

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

Богомаз Сергій Олександрович

УДК 633.15:004(477.4)(292.485)

**ДИСЕРТАЦІЯ**

ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ  
КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В УМОВАХ ЗОНИ НЕСТІЙКОГО ЗВОЛОЖЕННЯ  
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.



С.О. Богомаз

Науковий керівник:  
Дідур Ігор Миколайович,  
доктор с.-г. наук, професор

Вінниця – 2026

## АНОТАЦІЯ

*Богомаз С.О.* Застосування цифрових технологій при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах зони нестійкого зволоження Лісостепу правобережного. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

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

Дисертаційна робота присвячена дослідженню процесів росту й розвитку рослин гібридів кукурудзи, формування високої фотосинтетичної продуктивності, підвищення урожайності та якості зерна завдяки оптимізації системи живлення макро- і мікроелементами та просторового розміщення рослин із урахуванням потреб до забезпечення їх факторами життя.

Наукова новизна. Уперше для умов Лісостепу правобережного зони нестійкого зволоження проведено наукове обґрунтування та практичну розробку заходів оптимізації живлення за використання супутникових знімків, поєднуючи різні способи внесення добрив, в тому числі мікродобрив за допомогою дронів, а також густоти рослин залежно від особливостей гібридів кукурудзи.

Удосконалено технологічні прийоми вирощування кукурудзи, шляхом оптимізації густоти рослин та поєднання живлення макро- і мікроелементами рослин гібридів, які відрізняються тривалістю вегетаційного періоду.

Набули подальшого розвитку теоретичні положення щодо оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами та щільності рослин у відповідності їх потреб до природних ресурсів для отримання максимального рівня урожайності та якості зерна.

Практичне значення одержаних результатів полягає у проведенні польових і лабораторних досліджень та перевірки кращих варіантів у виробничих посівах, представлено науково-обґрунтовану практичну розробку оптимізації живлення макро- і мікроелементами та формування густоти рослин за вирощування гібридів кукурудзи різної тривалості

вегетаційного періоду у зоні нестійкого зволоження Лісостепу правобережного.

У роботі вивчено показники польової схожості насіння і збереженості рослин, тривалості вегетаційного періоду, лінійного росту рослин, площі асиміляційної поверхні, наростання сухої речовини, фотосинтетичного потенціалу посіву, чистої продуктивності, індивідуальної зернової продуктивності рослин, врожайності та якості зерна гібридів кукурудзи залежно від оптимізації живлення макро- і мікроелементами та густоти рослин у відповідності до їх вимог щодо забезпечення життєвими ресурсами.

Визначено значення гібриду у забезпеченні максимального генетичного потенціалу із урахуванням стійкості до стресових умов. Проаналізовано важливу роль системи живлення макро- і мікроелементами щодо потреб рослин у критичні періоди їх росту й розвитку. Приділено значну увагу необхідності визначення оптимальної густоти рослин для забезпечення їх поживними елементами, світлом, вологою та оптимальної їх життєдіяльності.

Проаналізовано ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень, встановлено вплив гідротермічних умов на проходження процесів росту й розвитку рослин кукурудзи. Виділено й окреслено, як сприятливі за гідротермічними умовами роки досліджень, так із підвищеним температурним режимом і дефіцитом опадів.

Запропоновано оптимальні технологічні заходи, щодо підвищення урожайності і якості зерна кукурудзи за умов нестійкого зволоження.

Найвищі показники збереженості рослин відмічено на варіанті досліду, де було проведено інтенсифікацію технологічних заходів щодо забезпечення рослин макро- і мікроелементами, що базувалася на концепції покрокового забезпечення метаболічних потреб кукурудзи і поєднанні стаціонарного ґрунтового підживлення із прецизійними фоліарними обробками за відповідної густоти рослин.

Досліджено підвищення площі асиміляційної поверхні рослин, наростання сухої речовини, фотосинтетичного потенціалу посіву, чистої

продуктивності, індивідуальної зернової продуктивності рослин, врожайності та якості зерна гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних технологічних прийомів вирощування. Незалежно від гібриду, на варіанті досліду, де було проведено максимальну кількість заходів щодо оптимізації удобрення макро- і мікроелементами (виключаючи перекриття або змішування різних технологічних схем у межах однієї ділянки) збільшувалася площа листкової поверхні, наростання сухої речовини, фотосинтетичного потенціалу посіву, чистої продуктивності.

Встановлено високої сили кореляційні зв'язки за різної передзбиральної густоти рослин між площею листкової поверхні та врожайністю зерна для 60 тис./га –  $r=0,954$ ,  $R^2=0,910$ ; 70 тис./га –  $r=0,958$ ,  $R^2=0,918$ ; для 80 тис./га –  $r=0,962$ ,  $R^2=0,926$ ; а також залежність подібної величини кореляційного зв'язку між накопиченням сухої речовини рослин та площі листкової поверхні за різної передзбиральної густоти рослин, для 60 тис./га –  $r=0,868$ ,  $R^2=0,754$ ; 70 тис./га –  $r=0,953$ ,  $R^2=0,909$ ; для 80 тис./га –  $r=0,945$ ,  $R^2=0,893$ .

Встановлено, що найвищу індивідуальну зернову продуктивність рослин гібридів кукурудзи відмічено за максимальної інтенсифікації технологічних заходів, щодо оптимізації живлення макро- і мікроелементами за внесення сульфату цинку, Еколайн Цинку та Еколайн Бор на фоні  $N_{100}P_{31}$ , забезпечення високої якості виконання технологічних операцій досягалася завдяки використанню обприскувачів із системою автоматичного контролю секцій (Section Control) та змінної норми виливу (VRA), що гарантувало дотримання меж дослідних ділянок та унеможливило ефект перекриття, на розріджених посівах, зокрема кількість зерен в ряду, маса 1000 зерен, маса зерна із качана становила у гібридів: ДКС 3795 – 33,8 шт.; 313,2 г; 152,8 г; ДКС 3972 – 36,0 шт.; 314,7 г; 173,6 г; ДКС 4351 – 34,9 шт.; 301,8 г; 172,3 г.

Однак, найвищий рівень урожайності у гібридів ДКС 3795 – 8,8 т/га і ДКС 3972 – 10,1 т/га відмічено за однакового рівня живлення та підвищення передзбиральної густоти рослин до 70 тис./га, яка відповідає потребам

рослин у забезпеченні природними ресурсами (світло, волога і елементами живлення) в реалізації максимального рівня урожайності за рахунок оптимальної кількості рослин на гектар. У гібрида ДКС 4351 найвищий рівень урожайності – 9,4 т/га досягнуто за передзбиральної густоти рослин 60 тис./га.

Рівень урожайності кукурудзи визначався системою живлення рослин, завдяки просторово-диференційованому управлінню живленням кукурудзи величина впливу залежала від гідротермічних умов року і змінювалася від 79,1 до 84,2 %, частка ж впливу густоти рослин складала 10,8-18,1 %, гібридні особливості від 2,0-3,2 %.

Найвищий вміст крохмалю відмічено на контрольному варіанті (без удобрення), який мав тенденцію до підвищення за загущення посівів. Максимальне зростання вмісту білка відмічено на варіанті досліду, де було проведено максимальну кількість заходів щодо оптимізації живлення рослин гібридів кукурудзи макро- і мікроелементами і підвищувався за зменшення густоти рослин. Найвищий вміст жиру відмічено на контрольних варіантах (без удобрення), внесення макро- і мікроелементів призводило до зниження вмісту жиру. За збільшення густоти рослин відмічено тенденцію до зменшення вмісту жиру в зерні кукурудзи.

Здійснено оцінку економічної й енергетичної ефективності застосування різних технологічних прийомів щодо оптимізації удобрення та густоти рослин кукурудзи. Найвищі показники умовно-чистого прибутку, відмічено на варіанті досліду, де було проведено оптимізацію живлення макро- і мікроелементами і склали у гібридів ДКС 3795 – 38327,2 грн/га, ДКС 3972 – 49252,4 грн/га, ДКС 4351 – 43983,1 грн/га, а також найвищий рівень рентабельності – 106,2 і 135,2 за густоти рослин на період збирання 70 тис./га у гібридів ДКС 3795 і ДКС 3972; 122,9 % – за густоти рослин на період збирання 60 тис./га у гібрида ДКС 4351.

За оптимізації удобрення, густоти рослин кукурудзи та зростання рівня урожайності відмічалось підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності

від 1,83 до 2,5 у гібрида ДКС 3795, від 1,96 до 2,87 – ДКС 3972 та від 1,91 до 2,67 – ДКС 4351. Досягаючи свого найвищого значення на варіанті досліду, де було проведено максимальне внесення макро- і мікроелементів (сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ ) за оптимізації просторового розміщення рослин на гектарі для гібридів кукурудзи з різним ФАО.

**Ключові слова:** кукурудза, удобрення, макро- і мікроелементи, густина рослин, гібрид, сульфат цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор, мінеральні добрива, точне землеробство.

## SUMMARY

*Bohomaz S.O.* Application of digital technologies in growing corn for grain under the conditions of the unstable moisture zone of the Right-Bank Forest-Steppe.

The thesis for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 – Agronomy. – Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, 2026.

The dissertation is devoted to the study of growth and development processes of maize hybrid plants, the formation of high photosynthetic productivity, and the improvement of grain yield and quality through optimization of the macro- and microelement nutrition system and spatial plant placement, taking into account the requirements for providing plants with vital growth factors.

Scientific novelty. For the first time under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe in the unstable moisture zone, a scientific substantiation and practical development of nutrition optimization measures have been carried out using satellite imagery, combining various methods of fertilizer application – including micronutrient fertilizers applied by drones – as well as plant density management depending on the specific characteristics of maize hybrids.

Improved technological practices for maize cultivation have been developed through optimization of plant density and combined macro- and microelement nutrition of hybrids differing in the length of their growing season.

Further development has been given to theoretical principles regarding the optimization of plant nutrition with macro- and microelements and plant density in accordance with their requirements for natural resources, aimed at achieving maximum yield levels and grain quality.

The practical significance on the results obtained through field and laboratory research, and the verification of the best variants in commercial sowings, a scientifically substantiated practical framework has been presented for optimizing macro- and microelement nutrition and managing plant density when cultivating maize hybrids of varying growing season lengths in the unstable moisture zone of the Right-Bank Forest-Steppe.

The study examined indicators of field germination and plant survival rates, growing season duration, linear plant growth, assimilation surface area, dry matter accumulation, photosynthetic potential of the crop stand, net productivity, individual grain productivity of plants, as well as grain yield and quality of maize hybrids depending on the optimization of macro- and microelement nutrition and plant density in accordance with their requirements for vital resources.

The role of the hybrid in achieving maximum genetic potential – accounting for resistance to stress conditions – was determined. The important role of the macro- and microelement nutrition system in meeting plant needs during critical periods of growth and development was analyzed. Considerable attention was given to the necessity of identifying optimal plant density to ensure adequate supply of nutrients, light, and moisture, and to support optimal plant vitality.

The soil and climatic conditions of the research were analyzed, and the influence of hydrothermal conditions on the growth and development processes of maize plants was established. Research years were identified and characterized as either favorable in terms of hydrothermal conditions, or as years with elevated temperature regimes and precipitation deficits.

Optimal technological measures for improving maize grain yield and quality under unstable moisture conditions have been proposed.

The highest plant survival rates were recorded in the trial variant where intensification of technological measures for supplying plants with macro- and microelements was implemented – based on the concept of stepwise provision of maize metabolic needs and combining stationary soil fertilization with precision foliar treatments at the corresponding plant density.

The increase in the assimilation surface area of plants, dry matter accumulation, photosynthetic potential of the crop stand, net productivity, individual grain productivity of plants, yield, and grain quality of corn hybrids depending on the studied technological cultivation practices were investigated. Regardless of the hybrid, in the experimental variant where the maximum number of measures for optimizing fertilization with macro- and microelements was carried out (excluding overlapping or mixing of different technological schemes within a single plot), an increase in leaf surface area, dry matter accumulation, photosynthetic potential of the crop stand, and net productivity was observed.

High-strength correlation relationships were established between leaf surface area and grain yield at varying pre-harvest plant densities: for 60,000 plants/ha –  $r=0.954$ ,  $R^2=0.910$ ; for 70,000 plants/ha –  $r=0.958$ ,  $R^2=0.918$ ; for 80,000 plants/ha –  $r=0.962$ ,  $R^2=0.926$ . A correlation of similar magnitude was found between dry matter accumulation and leaf surface area at varying pre-harvest plant densities: for 60,000 plants/ha –  $r=0.868$ ,  $R^2=0.754$ ; for 70,000 plants/ha –  $r=0.953$ ,  $R^2=0.909$ ; for 80,000 plants/ha –  $r=0.945$ ,  $R^2=0.893$ .

It was established that the highest individual grain productivity of maize hybrids was recorded under maximum intensification of technological measures for macro- and microelement nutrition optimization – specifically the application of zinc sulphate, Ecoline Zinc, and Ecoline Boron against an  $N_{100}P_{31}$  background. High-quality execution of technological operations was achieved through the use of sprayers equipped with automatic Section Control and Variable Rate Application (VRA) systems, which ensured adherence to plot boundaries and

eliminated overlap effects. In thinned sowings, the following indicators were recorded per hybrid: DKS 3795 – 33.8 kernels per row, 1,000-kernel weight 313.2 g, kernel weight per cob 152.8 g; DKS 3972 – 36.0 kernels per row, 314.7 g, 173.6 g; DKS 4351 – 34.9 kernels per row, 301.8 g, 172.3 g.

The highest yield levels for hybrids DKS 3795 – 8.8 t/ha and DKS 3972 – 10.1 t/ha – were recorded at the same nutrition level combined with an increase in pre-harvest plant density to 70,000 plants/ha, which corresponds to the plants' requirements for natural resources (light, moisture, and nutrients) in achieving maximum yield through an optimal number of plants per hectare. For hybrid DKS 4351, the highest yield of 9.4 t/ha was achieved at a pre-harvest plant density of 60,000 plants/ha.

Maize yield level was determined primarily by the plant nutrition system; through spatially differentiated nutrition management, the magnitude of its influence depended on the hydrothermal conditions of the year and ranged from 79.1 to 84.2 %, while the share of plant density influence accounted for 10.8-18.1 %, and hybrid characteristics contributed 2.0-3.2 %.

The highest starch content was recorded in the control variant (without fertilization) and showed a tendency to increase with higher plant densities. Maximum protein content growth was recorded in the trial variant with the maximum number of macro- and microelement nutrition optimization measures, and increased with decreasing plant density. The highest fat content was observed in the control variants (without fertilization); application of macro- and microelements led to a reduction in fat content. An increase in plant density was accompanied by a tendency toward decreased fat content in maize grain.

An assessment of the economic and energy efficiency of various technological practices for optimizing maize fertilization and plant density was carried out. The highest conditional net profit indicators were recorded in the variant with optimized macro- and microelement nutrition and amounted to: DKS 3795 – 38,327.2 UAH/ha, DKS 3972 – 49,252.4 UAH/ha, DKS 4351 – 43,983.1 UAH/ha. The highest profitability levels were 106.2 % and 135.2 % at a

harvest-period plant density of 70,000 plants/ha for hybrids DKS 3795 and DKS 3972, and 122.9 % at 60,000 plants/ha for hybrid DKS 4351.

With optimization of fertilization and plant density, and increasing yield levels, the energy efficiency coefficient rose from 1.83 to 2.5 for hybrid DKS 3795, from 1.96 to 2.87 for DKS 3972, and from 1.91 to 2.67 for DKS 4351 – reaching its highest value in the trial variant with maximum macro- and microelement application (combined application of zinc sulphate, Ecoline Zinc<sup>®</sup> and Ecoline Boron against a mineral fertilizer background at N<sub>100</sub>P<sub>31</sub>) under optimized spatial plant placement per hectare for maize hybrids with varying FAO ratings.

**Keywords:** maize, fertilization, macro- and microelements, plant density, hybrid, zinc sulphate, Ecoline Zinc, Ecoline Boron, mineral fertilizers, precision agriculture.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті, що входять до наукометричної бази (Scopus/ Web of Science)

1. Bogomaz S., Zayka K., Didur I., Mazur O., Mazur O., Tsyhanskyi V. Effects of plant density and fertilisation on yield structure and yield elements of maize hybrids for biofuel production. *Journal of Ecological Engineering*. 2025, Vol. 26 (6). P. 352–364. <https://doi.org/10.12911/22998993/202943> (Scopus / Web of Science). (1,66 друк арк. – особистий внесок – досліджено вплив густоти та удобрення на структуру урожайності кукурудзи для виробництва біопалива – 0,28 друк. арк.).

### Статті у наукових фахових виданнях України (Сорernicus та інші)

1. Дідур І.М., Богомаз С.О. Сучасний стан і перспективи вирощування кукурудзи в Україні. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2 (29). С. 153–161. DOI:10.37128/2707-5826-2023-13. (0,5 друк арк. – особистий внесок – досліджено стан і перспективи вирощування кукурудзи в Україні – 0,25 друк. арк.).

2. Богомаз С.О. Вивчення впливу густоти рослин і удобрення на урожайність гібридів кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 2 (33). С. 209–220. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-2-17. (0,7 друк арк. – особистий внесок – досліджено вплив густоти та удобрення на урожайність гібридів кукурудзи – 0,7 друк. арк.).

3. Богомаз С.О. Формування елементів структури врожаю та урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 3 (34). С. 208–218. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-3-18. (0,8 друк арк. – особистий внесок – досліджено вплив густоти та удобрення на формування елементів урожайності кукурудзи – 0,8 друк. арк.).

4. Богомаз С.О. Вміст крохмалю, протеїну та олії у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 3 (38). С. 227–237. DOI: 10.37128/2707-5826-2025-3-20. (0,6 друк арк. – особистий внесок – досліджено вміст крохмалю, протеїну та олії у кукурудзи під впливом елементів технології вирощування – 0,6 друк. арк.).

### Матеріали наукових конференцій:

1. Богомаз С.О. Оцінка взаємодії густоти стояння та добрив на врожайність сучасних гібридів кукурудзи. *Продовольча безпека України. Збереження та відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. (Київ, 22-23 травня 2025 р.). Київ. 2025. С. 39–43. (0,2 друк арк. – особистий внесок – досліджено вплив густоти та удобрення на урожайність кукурудзи – 0,2 друк. арк.).

## ЗМІСТ

|   |     |
|---|-----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ   | 15  |
| ВСТУП   | 16  |
| РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ЗАЛЕЖНО ВІД<br>ГІБРИДНОГО СКЛАДУ, ГУСТОТИ РОСЛИН ТА УДОБРЕННЯ  | 22  |
| 1.1. Значення гібриду в реалізації потенціалу врожаю кукурудзи  | 22  |
| 1.2. Густота рослин, як один із резервів реалізації потенціалу гібридів<br>кукурудзи  | 27  |
| 1.3. Добрива, як вагомий чинник урожайності зерна кукурудзи   | 35  |
| 1.4. Елементи сучасного точного землеробства  | 44  |
| Висновки до розділу 1.  | 51  |
| Список використаної літератури до розділу 1.  | 52  |
| РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ   | 70  |
| 2.1. Умови проведення досліджень  | 70  |
| 2.2. Морфометричні характеристики дослідного поля   | 71  |
| 2.3. Методика відбору ґрунтових зразків   | 72  |
| 2.4. Агрохімічна характеристика ґрунту дослідного поля  | 74  |
| 2.5. Аналіз твердості ґрунту з використанням автоматичного пенетрометра<br>FarmQA   | 78  |
| 2.6. Використання технології електромагнітного сканування ґрунту<br>TopSoil Mapper для агрохімічної та агрофізичної оцінки дослідного<br>поля | 80  |
| 2.7. Гідротермічні умови проведення досліджень  | 82  |
| 2.8. Методика проведення досліджень   | 87  |
| Висновки до розділу 2.  | 97  |
| Список використаної літератури до розділу 2.  | 98  |
| РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН НА РІСТ І<br>РОЗВИТОК КУКУРУДЗИ   | 100 |
| 3.1. Польова схожість та збереженість рослин залежно від удобрення та<br>густоти рослин   | 100 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.2. Вплив удобрення та густоти рослин на тривалість вегетаційного та міжфазних періодів і лінійного росту показників рослин гібридів кукурудзи                        | 105 |
| Висновки до розділу 3.   | 111 |
| Список використаної літератури до розділу 3.   | 112 |
| <b>РОЗДІЛ 4. ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВУ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН В УМОВАХ НЕСТІЙКОГО ЗВОЛОЖЕННЯ</b>                        | 114 |
| 1.1. Динаміка площі асиміляційної поверхні залежно від технологічних прийомів вирощування  | 114 |
| 1.2. Динаміка накопичення надземної сухої маси гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин  | 122 |
| 4.3. Фотосинтетичний потенціал посівів гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин  | 128 |
| 4.4. Динаміка чистої продуктивності посівів гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин   | 132 |
| Висновки до розділу 4.   | 135 |
| Список використаної літератури до розділу 4.   | 136 |
| <b>РОЗДІЛ 5. ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ ТА УРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ НЕСТІЙКОГО ЗВОЛОЖЕННЯ</b> | 138 |
| 5.1. Стійкість до хвороб, шкідників, вилягання гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин  | 138 |
| 5.2. Елементи структури врожаю гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин  | 144 |
| 5.3. Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин в умовах зони нестійкого зволоження  | 156 |
| Висновки до розділу 5.   | 169 |
| Список використаної літератури до розділу 5.   | 170 |

|   |     |
|---|-----|
| РОЗДІЛ 6. ВПЛИВ УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН НА ЯКІСТЬ<br>ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ                                       | 172 |
| 6.1. Вміст та вихід крохмалю у гібридів кукурудзи залежно від<br>технологічних прийомів вирощування                     | 172 |
| Висновки до розділу 6.  | 182 |
| Список використаної літератури до розділу 6.  | 183 |
| РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКИ<br>ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД<br>УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН | 185 |
| 7.1. Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи залежно<br>від технологічних прийомів вирощування           | 185 |
| 7.2 Енергетична оцінка вирощування гібридів кукурудзи залежно від<br>густоти рослин та удобрення                        | 190 |
| Висновки до розділу 7.  | 193 |
| Список використаної літератури до розділу 7.  | 194 |
| ВИСНОВКИ  | 196 |
| РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ  | 200 |
| ДОДАТКИ   | 201 |

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ДСТУ – державний національний стандарт України

N – азот

P – фосфор

га – гектар

% – відсоток

°C – градус Цельсія

t – температура

грн – гривня

мг – міліграм

т – тонна

тис. грн /га – тисяч гривень на гектар

тис. шт./га – тисяч штук на гектар

шт. – штук

р. – рік

рр. – роки

ГДж – гігаджоуль

pH – реакція ґрунтового розчину

НІР – найменша істотна різниця

НААН – Національна академія аграрних наук України

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

К<sub>еє</sub> – коефіцієнт енергетичної ефективності

кг/га – кілограм на гектар

ФП – фотосинтетичний потенціал

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

л/га – літрів на гектар

## ВСТУП

Кукурудзі належить світове лідерство за валовими зборами зерна. На сьогоднішній день вона є однією із найбільш важливих та стратегічних культур у сільському господарстві, що за своїми господарсько-біологічними характеристиками використовується у різноманітних галузях в тому числі у тваринництві, переробній та харчовій промисловості, а також слугує як матеріал для виготовлення біопалива та електроенергії.

Основним завданням сільського господарства є прискорене і стійке нарощування виробництва зерна. Кукурудзі, як одній із найпродуктивніших культур всебічного використання належить важлива роль у вирішенні цього завдання.

За умов змін клімату й глобального потепління актуальним є обґрунтування, розробка й запровадження у виробництво агротехнічних заходів, які сприяють послабленню негативних явищ посухи, жари й дефіциту ґрунтової вологи. В Україні значна частина посівних площ кукурудзи розташована в умовах із високим температурним режимом та дефіцитом опадів, що часто призводить до зниження урожайності та якості зерна. Забезпечення вирішення цих проблем досягається за допомогою удосконалення умов вирощування кукурудзи, впровадженням адаптивних гібридів, які відзначаються високою стійкістю до несприятливих абіотичних і біотичних умов вирощування, оптимізації системи живлення та відповідної густоти рослин за наявних природно-кліматичних ресурсів.

