	5,065	79,01	2,53	–
Взаємодії АВ	0,01	1	0,010	0,16	4,01	–
Взаємодії АС	0,02	4	0,006	0,10	2,53	–
Взаємодії ВС	0,01	4	0,002	0,04	2,53	–
Взаємодії АВС	0,00	4	0,001	0,01	2,53	–
Залишкове (CZ)	3,65	57	0,064	–	–	2,002

Додаток Д.1

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за спеціальністю 201 Агрономія

Телеватука Богдана Івановича

№ п\п	Назва праці	Назва видання та його вихідні відомості, що дозволяють ідентифікувати та відрізнити це видання від інших	Кількість друкованих сторінок (др. арк.)	Співавтори
1	2	3	4	5
Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus).				
1.	Вплив норми висіву насіння та оптимізації системи удобрення на формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного.	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2022. №2 (25). DOI: 10.37128/2707-5826-2022-2-2 URL: http://forestry.vsau.org/en/p/articles/influence-of-seed-sowing-rates-and-fertilization-system-optimization-on-formation-of-maize-hybrid-productivity-in-forest-steppe-conditions	<u>С. 14-23</u> 0,6 (0,5)	Дідур І.М.
2.	Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від біологізації системи удобрення в умовах Лісостепу Правобережного.	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2023. № 3 (30). DOI: 10.37128/2707-5826-2023-3-1 URL: http://forestry.vsau.org/en/p/articles/the-formation-of-the-productivity-of-maize-hybrids-depends-on-the-biology-of-the-fertilizer-system-in-the-conditions-of-the-forest-steppe-of-the-right-bank	<u>С. 5-14</u> 0,66 (0,4)	Дідур І.М., Циганський В.І.
3.	Формування фотосинтетичної продуктивності посівів кукурудзи за біологізованої системи живлення.	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2024. № 4 (35). DOI: 10.37128/2707-5826-2024-4-13 URL: http://forestry.vsau.org/en/p/articles/formation-of-photosynthetic-productivity-of-corn-crop-under-a-biologized-nutrition-system	<u>С. 154-162</u> 0,62	-

1	2	3	4	5
4.	Вплив біологізації системи живлення та густоти рослин на формування продуктивності рослин кукурудзи.	<i>Аграрні інновації</i> . 2024. № 28 DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.17 URL: http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/715	<u>С. 111-116</u> 0,58	-
Інші видання (тези доповідей)				
5.	Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від поєднання мінеральних та біологічних добрив	<i>Актуальні проблеми сучасної науки: теоретичні та практичні дослідження молодих учених: збірник тез II Всеукраїнської науково-практичної конференції, 14-15 травня 2024 р. Полтава. 2024.</i> URL: https://drive.google.com/file/d/1kv1nD10PZ9LfiIT8Da6-X8miT_dBJX6m/view	<u>С. 70-71</u> 0,1	-

Всього за темою дисертаційної роботи «Формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норм висіву та застосування біодобрив в умовах Лісостепу правобережного» опубліковано 5 наукових праць загальним обсягом 2,47 умовн. друк. арк. (власний доробок автора 2,2 умовн. друк. арк.), у тому числі 2,1 умовн. друк. арк. у наукових фахових виданнях України та 0,1 умовн. друк. арк. у інших виданнях.

Автор



Богдан ТЕЛЕВАТІЮК

Вчений секретар



2025 р.



Тетяна КОРПАНІЮК

Додаток Д.2

**АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ
ДИСЕРТАЦІЇ НА НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ КОНФЕРЕНЦІЯХ**
За спеціальністю 201 Агроніомія
Телеватюк Богдан Іванович

№ з/п	Тема доповіді	Назва конференції, дата та місце проведення
1	2	3
Апробація результатів дисертації на науково-практичних конференціях		
1	Вплив норми висіву насіння та оптимізації системи удобрення на формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного	Всеукраїнська науково-практична конференція «Розвиток аграрної науки в умовах змін клімату та діджиталізації землеробства», 09-10.06.2022 р., м. Вінниця.
2	Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від біологізації системи удобрення в умовах Лісостепу правобережного	Всеукраїнська науково-практична конференція «Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку», 24-25.05.2023 р., м. Вінниця.
3	Динамічні закономірності формування надземної біомаси рослин гібридів кукурудзи різної групи стиглості з позиції системи позакореневого живлення	Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологоорієнтовані технології вирощування сільськогосподарської продукції в умовах ґрунтозбереження та кліматичної нейтральності», 23-24.05.2024 р., м. Вінниця.
4	Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від поєднання мінеральних та біологічних добрив	II Всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні проблеми сучасної науки: теоретичні та практичні дослідження молодих учених», 14-15 травня 2024 р., м. Полтава.

Аспірант



Богдан ТЕЛЕВАТЮК



Вчений секретар



Тетяна КОРПАНЮК

2025 р.

Додаток Е.1**ФГ «УКРАЇНА»****с. Стара Прилука Вінницького р-ну, Вінницької обл.**

Акт

впровадження завершеної науково-технічної розробки
«Формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості
залежно від норм висіву та застосування біодобрив в умовах Лісостепу
правобережного»

ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницького національного аграрного університету

ФГ «Україна», яке розташоване у с. Стара Прилука Вінницького р-ну, Вінницької обл. підтверджує, що науково-технічна розробка «Формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норм висіву та застосування біодобрив в умовах Лісостепу правобережного» впроваджувалась у даному господарстві аспірантом кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії факультету агрономії, садівництва та захисту рослин ННІ агротехнологій та природокористування ВНАУ Богданом Телеватюком впродовж 2024 року на площі 60 га.