Забезпечення максимального рівня урожайності гібридів можливе за створення необхідних умов для росту і розвитку рослин, а саме – оптимальних технологічних прийомів її вирощування та використанні ґрунтово-кліматичних умов.

**Актуальність теми.** В умовах зміни клімату відмічаємо підвищення температурного режиму, зменшення опадів та посилення суховіїв, що зменшує запас вологи у ґрунті. Значно посилюються контрасти температур впродовж доби, зокрема влітку вдень відмічаємо на термометрі +30 °C і

вище, а вночі – близько +15-16 °С. Такі зміни температур сповільнюють процеси росту й розвитку кукурудзи, із перевитрачанням значної кількості вологи для терморегуляції. Малосніжні зими також сприяють зменшенню запасів продуктивної вологи в ґрунті. Окрім того, посилилися контрасти дефіциту опадів та зливових дощів, де буквально випадає місячна норма опадів. Отже, всі ці зміни збільшили дефіцит вологи та сприяли зменшенню гідротермічного коефіцієнта і посиленню температурних стресів, в яких рослини часто знаходяться. Контролювати гідротермічні умови не є можливим, а відповідати на виклики необхідно шляхом оптимізації технологічних прийомів вирощування.

Забезпечення збалансованої системи удобрення, із доступною кількістю поживних елементів у необхідні періоди росту й розвитку належать до основних заходів підвищення стійкості рослин до несприятливих абіотичних і біотичних умов навколишнього середовища та отримання високих врожаїв.

До одного із важливих елементів технології вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості належить густина рослин та внесення мікродобрив, які дозволяють найефективніше використовувати агроекологічний потенціал.

Розробка та впровадження удосконалених технологічних прийомів вирощування гібридів кукурудзи сприятиме максимальному використанню їх генетичного потенціалу та представляє практичний інтерес для сучасного рослинництва, так як резерви можливостей кукурудзи, як культури, ще повністю не вичерпані. У різних ділянках одного поля можна спостерігати неоднакову врожайність, відповідно до кожної окремої ділянки, що потребує індивідуального підходу до визначення причин нерівномірності продуктивності рослин. Без сучасних цифрових технологій це практично зробити вкрай важко.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота є результатом проведених досліджень автором, виконаних впродовж 2023-2025 років, що належить до складової частини

завдання науково-дослідних робіт Вінницького національного аграрного університету. «Удосконалення системи удобрення гібридів зернової і силосної кукурудзи на основі використання дигестату та мікродобрив в умовах Лісостепу правобережного» (№ РК 0123U102227) термін виконання 01.2023-12.2025.

Мета роботи полягала у виявленні особливостей формування урожайності і якості зерна гібридів кукурудзи шляхом оптимізації удобрення та густоти рослин, в тому числі з використання елементів точного землеробства в умовах Лісостепу правобережного зони нестійкого зволоження.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі завдання:

- провести фенологічні спостереження, визначити показники польової схожості насіння та збереженості рослин, їх лінійного росту залежно від удобрення та густоти рослин гібридів кукурудзи;

- вивчити динаміку наростання площі асиміляційної поверхні, сухої речовини, фотосинтетичного потенціалу посіву, чистої продуктивності залежно від оптимізації живлення та щільності рослин;

- визначити особливості формування індивідуальної зернової продуктивності рослин, урожайності та якості зерна гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних технологічних прийомів вирощування.

- обґрунтувати величину впливу удобрення, густоти рослин та визначити ефективність їхньої дії та взаємодії на урожайність гібридів кукурудзи;

- провести економічну й енергетичну оцінку ефективності застосування вдосконалених елементів технології вирощування.

*Об'єкт досліджень:* процеси росту, розвитку й формування урожайності та якості зерна гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування.

*Предмет досліджень:* реакція гібридів кукурудзи на оптимізацію живлення макро- і мікроелементами та зміну щільності рослин.

**Методи досліджень.** Для здійснення досліджень використовували загальнонаукові методи: *гіпотез* – обрання напрямку досліджень; *експеримент* – дослідження об'єкту досліджень; *аналогії* – для проведення порівняльної оцінки між варіантами досліджу; *узагальнення* – на основі експериментальних досліджень формування висновків та рекомендацій виробництву; спеціальні методи досліджень: *польовий* – дослідження особливостей росту і розвитку рослин залежно від оптимізації живлення та густоти рослин гібридів кукурудзи; *лабораторний* – визначення індивідуальної продуктивності рослин, показників якості зерна; *розрахунковий* – визначення площі асиміляційної поверхні, динаміки накопичення сухої речовини, фотосинтетичного потенціалу, чистої продуктивності, оцінки економічної та енергетичної ефективності удобрення та норм висіву на рекомендовану перезбиральну густоту рослин; *математично-статистичний* – дисперсійна обробка результатів досліджень, для встановлення достовірної різниці між варіантами досліджень, проведення кореляційного і регресійного аналізів.

**Наукова новизна.** Уперше для умов Лісостепу правобережного зони нестійкого зволоження проведено наукове обґрунтування та практичну розробку заходів оптимізації живлення за використання супутникових знімків, поєднуючи різні способи внесення добрив, в тому числі мікродобрив за допомогою дронів, а також густоти рослин залежно від особливостей гібридів кукурудзи.

Удосконалено технологічні прийоми вирощування кукурудзи, шляхом оптимізації густоти рослин та поєднання живлення макро- і мікроелементами рослин гібридів, які відрізняються тривалістю вегетаційного періоду.

Набули подальшого розвитку теоретичні положення щодо оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами та щільності рослин у відповідності їх потреб до природних ресурсів для отримання максимального рівня урожайності та якості зерна.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі отриманих результатів, за допомогою проведених польових і лабораторних досліджень та перевірки кращих варіантів у виробничих посівах, представлено науково-обґрунтовану практичну розробку оптимізації живлення макро- і мікроелементами та формування густоти рослин за вирощування гібридів кукурудзи різної тривалості вегетаційного періоду у зоні нестійкого зволоження Лісостепу правобережного. Це дозволяє забезпечити урожайність зерна на рівні 8,8-10,1 т/га.

Результати дисертаційної роботи, упроваджені в ФГ «ФЛОРА А.А.» селище Крижопіль, Вінницької області (акт від 21.01.2026 та акт від 30.01.2026); у ФГ «Голден Ленд» с. Пугачівка, Черкаської області (акт від 07.11.2025); ТОВ «МІЗОЧ-АГРОПРОДУКТ», с. Мізоч, Рівненської області (акт від 10.12.2025) на загальній площі 80 га, підтверджують підвищення врожайності на 28-45,0 % порівняно із контрольним варіантом (без удобрення) у разі вирощування гібридів кукурудзи ДКС 3795, ДКС 3972 за передзбиральної густоти рослин 70 тис./га та ДКС 4351 за передзбиральної густоти рослин 60 тис./га і внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  та у передпосівну культивуацію сульфат цинку у нормі 8 кг/га, проведення позакореневих підживлень мікродобривом Еколайн Цинк (1 л/га) і Еколайн Бор (1 л/га).

Положення дисертаційної роботи застосовуються в навчальному процесі Вінницького національного аграрного університету під час викладання навчальної дисципліни «Агрохімія». Одержані наукові результати мають практичне значення й впроваджені у навчально-методичний процес і наукову роботу кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії факультету агрономії, садівництва та захисту рослин (довідка № 01.1-60-1522 від 05.12.2024 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертант особисто опрацював джерела літератури вітчизняних і закордонних науковців за темою дисертації, сформував мету і завдання досліджень, розробив схему дослідів, здійснив

польові та лабораторні дослідження, підготував наукові публікації та рекомендації для виробничої практики, удосконалив елементи технології вирощування кукурудзи на зерно, сформулював висновки і рекомендації виробництву.

**Апробація результатів дослідження.** Результати досліджень дисертаційної роботи щорічно доповідались на засіданнях кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії, вчених радах ННІ агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету та Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку»*. м. Вінниця, 24-25 травня 2023 р.; Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Екологоорієнтовані технології вирощування сільськогосподарської продукції в умовах ґрунтозбереження та кліматичної нейтральності»*. м. Вінниця, 23-24 травня 2024 р.; Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Інноваційні технології збереження ґрунтів та екосистем за вирощування сільськогосподарських культур в умовах глобальних змін клімату»*. м. Вінниця, 22-23 травня 2025 р.

**Публікації результатів досліджень.** Результати дисертації висвітлено у 6 наукових праць загальним обсягом 4,46 умовн. друк. арк. (власний доробок автора 2,86 умовн. друк. арк.) в тому числі 0,28 умовн. друк. арк. у науковому фаховому виданні України віднесеному до категорії «А», що індексується в міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science, 2,35 умовн. друк. арк. у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus та 0,20 умовн. друк. арк. у інших виданнях.

Дисертаційна робота містить анотацію, вступ, сім розділів, висновки, рекомендації виробництву, список використаної літератури, додатки. Загальний обсяг роботи становить 227 сторінок. Дисертація нараховує 23 таблиці, 50 рисунків, 26 сторінок – додатки. У списку використаної літератури 237 найменувань, з них 60 – латиницею.

## **РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ЗАЛЕЖНО ВІД ГІБРИДНОГО СКЛАДУ, ГУСТОТИ РОСЛИН ТА УДОБРЕННЯ**

### **1.1. Значення гібриду в реалізації потенціалу врожаю кукурудзи**

На сьогодні кукурудза належить до найбільш урожайних сільськогосподарських культур. Забезпечення оптимальних умов її вирощування, дозволяє отримувати високий рівень урожайності зерна, прибутковість з одного гектара і високу рентабельність виробництва [1]. Завдяки досить широкому використанню зерна у різних галузях народного господарства динаміка виробництва кукурудзи значно покращилась.

Кукурудза належить до основної зернової культури, тому вдосконалення технологічних прийомів її вирощування шляхом впровадження гібридів з високим генетичним потенціалом, а також пристосованих до вирощування у певних ґрунтово-кліматичних умовах за оптимізації технологічних прийомів вирощування є актуальним [2].

Гібрид належить до важливого резерву формування високої продуктивності агрофітоценозу, адже частка впливу його у реалізації потенціалу зернової продуктивності становить 50 % [3].

Стабілізація виробництва зерна в Україні досягається вирощуванням нових гібридів з високим потенціалом продуктивності. Встановлено що завдяки гетерозису можливо підвищити урожайність зерна кукурудзи на 50 % і більше [4]. Важливим напрямком селекції є створення гібридів інтенсивного типу з високим потенціалом урожайності [5].

Гібриди відрізняються морфологічними ознаками, біологічними особливостями, реакцією на покращення агрофону вирощування, якісними показниками, різною пристосованістю до умов середовища та рівнем стійкості до несприятливих абіотичних і біотичних умов. Необхідно приділяти значну увагу добираючи гібриди кукурудзи для відповідних ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Особливого, коли ресурсний

потенціал більшості господарств не завжди дозволяє забезпечити посіви необхідними дозами добрив і комплексом захисту рослин [6].

Зростання урожайності та поліпшенні якості зерна кукурудзи значно залежить від генотипних особливостей гібридів, які вирощуються. За прогнозами вітчизняних науковців впродовж наступних років левова частка приросту виробництва продукції рослинництва буде реалізована завдяки досягненням у селекції [6, 7].

Гібриди, щорічно поновлюють Реєстр сортів рослин України, ознаки яких постійно вдосконалюється, підвищується урожайність із поліпшеними господарсько-цінними ознаками. Внесенні до Реєстру гібриди відрізняються морфологічними ознаками, тривалістю вегетаційного періоду, продуктивністю, стійкістю до хвороб, реакцією на покращення агрофону вирощування (технологічні заходи, вологозабезпечення), особливу увагу надають здатності до прискореної вологовіддачі зерном, посухо- і жаростійкістю. Останнім часом, виробництвом встановлено, що крім високого рівня урожайності, визначальним показником є здатність його отримувати високий нижній поріг урожайності за несприятливих абіотичних умов вирощування, що обумовлюється адаптивним потенціалом гібриду [8].

Для вирішення потреб виробників товарного зерна на сьогодні український ринок пропонує достатню кількість сучасних гібридів, як власне вітчизняної так і зарубіжної селекції. Гібриди кукурудзи відзначаються високим рівнем урожайності та відрізняються за значеннями ФАО відповідно до ґрунтово-кліматичних зон України [9].

Згідно класифікації за групою стиглості розрізняють: ранньостиглі гібриди, які дозрівають впродовж 90-100 діб із ФАО 100-200, середньоранні дозрівають впродовж 105-115 діб із ФАО 201-300, середньостиглі дозрівають за 115-200 діб із ФАО 301-400, середньопізні дозрівають за 120-130 діб із ФАО 401-500, а пізньостиглі гібриди кукурудзи дозрівають за 135-140 діб із ФАО 501-600 одиниць [10, 11].

Наявність достатньої кількості гібридів у Реєстрі та щорічне зростання їх кількості може призвести до появи у виробників товарного зерна хибної думки, що всі вони є однаковими за показниками і добре себе проявлятимуть за їх вирощування. Однак, як вказують результати досліджень більш важливими є питання забезпечення високого рівня урожайності і за дії несприятливих абіотичних умов вирощування, а не забезпечення максимальних врожаїв за сприятливих гідротермічних умов [8, 12].

В останній час високим попитом відзначаються скоростиглі гібриди, а також гібриди середньоранньої та середньостиглої груп із ФАО 200-390. Вони здатні забезпечити високий рівень урожайності більше 10 т/га, за порівняно короткий вегетаційний період впродовж 100-110 діб і є невибагливими до високих агрофонів вирощування. Проте, найбільша їх цінність полягає у низькій збиральній вологості зерна, що дозволяє не проводити досушування зерна після обмолоту [13].

Результатами досліджень встановлено, що гібриди з ФАО до 390 відзначаються вищою стабільністю урожайності, а гібриди з більшим ФАО за порушення оптимальних умов вирощування значно знижують продуктивність [14]. Крім того встановлено, що вища стабільність у формуванні врожайності гібридів кукурудзи з ФАО 380-400 [15].

Гібриди з ФАО понад 500 в умовах України незважаючи на високий рівень їх урожайності не використовуються, так як вони не дозрівають і відзначаються високими параметрами збиральної вологості [16].

Встановлено, що оптимальним є вирощування гібридів кукурудзи з наступним ранжуванням за групами стиглості: ранньостиглі до 10 %, середньоранні в межах 25-30 %, середньостиглі в межах 45-50 %, а середньопізні та пізньостиглі не більше 10-15 % [17].

Результати досліджень вказують, що незважаючи на можливість вирощування гібридів кукурудзи у зонах із більшим значенням ФАО, щоб запобігти можливим ризикам впливу несприятливих абіотичних умов

вирощування необхідно мати різний склад гібридів за строками їх дозрівання [18, 19].

На сьогодні за допомогою вітчизняної селекції створено значну кількість гібридів кукурудзи, які володіють різними морфо-біологічними ознаками і властивостями, відмінними за реакцією на чинники як сприятливих (проведення зрошення, агрофон вирощування, захист від шкочинних організмів, системою обробітку ґрунту), так і несприятливих (посухостійкість, жаростійкість, дефіцит опадів, низька вологість повітря) чинників продукційного процесу. Це вимагає застосовувати верифікований підхід до вибору гібрида. Нагальна потреба цього вибору підсилилася в останній час, коли значна кількість аграрних підприємств (особливо дрібних за розмірами) не в змозі забезпечити відповідних технологічних заходів, які забезпечують високу культуру землеробства, зокрема забезпечення оптимального агрофону вирощування та ефективного застосування заходів із захисту рослин.

Екологічна пластичність це здатність генотипу ефективно реагувати на покращення умов вирощування шляхом формування стабільного високого рівня урожайності. Неабиякого значення адаптивна здатність відіграє у теперішній час, що пов'язано зі зміною клімату і як наслідок зумовлює погіршення вологозабезпечення на територіях, які до цього часу були досить сприятливими для вирощування кукурудзи [122].

Вирощування інтенсивних гібридів кукурудзи, які відзначаються високим рівнем урожайності та адаптивності дозволяє підвищити валове виробництво зерна та знизити рівень збиральної вологості, що визначає конкурентоспроможність технології вирощування. Особливо актуальності набуває проведення досліджень сучасних гібридів за їх адаптивною здатністю при вирощуванні у конкретних едафо-кліматичних умовах, що дозволяє максимально застосувати наявний генетичний потенціал і підвищити урожайність зерна гібридів кукурудзи [121].

Селекція кукурудзи спрямована, в першу чергу, на створення еколого-приспособлених гібридів з високим рівнем урожайності. Важливе значення у програмі селекційної роботи є створення гібридів кукурудзи, які у найбільшій мірі приспособлені до конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Цей напрям у селекційних програмах налічує велику кількість шляхів його реалізації. Встановлено, що загущення посівів до оптимального рівня сприяє підвищенню рівня урожайності, однак гібриди кукурудзи за таких умов формують один качан на рослині. Перспектива цього напрямку зумовлена збільшенням фотосинтетичного потенціалу посівів [20-22].

Важливим чинником технології вирощування, який впливає на рівень урожайності є відповідний добір груп стиглості гібридів кукурудзи. До переваг ранньостиглих гібридів належить швидке звільнення поля (короткий вегетаційний період), проте гібриди цієї групи стиглості не завжди окупувають урожаєм витрати на їх вирощування.

Вирощування гібридів тривалішого вегетаційного періоду знову ж таки, не використовує максимальний їхній потенціал, оскільки дефіцит опадів у другій половині вегетації відмічається досить часто. Крім того, вирощування гібридів тривалішого вегетаційного періоду потребує додаткових витрат на сушіння зерна, вологість якого у вересні та жовтні, переважно є вищою за 14 %.

Правильний добір гібридного складу забезпечує отримання стабільного врожаю зерна кукурудзи, завдяки максимальній реалізації генетичного потенціалу продуктивності [23].

Гібриди з коротшим вегетаційним періодом можна вирощувати за умов вищої густоти посіву, а гібриди тривалішого вегетаційного періоду потребують більшої площі живлення, враховуючи їх більш потужний розвиток.

Незважаючи на те, що сучасні гібриди за відновлення сприятливих умов можуть певним чином компенсувати негативні наслідки екстремальних умов вирощування гібридів різних груп стиглості дозволяє зменшити ці ризики.

За результатами державного сорто випробування сучасні гібриди ранньостиглої і середньоранньої груп стиглості здатні сформувати урожайність на рівні 8,5-9,5 т/га зерна, а середньостиглої групи – більше 10 т/га. Однак, поряд із вибором рівня урожайності необхідно врахувати різницю у цих гібридів за рівнем збиральної вологості зерна. Так як у ранньостиглої і середньоранньої групи вона нижчою на відміну від середньостиглої групи, яка у 1,5-2 рази вищою, а це в свою чергу вимагає проведення додаткових затрат, що суттєво зменшує економічну привабливість таких гібридів.

Зниження на 1 % вологи кожної тонни зерна потребує від 1,6 до 3,4 кг пального. Тобто, наприклад, за урожайності кукурудзи на рівні 5,0 т/га, на сушіння зерна за його збиральної вологості від 26 до 36 % до стандартної вологості (14 %) потрібно витратити від 90 до 170 кг пального. Отже, гібриди різних груп стиглості відрізняються за рівнем збиральної вологості зерна, яка може змінюватися від 15,9 до 25,9 %. Нижчий рівень збиральної вологості зерна відмічено у гібридів менш тривалого вегетаційного періоду, а гібриди більш тривалого вегетаційного періоду відзначалися вищими показниками за вологістю [123].

## **1.2. Густота рослин, як один із резервів реалізації потенціалу гібридів кукурудзи**

Забезпечення оптимальної кількості рослин на гектарі є запорукою ефективного використання родючості ґрунту. Тому цей технологічний прийом належить до одного із найважливіших питань у технології вирощування кукурудзи. Щільність посівів гібридів кукурудзи впливає на освітленість рослин, на ефективність використання елементів живлення, забезпеченість вологою, температурний режим ґрунту, що визначає ефективність роботи асиміляційного апарату, проходження процесів росту й розвитку, а також на формування рівня урожайності рослин [24].

Встановлено, що у початкові етапи росту й розвитку відмічається сповільнений ріст кукурудзи, враховуючи слабкий розвиток кореневої системи та незначне споживання вологи у цей період. Таким чином, вона практично не реагує на загушення або зрідження посівів, проте на пізніших етапах онтогенезу кількість рослин на одиниці площі значно впливає на проходження процесів росту й розвитку і як, наслідок на індивідуальну продуктивність та урожайність кукурудзи в цілому [25, 26].

Результатами досліджень отриманими у контрастних едафо-кліматичних зонах України встановлено, що формування оптимальної щільності рослин суттєво впливає на рівень урожайності гібридів кукурудзи. Тобто рослини за формування відповідної густоти рослин, яка відповідає їх потребам у забезпеченні факторами життя здатні реалізувати свій максимальний генетичний потенціал. Значення цього елементу технології в останній час значно підвищилася враховуючи зміни клімату, які відмічаються в останнє десятиріччя, загострюючи проблеми рівномірного випадання опадів, підвищення температурного режиму, відсутності опадів або їх значний дефіцит [27, 28].

Підвищення ефективності вирощування гібридів кукурудзи відмічається за забезпечення оптимальної її густоти. Мінливість густоти рослин у значній мірі визначає процеси росту й розвитку рослин, які залежать від кількості надходження і ефективного використання сонячної енергії, а також від використання наявної вологи [29, 30].

Формування оптимальної густоти рослин залежить від генетичних особливостей, тривалості вегетаційного періоду, умов вирощування та забезпечення елементами живлення і вологою [31].

Густота посівів кукурудзи залежить від показників забезпеченості ґрунту поживними елементами та забезпеченості вологою. Отримання максимальної урожайності забезпечується формуванням оптимальної густоти посіву рослин, так як розрідження і загушення посівів сприяють зниженню рівня урожайності.

Щорічне внесення до Державного реєстру сортів рослин України нових гібридів кукурудзи, які є не рівнозначними за тривалістю вегетаційного періоду, лінійними промірами висоти рослин, площею асиміляційної поверхні листків, реакцією на надходження фотосинтетичної активної радіації, стійкістю до посухи, забезпеченістю елементами живлення, визначило необхідність впровадження сортової технології вирощування кукурудзи, де приділяється важлива роль у встановленні оптимальної густоти рослин [32, 33].

Необхідно відмітити передзбиральну густоту посівів, де цей показник формується на час проведення збиральних робіт, проте необхідно врахувати максимально можливі втрати рослин впродовж вегетаційного періоду, з урахуванням показників польової схожості з поправкою на норму висіву [23].

На встановлення оптимальної густоти рослин впливає цілий ряд чинників, до яких належить агрофон їх вирощування, наявність достатньої кількості вологи, а також морфобіологічні особливості гібридів кукурудзи, як наприклад, їх група стиглості, зокрема ранньостиглі висіваються із вищою густрою порівняно із гібридами тривалішого вегетаційного періоду [34].

Не встановлено значного впливу густоти рослин на тривалість вегетаційного та міжфазних періодів у гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного [35, 36].

Зростання щільності посівів рослин кукурудзи забезпечує підвищення лінійного росту рослин та висоти прикріплення качана, відповідно [37-39].

Забезпечення оптимальної густоти рослин гібридів кукурудзи сприяє проходженню процесу фотосинтезу завдяки добрій освітленості посівів і забезпеченні сприятливого мікроклімату рослин. Відмічено, що загущення посівів сприяло зростанню площі асиміляційної поверхні, підвищенню продуктивності фотосинтезу та накопиченню сухої речовини посівами рослин кукурудзи [40].

Найбільші значення площі листкової поверхні відмічено на розріджених посівах рослин кукурудзи, проте загушення посівів підвищувало показники фотосинтетичного потенціалу рослин, відповідно [41].

За результатами досліджень встановлено, що загушення посівів призводило до зниження індивідуальної продуктивності рослин гібридів кукурудзи з наростаючим ефектом від гібридів ранньостиглої групи до гібридів середньостиглої групи, а також збільшення густоти рослин зумовлювало зменшення індексу урожайності гібридів кукурудзи [42].

Не встановлено суттєвого впливу густоти рослин на рівень збиральної вологості зерна та вихід зерна із качана гібридів кукурудзи, однак розрідження посівів призводило до підвищення індивідуальної зернової продуктивності [43].

Як зростання, так і зниження густоти рослин негативно впливає на рівень урожайності зерна кукурудзи [44].

Результати досліджень науковців стверджують, що найвищі елементи структури зернової продуктивності гібридів кукурудзи відмічено за розріджених посівів (40 тис./га), проте найвищий рівень урожайності гібридів кукурудзи відмічено за підвищення густоти рослин до 60 тис./га [45].

Густота рослин належить до важливого агротехнологічного заходу, яка значною мірою впливає на рівень урожайності та якість врожаю гібридів кукурудзи. Максимальний рівень врожайності відмічається у рослин з високою індивідуальною продуктивністю за граничної допустимої їх щільності у конкретних едафо-кліматичних умовах [46].

Рівень урожайності залежить від густоти рослин [47-49]. Який визначається конкуренцією за життєві фактори між рослинами. Існує висока ймовірність того, що рослина, яка розташована на відповідній ділянці отримує елементи живлення лише з певної відстані і ця дистанція може бути більшою, порівняно із розміром фактичної рослини яка займає площу на поверхні, так і в ґрунті [50].

Встановлено особливості розвитку кореневої системи рослин по їх радіусу за одночасного максимального проникнення їх у глибину за різної густоти рослин, тобто відмічається зниження інтенсивності розвитку кореневої системи рослин на їх загущених посівах, також наголошується на зниження стійкості рослин до вилягання завдяки зменшенню товщини стебла за збільшення густоти рослин, порівняно з їх оптимальною кількістю [51, 52]

Експериментальними дослідженнями науковців встановлено необхідність проведення диференційованого підходу щодо вибору щільності посівів. Зокрема, відмічається, що ранньостиглі гібриди оптимально реагують на загущення посівів до 90 тис. шт./га, проте для середньостиглих – оптимальною є густота, яка не перевищує 70 тис./га [53-55].

За результатами досліджень встановлено, що оптимальною густотою рослин для реалізації максимального рівня урожайності гібридів кукурудзи є для ранньостиглої групи – 65-70 тис./га, середньоранньої групи – 55-60 тис./га, середньостиглої групи – 45-50 тис./га [56].

Підвищення густоти рослин суттєво впливає на процеси росту й розвитку рослин гібридів кукурудзи. Загущення посівів призводить в умовах богари до запізнення цвітіння і дозрівання. Окрім того, ряд науковців стверджує, що збільшення густоти рослин сприяє скороченню тривалості вегетаційного періоду [54, 55].

У той же час відмічається зниження параметрів збиральної вологості за оптимальної густоти рослин, що сприятиме зниженню витрат на його сушіння [56].

Загущення посівів до 85-90 тис.шт./га прискорювало настання фаз росту й розвитку, що в кінцевому рахунку сприяло скороченню тривалості вегетаційного періоду. Однак основним у сучасній технології вирощування гібридів кукурудзи є не індивідуальна продуктивність рослин або її площа листової поверхні, а насамперед рівень урожайності та якість зерна.

Тому для досягнення високого рівня урожайності гібридів кукурудзи є вирощування кукурудзи за густоти рослин – 70-90 тис.шт./га.

За результатами досліджень встановлено що збільшення густоти рослин від 40 до 60 тис.шт./га у гібриду кукурудзи W64УС у посушливі роки призводило до зниження рівня урожайності зерна внаслідок зниження озерненості в качанах, низькою масою 1000 зерен, значною кількістю безплідних рослин, а за оптимального вологозабезпечення відмічено позитивний вплив на рівень урожайності найвищої густоти рослин – 60 тис.шт./га [57].

Поряд із цим встановлено, що отримання максимального рівня урожайності відмічено за встановлення оптимальної густоти рослин, яка для середньостиглих гібридів становила 60 тис./га, для середньораннього – 70 тис./га, відповідно.

Зростання густоти рослин порівняно із оптимальною кількістю призводить до зниження значень індивідуальної продуктивності, це потребує встановлення рекомендованої густоти рослин для відповідних ґрунтово-кліматичних умов у гібридів кукурудзи різних груп стиглості [58].

Оптимальна густота рослин сприяє формуванню відповідного співвідношення між площею асиміляційної поверхні та використанням фотосинтетичної активної радіації (ФАР). За надмірної густоти рослин площа асиміляційної поверхні рослин є меншою, що пов'язано із конкуренцією за фактори життя, проте асиміляційна поверхня на одиницю площі підвищується [59-61].

Загущення посівів зумовлює взаємозатінення рослин і як наслідок до прискореного старіння листків [62]. Ефектоїдне розміщення листків у рослин більш пристосоване до цих умов [63] і ,навпаки, зниження щільності посівів призводить до підвищення площі асиміляційної поверхні рослин, однак сприяє зменшенні загальної фотосинтетичної поверхні рослин та до зниження надходження фотосинтетичної активної радіації та урожайності таких посівів кукурудзи [64].

Також проводиться селекційна робота на підвищення стійкості рослин до високої густоти рослин, враховуючи його перспективність, проте у селекції кукурудзи цього напрямку є певні труднощі, враховуючи формування лише одного качана за підвищення густоти рослин порівняно із оптимальною їх кількістю, коли формується два і більше качанів. Окрім того, у таких посівів відмічається збільшення фотосинтетичного потенціалу. [20-22].

Науковці розраховують, що збільшення густоти рослин для ранньостиглих гібридів сприятиме зростанню рівня їх урожайності, враховуючи нижчу їх індивідуальну зернову продуктивність порівняно із гібридами тривалішого вегетаційного періоду. В останніх менша індивідуальна продуктивність проти пізньостиглих [65-67].

За результатами досліджень ряду науковців реакція гібридів різних груп стиглості на загушення є неоднаковою, зокрема встановлено, що гібриди ранньостиглої групи не значною мірою знижують рівень урожайності на загущених посівах, порівняно із гібридами середньоранньої групи, реакція яких є більш суттєвою порівняно із гібридами ранньостиглої групи, середньостиглі гібриди ще більш негативно реагують на збільшення густоти рослин порівняно із гібридами середньоранньої групи стиглості. Тобто гібриди кукурудзи, які відзначаються тривалішим вегетаційним періодом більш інтенсивно знижують індивідуальну зернову продуктивність за загушення посівів порівняно із їх оптимальною кількістю [66].

Підвищення густоти рослин у гібридів кукурудзи пов'язано з еректоїдним розташуванням листків на рослині, яке забезпечує покращення використання сонячної енергії, а також безпосередньо такі посіви витримують вищу густоту рослин, що дозволяє збільшити густоту рослин до 100 тис./га за зрошення [66-68].

Густота рослин залежить також від забезпечення рослин макро- і мікроелементами. Відмічається, що загушення посівів призводить до підвищення агрохімічного навантаження рослин кукурудзи, а це в свою

чергу призводить до зниження показників фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності рослин [69].

Загущення посівів може негативно діяти на рослини, що в кінцевому рахунку може призвести до зниження урожайності. Це пов'язано із конкуренцією рослин за фактори життя [70].

Розрідженість посівів є причиною зниження врожайності і зниження ефективності використання чинників навколишнього середовища [71].

Забезпечення оптимальної щільності посівів рослин кукурудзи за одночасного внесенням мінеральних добрив забезпечує зростання рівня урожайності гібридів різних груп стиглості [72].

Відмічено значене зниження запасів продуктивної вологи в ґрунті, зокрема, на час утворення качанів, а це в свою чергу призводить за підвищеної густоти рослин до сповільнення проходження процесів росту й розвитку, зниження інтенсивності процесу фотосинтезу, і, як наслідок до зменшення рівня урожайності. Вирощування ж кукурудзи за її високого агрофону зумовлює більш економне використання вологи. Отже, збільшення норм внесення мінеральних добрив за достатньої вологозабезпеченості посівів збільшується ефективність застосування підвищених густот рослин. Ряд вчених встановили таку залежність, що урожайність гібридів кукурудзи на 60% залежить від технології її вирощування, а інтенсивність ростових процесів залежить від щільності посівів. Це пов'язано насамперед з ґрунтово-кліматичними умовами, агротехнікою вирощування, а також з біологічними та морфологічними ознаками культури [73].

Цілий ряд іноземних науковців стверджують, що необхідно вирощувати гібриди кукурудзи за густоти рослин 70-100 тис./га за оптимального забезпечення вологою (в умовах зрошення) та достатнього забезпечення елементами живлення, що сприяє отриманню індексу листової поверхні 5,5 та значному приросту сухої речовини [74].

### 1.3. Добрива, як вагомий чинник урожайності зерна кукурудзи

Враховуючи зміни клімату, які ми спостерігаємо в останні десятиріччя відмічається стійке потепління та зменшення кількості опадів, що сприяє зростанню посушливості. Тому зона Лісостепу належить до основної зони виробництва зерна кукурудзи, окрім того, відмічається найвищі врожаї кукурудзи у зоні Полісся. Це в свою чергу зумовлює необхідність у проведенні розробки та освоєнні зональних технологій вирощування зернової кукурудзи із високою стійкістю до несприятливих абіотичних і біотичних умов, ефективною роботою фотосинтетичного апарату із максимальним використанням едафо-кліматичних та виробничих ресурсів, відповідно [75].

Встановлено, що рівень урожайності гібридів кукурудзи обумовлена дією та взаємодією значної кількості ґрунтово-кліматичних умов та технологічних прийомів її вирощування, наявною кількістю доступної вологи елементів живлення у ґрунті, густоти рослин [76].

Вирішення цього важливого завдання потребує врахування оптимізації застосування комплексу технологічних прийомів вирощування кукурудзи, до яких належить гібрид кукурудзи, густота рослин, внесення макро- і мікроелементів, засобів захисту від шкочинних організмів.

Правильно застосована система живлення кукурудзи є важливою умовою економічної ефективності використання добрив із урахуванням загальних потреб у елементах живлення для досягнення запланованого урожаю, забезпечення вимог у окремих елементах у критичні періоди росту й розвитку рослин кукурудзи, а також від особливостей едафо-кліматичних умов, технології вирощування культури [77].

На формування 1 т зерна з такою ж кількістю вегетативної маси рослини кукурудзи потребують 15-30 кг азоту, 10-14 кг фосфору, 25-35 кг калію, по 6-10 кг магнію та кальцію, 3-4 кг сірки, 11 г бору, 14 г міді, 110 г марганцю, 0,9 г молібдену, 85 г цинку, 200 г заліза [78].

Удобрення посівів кукурудзи належить до найефективнішого заходу регулювання рівня урожайності гібридів кукурудзи в усіх зонах її вирощування. Внесення мінеральних макро- та мікродобрих за необхідної їх кількості, проведення сидерації посівів, застосування побічної продукції попередньої культури сприятиме підвищенню фотосинтетичної діяльності рослин у посівах [79, 80].

Необхідно відмітити, що ефективність застосування добрив має значну залежність від вологозабезпеченості. Це потребує сконцентрувати проведення заходів на збереження і накопичення вологи. У той же час, добрива – забезпечують створення більш сприятливих умов для ефективнішого використання рослинами вологи [26].

Результатами досліджень науковців встановлено, що недостатня кількість одного із поживних елементів сприяє зниженню лінійного росту рослин, порушуються вегетативний і генеративний розвиток, відмічається погіршення розвитку зерна [81].

Науковцями встановлено, що рослини кукурудзи потребують елементів живлення з ґрунту впродовж усього вегетаційного періоду. Поглинання поживних елементів до утворення 4-6 листків відбувається дуже повільно, а потім значно пришвидшується до фази воскової стиглості. У фазу 3-5 листків відбувається формування генеративних органів рослини, а саме кількості качанів на рослині, а також кількості рядів зерен. Рослини у цей період ростуть досить повільно, а коренева система є слаборозвиненою, тому для створення оптимальних умов росту потрібно забезпечити у достатній кількості рослини такими важливими елементами, як фосфор, цинк, бор та магній. Починаючи з фази 7-8 листків значно підвищується інтенсивність росту рослин кукурудзи, тому проведення підживлення у вказаний період покращує озерненість качанів і якість зерна. У цей період підвищується необхідність у таких мікроелементах, як цинк, магній, бор і мідь. Найбільш критичним по забезпеченні рослин елементами живлення є період утворення і викидання волоті [82-84].

Отже, рослини кукурудзи потребують забезпечення макро- і мікроелементами у період між утворенням 4-6 листків і викиданням волоті.

Однак, встановлено, що у період інтенсивного росту кукурудзи, який розпочинається від викидання волотей і триває до початку цвітіння, рослини кукурудзи потребують близько половини елементів живлення, а до фази молочної стиглості зерна ця кількість зростає до 90 % від загальної потреби [85, 86].

Азот чинить найбільший вплив на урожайність кукурудзи, він входить до складу білкових речовин та інших сполук. Внесення азотних добрив дозволяє підвищити рівень урожайності та якість зерна. За достатнього забезпечення N покращується засвоєння рослинами P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mg і Zn. Азот сприяє утворенню білкових речовин, забезпечує ріст рослин та призупиняє біологічному старінню рослин [87-89].

Азот відіграє важливе значення на початкових етапах росту і розвитку рослин. За його дефіциту сповільнюється ріст і розвиток. Найбільше рослини потребують азоту впродовж 2-3 тижнів перед цвітінням волоті. Зменшення потреби у азоті рослинами відмічається на початку молочно-воскової стиглості зерна.

Рослини кукурудзи позитивно реагують за проведення удобрення карбамідом, або суміші карбаміду і аміачної селітри у співвідношенні 1 : 1. Це дозволяє більш ефективно використовувати елементи живлення з добрив. Нітратний азот є найбільш доступним для рослин тому він засвоюється в першу чергу. Амонійний азот накопичується в орному шарі і пізніше використовується, оскільки він має перетворитися у нітратну форму. Амідна форма використовується рослинами найпізніше, так як вона спершу перетворюється в амонійну форму, а потім у нітратну [90].

Окрім того, на ґрунтах із лужною реакцією ґрунтового розчину краще вбирається амонійна форма, а на ґрунтах з кислою реакцією ґрунтового розчину – краще вбирається рослинами нітратна форма.

Найбільш небезпечним є дефіцит азоту, що може призвести до зниження рівня урожайності на 20-30 %, а іноді і більше, також ці умови знижують якість зерна [91].

У результаті досліджень встановлено, що збільшення дози азотних добрив від  $N_{120}$  до  $N_{180}$  забезпечувало зростання рівня урожайності зерна кукурудзи на 19,5 % [92].

Встановлено також доцільність проведення двохразового прикореневого підживлення по  $N_{45}$ , яке забезпечувало підвищення рівня урожайності залежно від гібрида на 34,0-35,3 % [93].

Внесення азотних добрив в умовах Півдня України забезпечує істотне зростання площі асиміляційної поверхні рослин та покращення роботи фотосинтетичного апарату рослин у гібридів кукурудзи [94].

Результатами досліджень закордонних вчених встановлено, що найвищий рівень урожайності відмічено при внесенні  $N_{100-140}$ , незалежно від строків їх внесення, як під основний обробіток ґрунту, так і передпосівну культивуацію, [95].

Встановлено, що найбільшу площу листкової поверхні було відмічено на варіанті досліджень, де було проведено підживлення у фазі 10 листків карбамідом 5 %-м розчином та сульфатом магнію 5%-м розчином на всіх рівнях удобрення. Найвищу площу листкової поверхні відмічено на варіанті, де було проведено внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{160}P_{80}K_{140}$  та проведено підживлення у фазі 10 листків мікродобривами, карбамідом та сульфатом магнію. Також на цьому варіанті відмічена найвища чиста продуктивність фотосинтезу [96].

Фосфор входить в склад організмів і ядра клітин, бере участь в ключових функціях рослинного організму. Дефіцит фосфору погіршує розвиток кореневої системи та розвиток генеративних органів. Потреба рослин у фосфорі є меншою порівняно із азотом, особливо є необхідність у цьому макроелементі у період закладання чоловічих і жіночих суцвіть (фаза 4-6 листків). Дефіцит фосфору у цей період погіршує розвиток качана та

сприяє формуванню неправильних рядів зерен. За достатньої кількості фосфору покращується розвиток кореневої системи, підвищується стійкість до посухи, прискорюється, як формування качанів, так і дозрівання зерна. Фосфор у рослині є досить рухливим, він переміщується до молодих органів рослин, і як наслідок симптоми дефіциту відмічаються на старих листках. Внесення фосфору під кукурудзу можна проводити у рядки під час сівби, на 5 см в сторону від рядка або на 5 см нижче одночасно із проведенням сівби, а також під час підживлення (рідкі форми).

Необхідно відмітити, що недостатня кількість фосфору на ранніх етапах росту й розвитку рослин кукурудзи не компенсується у повній мірі за внесення його у більш пізні строки [97].

Подібно фосфору, калій рослина використовує для повноцінного формування кореневої системи, яка визначає послідує забезпечення рослини усіма елементами живлення. Калій рослина найбільше потребує від фази проростання насіння до закінчення цвітіння. За дефіциту калію відмічається повільний ріст, а рослини зменшують висоту, унаслідок вкорочення міжвузль, зменшується кількість цукрів, амінокислот, крохмалю, знижується імунітет рослин, вони більше піддаються впливу несприятливих умов навколишнього середовища і ураження хворобами. За дефіциту калію в рослинах затримується цвітіння жіночих і чоловічих суцвіть, утворюється незначна кількість пилку і запилення квіток проходить не якісно [98]. Калій відіграє важливу роль у процесі фотосинтезу рослин. Калій приймає участь у транспортуванні і поглинанні елементів живлення тому він впливає на якість врожаю [99, 100].

Відмічено значну вимогливість рослин кукурудзи у забезпеченості рослин кальцієм від фази проростання насіння до фази цвітіння рослин. Значення цього елемента є надзвичайно важливим у формуванні біометричних показників рослин. За дефіциту кальцію кукурудза є низькорослою, молоді рослини відстають у рості [100].

Рослини кукурудзи проявляють високу чутливість до дефіциту кальцію, який забезпечує нейтралізацію органічних кислот, які утворюються в тканинах. Кукурудза добре росте за рН від 5,6 до рН – 7,5, проте зниження реакції ґрунтового розчину до рН 5,0-5,5 призводить до зменшення рівня урожайності, а втрати врожаю можуть сягати 30 % за зниження рН менше 5,0 [101]. Зростання рівня рН з 5,0 до 5,5 забезпечувало збільшення рівня урожайності кукурудзи до 2,5 т/га. Відмічається вищий позитивний вплив кальцію на ґрунтах з підвищеною кислотністю ґрунту на фоні високих доз внесення мінеральних добрив [90, 102, 103].

Магній приймає участь у проходженні фізіологічних процесів фотосинтезу, він міститься у складі хлорофілу, пектинових речовин, а також фітину, магній приймає участь у окисно-відновних реакціях, прискорює проходження багатьох ферментативних процесів входить до складу хлорофілу, фітину, пектинових речовин. Дефіцит магнію сповільнює, а подекуди призупиняє утворення азотовмісних сполук. Проведення удобрення магнієвими добривами підвищує рівень урожайності у середньому на 8,5 % [104].

Сірка входить до складу незамінного елемента амінокислоти метіоніну. За дефіциту сірки молоді листки кукурудзи набувають світлішого забарвлення, а іноді жовтіють. Відмічається сповільнення росту рослин, і висоти стебла. Виповненість качанів зерном знижується. За достатнього рівня сірки покращується використання азоту [105, 106].

Рослини кукурудзи потребують сірку впродовж всього вегетаційного періоду. Зерно кукурудзи містить більше 50 % поглинутої рослинами сірки [107].

Результатами наукових досліджень встановлено позитивну кореляційну залежність між нагромадженням органічної речовини кукурудзою та споживанням елементів живлення з ґрунту. Відмічається накопичення азоту і фосфору триває до дозрівання зерна кукурудзи, а калію до молочно-воскової стиглості. Рослини найбільше потребують азоту і калію у період формування

листокостеблової маси рослин, а фосфору відповідно під час цвітіння та формування генеративних органів [69, 70].

У листках кукурудзи припиняється засвоєння елементів живлення і накопичення сухої речовини у фазу молочно-воскової стиглості зерна, а у стеблах – у період формування зерна. Тому, для формування зерна рослини кукурудзи реутилізовано використовують елементи живлення, які були засвоєні рослинами раніше. Таким способом, рослини використовують азоту – 59 %, фосфору – 36,2 %, калію – 81,5 % [108].

Відмічається сповільнений ріст кукурудзи впродовж перших двох місяців, що потребує забезпечення рослин поживними елементами, які є у наявності у верхньому шарі ґрунту. На пізніших фазах росту й розвитку рослина може використовувати поживні елементи із шару ґрунту до 1,5 м, враховуючи більший розвиток кореневої системи.

Кукурудза потребує великої кількості елементів живлення. До основного завдання у технології вирощування кукурудзи належить забезпечення рослин поживними елементами та досягнення синергетичної взаємодії за внесення цих елементів впродовж вегетації. Тому необхідно раціонально поєднувати різні форми внесення добрив, враховуючи можливу протидію одного елемента – іншому, так званий антагонізм.

Родючість ґрунту впливає на норму внесення добрив під запланований урожай. Встановлено, що забезпечення урожайності кукурудзи на зерно на рівні 6,0-7,0 т/га у зоні Лісостепу рекомендована норма добрив складає  $N_{90-120}P_{60-90}K_{90-100}$  [109, 110].

За результатами досліджень науковців встановлено, що у зоні Лісостепу проведення удобрення у нормі  $N_{120}P_{90}K_{90}$  підвищило врожайність кукурудзи на 30-38 % порівняно з контрольним варіантом [27].

Для кожних локальних масивів необхідно проводити визначення внесення необхідних норм мінеральних добрив на запланований урожай кукурудзи із врахуванням наявності доступної кількості сполук азоту, фосфору та калію в ґрунті та коефіцієнту їх використання, кількості

використаних добрив у рік їх внесення [111].

Поряд із перерахованими макроелементами рослини кукурудзи для їх повноцінного проходження процесів росту й розвитку потребують і мікроелементи, які підвищують активність ферментів, а вони прискорюють проходження хімічних процесів у рослинах, підвищують стійкість рослин до несприятливих умов середовища [112].

Кукурудза вбирає макро- і мікроелементи впродовж вегетаційного періоду з різною інтенсивністю. Для кукурудзи із мікроелементів найбільш важливими є: цинк, залізо, марганець, бор, мідь [113].

Мікроелементи приймають участь у цвітінні жіночих і чоловічих суцвіть, у формуванні зерна, повторного використання елементів живлення з вегетативних органів у генеративні. Підвищують стійкість до несприятливих абіотичних умов.

Кукурудза порівняно з іншими зерновими культурами, більше потребує елементів живлення з ґрунту і ефективніше засвоює мікроелементи [114].

Цинк є найбільш необхідним мікроелементом для кукурудзи. Недостатня кількість цинку відмічається у ґрунтах з кислою реакцією рН середовища, дефіцит цього елемента зумовлює затримку росту рослин, погіршення процесу фотосинтезу, і може спричинити відсутність качана на рослині [115]. Підвищені норми внесення фосфорних добрив посилюють дефіцит цинку.

Дефіцит бору негативно проявляється на процесах росту і розвитку рослин, що сприяє вкороченні міжвузля та пустозерності качанів [5]. Внесення високих норм азотних і фосфорних добрив за теплої і сухої погоди спричиняє дефіцит міді.

Проведення позакореневого підживлення у фазу 8-10 листків сприяє забезпеченню рослин кукурудзи цинком, бором, міддю і залізом [116].

Наявність достатньої кількості мікроелементів у ґрунті не завжди є доступною для рослин, зокрема за підвищеної кислотності ґрунту є недоступним  $Mn$ , на ґрунтах із лужною реакцією ґрунтового розчину

недоступними є Mn і Zn, за умов посухи або великої кількості опадів недоступним стає В [79].