Умови проведення впровадження НТР: Лісостеп правобережний, ґрунти – сірі лісові середньосуглинкові, вміст гумусу 2,1-2,2 %.

Зміст впровадженої НТР: Визначити найбільш перспективну модель технології вирощування кукурудзи на основі оптимізації системи живлення та густоти рослин в умовах Лісостепу правобережного.

Результати впровадження: Урожайність зерна кукурудзи становила 10,2 т/га, прибавка врожайності склала 0,72 т/га.

Голова ФГ «УКРАЇНА»



Леонід ПОВХ

Додаток Е.2

АКТ

впровадження завершеної науково-технічної розробки

1. Назва установи: *Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України.*

2. Назва закінченої НТР, поставленої на виробничу перевірку: *«Формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норм висіву та застосування біодобрих в умовах Лісостепу правобережного».*

3. Автори закінченої НТР: *Телеватюк Богдан Іванович - аспірант Вінницького національного аграрного університету.*

4. Виробнича перевірка проводилась в ФГ «ВРОЖАЙНЕ» Жмеринського району.

5. Відповідальний з проведення виробничої перевірки:

- *від Вінницького національного аграрного університету Телеватюк Богдан Іванович*

6. *від ФГ «ВРОЖАЙНЕ» голова Дідик Олександр Анатолійович*

7. Умови проведення перевірки: *Лісостеп правобережний, ґрунти чорноземи, клімат помірно - континентальний.*

8. Обсяг виробничої перевірки 54 га.

9. Строк перевірки – 2024 р.

10. Попередник – *озима пшениця.*

11. Гібрид кукурудзи Р8834.

12. Методика проведення виробничої перевірки:

- фон мінерального живлення $N_{120}P_{60}K_{60}$.

- норма висіву 70 тис./га схожих насінин.

- внесення у передпосівну культивуацію ґрунтового біодобрива Граундфікс (6,0 л/га).

13. Порівняння проводили з базовою технологією вирощування кукурудзи.

14. Результати, які характеризують ефективність наукової розробки в порівнянні з базовою технологією (2024 р.).

Варіанти	Урожайність зерна, т/га	Прибавка урожаю	
		т/га	%
Базова технологія	8,81	-	-
Рекомендована: фон мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ + внесення у передпосівну культивуацію ґрунтового біодобрива Граундфікс (6 л/га), сівба з густотою 70 тис./га	9,47	0,66	7,5

Рівень рентабельності запропонованої технології склав 119 %, а собівартість 1 т. зерна становила 2839 грн./га.

15. Рекомендації виробництву: в умовах регіону на чорноземних ґрунтах висівати гібрид кукурудзи Р8834 (ФАО 280) з густотою рослин 70 тис./га на фоні мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ та внесення у передпосівну культивуацію ґрунтового біодобрива Граунфікс у нормі 6 л/га.

Автор розробки:
аспірант кафедри землеробства,
ґрунтознавства та агрохімії
навчально-наукового
інституту агротехнологій
та природокористування ВНАУ



Богдан ТЕЛЕВАТЮК

Голова ФГ «ВРОЖАЙНЕ»



Олександр ДІДИК

Додаток Е.3

ДОВІДКА

про практичне використання в діяльності ФГ «АГРО-САД» с. Озаринці Могилів-Подільського району Вінницька області результатів завершеної науково-технічної розробки «Формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норм висіву та застосування біодобрив в умовах Лісостепу правобережного»

Кукурудза для нашого господарства є надзвичайно важливою культурою як з позиції забезпечення відповідної системи оптимізації структури посівних площ, так і з позиції рентабельності вирощеного урожаю та формування прибутковості господарства в цілому. Враховуючи суттєві зміни клімату у сторону потепління та загальну ситуацію яка склалася на аграрному ринку в умовах сьогодення проведені дослідження мають актуальність та високий рівень виробничої доцільності та конкурентоздатності.

ФГ «АГРО-САД», с. Озаринці Вінницької області підтверджує, що науково-технічна розробка «Формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норм висіву та застосування біодобрив в умовах Лісостепу правобережного» впроваджувалась у даному господарстві впродовж 2024 року на площі 85 га.

Завдяки застосуванню рекомендацій автора щодо удосконалення технологічних прийомів вирощування гібридів кукурудзи у господарстві на основі біологізації системи живлення (внесення у передпосівну культивуацію ґрунтового біодобрива Граундфікс (6 л/га) на фоні мінерального удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$) та підбору оптимальної густоти рослини (70 тис/га) вдалося підвищити рівень урожайності гібридів кукурудзи у середньому на 9,5 % (середній приріст зерна 0,84 т/га) до рівня отриманого при застосуванні базової технології вирощування.

Головний агроном
ФГ «АГРО-САД»



Віталій ДЕРЕВ'ЯНКО

Додаток Ж.1



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, тел. (0432) 46-00-03,
email: office@vsau.org, rector@vsau.org, код ЄДРПОУ 00497236

13 грудня 2023 р. № 01.1-59-1397
на № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень
дисертаційної роботи **Телеватука Богдана Івановича**
на тему «Формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп
стиглості залежно від норм висіву та застосування біодобрив в умовах
Лісостепу правобережного»

Повідомляємо, що наукові розробки Телеватука Богдана Івановича за вказаною темою дисертації мають практичну цінність, що зумовило їх впровадження у навчально-методичний процес та наукову роботу кафедри рослинництва та садівництва.

Положення дисертаційної роботи використовується при викладанні навчальних дисциплін: «Технологія виробництва та переробки продукції рослинництва», «Рослинництво з оновами кормовиробництва»

Довідка видана Телеватуку Б.І. 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 28 листопада 2023 року протокол № 4.

Ректор



Віктор МАЗУР

№ 01702