Беззаперечно до найефективнішого способу основного удобрення сільськогосподарських рослин належить унесення добрив у ґрунт. За проведення позакореневого підживлення швидкість і відсоток засвоєння елементів живлення із добрив є значно нижчим.

Рослини засвоюють за допомогою листків значно меншу кількість елементів живлення. Також застосовують передпосівну обробку насіння мікродобривами [117, 118].

Листкове удобрення проводиться у випадку порушення функціонування кореневої системи, для підвищення стійкості рослин до стресів (висока або низька температура, надлишок вологи або дефіцит опадів), у критичні фази росту рослин, коли є максимальна необхідність у забезпеченні елементами живлення, для покращення росту рослин, покращення, як якісних так і кількісних показників врожаю.

Встановлено вплив гідротермічних умов на ефективність проведення листкового удобрення. Найвищий рівень урожайності зерна кукурудзи було отримано за проведення дворазового підживлення Моноцинк + Біомаг + Вимпел у фазу 5-7 та 10-12 листків - 8,18 т/га. Приріст урожайності залежно листкового удобрення та групи стиглості гібрида змінюється від 0,72-1,50 т/га.

Застосування листкового удобрення Рексоліном забезпечувало зростання рівня урожайності до 8,0 % порівняно із варіантом без застосування гербіцидів, а обробка рослин Рексоліном сумісно із гербіцидом Базис 75 (20 г/га) забезпечувала підвищення рівня урожайності на 35,8 %, відповідно [119].

За результатами досліджень проведення листкового удобрення мікродобривом Мікро-Мінераліс у фазі 3-5 листків забезпечувало підвищення рівня урожайності на 0,41 т/га [120].

#### 1.4. Елементи сучасного точного землеробства

Агропромисловий сектор сьогодні активно трансформується під впливом новітніх технологічних рішень, спрямованих на підвищення врожайності та покращення якості продукції. Кукурудза займає особливе місце серед стратегічно важливих культур – як у контексті продовольчої безпеки, так і у виробництві кормової бази. Постійне зростання попиту на цю культуру змушує аграріїв шукати більш досконалі підходи до обробітку ґрунту задля нарощування обсягів і якості виробництва [124].

Ключовим викликом для сільгоспвиробників залишається стабільне отримання продукції, що відповідає сучасним стандартам якості. Впровадження інноваційних агротехнологій дозволяє оптимізувати весь виробничий цикл – від посіву до збору врожаю, – скорочуючи витрати і підвищуючи загальну ефективність господарювання. Конкуренентоздатність вітчизняного аграрного сектору безпосередньо залежить від готовності впроваджувати прогресивні технічні рішення [125].

Прагнення до раціоналізації землеробства стало поштовхом для впровадження космічних інформаційних систем – зокрема «Rapid Eye», CORINE Land Cover та GPS. Ці інструменти забезпечують дистанційний моніторинг стану посівів і дозволяють точно розраховувати потреби у добривах та засобах захисту рослин відповідно до реальних умов. Результатом є не лише скорочення виробничих витрат, а й зменшення навантаження на навколишнє середовище [126].

Логічним продовженням цього напрямку стали системи точного землеробства. Їхня концепція базується на визнанні просторової неоднорідності характеристик поля. Для виявлення та аналізу таких відмінностей застосовують GPS-технології, спеціалізовані датчики, аерознімки та супутникові зображення. Отримані дані опрацьовуються за допомогою геоінформаційних систем і агроменеджерських програм, що дає змогу планувати сівбу, визначати диференційовані норми добрив і засобів

захисту рослин, точніше прогнозувати врожайність і вести фінансове планування. При цьому обов'язково враховуються локальні особливості ґрунту та мікрокліматичні умови, що в окремих випадках допомагає своєчасно виявляти осередки хвороб [127].

Головна мета точного землеробства – отримати з кожної ділянки поля максимально можливий обсяг якісної та економічно доступної продукції, забезпечуючи при цьому рівні умови розвитку для всіх рослин і не порушуючи екологічних норм. Оскільки характеристики ґрунту в межах одного поля суттєво варіюються, для їх виявлення й аналізу залучаються сучасні технологічні інструменти [128].

Практичний ефект від впровадження точного землеробства виходить за межі простого зростання врожайності. Рациональне використання добрив і гербіцидів знижує собівартість виробництва і водночас підвищує екологічну чистоту як рослинницької, так і тваринницької продукції, що зрештою відповідає інтересам кінцевого споживача [129].

Точне землеробство дозволяє перейти від уніфікованого до індивідуалізованого підходу в обробітку ґрунту – з урахуванням специфіки кожної конкретної ділянки. Сучасні моніторингові та автоматизовані системи надають аграріям детальну інформацію про стан ґрунту і посівів, що створює підґрунтя для виважених управлінських рішень щодо покращення якості та кількості врожаю [130].

У науковій літературі точне землеробство визначається як тип сільськогосподарського виробництва, у якому зростає кількість обґрунтованих рішень на одиницю площі за одиницю часу з відповідним економічним результатом. Це поняття тісно пов'язане з концепцією програмування врожаю – науково обґрунтованим плануванням досягнення заданого рівня продуктивності з урахуванням потреб рослин.

Економічна результативність точного землеробства значною мірою визначається швидкістю та точністю вимірювання параметрів агроценозу. Частота просторових і часових замірів залежить від динамічності

конкретного показника. Це зумовлює потребу в розробці спеціалізованих засобів автоматизованого збору й аналізу даних із прив'язкою до глобальної системи позиціювання (ГСП). Саме поєднання ідей програмування врожаю з можливостями ГСП відкрило шлях до переходу від традиційних технологій до точного землеробства, яке дозволяє управляти агроєкосистемою з урахуванням локальної мінливості ґрунту та посіву. ГСП забезпечує визначення координат сільськогосподарської техніки в режимі реального часу, включаючи її місцезнаходження та швидкість переміщення.

У рослинництві дедалі ширше застосовуються роботизовані системи для вирощування польових культур. Під таким поняттям розуміють сукупність інформаційно-сенсорних, механічних і керуючих пристроїв, які спільно виконують задані технологічні процеси. Це комплекс технологічного та транспортного обладнання разом із промисловими роботами, що здійснюють як основні, так і допоміжні операції в умовах автоматизованого виробництва [131].

Американський національний науковий фонд у рамках програми досліджень у галузі робототехніки характеризує її як інтелект, реалізований у штучній конструкції, здатній обробляти інформацію, сприймати навколишнє середовище, планувати дії та переміщатися в ньому або суттєво його змінювати [132].

Роботизовані системи в аграрному секторі призначені насамперед для самостійного збору даних про стан посівів і навколишнє середовище, а також для виконання широкого спектру операцій – від закладання насіння в ґрунт до фінального збирання врожаю [133].

Сфера застосування таких систем у рослинництві охоплює як польовий моніторинг, так і безпосереднє агровиробництво. Серед типових операцій – сівба, внесення добрив, точне обприскування, спостереження за станом культур, знищення бур'янів і збирання врожаю. Варто зазначити, що один роботизований комплекс може поєднувати кілька з цих функцій одночасно. Найбільшою функціональною універсальністю вирізняються агродрони та

автономні трактори [134].

Розвиток безпілотної сільськогосподарської техніки значною мірою зумовлений запитами точного землеробства. Якщо спочатку дрони застосовувалися виключно для огляду посівів, то сьогодні їхні можливості суттєво розширилися: від внесення пестицидів і добрив до комплексного контролю за великими площами угідь. Оснащені камерами та сенсорами на основі штучного інтелекту, ці апарати забезпечують панорамний огляд полів, дозволяючи фермерам приймати оперативні рішення, раціонально розподіляти ресурси й підвищувати продуктивність виробництва. Зокрема, точне обприскування за допомогою агродронів дає змогу помітно скоротити витрати на агрохімікати. Детальні знімки полів дозволяють відстежувати динаміку росту культур, своєчасно виявляти відхилення від норми, діагностувати хвороби та розробляти цільові заходи для максимізації врожайності [135].

Паралельно активно розвивається ринок роботизованої наземної техніки. Сучасні автономні трактори інтегрують GPS-навігацію, систему датчиків і алгоритми штучного інтелекту, що дозволяє їм самостійно працювати в полі. Вони здатні виконувати оранку, сівбу, внесення добрив і засобів захисту рослин без постійної участі оператора, рухаючись як за наперед заданими маршрутами, так і коригуючи траєкторію в режимі реального часу [136].

Сучасні дослідження переконливо демонструють значний трансформаційний вплив безпілотних літальних апаратів на аграрне виробництво. Доведено, що дрони здатні суттєво підвищити продуктивність галузі завдяки точному спостереженню за посівами, цільовому внесенню ресурсів і збору детальних даних із високою роздільною здатністю. Це відкриває можливості для раціонального використання виробничих ресурсів, зниження екологічного навантаження від аграрної діяльності та зміцнення стійкості сільськогосподарських систем в умовах кліматичних змін [137, 138].

Сфера застосування дронів у землеробстві постійно розширюється. Багатоспектральна зйомка за допомогою БПЛА довела свою ефективність у точному землеробстві – насамперед для раннього виявлення стресових станів культур, картування здоров'я рослин та оптимізації управління ресурсами.

Дистанційне зондування в сільському господарстві ґрунтується на принципі взаємодії електромагнітного випромінювання з ґрунтом і рослинним покривом. Це безконтактний метод вимірювання випромінювання, яке відбивається або генерується сільськогосподарськими угіддями. Носіями вимірювальних систем слугують супутники, літаки, трактори та портативні сенсори. Окрім відбиття та поглинання, листя рослин може вивільняти енергію через флуоресценцію або теплову емісію. Термічне дистанційне зондування дозволяє виявляти водний стрес посівів, аналізуючи зміни температури листя відносно температури повітря та інтенсивності випаровування [137, 138].

Прогрес у супутниковому дистанційному зондуванні для потреб точного землеробства є очевидним. Просторова роздільна здатність знімальних систем зросла з 80 метрів у Landsat до кількох сантиметрів у GeoEye та WorldView. Частота отримання знімків скоротилася з 18 днів до одного, а кількість доступних спектральних каналів збільшилася з чотирьох до восьми і більше. Гіперспектральні системи, зокрема Hyperion на супутнику EO-1 NASA, формують знімки зі спектральним діапазоном від 400 до 2500 нм із кроком 10 нм [139].

БПЛА дозволяють виявляти локальні проблеми на окремих ділянках поля – нестачу добрив, патологічні зміни рослин чи інші відхилення. Відеоспостереження в реальному часі з висот від кількох метрів до сотень метрів із одночасною фото- та відеофіксацією дає змогу оперативно отримувати й обробляти інформацію для подальшого практичного використання. Паралельно набувають поширення наземні сенсорні системи для безперервного моніторингу характеристик рослин і ґрунту – вмісту азоту, водного стресу, органічної речовини та вологості. Зокрема, компанія

Fritzmeier розробила оптичні азотні датчики ISARIA та MiniVeg-N. Останній поєднує фотоелектронний сенсор із лазерними технологіями для точного вимірювання вмісту азоту, біомаси та прогнозування врожайності. Принцип його роботи базується на лазерній флуоресценції, що забезпечує стабільну роботу за будь-яких погодних умов, у будь-який час доби й пору року, а також дозволяє діагностувати захворювання листового апарату рослин [139].

Датчик YARA N – широко відома система оптичного контролю норм азотного живлення. Він вимірює густоту стеблостою та концентрацію хлорофілу в листках, використовуючи природне сонячне світло як джерело випромінювання. Прилад розкладає світловий потік на 256 спектральних діапазонів і зіставляє їх із відбиттям від рослин. Багаторічні польові дослідження з озимими зерновими підтвердили: застосування YARA N підвищує вміст сирого протеїну в озимій пшениці на 0,2-0,5 %, збільшує врожайність на 3-7 % та дозволяє скоротити витрати азотних добрив на 10-15 % [139].

Порівняно з космічними знімальними системами, БПЛА мають низку практичних переваг у сфері дистанційного зондування. Вони забезпечують значно вищу просторову роздільну здатність знімків, необхідну для детальних польових робіт. Крім того, безпілотники здатні виконувати зйомку нижче хмарного покриву, що робить їх придатними практично за будь-яких погодних умов. Важливо й те, що керувати апаратом може безпосередньо сам фермер, без залучення сторонніх спеціалістів.

Серед відомих технологічних рішень для точного захисту рослин варто виділити систему Agronomic Decision-making Engine (ADE), встановлену на причіпному обприскувачі Amazone UX 5201. Оснащена камерами Bosch та спеціальними модулями підсвічування, вона здатна розпізнавати бур'яни навіть на ранніх стадіях розвитку. Польові випробування засвідчили: залежно від засміченості поля, технологія дозволяє скорочувати витрати гербіцидів до 90 % в окремих випадках, а в середньому – на 40-50 %. Економічний ефект від збереження гербіцидів складає від 20 до 50 доларів із гектара [140].

Іншим помітним рішенням є система See & Spray Ultimate від компанії

Blue River Technology, що входить до структури John Deere. Її ключова особливість – можливість одночасного та незалежного розпилення двох різних рідин. Швидкісні камери в поєднанні зі штучним інтелектом розпізнають бур'яни і точково вносять гербіцид лише там, де це необхідно. Система також аналізує активність бур'янів і комах-шкідників, допомагаючи підібрати оптимальний препарат і мінімізувати ризик формування резистентності. Вздовж штанги з вуглецевого волокна встановлено по одній камері на кожен метр – загалом 36 камер, що одночасно сканують понад 195 м<sup>2</sup>. Точність обприскування додатково забезпечується системою стабілізації штанги BoomTrac™ Ultimate [141].

Заслуговує уваги й система AiCPlus від Agrifac, змонтована на обприскувачах Condor V. Вона включає цифрові RGB-камери: дві розміщені в передній частині машини, решта – на штанзі ззаду. Роздільна здатність кожної камери становить 840 пікселів. При русі машини кожна камера робить вісім знімків на секунду, охоплюючи смугу завширшки 4-6 метрів і фіксуючи кожну небажану рослину щонайменше двічі. Вбудований штучний інтелект обробляє зображення в реальному часі й реагує безпосередньо на виявлені об'єкти під час моніторингу посівів.

Система SmartSprayer є спільним проектом Bosch, harvio™ та AmaSpot, дозволяє заощадити 20-60 % витрат при обприскуванні, враховуючи пороги пошкодження бур'янів. Для цього використовують причіпний обприскувач UX AmaSpot. Цей обприскувач включає сенсорну систему для розрізнення бур'янів і ґрунту та може цілеспрямовано точково обробляти окремі бур'яни за допомогою гербіциду суцільної дії. За допомогою SmartSprayer вся поверхня поля під час кожного проходу фотографується відеокамерами Bosch, що встановлені на штанзі обприскувача, далі зображення обробляються і в режимі реального часу пропонуються рішення щодо подальшого оброблення посівів. Система SmartSprayer дозволяє також швидко на кожній форсунці обприскувача змінювати норму внесення завдяки технології штучно-імпульсної частотної модуляції (ШІЧМ) [142, 143].

## Висновки до розділу 1.

1. Гібриди відрізняються морфологічними ознаками, біологічними особливостями, реакцією на покращення агрофону вирощування, якісними показниками, різною пристосованістю до умов середовища та рівнем стійкості до несприятливих абіотичних і біотичних умов. Необхідно приділяти значну увагу добираючи гібриди кукурудзи для відповідних ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Особливого, коли ресурсний потенціал більшості господарств не завжди дозволяє забезпечити посіви необхідними дозами добрив і комплексом захисту рослин.

2. Оптимізація густоти рослин обумовлює ефективне використання родючості ґрунту. Тому цей технологічний прийом належить до одного із найважливіших питань у технології вирощування кукурудзи. Щільність посівів гібридів кукурудзи впливає на освітленість посівів, на ефективність використання елементів живлення, забезпеченість вологою, температурний режим ґрунту, що визначає ефективність роботи асиміляційного апарату, проходження процесів росту й розвитку, а також на формування рівня урожайності рослин.

3. Удобрення посівів кукурудзи належить до найефективнішого заходу регулювання рівня урожайності гібридів кукурудзи в усіх зонах її вирощування. Внесення мінеральних макро- та мікродобрив за необхідної їх кількості з використанням елементів точного землеробства сприятиме підвищенню фотосинтетичної діяльності рослин у посівах та зростанню рівня урожайності.

4. Недостатньо вивченими в умовах Лісостепу правобережного є реакція сучасних нових гібридів кукурудзи на посуху, жару, дефіцит ґрунтової вологи шляхом розробки й запровадження у виробництво агротехнічних заходів, які сприяють послабленню негативних явищ шляхом впровадження адаптивних гібридів, оптимізації системи живлення та відповідної густоти рослин за наявних природно-кліматичних ресурсів.

## Список використаної літератури до розділу 1.

1. Ільків Л.А Сучасний стан і перспективи розвитку виробництва кукурудзи на зерно в Україні. *Науковий вісник НУБІП України*. 2016. № 244. С. 120–124.
2. Каленська С. М., Таран В. Г., Данилів П. О. Особливості формування урожайності гібридів кукурудзи залежно від удобрення, густоти стояння рослин та погодних умов. *Таврійський науковий вісник*. 2018. №101. С. 42–49.
3. Молдован Ж. А., Собчук С. І. Вплив строків сівби, густоти рослин та абіотичних факторів на формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Лісостепу Західного. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2016. № 11. С. 31–38.
4. Пащенко Ю.М., Капустін С.І., Деряга Є.В. Особливості водоспоживання гібридів кукурудзи різних груп стиглості в східній частині північного Степу. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2002. № 18–19. С. 7–10.
5. Черенков А. В. Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно на рівні 90-100 ц/га: практичні рекомендації. *Державна установа Інститут сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. 30 с.
6. Гож О.А., Марченко Т. Ю., Глушко Т.В. Інтенсивні гібриди кукурудзи для умов зрошуваного землеробства. Історія освіти, науки і техніки в Україні: ІХ всеукраїн. конф. : тези доп. Київ, 2014. С. 267–268.
7. Влащук А.М., Колпакова О.С. Оптимізація технологічних заходів вирощування нових гібридів різних груп стиглості кукурудзи в умовах зрошення півдня України. Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур: міжнарод. наук.-практ. конф. : тези доп. Дніпро, 2016. С. 24–26.
8. Марченко Т., Сова Р., Глушко Т. Селекція кукурудзи для зрошуваних умов. Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: міжнарод. наук.-практ. конф.: тези доп. Київ, 2015. С. 14–16.

9. Серіков В.О. Селекція нових гібридів кукурудзи та особливості їх насінництва в Степовій зоні України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2008. Вип. 60. С. 31–37.

10. Faostat. Production. URL :[www.fao.org](http://www.fao.org).

11. Asfaw S. Gender integration into climate-smart agriculture. Rome: Maggio, Food and Agriculture Organization of the UN, 2016. 20 p.

12. Влащук А.М., Конащук О.П., Колпакова О.С. Урожайність нових гібридів кукурудзи в умовах зрошення півдня України. *Стале виробництво зернових та круп'яних культур на півдні України за умов зміни клімату: наук.-практ. конф.: тези доп. Антонівка, 2016. С. 38–41.*

13. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Гож О.А., Марченко Т.Ю., Глушко Т.В., Влащук А.М., Дудка М.І., Пілярська О.О., Дементьєва О.І. Науково-практичні рекомендації з технології вирощування кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України. Херсон, 2015. 104 с.

14. Сніговий В.С. Сучасні тенденції розвитку зрошуваного землеробства. *Таврійський науковий вісник: Збірник наукових праць*. 2003. Вип. 27. С. 21–29.

15. Коковіхін С.В. Продуктивність самозапилених ліній кукурудзи залежно від водно-сольового режиму темно-каштанових ґрунтів. *Зрошуване землеробство: міжвід. темат. наук. зб.* 2006. Вип. 46. С. 109–112.

16. Писаренко В.А. Зрошення: здобутки, стан, проблеми. *Пропозиція*, 2003. № 7. С. 18–20.

17. Лавриненко Ю.О., Коковіхін С.В., Писаренко П.В. Екологічна мінливість показників темпів розвитку рослин кукурудзи. *Таврійський науковий вісник: Збірник наукових праць*. 2005. Вип. 40. С. 46–55.

18. Лимар А.О. Короткоротаційні спеціалізовані сівозміни – важливий фактор інтенсифікації зрошуваного землеробства та відтворення родючості ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 1991. № 10. С. 37–41.

19. Лисогоров К.С., Писаренко В.А. Наукові основи використання зрошуваних земель у степовому регіоні на засадах інтегрального управління

природними і технологічними процесами. *Таврійський науковий вісник. Збірник наукових праць*. 2007. Вип. 49. С. 49–52.

20. Загорулько Ю. П., Волна Е. П. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин і доз мінеральних добрив. Енергозберігаючі технології вирощування зернових культур у Степу України. Дніпро, 1995. С. 44–47.

21. Андрієнко О. О., Васильковська К. В., Андрієнко А. Л. Реакція гібридів кукурудзи на зміну густоти стояння рослин у північному степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 96 (1). С.635–651. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-635-651.

22. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Реакція гібридів кукурудзи різних груп стиглості на удобрення та економічна ефективність вирощування. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2019. Вип. 106. С. 63–69.

23. Поляков В. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та системи удобрення. *Новітні технології в АПК: дослідження та управління*. 2020. Вип. 27 (41). С. 240–249. DOI:1031473/2305-5987-2020-2-27.

24. Когут І. М. Вплив норми висіву на продуктивність кукурудзи в умовах Південного Степу України. *Аграрний вісник Причорномор'я: зб. наук. пр.*, 2017. Вип. 84 С. 63–69.

25. Якунін О. П., Заверталюк В. Ф. Оптимізація елементів сортової агротехніки – основа одержання високих врожаїв зерна кукурудзи. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2004. № 2. С. 13–16.

26. Дідур І.М., Азуркін В.О., Панцирева Г.В. Ефективність системи бактеріально-мінерального живлення в технології вирощування кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*. 2025. Вип. 100. С. 84–90. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo2025100-06>.

27. Рудавська Н. М., Глива В. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 64. С. 120–123.
28. Бомба М., Бомба М., Дудар І., Литвин О., Дудар О. Вирощування кукурудзи в Зональному землеробстві. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2021. № 25. С. 55–59. DOI: <http://dx.doi.org/10.31734/agronomy2021.01.055>.
29. Панькін В. С., Павлюк О. О. Густота стояння рослин гібридів кукурудзи в умовах центрального Лісостепу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. 2005. № 21. С. 33–35.
30. Пащенко Ю. М., Андрієнко А. Л. Густота стояння рослин гібридів кукурудзи в умовах північного Степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. 2003. № 21–22. С. 20–24.
31. Murányi E. (2015). Effect of plant density and row spacing on maize (*Zea mays* L.) grain yield in different crop year. *Columella - Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 2 (1), 57–63.
32. Pashchenko Yu.M. (Ed.). Enerhozberezhni i resursooshchadni tekhnolohii vyroshchuvannia kukurudzy [*Energy saving and resource-saving technologies for corn cultivation: Recommendations*]. 2006. Dnipropetrovsk.
33. 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.
34. Лихочвор В.В. Практичні поради з вирощування зернових та зернобобових культур в умовах Західної України. Львів: НВФ Українські технології, 2001. 128 с.
35. Глупак З. І., Бутенко А. О. Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від групи стиглості та густоти стояння в умовах Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. № 2. С. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2022-2-5-10>.

36. Куценко О.М., Ляшенко В.В., Кеда Л.Ю. Ріст, розвиток та формування продуктивності рослин гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (4). С. 29–35. DOI: 10.31210/spi2023.26.04.06.

37. 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.

38. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Сахацький Г. І. Морфологічні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від елементів технології за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2021. № 8. С. 91–99. DOI: <http://dx.doi.org/10.32848/agrар.innov.2021.8.14>.

39. Маслійов С. В. Вплив густоти рослин на урожайність кременистої кукурудзи в умовах східної частини Степу України. *ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 3. С. 11–14.

40. Князюк О.В., Липовий В.Г. Фізіолого-біологічні особливості формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Агробіологія*. 2016. № 1. С. 47–53.

41. Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Кобизєва Л. Н., Міщенко С. В., Грабовський М. В. Фотосинтетичні показники гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву і обробітку біопрепаратами за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 41–47. DOI:<http://dx.doi.org/10.32848/agrар.innov.2022.12.7>.

42. Каленська С. М., Таран В. А. Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, норм добрив та погодних умов вирощування. *Plant Varieties Studying and protection*. 2018. Vol. 14. № 4. Р. 415–421. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151909>.

43. Дудка М. І., Якунін О. П. Формування врожайності зерна кукурудзи залежно від способу сівби та густоти стояння рослин в Північному Степу України. 2023. *Зернові культури*. Том 7. № 1. С. 76–84. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0261>.

44. Добровольський С.О. Вплив норми висіву насіння на продуктивність гібридів кукурудзи. Матеріали V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти» – 21 грудня 2021 року, Полтава.

45. Носов С.С. Біометричні показники та зернова продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від строків сівби і густоти стояння рослин в умовах північної підзони Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2014. № 2 (34). С. 86–90.

46. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи: монографія. Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС. 2009. 224 с.

47. El-Named, K. E.-S. A., & Elwan M. W. M. Dependence of pumpkin yield on plant density and variety. *American Journal of Plant Sciences*, 2011. Vol. 2 (05), P. 636–643. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2011.25075>.

48. Tokatlidis I., Chauhan Y., & Assefa Y. Editorial: Crop response to density: Optimization of resource use to promote sus-tainability. *Frontiers in Plant Science*, 2022. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.969332>.

49. Assefa Y., Carter P., Hinds M., Bhalla G., Schon R., Jeschke M., Paszkiewicz S., Smith S., Ciampitti I. A. Analysis of long term study indicates both agronomic optimal plant density and increase maize yield per plant contributed to yield gain. *Sci-entific Reports*. 2018. Vol. 8 (1). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23362-x>.

50. Mostipan M. I., Vasytkovska K. V., Andriyenko O. O. and Reznichenko V. P. Modern aspects of tilled crops productivity forecasting. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2017. № 53 (3). P. 35–40.

51. Ткаліч Ю.І. Ріст, розвиток та продуктивність гібридів кукурудзи різного морфотипу залежно від густоти стояння рослин в північній частині Степу України [Текст] : автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Ін-т зернового господарства УААН. Д., 2001. 16 с.

52. Деряга Є. В. Технологічні заходи оптимізації вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості в східному Степу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 „Рослинництво” Дніпропетровськ, 2003. 20 с.

53. Влащук А. М., Конащук О. П., Желтова А. Г, Колпакова О. С. Формування врожаю нових гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від елементів технології в умовах Степової зони України на зрошенні. *Зрошене землеробство*. 2016. Вип. 65. С. 86–89.

54. Хромяк В. М. Оптимізація гібридного складу кукурудзи в умовах східної частини Степу України: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Харків, 2005. 18 с.

55. Дзюбецький Б. В., Дуда А. Н., Черчель В. Ю. Селекція подвійних міжлінійних гібридів на базі ліній, що відрізняються за скоростиглістю і генетичному походженню. *Бюлетень Інституту кукурудзи*. 1999. № 10. С. 59–62.

56. Yeremko L. S. Optymizatsiia struktury posiviv, riznykh za skorostyhlistiu hibrydiv kukurudzy. *Materialy Vseukrainskoi naukovo–praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh i spetsialistiv z problemy vyrobnytstva zerna v Ukraini*. 2023. Dnipropetrovsk.

57. Дідур І.М., Ткачук О.П., Циганський В.І., Панцирева Г.В. Вплив технологічних прийомів вирощування на забур'яненість посівів соняшнику, сої та кукурудзи на зерно в умовах правобережного Лісостепу України. 2025. *Зернові культури*. Том 9, №2. С.266–271.

58. Zhemela H. P., Barabolia O. V., Liashenko V. V., Liashenko Ye. S., & Podoliak V. A. Hustota roslyn – faktor dlia oderzhannia vysokikh vrozhaiv kukurudzy. In T. O. Chaika (Red.), *Stiiki rozvytok silskykh terytorii u konteksti realizatsii derzhavnoi ekolohichnoi polityky ta enerhozberezhennia: kolektyvna monohrafiia* Poltava: Astraia. 2021. P. 49–56.

59. Andrade F. H., Calviño P., Cirilo A., Barbieri P. Yield Responses to Narrow Rows Depend on Increased Radiation Interception. *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94. P. 975–980. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2002.9750>.

60. Shah P., Khan A., Rahman H. U., Shah Z. Plant density and nitrogen effects on growth dynamics, light interception and yield of maize. *Agronomy and Soil Science*. 2008. Vol. 54 (4). P. 401–411. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/03650340801998623>.

61. Song Yo., Rui Yu., Bedane G., Li J. Morphological Characteristics of Maize Canopy Development as Affected by Increased Plant Density. *PLoS One*. 2016. Vol. 11(4). P. 0154084. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154084>.

62. Zhai L., Li H., Song S., Zhai L., Ming B., Li S., Xie R., Jia X., Zhang L. Intraspecific competition affects the density tolerance and grain yield of maize hybrids. *Agronomy Journal*. 2021. Vol. 113 (1). P. 224–235. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.20438>.

63. Мурач О. М., Лемешев Д. Р., Бердін С. І. Реалізація генетичного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи за рахунок оптимізації густоти рослин. *Популяційна екологія рослин: сучасний стан, точки росту* : матеріали Другого міжнародного симпозіуму до 90-річчя з дня народження Злобіна Юліана Андрійовича, доктора біологічних наук, професора, Заслуженого діяча науки і техніки України, 16 червня 2022 р. Суми, 2022. С. 116–118.

64. Boomsma C. R., Santini J. B., Tollenaar M., Vyn T. J. Maize Morphophysiological Responses to Intense Crowding and Low Nitrogen Availability: An Analysis and Review. *Agronomy Journal*. 2009. Vol. 101(6). P. 1426–1452. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2009.0082>.

65. Дідур І.М., Богомаз С.О. Сучасний стан і перспективи вирощування кукурудзи в Україні. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2 (29). С. 153–161. DOI:10.37128/2707-5826-2023-13.
66. Жемела Г.П., Бараболя О. В., Ляшенко В. В., Ляшенко Є. С., Подоляк В. А. Формування продуктивності зерна гібридами кукурудзи залежно від норми висіву. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 97–105. DOI: 10.31210/visnyk2021.01.11.
67. Білокур Ю.В., Рябовол Л.О. Створення та оцінка вихідного матеріалу еректоїдних форм кукурудзи (огляд літератури). *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2021. Вип. 99. Ч. 1. С. 105–117. DOI: 10.31395/2415-8240-2021-99-1-105-116.
68. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Міщенко С.В. Маса 1000 зерен та урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву та обробітку біопрепаратами. *Зрошуване землеробство*. 2022. № 77. С.13–18. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.3>.
69. Філіпов Г.Л., Яремко Л.С. Фотосинтетична діяльність зрошуваної кукурудзи в посівах різної структури. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН*. 2003. №20. С. 21–23.
70. Liu Y., Mi G., Chen F., Zhang J., Zhang F. (2004). Rhizosphere effect and root growth of two maize (*Zea mays* L.) genotypes with contrasting P efficiency at low P availability. *Plant Science*. 2004. Vol. 167. P. 217–223.
71. Ion V., Basa A. Gh., Dicu G., Dumbrava M., Epure L.I. & State D. Biomass yield at maize under different sowing and growing conditions. *Sixth International Scientific Agricultural Symposium «Agrosym 2015»: book of Proceedings*. (2015, October 15–18). P. 285–290.
72. Циліорик О.І., Тищенко В.О. Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в умовах Північного Степу. Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф., (Харків, 29 листоп. 2024 р.) Держ. біотехнологічний ун-т.

Харків, 2024. С. 322–323.

73. Бомба М.Я., Бомба М.І. Використаймо кукурудзу сповна. *Пропозиція*. 2001. С. 40–43.

74. Bramm A. Physiologische Grundlagen des Wasser und Stoffhaushaltes von Mais Z. Ve. Wasser. 1980. Н. 2. Р. 113–119.

75. Камінський В.Ф. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур. Київ : Видавничий дім «Вініченко», 2017. 580 с.

76. Влашук А. М., Дробіт О. С. Динаміка висоти рослин гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах зрошення. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: матеріали V міжнар. наук.-практ. конф. Центральне. 2018. С. 15.

77. Криштопа В.І. Взаємодія норм азоту та густоти посіву при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах зрошення. *Таврійський науковий вісник*. 1996. № 1. С. 32–33.

78. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те, виправ., доповн. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.

79. Надь Я. Кукурудза. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2012. 580 с.

80. Циков В.С. Ефективність застосування макро- і мікродобрих при вирощуванні кукурудзи. *Зернові культури*. 2017. Т. 1, № 1. С. 75–79.

81. Андрієнко А.Л. Фотосинтетична діяльність та продуктивність нових гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. 2003. Вип. 20. С. 36–38.

82. Almodares A., Jafarinia M., Hadi M.R. The effects of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 2009. Vol. 6. №. 4. P. 441–446. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.18.182>.

83. Капітанська О. Збалансоване живлення – запорука формування стресостійкості рослин. *Пропозиція*. 2017. №3. URL: <https://propozitsiya.com/ua/sbalansirovannoe-pitanie-i-podkormka-rasteniy-mineralnymi-udobreniyami-zalog-formirovaniya> (дата звернення: 18.06.2018 р.

84. Вожегова Р.А., Димов О.М., Грановська Л.М. Нормативи матеріально-технічних витрат при вирощуванні основних сільськогосподарських культур на зрошуваних і неполивних землях із використанням інноваційних елементів технологій. 2014. 64 с.

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

86. Barlog P., Frackowiak-Pawlak K. Effect of mineral fertilization on yield of maize cultivars differing in maturity scale. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*. 2008. Vol. 7. № 4. P. 5–17.

87. Kruczek A. Wpływ dawek azotu i sposobów stosowania nawozów azotowych i nawozu wieloskładnikowego na plonowanie kukurydzy. *Pamiętnik Puławski*. 2005. Vol. 140. P. 129–138.

88. Książak J., Bojarszczuk J., Staniak M. Produkcyjność kukurydzy i sorga w zależności od poziomu nawożenia azotem. *Polish Journal of Agronomy*. 2012. Vol. 8. P. 20–28.

89. Szulc P., Krauklis D., Baldys W., Kobus-Cisowska J. Soil abundance in N min and formation of maize grain yield components. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2020. Vol. 65. №. 1. P. 39–43.

90. Лихочвор В. Система удобрення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 8 (279). URL:<http://agro-госпобusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/435-systema-udobrennia-kukurudzy.html> (дата звернення: 13.08.2018р.

91. Філіп'єв І. Д., Лисогоров К. С. Продуктивність мінеральних добрив в умовах зрошення півдня України. *Вісник сільськогосподарської науки*. 1980. № 9. С. 13–16.

92. Котельников Д. Ефективність способів обробітку ґрунту та живлення посівів кукурудзи на півдні України : автореф. на здобуття вченого ступеня канд. с.-г. н за спеціальністю: 06.01.02. «Землеробство» Херсон, 2015. 23 с.

93. Молдован В. Г., Молдован Ж. А. Ефективність використання азотних добрив у прикореневому підживленні кукурудзи. *Зернові культури*. 2021. Т. 5. № 2. С. 329–335. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0192>.

94. Лавриненко Ю. О., Рубан В. Б. Динаміка листової поверхні рослин кукурудзи та фотосинтетичні показники посіву при краплинному способі поливу в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 4. С. 122–128.

95. Handbook of Maize: Its Biology J.L. Bennetzen and S.C. Hake (eds.). DOI: Springer Science Business Media, LLC 2009. P. 145–344.

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

97. Логінова І., Смик С. Прогнозування ефективності добрив під кукурудзу на зерно за даними ґрунтової діагностики. *Наукові доповіді НУБіП*. 2012. №3 (32). URL: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012\\_3/12liv.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_3/12liv.pdf) (дата звернення: 08.09.2019р).

98. Михаленко І.В., Найдьонов В.Г., Нижегороденко В.М., Ярмач В.О. Фотосинтетичні показники гібридів кукурудзи залежно від груп стиглості та строків сівби. *Зрошуване землеробство: збірник наукових праць*. 2013. Вип. 59. С. 39–43.

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

100. Вожегова Р.А., Філіп'єв І.Д., Димов О.М., Гамаюнова В.В. Визначник симптомів нестачі чи надлишку елементів живлення за зовнішніми ознаками рослин: посібник. Херсон: Айлант, 2013. 92 с.

101. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування якісних показників зерна кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 6 (Т. 1). С. 7–13.

102. Веремеєнко С. І., Фурманець О. А., Піддубняк В. А., Кондратюк М. Ю. Ефективність застосування вапнякового шламу в якості меліоранту на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті західного Полісся України. *Актуальні проблеми науково-інноваційного забезпечення виробництва зерна в контексті сучасних ринкових умов*: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів, ДУ Інститут зернових культур, Дніпро, 2019. С. 109–110.

103. Joris H. A. W., Caires E. F., Bini A. R., Scharr D. A., Haliski A. Effects of soil acidity and water stress on corn and soybean performance under a no-till system. *Plant and soil*. 2013. Vol. 365. № 1. P. 409–424. DOI: 10.1007/s11104-012-1413-2.

104. Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання : навч.-практ. посіб. / за заг. ред. Д.Шпаара. Київ : Альфа-стевія ЛТД . 2009. 396 с.

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

106. Гож О. А., Марченко Т. Ю., Котов Б. С. Вплив комплексних мікродобрих на основні біометричні параметри гібридів кукурудзи. *«Біологічні дослідження – 2014»* : зб. наук. праць V всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, м. Житомир, 4-5 бер. 2014 р. Житомир, 2014. С. 28–31.

107. Черкас В. Без сірки? Ніяк! *Агрономія сьогодні*. 2020. № 23 (438). С. 60–61.

108. Дем'янчук О. П. Продуктивність та кормова цінність різностиглих гібридів кукурудзи залежно від строку сівби і позакореневого підживлення в умовах Правобережного Лісостепу України. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.12 – кормовиробництво і луківництво. Вінницький держ. аграр. унт. Вінниця, 2006. 20 с.

109. Davis J. G., Westfall D. G. Fertilizing corn. *Soil. Crop Series*. Colorado State University. Libraries. 2014. URL: <https://archives.mountainscholar.org/digital/collection/p17393coll94/id/6355>. Pdf.

110. Shapiro C.A., Shapiro, Charles A., Richard B. Ferguson, Gary W. Hergert, Charles Wortmann, and Daniel T. Walters. Nebraska nitrogen management present and future. *Western Nutrient Management Conference*. 2017. Vol.12. Reno, NV. P.85–92.

111. Нікішенко В.Л., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П. Кукурудза. Технологія вирощування в степовій зоні України: науково-методичні рекомендації. Херсон: ВАТ Херсонська міська друкарня, 2009. 32 с.

112. Булигін С.Ю., Фатєєв А.І., Демішев Л.Ф., Туровський Ю.Ю. Мікродобрива важливий резерв підвищення урожайності сільськогосподарських культур. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 11. С. 13–15.

113. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів : Українські технології, 2006. С. 271–326.

114. Ткаліч Ю.І., Ткаліч О.В., Кохан А.В. Продуктивність та економічна оцінка вирощування кукурудзи при використанні стимуляторів росту і мікродобрив. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. С. 26–31.

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

116. Савранчук В.В., Семеняка І.М., Курцев В.О., Сало Л.В. Ефективність мікробних препаратів та макро- й мікродобрив при вирощуванні зернових культур в умовах ризикованого землеробства. *Вісник Центру наукового*

забезпечення агропромислового виробництва Харківської області. 2011. Вип. 11. С. 153–163.

117. Волощук О. П., Стасів О. Ф., Глива В. В., Пащак М. О. Вплив передпосівної обробки насіння мікродобривами на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах західного Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69 (1). С. 44–61. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-3.

118. Молдован Ж. А. Собчук С. І. Вплив допосівної обробки насіння та позакореневого підживлення посівів кукурудзи на індивідуальну продуктивність рослин і урожайність зерна. *Зернові культури*. 2020. Т. 4. № 1. С. 130–138. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0116>.

119. Заболотний О.І. Біологічні процеси в рослинах і ґрунті та продуктивність кукурудзи при застосуванні гербіциду Базис 75, Зеастимуліну і Рексоліну в умовах Правобережного Лісостепу України: автореф. на здобуття вченого ступеня канд. с.-г. наук за спеціальністю: 03.00.12. «Фізіологія рослин» Умань, 2007. 24 с.

120. Ласло О.О., Дяденко С.С. Застосування мікродобрив у технології вирощування кукурудзи та їх вплив на урожайність. *Збалансований розвиток агроєкосистем України: сучасний погляд та інновації* : матеріали І всеук. наук.-практ. конф. 16 лист. 2017 р. Полтава, 2017. С. 12–15.

121. Циков В.С., Рибка В.С., Альохін В.І. Питання підвищення конкурентоспроможності виробництва зерна і насіння кукурудзи в ринкових умовах. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 1999. № 8. С. 55–59.

122. Bogomaz S., Zayka K., Didur I., Mazur O., Mazur O., Tsyhanskyi V. Effects of plant density and fertilisation on yield structure and yield elements of maize hybrids for biofuel production. *Journal of Ecological Engineering*. 2025, Vol. 26 (6). P. 352–364. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/202943>.

123. Рибката В. С. Які гібриди кукурудзи вигідніше вирощувати в умовах зони Степу України. *Агроном*. 2007. № 4. С. 50–54.

124. Korchak M. Substantiation of agrotechnical requirements for soil preparation for sowing grain crops. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 2022. Vol. 1 (3), P. 52–61. DOI: 10.46299/j.isjel.20220103.5. <https://visnyk.lnup.edu.ua/index.php/agroengineering/article/view/96>.

125. Думич В., Бова Д., Крупич О. Вплив систем обробітку ґрунту на ефективність вирощування кукурудзи на зерно. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2023. № 31 (45). С. 169–178. DOI: [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-2-31\(45\)-16](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-2-31(45)-16).

126. Шубравська О.В., Молдован Л.В., Пасхавер Б.Й. Інноваційні трансформації аграрного сектора економіки: монографія. За ред. д-ра екон. наук О.В. Шубравської; НАН України, Ін-т екон. та прогнозув. К. 2012. 496 с.

127. Точне землеробство. URL: <http://agrosif.com.ua/enquiry/>

128. Ганначенко С.Л. Інноваційні ресурсозберігаючі технології в землеробстві. *Економіка АПК: міжнар. наук.-вироб. журн.* 2012. № 1. С. 99–103.

129. Мащенко Ю.В., Соколовська І.М. Продуктивність кукурудзи залежно від її частки в сівоzmіні та удобрення. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 57–63. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.8>.

130. Медведєв В.В., Пліско І.В., Біцура В.Л. Від зональних – до точних агротехнологій. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 5. С. 52–57.

131. Поліщук М.М. Робототехнічні системи та комплекси: мобільні роботи довільної орієнтації: підруч. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. С. 279.

132. Hahnloser P. Федеральна ініціатива спрямована на дослідження сільськогосподарських роботів. The National Science Foundation (NSF) and the U.S. Department of Agriculture’s National Institute of Food and Agriculture (USDA NIFA). 2024. URL: <https://govmarketnews.com/federal-initiative-seeks-research-intoagricultural-robots/>.

133. Роль роботів у сільському господарстві. *AGRITEKTURE*. 2024. URL: <https://www.agritecture.com/blog/exploring-the-future-ofagriculture-a-deep-dive-into-robots>.

134. Fedorov D.E. Modern trends in developing robotic systems in agro-industrial complex. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*. 2022. Vol. 949, no. 1. P. 012016. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/949/1/012016>.

135. Petruk I. Які тенденції сільськогосподарської робототехніки варто впровадити та чому. *Infopulse. Part of Tietoevry create*. 2024.-URL: <https://www.infopulse.com/blog/agricultural-robotics-drivers-trends>.

136. Lischeid G., Webber H., Sommer M. Machine learning in crop yield modelling: A powerful tool, but no surrogate for science. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2022. Vol. 312. P. 108698. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108698>.

137. Singh N., Gupta D., Joshi M., Yadav K., Nayak S., Kumar M., Nayak K., Gulaiya S., Rajpoot A. S. Application of drones technology in agriculture: A modern approach. *Journal of Scientific Research and Reports*, 2024. Vol. 30, P. 142–152. DOI: <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i72131>.

138. Phang S. K., Chiang T. H. A. Happonen A., Chang M. M. L. From satellite to UAV-based remote sensing: A review on precision agriculture. *IEEE Access*, 2023. 11, P. 127057–127076. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3330886>.

139. Холодюк О.В. Пріоритетні напрями розвитку системи точного землеробства. Сучасні проблеми землеробської механіки : зб. матеріалів доп. учасн. XX Міжнар. наук. конф. Миколаїв : МНАУ, 2019. С. 53–55.

140. Інтелект проти бур'янів. URL: <https://agrotimes.ua/article/prychipnyj-obpryskuvach-amazone-ux-5201-intelekt-proty-buryaniv/> (Дата звернення 15.12.2023).

141. Захист наступного покоління. URL: <https://ifarming.ua/itehnologii/zahyst-roslyn/zahyst-nastupnogo-pokolinnya> (Дата звернення 25.12.2023).

142. Холодюк О., Диня В., Бонякевич О., Мовчан Д. Сучасні рішення та напрямки розвитку основних елементів системи точного землеробства. *Herald of Khmelnytskyi national university*, 2024. Issue 1, С. 331–338.

143. Kholodiuk O.V., Tokarchuk O.A. The efficiency of using agras drones for spraying, their design, technical and technological features. *Зб. наук. праць Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. Вип. 2 (117). С. 63–74.

## РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Умови проведення досліджень

Дослідження проводились в умовах ФГ «Флора А.А.» Тульчинського району Вінницької області, яке розташоване у зоні правобережного Лісостепу України.

Фермерське господарство «Флора А.А.» розташоване в селі Дахталія, Тульчинського району Вінницької області. Відстань до обласного центру – міста Вінниці становить 114 кілометрів, до районного центру – міста Тульчин 118 кілометрів.

Земельний масив господарства обмежений асфальтовими шляхами. Крім цього організоване внутрігосподарське шляхове сполучення.

Загальна площа господарства становить 1200 га, в тому числі: рілля – 860,6 га (92 %), сінокоси – 10,4 га (8 %), пасовища – 0 га (0 %). Директором господарства є Капріца Андрій Олександрович. Основними видами діяльності господарства є рослинництво. Застосовуючи передові технології обробітку ґрунту та захисту рослин. Науково-обґрунтовані сівозміни дозволяють розробляти агрономічну стратегію підвищення продуктивності земель та урожайності сільськогосподарських культур. Вирощують: озиму пшеницю, озимий ячмінь, ріпак, соняшник, сою, кукурудзу, цукрові буряки, та кормові культури для забезпечення потреб тваринництва, також у господарстві вирощують овочі та баштанні культури.

Господарство забезпечене сучасним машино-тракторним комплексом. Майже вся техніка у господарстві іноземного виробництва та призначена для точного землеробства. Рельєф у цілому характеризується як рівнина. У ґрунтовому покриві переважають чорноземні ґрунти.

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується зростанням інтенсивності технологій вирощування сільськогосподарських культур, що зумовлює підвищене антропогенне навантаження на ґрунтовий

покрив. За таких умов раціональне використання добрив є одним із ключових чинників формування високої та стабільної врожайності кукурудзи. Водночас частка витрат на мінеральні добрива в структурі собівартості продукції може досягати 20-25 %, що потребує науково обґрунтованого підходу до їх застосування.

## **2.2. Морфометричні характеристики дослідного поля**

Обов'язковою передумовою ефективного управління поживним режимом ґрунту є проведення агрохімічного аналізу, який дозволяє оцінити рівень забезпеченості ґрунту основними елементами живлення, кислотність, вміст гумусу та просторову неоднорідність агрохімічних показників у межах поля. Отримані дані є базою для розроблення системи удобрення кукурудзи та подальших наукових досліджень.

Дослідження проводилися на виробничому полі господарства ФГ «Флора А.А.», розташованому в південній частині Вінницької області. Загальна площа поля становить 66,36 га. Контур поля за формою близький до прямокутного, з орієнтовною довжиною 1150 м та шириною близько 570 м, що є зручним для організації дослідних ділянок і виконання технологічних операцій.

Рельєф поля хвилястий, з абсолютними відмітками висот від 224 до 266 м над рівнем моря. Перепад висот у межах поля зумовлює неоднорідність водного режиму та потенційний перерозподіл елементів живлення, що необхідно враховувати під час планування досліджень з вирощування кукурудзи.

Для аналізу просторової неоднорідності території використовувалися дані державних ґрунтових обстежень (Облдержродючість), матеріали супутникового моніторингу та цифрові моделі рельєфу.

З метою детальної характеристики умов дослідного поля було побудовано низку тематичних картограм, зокрема: картограму індексу яскравості ґрунту; картограму кута нахилу рельєфу; картограму типів

грунтів; цифрову картограму рельєфу поля (Рис. 2.1).

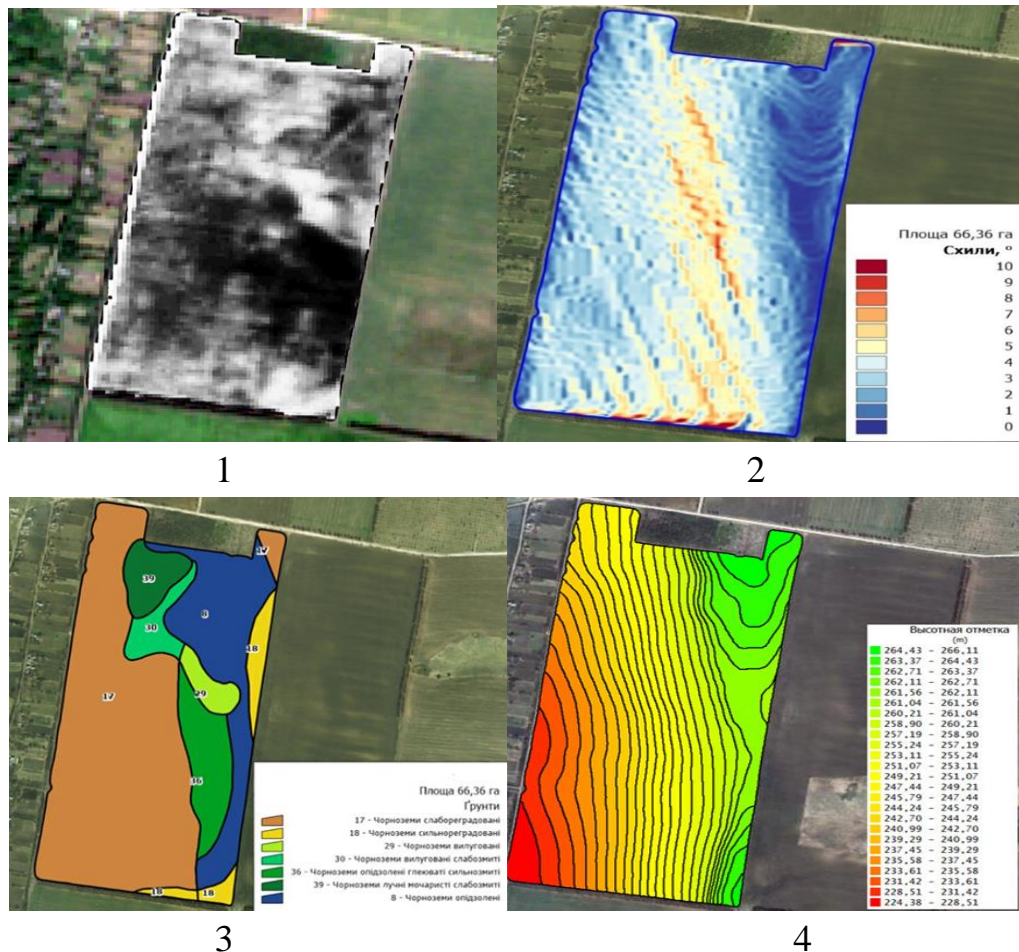


Рисунок 2.1 – Супутниковий знімок індексу яскравості ґрунту; 2 – Картограма кута нахилу рельєфу; 3 – Типи ґрунтів; 4 – Картограма рельєфу поля

Аналіз зазначених матеріалів свідчить про наявність внутрішньопольової диференціації за ґрунтово-рельєфними умовами, що створює передумови для застосування диференційованих підходів до удобрення та є важливим фактором при закладанні подальших дослідів з кукурудзою.

### 2.3. Методика відбору ґрунтових зразків

Відбір ґрунтових зразків проводився після збирання попередника, що дозволяє об'єктивно оцінити ступінь використання елементів живлення та загальний агрохімічний стан ґрунту перед новим вегетаційним періодом. Відбір не здійснювався на промерзлих або перезволожених ділянках, оскільки такі умови не забезпечують отримання репрезентативних зразків.

Для організації відбору ґрунту було сформовано електронний контур поля та створено план-завдання з використанням ГІС-технологій. Схема відбору ґрунтових зразків базувалася на поєднанні точкового та зонального підходів із урахуванням зон урожайності, індексу NDVI та ґрунтової неоднорідності (Рис. 2.2).

Виділено такі репрезентативні елементи: точка відбору з площею репрезентативності 0,28 га (236 проб); точка відбору з площею репрезентативності 0,41 га (162 проби); точка відбору з площею репрезентативності 0,89 га (74 проби); зональний зразок із площею репрезентативної зони 3,30 га (18 проб); зональний зразок із площею репрезентативної зони 6,60 га (10 проб).

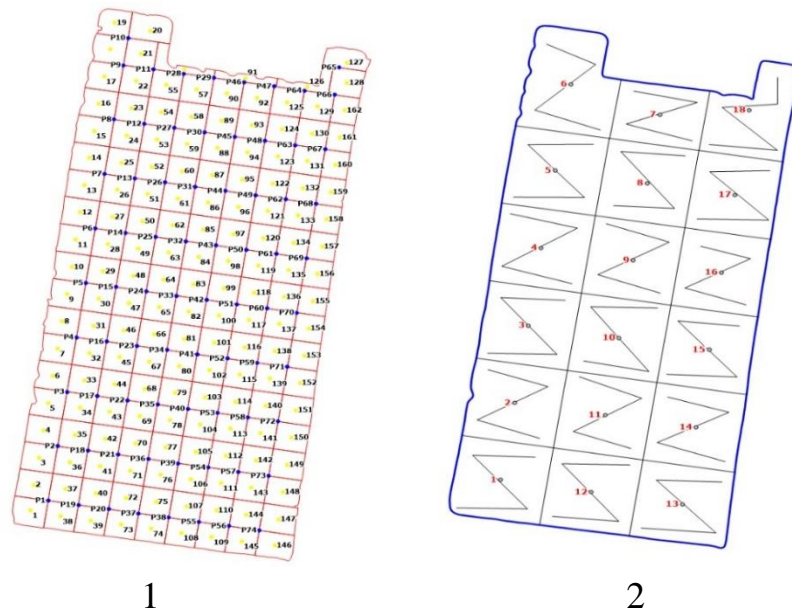


Рисунок 2.2 – Картограма точок відбору; 2 – Картограма зон і маршрутів відбору

Для кожного зразка забезпечено географічну прив'язку, що у подальшому дало змогу побудувати агрохімічні картограми.

Після отримання результатів лабораторного аналізу дані було інтегровано в ГІС-середовище. Просторове моделювання агрохімічних показників здійснювали з використанням методу геостатистичної інтерполяції Крігінга, що дозволило перетворити табличні значення у безперервні картограми.

## 2.4. Агрохімічна характеристика ґрунту дослідного поля

Агрохімічний стан ґрунтів досліджуваної території оцінювали за результатами аналізу 236 ґрунтових зразків, відібраних у межах виробничих полів. Комплекс показників включав визначення реакції ґрунтового розчину, вмісту гумусу, основних елементів мінерального живлення рослин, а також обмінних катіонів і цинку, що дозволило всебічно охарактеризувати рівень родючості ґрунтів і виявити просторову неоднорідність агрохімічних властивостей.

Реакція ґрунтового середовища за показником рН у сольовій витяжці (KCl) варіювала в межах від 4,7 до 7,3, при середньому значенні 6,11. Переважна частина досліджених ґрунтів характеризувалася слабокислою реакцією, що є близькою до оптимальної для більшості сільськогосподарських культур і забезпечує сприятливі умови для засвоєння елементів живлення. Водночас на окремих ділянках зафіксовано середньокислу реакцію ґрунтового розчину, яка може обмежувати доступність фосфору, кальцію та магнію і зумовлює доцільність проведення заходів з регулювання кислотності (Рис. 2.3).

Вміст гумусу в орному шарі ґрунту змінювався від 1,18 до 5,42 %, а середнє значення становило 2,98 %. За рівнем гумусованості більшість ґрунтів належить до категорії середньогумусних, що свідчить про відносно стабільний органічний стан і задовільні агрофізичні властивості.

Групування за ступенем кислотності та лужності рН\_KCl

|                        |         |
|------------------------|---------|
| Дуже сильнолужні       | >8.5    |
| Сильнолужні            | 8.1-8.5 |
| Середньолужні          | 7.6-8.0 |
| Слаболужні             | 7.1-7.5 |
| Нейтральні             | 6.1-7.0 |
| Близькі до нейтральних | 5.6-6.0 |
| Слабокислі             | 5.1-5.5 |
| Середньокислі          | 4.6-5.0 |
| Сильнокислі            | 4.1-4.5 |
| Дуже сильнокислі       | <4      |

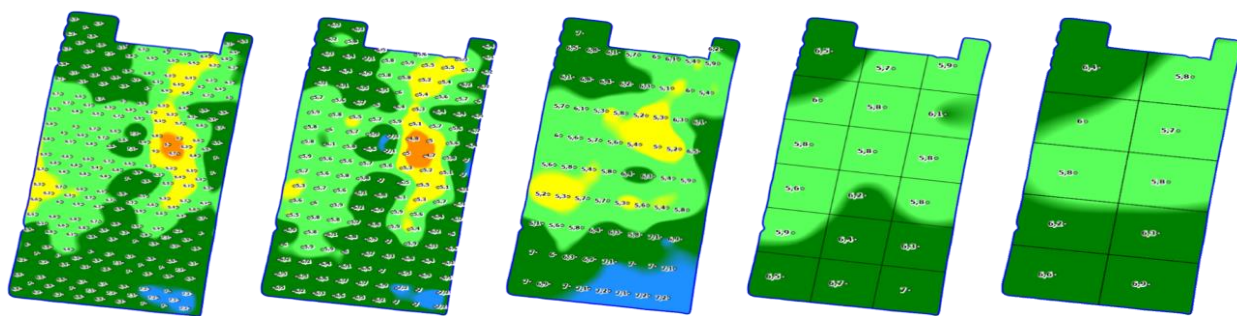


Рисунок 2.3 – Картограми кислотності ґрунтового розчину (рН) на 236, 162 та 74 точки та статистичний поділ на 18 та 10 зон

Наявність ділянок із зниженим вмістом гумусу вказує на прояви дегуміфікації, пов'язані з інтенсивним землеробством, і підтверджує необхідність застосування органічних добрив та ґрунтозахисних технологій (Рис. 2.4).

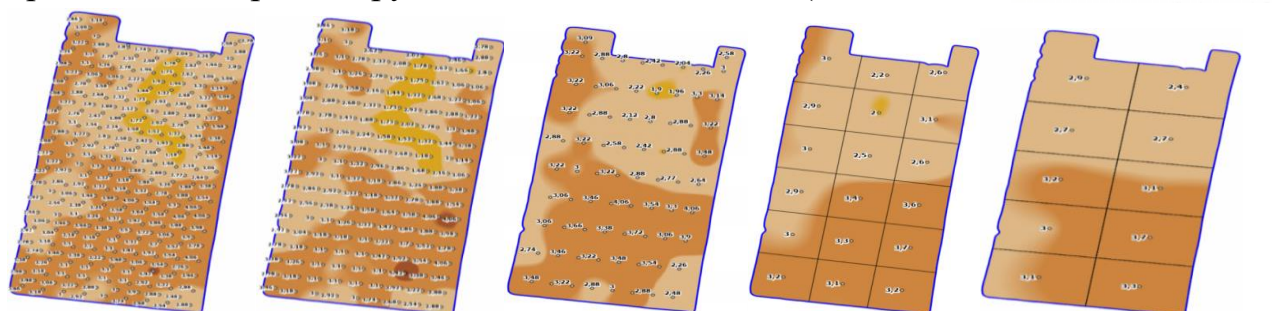


Рисунок 2.4 – Картограми вмісту гумусу на 236, 162 та 74 точки та статистичний поділ на 18 та 10 зон

Азотний режим ґрунтів, оцінений за вмістом лужногідролізованого азоту, характеризувався значеннями від 66 до 120 мг/кг, при середньому рівні 91,5 мг/кг. Такі показники свідчать про середню забезпеченість ґрунтів доступними формами азоту. Враховуючи високу динамічність азотного живлення та залежність цього елемента від погодних умов і біологічної активності ґрунту, отримані результати підтверджують доцільність коригування доз азотних добрив з урахуванням просторової мінливості показника (Рис. 2.5).

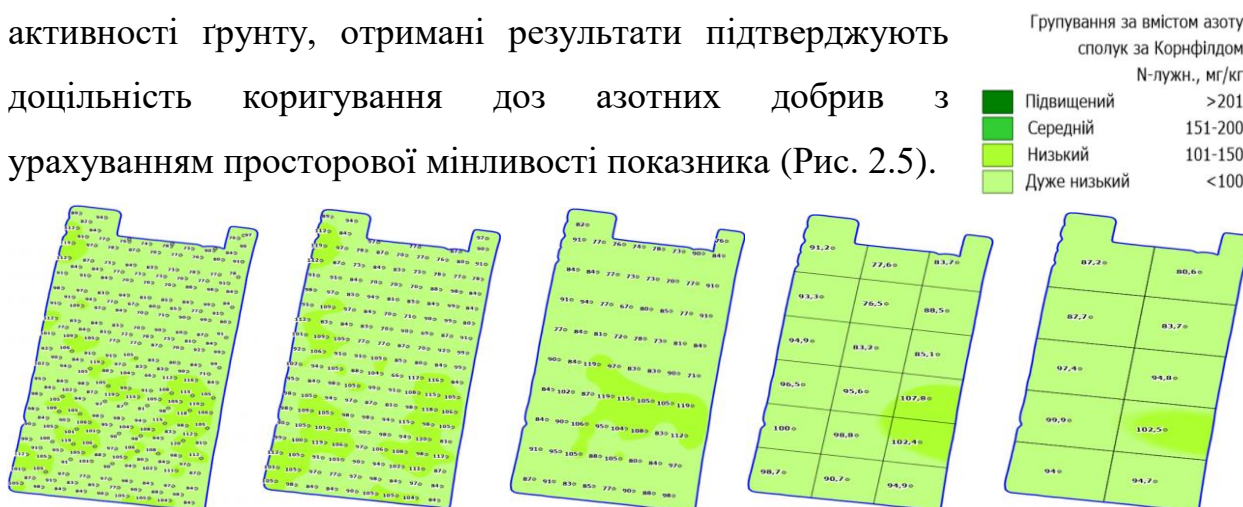


Рисунок 2.5 – Картограми вмісту азоту на 236, 162 та 74 точки та статистичний поділ на 18 та 10 зон

Вміст рухомого калію в ґрунтах варіював у межах від 85 до 550 мг/кг, а середнє значення становило 171 мг/кг. Отримані дані свідчать про переважно середній і підвищений рівень калійного живлення, що є сприятливим для формування врожайності та підвищення стійкості рослин до несприятливих абіотичних



факторів. Високі значення калію в окремих ґрунтових зразках можуть бути зумовлені як природними особливостями ґрунтоутворюючих порід, так і систематичним внесенням калійних добрив (Рис. 2.6).

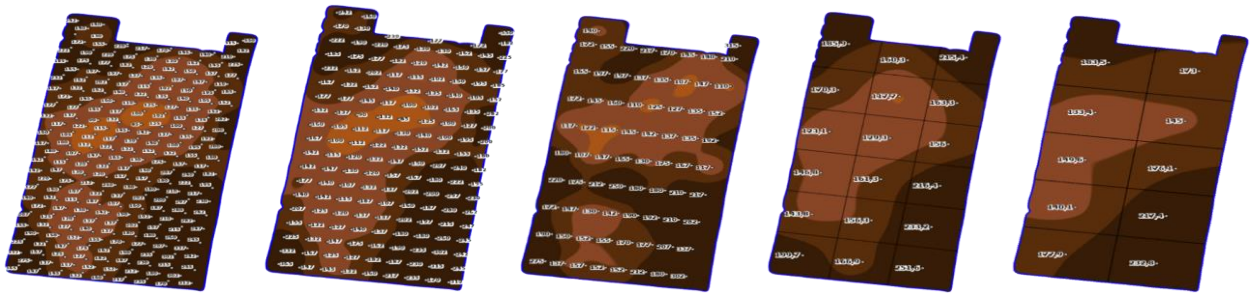


Рисунок 2.6 – Картограми вмісту рухомих сполук калію на 236, 162 та 74 точки та статистичний поділ на 18 та 10 зон

Забезпеченість ґрунтів рухомими формами фосфору відзначалася значною варіабельністю. Вміст  $P_2O_5$  коливався від 15 до 470 мг/кг, при середньому значенні 67,5 мг/кг. У більшості випадків рівень фосфорного живлення відповідав низькому або середньому забезпеченню, однак на окремих ділянках спостерігалася надмірне накопичення фосфору, що є наслідком тривалого одностороннього внесення фосфорних добрив.

| Групування за вмістом рухомого фосфору (Чирков) $P_{2O_5}$ , мг/кг |         |
|--|---------|
| Дуже високий   | >200    |
| Високий(б)   | 176-200 |
| Високий(а)   | 151-175 |
| Підвищений(б)  | 126-150 |
| Підвищений(а)  | 101-125 |
| Середній(б)  | 76-100  |
| Середній(а)  | 51-75   |
| Низький(б)   | 36-50   |
| Низький(а)   | 21-35   |
| Дуже низький   | <20     |

Така неоднорідність розподілу елемента створює передумови для впровадження диференційованого удобрення з метою підвищення ефективності використання фосфору та зменшення екологічних ризиків (Рис. 2.7).

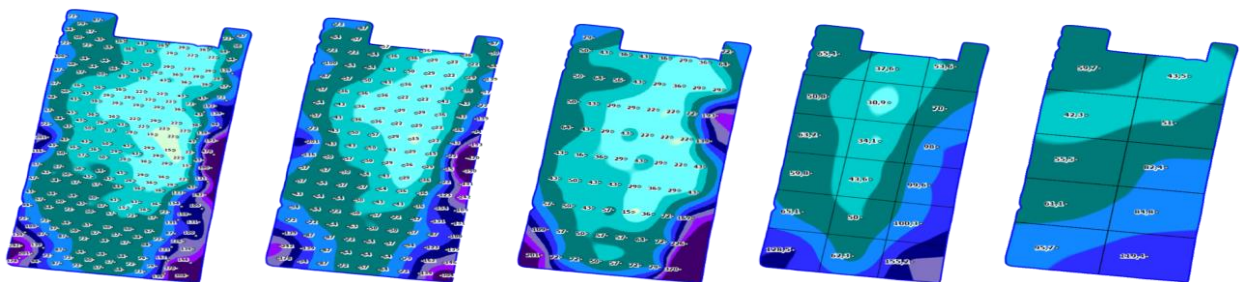


Рисунок 2.7 – Картограми вмісту рухомих сполук фосфору на 236, 162 та 74 точки та статистичний поділ на 18 та 10 зон

Отримані результати агрохімічного аналізу свідчать про доцільність урахування цинкового живлення при розробці системи удобрення кукурудзи, зокрема шляхом застосування цинковмісних мікродобрих або позакоренових підживлень, особливо на ґрунтах зі слабокислою та близькою до нейтральної реакцією, де доступність цинку для рослин істотно знижується (Рис. 2.8).

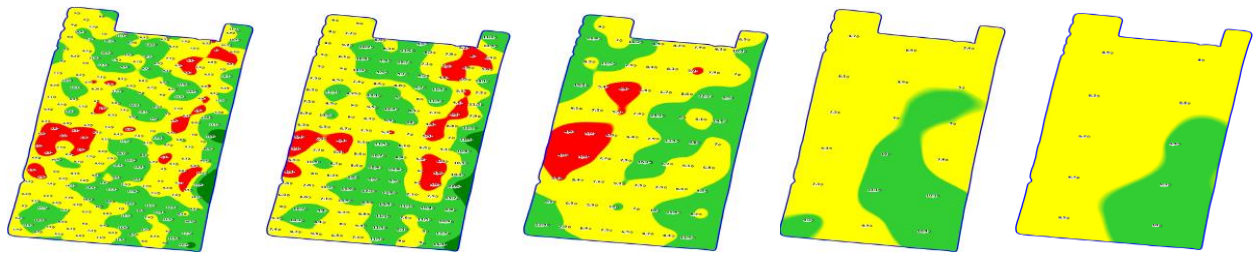


Рисунок 2.8 – Картограми вмісту рухомого цинку на 236, 162 та 74 точки та статистичний поділ на 18 та 10 зон

Вміст сірки в ґрунтах змінювався від 4,0 до 22,5 мг/кг, а середнє значення становило 8,59 мг/кг. Загалом ґрунти були забезпечені сіркою на середньому рівні, що не обмежує розвиток більшості культур, однак для культур із підвищеною потребою в цьому елементі можливе доцільне застосування сірковмісних добрив (Рис. 2.9).

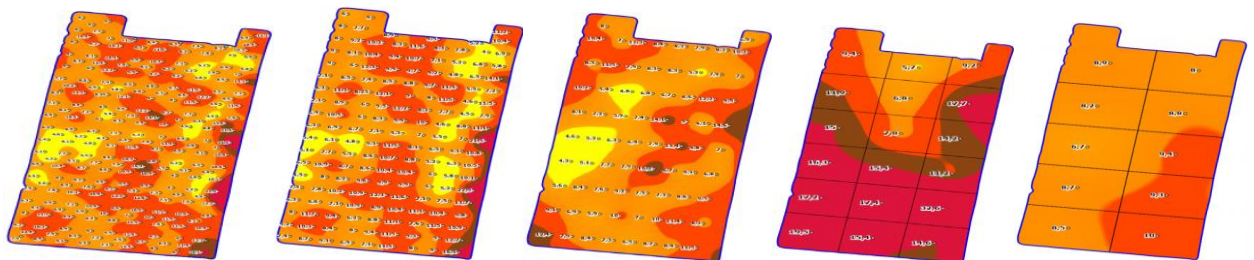


Рисунок 2.9 – Картограми вмісту рухомої сірки на 236, 162 та 74 точки та статистичний поділ на 18 та 10 зон

Аналіз вмісту обмінних катіонів показав, що концентрація кальцію коливалася від 6,01 до 24,68 ммоль/100 г ґрунту, при середньому значенні 17,11 ммоль/100 г, тоді як вміст магнію становив відповідно 0,70-8,42 ммоль/100 г, із середнім значенням 2,71 ммоль/100 г (Рис. 2.10).

| Групування за вмістом обмінний магній<br>Mg, ммоль/100г |           | Групування за вмістом обмінний кальцій<br>Ca, ммоль/100г |             |
|---|-----------|--|-------------|
| Дуже високий  | >4,1      | Дуже високий   | >20,1       |
| Високий   | 3,2 - 4,0 | Високий  | 15,1 - 20,0 |
| Підвищений  | 2,1 - 3,0 | Підвищений   | 10,1 - 15,0 |
| Середній  | 1,1 - 2,0 | Середній   | 5,1 - 10,0  |
| Низький   | 0,6 - 1,0 | Низький  | 2,6 - 5,0   |
| Дуже низький  | <0,5      | Дуже низький   | <2,5        |

Домінування кальцію в ґрунтово-вбирному комплексі є позитивною ознакою, оскільки він відіграє ключову роль у формуванні ґрунтової структури та регулюванні реакції ґрунтового середовища. Магній знаходився в межах фізіологічно оптимальних значень і забезпечував нормальне протікання фотосинтетичних процесів у рослин.

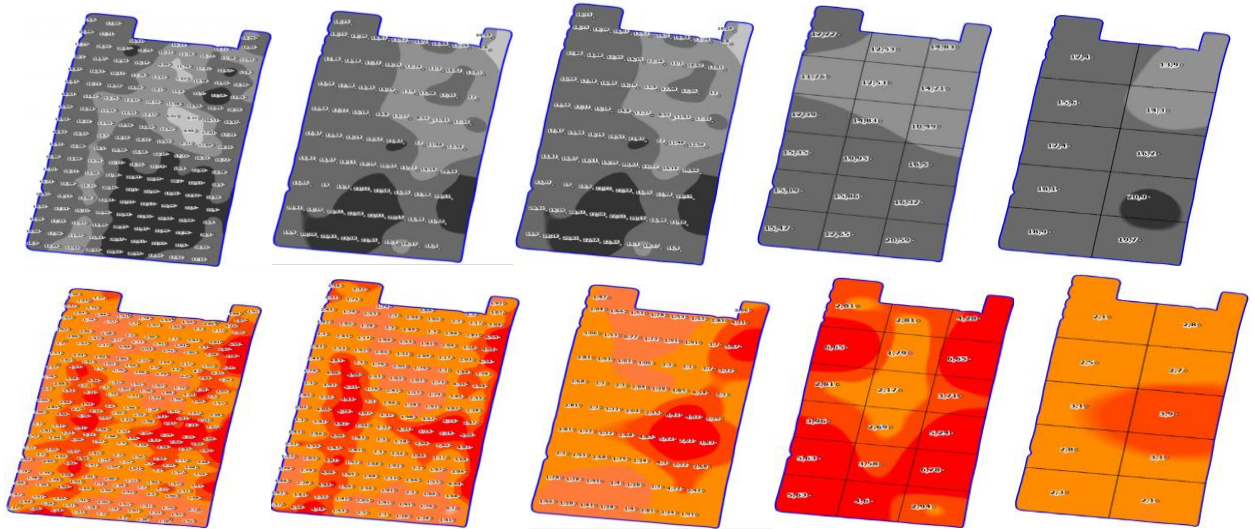


Рисунок 2.10 – Картограми вмісту обмінного кальцію та магнію на 236, 162 та 74 точки та статистичний поділ на 18 та 10 зон

Таким чином, дослідне поле характеризується значною просторовою неоднорідністю агрохімічних та рельєфних показників. Це створює науково обґрунтовану базу для проведення подальших досліджень з вирощування кукурудзи, зокрема щодо оптимізації систем удобрення, оцінки ефективності внесення добрив та формування врожайності культури в умовах змінної родючості ґрунту.

### 2.5. Аналіз твердості ґрунту з використанням автоматичного пенетрометра FarmQA

Одним із ключових фізичних показників ґрунту, що безпосередньо впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських культур, є твердість (пенетраційний опір) ґрунту. Даний показник відображає ступінь ущільнення ґрунтового профілю та визначає умови для розвитку кореневої системи, інфільтрації вологи та повітрообміну.

У сучасних агрономічних дослідженнях, зокрема при вирощуванні кукурудзи, аналіз твердості ґрунту є необхідним доповненням до

агрохімічного обстеження, оскільки навіть за оптимального рівня забезпеченості поживними елементами ущільнений ґрунт може істотно обмежувати реалізацію потенціалу врожайності культури.

Для оцінки твердості ґрунту на дослідному полі було використано автоматичний пенетрометр ґрунту FarmQA, який забезпечує стандартизоване та об'єктивне вимірювання пенетраційного опору на глибину до 50 см. Побудова картограм твердості ґрунту з інтервалом кожні 5 см (0-5, 5-10, 10-15 ... 45-50 см) забезпечує високу деталізацію просторової та вертикальної мінливості показника (Рис. 2.11).

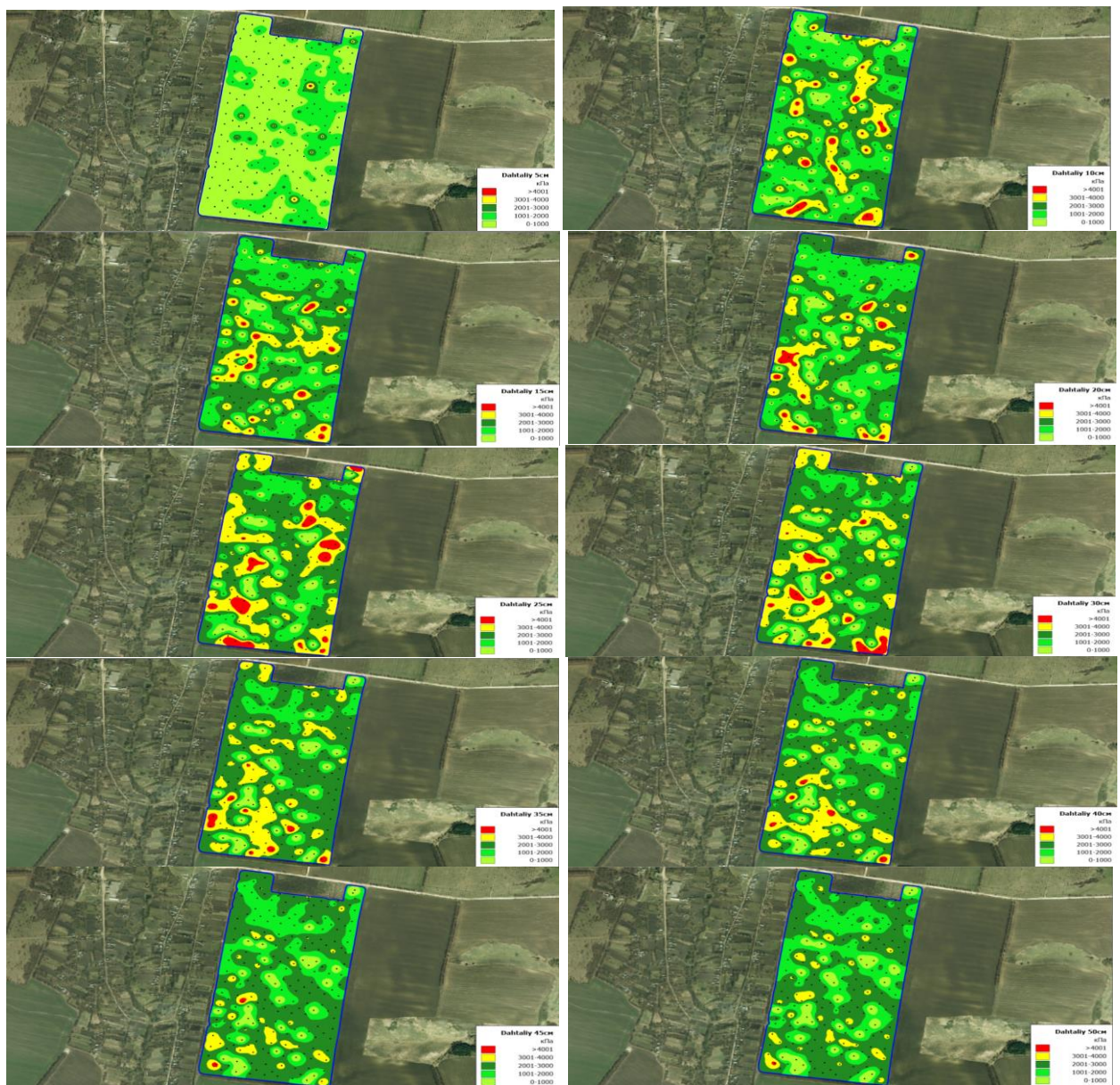


Рисунок 2.11 – Картограми твердості ґрунту від 5 до 50 см із кроком 5 см

Перевагою застосування автоматичного пенетрометра є: постійна швидкість заглиблення щупа, мінімізація суб'єктивного впливу оператора, висока точність та повторюваність вимірювань, а також можливість геоприв'язки кожної точки виміру.

Отримані дані дозволяють сформувати детальний вертикальний профіль твердості ґрунту, що є особливо важливим для агрономічної оцінки стану орного та підорного шарів. Отримані за допомогою FarmQA картограми твердості ґрунту в розрізі глибин дозволяють: обґрунтувати необхідність проведення глибокого рихлення; визначити оптимальну глибину обробітку ґрунту для окремих зон поля; уникнути надмірного механічного впливу на ґрунт; інтегрувати дані у систему точного землеробства.

У поєднанні з картами електропровідності ґрунту та агрохімічними картографіями, аналіз твердості ґрунту формує комплексне уявлення про фізико-агрохімічний стан ґрунтового середовища.

## **2.6. Використання технології електромагнітного сканування ґрунту TopSoil Mapper для агрохімічної та агрофізичної оцінки дослідного поля**

З метою поглибленої оцінки просторової неоднорідності ґрунтового покриву дослідного поля та уточнення агрофізичних умов вирощування кукурудзи у дослідженнях було використано технологію електромагнітного сканування ґрунту із застосуванням приладу TopSoil Mapper.

Принцип дії приладу ґрунтується на вимірюванні електромагнітної провідності ґрунту (ЕМІ) на різних глибинах, що дозволяє непрямым методом оцінити структурний стан ґрунту, рівень зволоження, вміст солей, а також наявність ущільнених горизонтів. Отримані показники є важливими для агрономічної інтерпретації, оскільки вони тісно пов'язані з умовами розвитку кореневої системи сільськогосподарських культур та ефективністю використання поживних елементів.

Сканування ґрунту проводилося з використанням декількох котушок, що забезпечило отримання даних електропровідності на глибинах 0,5; 0,7; 0,9 та

1,1 м (Рис. 2.12).

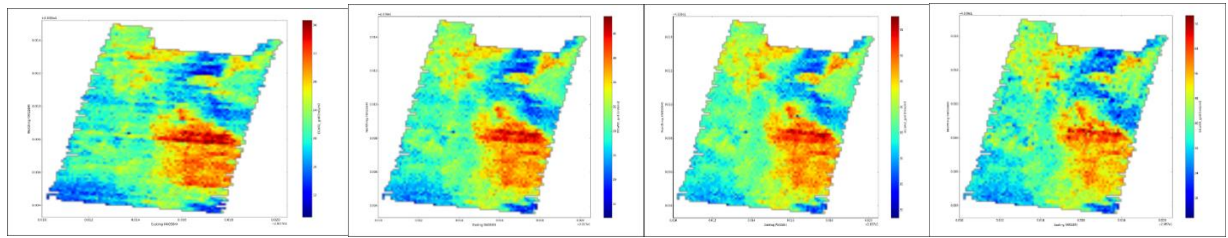


Рисунок 2.12 - Результати сканування електропровідності ґрунту на різних глибинах 0,5, 0,7, 0,9 та 1,1 м.

Первинні дані з польового термінала TopSoil Mapper були завантажені у спеціалізований хмарний портал, де здійснювалася автоматизована обробка та інтерпретація результатів. Картограма відносної вологоємності ґрунту відображає здатність різних ділянок поля накопичувати та утримувати ґрунтову вологу (Рис. 2.13.).

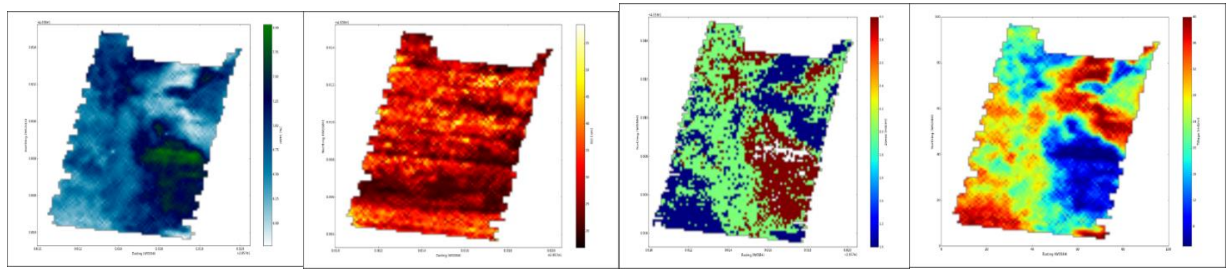


Рисунок 2.13 – Картограма відносної вологоємності ґрунту; 2 – Картограма глибини стрибка значень електромагнітної провідності; 3 – Карта ґрунтових зон, що складається на основі середнього значення електропровідності; 4 – Карта оптимальної глибини для проведення рихлення

Цей показник формується під впливом механічного складу ґрунту, його структури та ступеня ущільнення. Отримані результати свідчать про наявність зон із різною водоутримуючою здатністю, що має безпосередній вплив на доступність води для кореневої системи кукурудзи. Ділянки з підвищеною вологоємністю потенційно забезпечують стабільніші умови водозабезпечення, тоді як зони з низькими значеннями можуть бути схильними до стресу в умовах дефіциту опадів.

Отже, доцільно підкреслити, що просторова мінливість вологоємності є одним із ключових факторів диференціації продуктивності посівів кукурудзи. Картограма глибини стрибка електромагнітної провідності відображає

глибини, на якій спостерігається різка зміна показників ЕСа, що зазвичай відповідає межі ущільненого шару ґрунту або переходу між генетичними горизонтами (Рис. 2.13. – 2).

Наявність таких зон є надзвичайно важливою з агрономічної точки зору, оскільки ущільнення ґрунту обмежує: розвиток кореневої системи кукурудзи, інфільтрацію вологи та рух повітря у ґрунтового профілі.

Отримані дані дозволяють локалізувати проблемні ділянки поля, де ущільнення може негативно впливати на ріст і розвиток рослин, та врахувати ці особливості при плануванні основного і глибокого обробітку ґрунту.

Карта ґрунтових зон, сформована на основі середнього значення електромагнітної провідності, є інтегральною характеристикою просторової неоднорідності ґрунту (Рис. 2.13. – 3). Вона відображає поєднання фізичних і агрохімічних властивостей, таких як: гранулометричний склад, щільність ґрунту, вологозабезпечення та потенційний вміст солей.

Зонування поля за цим показником дозволяє виділити однорідні ділянки, які можуть бути використані: для планування відбору ґрунтових зразків, закладання дослідних ділянок та диференційованого застосування агротехнологій. Карта ґрунтових зон стала основою для подальшого агрохімічного обстеження та формування системи удобрення кукурудзи.

На основі аналізу просторового розподілу електромагнітної провідності та глибини ущільнених шарів було сформовано карту оптимальної глибини рихлення ґрунту (Рис. 2.13. – 4). Ця карта дозволяє: уникнути надмірного енергоспоживання при глибокому обробітку, проводити рихлення лише в тих зонах, де це агрономічно доцільно та зменшити негативний вплив на структуру ґрунту. Таким чином, застосування TopSoil Mapper сприяє переходу від суцільного до диференційованого обробітку ґрунту, що відповідає сучасним принципам точного землеробства.

## **2.7. Гідротермічні умови проведення досліджень**

Кліматичні умови ФГ «Флора А.А.» є типовими для ґрунтового-екологічної

зони Лісостепу правобережного України. За агрокліматичним районуванням господарство розташоване в зоні нестійкого зволоження. Переважає сонячна погода з помірною вологістю та слабкими вітрами. Весна часто буває затяжною. Літо завжди тепле, проте не жарке. Осінь здебільшого волога, зима в останні роки м'яка з частими відлигами (Табл. 2.1).

Тривалість періоду з середніми добовими температурами понад 5 °С становить 205 днів, понад 10 °С – 165 днів, причому дата переходу температури через 5 °С і вище припадає весною на 7-8 квітня, нижче восени 28-29 жовтня. Початком весни вважають перехід середньодобової температури повітря через 0 °С – друга декада березня місяця. Тривалість весни близько двох місяців. Перехід до літа відбувається з встановленням теплої погоди і перехід середньодобової температури повітря через 15 °С. Початком літа вважають половину травня і кінцем – першу половину вересня. Перехід середньодобової температури повітря через 10 °С – прийнято вважати за настання осіннього періоду. Закінчується осінь в третій декаді листопада при переході середньодобової температури повітря через 0 °С. Настання зими спостерігається в першій декаді січня, коли середньодобова температура повітря переходить через – 5 °С. Закінчується зима в другій декаді лютого. Тривалість зимового сезону від 40-60 днів.

Для даного району характерні несприятливі північно-східні та північні вітри, які обумовлюють найбільш низькі температури. Південно – західні і південні вітри зимового періоду часто приносять відлиги. Південні і південно-східні теплі і сухі вітри весняно-літнього періоду, створюючи умови посиленого випарування, викликають швидку втрату ґрунтами легкого механічного складу, призводячи до утворення щільної кірки. Пануючими вітрами впродовж року є вітри північно-західного напрямку [145].

Середня кількість атмосферних опадів за рік становить 529-556 мм, з випаданням їх з квітня по жовтень – 380-400 мм, з листопада по березень – 149-156 мм. Середньомісячна кількість опадів становить 44-46 мм. Найбільше опадів випадає в літні місяці (червень-липень – 72-74 мм).

Таблиця 2.1

**Кліматичні показники південної зони Вінницької області**

| № п/п | Кліматичні показники                                       | Одиниці виміру    |
|-------|--|-------------------|
| 1     | Сума позитивних температур понад 10 °С                     | 2768-3020         |
| 2     | Тривалість без морозного періоду (в днях)                  | 148-152           |
| 3     | Середньорічна температура повітря (в град.)                | 7,4-8,7           |
| 4     | Середній із абсолютних мінімумів температури повітря       | - 24 °С           |
| 5     | Абсолютний мінімум температури повітря                     | - 30 °С           |
| 6     | Абсолютний максимум температури повітря                    | 39 °С             |
| 7     | Середня дата першого приморозку (осінню)                   | 10-12/жовтня      |
| 8     | Середня дата останнього приморозку (весною)                | 18-19/квітня      |
| 9     | Тривалість вегетаційного періоду, в днях                   | 208-221           |
| 10    | Сума опадів за рік, мм                                     | 529-556           |
| 11    | Сума опадів за вегетаційний період, мм                     | 381-392           |
| 12    | Тривалість періоду із заляганням снігового покриву, в днях | 82-85             |
| 13    | Середня із максимальних висот снігового покриву, в см      | 13-14             |
| 14    | Середня глибина промерзання ґрунту, в см                   | 48-50             |
| 15    | Максимальна глибина промерзання ґрунту, в см               | 68-81             |
| 16    | Мінімальна глибина промерзання ґрунту, в см                | 22                |
| 17    | Сума ефективних температур за період вегетації             | 2078-2368         |
| 18    | Переважаючий напрям вітру                                  | північно-західний |

В останні періоди в зоні Лісостепу правобережного відмічаються значні нестійкі гідротермічні умови за роками, тобто нерівномірність випадання опадів, тривалий бездощовий період можуть чергуватися із значними зливами, що не може не впливати на формування продуктивності рослин.

Головними чинниками вирощування кукурудзи в зоні Лісостепу правобережного є тривалість теплового періоду впродовж якого проходить вегетація рослин та забезпеченість достатньою кількістю вологи у ґрунті на час сівби, що впливає на появу дружніх сходів і подальший розвиток рослини та формування відповідної густоти рослин. Оцінку погодних умов у роки проведення досліджень проводили за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології (Рис. 2.14, 2.15). У 2023 році гідротермічні умови були досить сприятливими для росту і розвитку рослин кукурудзи. Інтенсивні опади весною дозволяли суттєво поповнювати запаси вологи, крім того опади,

які також проходили під час вегетації рослин сприяли досить інтенсивним ростовим процесам культури. У травні місяці випала більша кількість опадів на 63 мм і відмічалися значні коливання температури, у червні випало на 25 мм більше порівняно із середніми багаторічними показниками, однакова кількість відмічена у липні, проте менша кількість опадів випала у серпні на 41 мм та у вересні на 3 мм.

Слід відмітити, дещо вищий температурний режим в умовах цього року, порівняно із середньобагаторічними показниками на 1,9 °С. Проте, впродовж вегетаційного періоду він був контрастним у розрізі місяців, зокрема нижчим у травні на 0,3 °С за середню багаторічну температуру, а вищим у червні на 1,9 °С, у липні на 1,5 °С, у серпні на 4,0 °С вище порівняно із середньою багаторічною температурою.

Температурні умови у інші місяці були максимально наближеними до середніх багаторічних показників. У серпні високі температури повітря, які

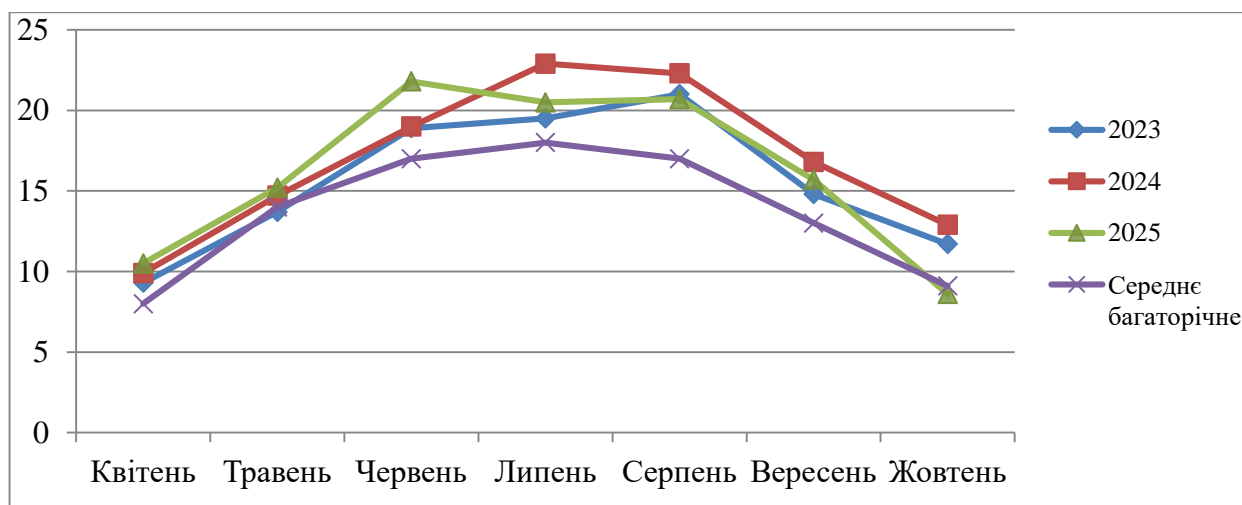


Рисунок 2.14 – Температура повітря впродовж періоду досліджень

утримувалися тривалий час, погіршили розвиток рослин. Запаси вологи в ґрунті скоротилися порівняно із попереднім періодом, але залишалися задовільними для подальшого завершення вегетації рослин. Гідротермічні умови 2024 року виявилися менш сприятливими для проходження процесів росту й розвитку рослин кукурудзи. Це пов'язано із високим температурним режимом впродовж усіх місяців вегетаційного періоду, які перевищили середні багаторічні показники, зокрема квітня на 1,9 °С, травня на 0,7 °С,

червня – 2,0 °С, липня – 4,9 °С, серпня – 5,3 °С, вересня та жовтня на 3,8 °С. Відповідно вона була вищою порівняно із середньою багаторічною температурою на 3,2 °С та на 1,3 °С порівняно із температурним режимом у 2023 році. Крім того, необхідно відмітити дефіцит опадів за період досліджень порівняно із багаторічними показниками у переважній більшості місяців вегетаційного періоду. Зокрема у квітні на 13,2 мм менше, у липні на 30,8 мм менше, серпні на 40,4 мм менше, як і в цілому за вегетаційний період випало на 78,8 мм менше порівняно із середніми багаторічними даними та на 108,5 мм менше порівняно із умовами 2023 року. Умови 2025 року, виявилися більш сприятливими за гідротермічним режимом вирощування порівняно з умовами 2024 року. Однак надходження кількості опадів було не рівномірним, відмічався то дефіцит опадів у окремі місяці, зокрема у червні на 11,1 мм та у липні на 12,2 мм менше, порівняно з багаторічними даними. Більша кількість опадів відмічена порівняно із середніми багаторічними показниками у травні на 45,3 мм, у серпні на 59 мм, і у вересні на 76,4 мм. У цілому за вегетаційний період 2025 року випало на 158,3 мм більше порівняно середньорічними багаторічними показниками. Вищий температурний режим порівняно із середньою багаторічною температурою відмічено у травні на 1,2 °С, червні на 4,8 °С, липні – 2,5 °С, серпні – 3,7 °С, вересні – 2,7 °С.

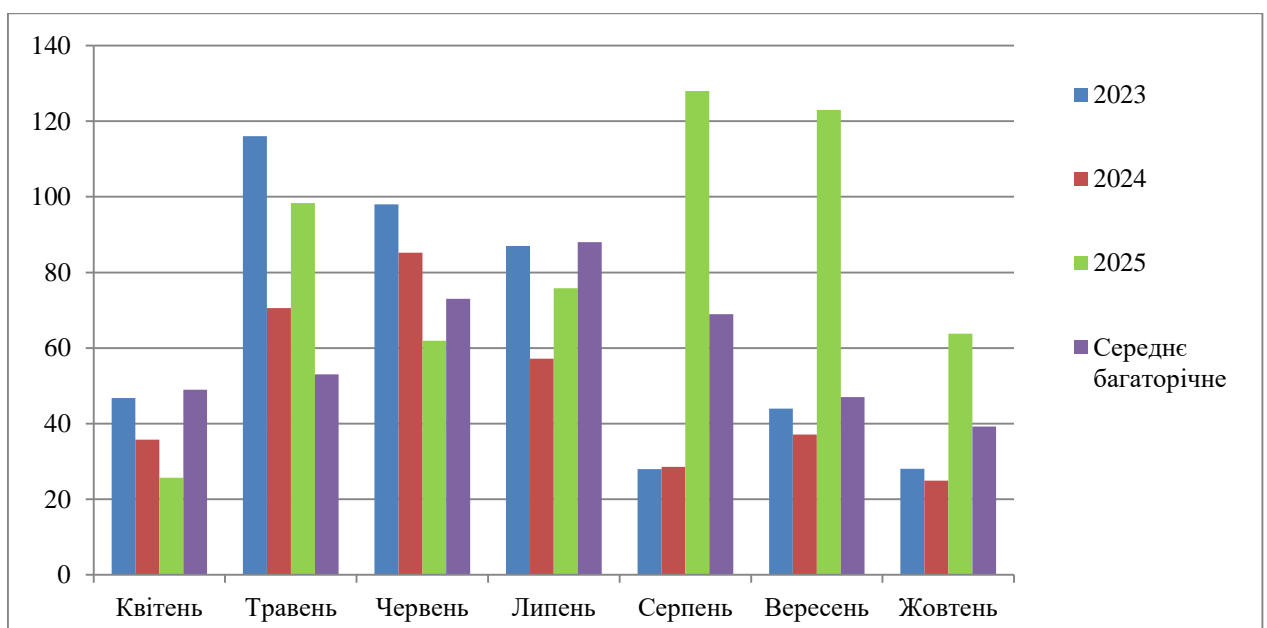


Рисунок 2.15 – Кількість опадів за період досліджень

Отже, найбільш сприятливими для росту й розвитку рослин кукурудзи за гідротермічним режимом виявилися умови 2023 року, а найменш сприятливими за вологозабезпеченням і температурним режимом виявилися умови 2024 року.

## 2.8. Методика проведення досліджень

Згідно методики досліджень було закладено трифакторний польовий дослід в умовах ФГ «ФЛОРА А.А.» смт. Крижопіль, схема дослід (Табл. 2.2; Рис. 2.16). Розміщення ділянок – рендомізоване, за чотириразової повторності. Площа облікової ділянки – 50 м<sup>2</sup> [144].

Таблиця 2.2

Схема дослід

| Гібрид (фактор А)                | Густота рослин на період збирання тис/га (фактор В) | Удобрення (фактор С)   |
|----------------------------------|---|--|
| ДКС 3795<br>ДКС 3972<br>ДКС 4351 | 60,<br>70,<br>80                                    | Контроль (без добрив)  |
|                                  |   | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)   |
|                                  |   | Фон + Сульфат цинку (8 кг/га перед культивацією)   |
|                                  |   | Фон + Еколайн Цинк (1 л/га на мікростадії ВВСН 14-15)  |
|                                  |   | Фон + Сульфат цинку (8 кг/га перед культивацією) + Еколайн Бор (1 л/га на мікростадії ВВСН 61-63)  |
|                                  |   | Фон + Сульфат цинку (8кг/га перед культивацією) + Еколайн Цинк (1 л/га на мікростадії ВВСН 14-15) +Еколайн Бор (1 л/га на мікростадії ВВСН 61-63). |

Для забезпечення високої достовірності результатів та інтеграції елементів точного землеробства, архітектура дослідного масиву базується на принципах модульності та технологічної сумісності.

Технологічний модуль базується на виборі ширини елементарної ділянки у 5,6 м обумовлений кратністю до конструктивних параметрів основних сільськогосподарських агрегатів, що мінімізує похибки при закладанні дослід та збиранні врожаю: Синхронізація з посівом була відтворена за рахунок карти завдання на диференційний (ДИФ) посів (Рис. 2.16, Додаток Б): Ширина 5,6 м чітко відповідає робочому захвату стандартної 8-рядної просапної сівалки (з міжряддям 70 см). Це дозволяє реалізувати кожен варіант дослід (гібрид ×

густота) за один прохід агрегату, виключаючи перекриття або змішування різних технологічних схем у межах однієї ділянки. Чистота механізованого збирання: Використання зернозбиральних комбайнів із 8-рядними жатками забезпечує повне охоплення ширини ділянки за один прохід. Це усуває «крайовий ефект» сусідніх варіантів та дозволяє отримати валовий збір з ділянки без залишків рослинної маси від інших схем живлення чи густоти.

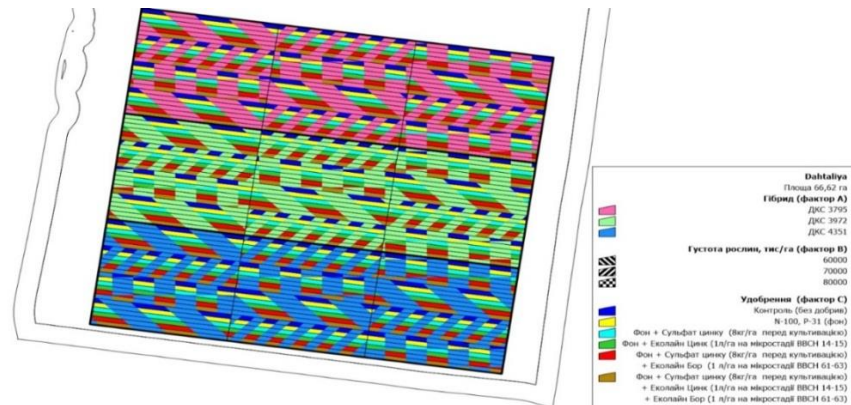


Рисунок 2.16 – Архітектура дослідного полігону візуалізовано 4-кратну повторюваність та розподіл 54 варіантів дослідних ділянок загальною площею 18,144 га

У системах точного землеробства довжина гону є критичним фактором для коректної роботи датчиків потоку зерна. Довжина ділянки 150 м утворює так званий «цифровий крок», який гарантує якість даних: датчики врожайності та вологоміри комбайна мають певний період інерції. Довжина у 150 м дозволяє системі картографування вийти на стабільний режим вимірювання після проходження перших 20-30 метрів («зони стабілізації»).

Залишкових 120-130 метрів стабільного ходу комбайна достатньо для формування статистично значущої кількості точок реєстрації врожайності на кожній ділянці. Це дозволяє будувати коректні карти врожайності та проводити геостатистичний аналіз просторової неоднорідності в межах кожного варіанту.

Посів кукурудзи з диференційованою нормою висіву проводився на дослідних ділянках із використанням елементів точного землеробства та цифрового супроводу технологічних операцій. Метою дослідження було

встановлення впливу різної густоти стояння рослин у поєднанні з удобренням на формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах зони нестійкого зволоження. На початковому етапі виконувалося створення електронних контурів дослідних ділянок у програмному середовищі QGIS із використанням GPS-координат. Для точного розміщення варіантів досліду формувалися цифрові схеми ділянок та маршрути руху техніки. Це дозволило забезпечити чітке дотримання меж варіантів досліду та мінімізувати похибки при виконанні технологічних операцій. Диференційний посів здійснювався шляхом зміни норми висіву на окремих дослідних ділянках відповідно до схеми експерименту: 60 тис. рослин/га, 70 тис. рослин/га та 80 тис. рослин/га (Рис. 2.17).

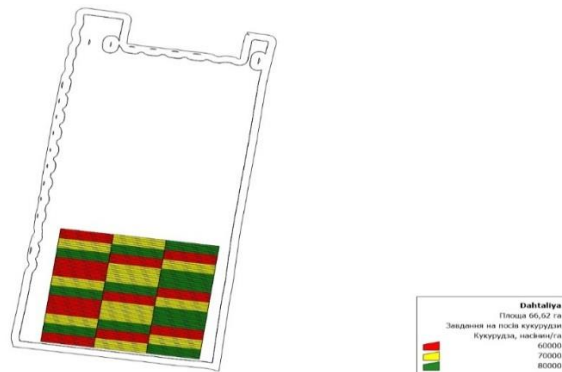


Рисунок – 2.17 Карта диференційного посіву кукурудзи зі змінною нормою

Для виконання сівби використовувалася сівалка точного висіву, обладнана GPS-навігацією, системою паралельного водіння та електронним контролем висіву. Зміна норми висіву проводилася відповідно до попередньо створених карт-завдань або шляхом налаштування норми на визначених дослідних смугах. Бортовий монітор забезпечував контроль параметрів висіву, рівномірність розподілу насіння та дотримання заданої густоти рослин.

Під час проведення сівби особлива увага приділялася точності дотримання міжряддя, глибини загортання насіння та стабільності норми висіву. Використання технології паралельного водіння дозволило уникнути перекриттів і пропусків між проходами агрегату, що особливо важливо при

закладанні польових дослідів. Контроль якості виконання посіву проводився шляхом польових обліків, визначення фактичної густоти сходів та оцінки рівномірності розміщення рослин. Для додаткового моніторингу стану посівів застосовувалися супутникові знімки. Отримані дані використовувалися для аналізу впливу різних норм висіву на ріст, розвиток і врожайність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення в умовах нестійкого зволоження.

В основу методології досліджень покладено перехід від традиційного суцільного внесення добрив до просторово-диференційованого управління живленням кукурудзи. Для цього було розроблено серію карт-завдань у форматі shp (Shapefile), які інтегрували в бортовий термінал обприскувача та розкидача добрив.

Внесення  $N_{100}P_{31}$  діючої речовини на гектар досягали шляхом застосування карбаміду – 203 кг/га і амофосу – 60 кг/га у фізичній вазі, які вносили у передпосівну культивуацію (карбамід), а амофос у рядки при посіві.

Карбамід (сечовина) – добриво з амідною формою азоту. Це саме концентроване з усіх азотних добрив (N-46 %). Випускається в гранульованому вигляді.

Амофос 11:52 – це мінеральне добриво, що містить два основні макроелементи – азот (N) і фосфор (P). Відсоткове співвідношення цих частин у добриві становить 11 % азоту та 52 % фосфору.

Сульфат цинку ( $ZnSO_4$ ) – це неорганічна сполука, відома як «білий купорос», що застосовується як ефективне мікродобриво для усунення дефіциту цинку у рослин, підвищення врожайності на 20-35 %. Він активізує фотосинтез, покращує стійкість до посухи та грибкових хвороб. Вносили 8 кг/га у передпосівну культивуацію.

Еколайн Цинк Хелат – висококонцентроване хелатне цинкове добриво, розроблене для усунення прояву дефіциту цинку, для позакореневого підживлення культур, особливо вимогливих до умов забезпечення цинком вносили 1 л/га на мікростадії ВВСН 14-15, шляхом позакореневого підживлення.

Еколайн Бор – висококонцентроване рідке борне мікродобриво. Розроблене для усунення прояву дефіциту бору, а також для позакореневого підживлення культур, особливо вимогливих до умов забезпечення бором. Містить бор у формі органічного комплексу з моноетаноламіном вносили шляхом позакореневого підживлення 1 л/га на мікростадії ВВСН 61-63.

Реалізація системи живлення в межах експерименту (Рис. 2.18) базувалася на поєднанні базового ґрунтового удобрення, прецизійних позакорневих підживлень та цифрового контролю технологічних операцій із застосуванням елементів точного землеробства. Загальна концепція передбачала покрокове забезпечення метаболічних потреб кукурудзи відповідно до фаз органогенезу з мінімізацією втрат поживних речовин та підвищенням коефіцієнта їх засвоєння.

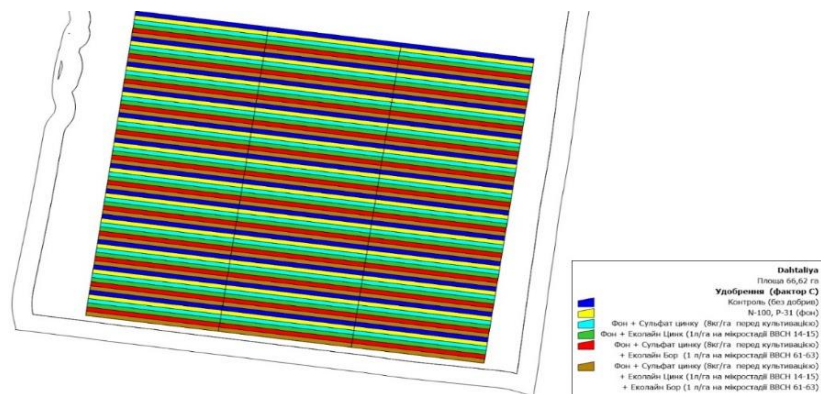


Рисунок 2.18 – Схема розміщення фактору С

Базовим фоном для всіх варіантів дослідів (за виключенням абсолютного контролю) було внесення мінеральних добрив у дозі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub>. Внесення азотно-фосфорних добрив здійснювалося перед передпосівною культивуацією із використанням розкидача мінеральних добрив, обладнаного системою GPS-навігації, електронним дозуванням та контролем ширини захвату. Робота агрегату здійснювалася за допомогою паралельного водіння, що забезпечувало стабільну траєкторію руху, мінімізацію перекриттів і пропусків та рівномірність розподілу добрив у межах дослідних ділянок.

Передпосівне внесення сульфату цинку у нормі 8 кг/га проводилося дискретно з обов'язковою негайною заробкою в ґрунт під час передпосівної

культивуації. Така технологія дозволяла зменшити втрати мікроелемента через поверхневі процеси фіксації та забезпечити його доступність у кореневмісному шарі ґрунту. Контроль рівномірності внесення здійснювався шляхом налаштування норми виливу та калібрування розподільного механізму агрегату перед виходом у поле.

Особливу увагу приділено фоліарній системі живлення, яка виконувала роль оперативної корекції мінерального живлення у критичні фази розвитку кукурудзи. Позакореневі обробки проводилися приципним обприскувачем із системою автоматичного водіння та пофорсуночним відключенням (Individual Nozzle Control).

Система пофорсуночного відключення працювала на основі GPS-позиціонування та дозволяла індивідуально керувати кожною форсункою штанги. Це забезпечувало автоматичне вимкнення подачі робочого розчину у зонах перекриття, на розворотних смугах та в межах чітко окреслених дослідних ділянок. Завдяки цьому повністю виключалося подвійне внесення препаратів, зменшувалася витрата робочого розчину та підвищувалася точність дотримання експериментальних варіантів.

Додатково використовувалася система змінної норми внесення (VRA), яка синхронізувалася з бортовим комп'ютером обприскувача. Вона дозволяла підтримувати стабільну норму виливу незалежно від швидкості руху агрегату, рельєфних особливостей ділянки чи змін тиску в системі. Усі технологічні параметри – швидкість, тиск, витрата робочої рідини, ширина захвату та координати – фіксувалися в цифровому вигляді для подальшого аналізу.

Позакореневі підживлення проводилися препаратами лінійки «Еколайн» відповідно до фенологічних фаз розвитку кукурудзи за шкалою ВВСН. У фазі ВВСН 14-15 (4-5 листків) застосовувався Еколайн Цинк у нормі 1 л/га. Обробка проводилася в ранкові або вечірні години за швидкості вітру не більше 3-4 м/с для мінімізації знесення робочого розчину. Технологічно важливим елементом було забезпечення оптимального розміру краплі та рівномірного покриття листової поверхні, що досягалося налаштуванням

форсунок на середньодисперсний режим розпилення.

У фазі ВВСН 61-63 (початок цвітіння) застосовувався Еколайн Бор у нормі 1 л/га. Проведення обробки в цей період було спрямоване на покращення процесів пилкоутворення, підвищення життєздатності пилку та оптимізацію процесів запилення, що безпосередньо впливало на формування озерненості качана та реалізацію потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи.

Позакоренеve підживлення виконувалося із застосуванням агродрону, обладнаного системою GPS-навігації, автоматичного підтримання висоти польоту та цифрового контролю норми внесення робочого розчину. Використання безпілотної технології дозволило проводити обробку без механічного пошкодження рослин у генеративний період розвитку, що є особливо важливим у фазі цвітіння кукурудзи.

Перед виконанням обприскування в програмному забезпеченні формувалися електронні контури дослідних ділянок та маршрути польоту дрону. Карти-завдання завантажувалися у бортову систему управління, після чого політ і внесення препарату здійснювалися в автоматизованому режимі відповідно до заданих параметрів. Завдяки RTK/GPS-позиціонуванню забезпечувалася висока точність проходів та дотримання меж варіантів досліду.

Особлива увага приділялася рівномірності покриття генеративних органів рослин робочим розчином. Для цього підбиралися оптимальні параметри польоту дрону – висота обробки, швидкість руху, ширина робочого захвату та дисперсність краплі. Підтримання стабільної висоти польоту над поверхнею посіву дозволяло формувати однорідний факел розпилення та забезпечувати ефективне проникнення робочого розчину у верхній ярус рослин.

Крім того, застосування агродрону дозволило оперативно виконувати підживлення у вузькі оптимальні часові вікна з урахуванням погодних умов. Перед проведенням обробки контролювалися температура повітря, швидкість вітру та відносна вологість, що дозволяло мінімізувати знесення робочого

розчину та підвищити ефективність засвоєння бору рослинами кукурудзи.

Контроль агрометеорологічних умов здійснювався за допомогою мобільної метеостанції, яка в режимі реального часу фіксувала температуру повітря, відносну вологість, інтенсивність сонячної радіації та швидкість вітру. На основі цих даних приймалися оперативні рішення щодо доцільності проведення обприскувань, що дозволяло мінімізувати абіотичні втрати діючих речовин і підвищувати ефективність застосованих препаратів (Рис. 2.19). Інтеграція технологій точного землеробства, зокрема GPS-навігації, пофорсуночного відключення, секційного контролю та цифрового моніторингу, забезпечила високу точність внесення добрив і стабільність реалізації дослідної схеми, що дозволило об'єктивно оцінити вплив системи живлення на формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах зони нестійкого зволоження.

Такий моніторинг дозволив забезпечити оптимальне агротехнічне вікно для максимальної абсорбції препаратів листовою поверхнею та повністю виключити ризики виникнення фітотоксичності, що є критично важливим для отримання достовірних результатів у багатофакторному польовому досліді.

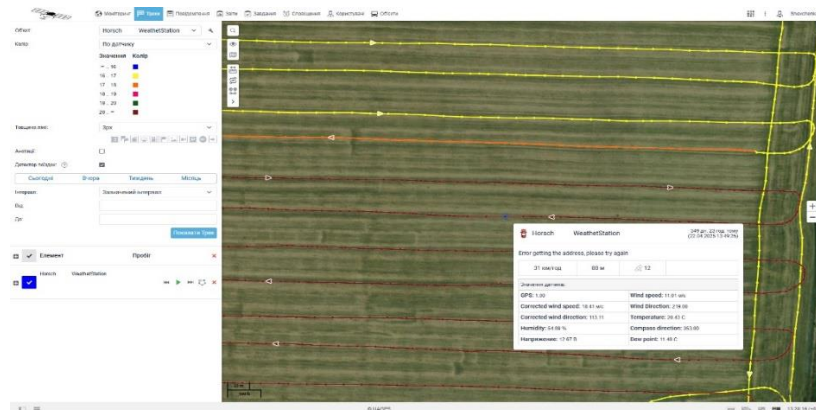


Рисунок 2.19 – Моніторинг температурного режиму, вологості повітря та швидкості вітру за допомогою мобільної метеостанції.

Фенологічними спостереженнями встановлювали час настання фаз розвитку рослин, а саме таких як проростання насіння, сходи, утворення 3-5-го листка, 7 листків, 11 листків, цвітіння качанів, формування і досягання зерна молочної, воскової і повної стиглості на постійно закріплених 100

рослинах у двох несуміжних повтореннях. Спостереження проводилися візуально: початком фази вважали день, коли вона виявлялася не менше ніж у 10 % рослин, масовим настанням фази – день, коли вона була у 75 % рослин. Крім того, відмічали дати сівби та збирання врожаю [144].

Облік густоти стояння виконували в фазі 3-5 листків окремо на кожній дослідній ділянці. Після чого проводили формування густоти стояння рослин згідно схеми досліду, так щоб забезпечити необхідну кількість рослин на період збирання від 60 до 80 тис./га, інтервал 10 тис. Перед збиранням врожаю підрахунок рослин повторювався по всіх повтореннях.

Висоту рослин та площу асиміляційної поверхні листків визначали в основні фази росту та розвитку рослин кукурудзи шляхом виміру 10 закріплених, типових для даного варіанту рослин, у чотирьох несуміжних повтореннях. Висоту рослин вимірювали до фази цвітіння – від поверхні ґрунту до верху самого довгого (витягнутого) листка; після фази викидання волоті – від поверхні ґрунту до верхньої кінцівки волоті [146].

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 °С ) [147];

Площу листової поверхні встановлювали лінійним методом [148, 149] з послідовним розрахунком за формулою (2.1):

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

де S - площа листа, см<sup>2</sup>; k - середній поправочний коефіцієнт, дорівнює 0,75; l - довжина листа, см; n - ширина листа у найширшому місці, см.

Враховували площу тільки у фізіологічно повноцінних листків. Кількість відібраних рослин - 10, в дворазовому повторенні.

Фотосинтетичний потенціал посівів визначали за формулою (2.2) [148]:

$$\text{ФП} = [(Л_1+Л_2) T_1 + (Л_2+Л_3) T_2 + (Л_n + Л_{n+1}) T_n] : 2, \quad (2.2)$$

де:  $\Phi П$  – фотосинтетичний потенціал, млн. м<sup>2</sup> діб/га;  $L1+L2$  – сума площі листків за періодами, тис. м<sup>2</sup>/га;  $T1 Tn$  – тривалість періоду, діб.

Чисту продуктивність фотосинтезу визначали за формулою Кідда, Веста і Бріггса [149] :

$$\text{ЧПФ} = (M_2 - M_1) \times 2 / (S_1 + S_2) \times n, \quad (2.3)$$

де, ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м<sup>2</sup> добу;  $M_1$  – суха біомаса рослин кукурудзи на початок облікового періоду, кг/га;  $M_2$  – суха біомаса рослин кукурудзи на кінець облікового періоду, кг/га;  $S_1$  – площа листя на початку облікового періоду, м<sup>2</sup>/га;  $S_2$  – площа листя наприкінці облікового періоду, м<sup>2</sup>/га;  $n$  – кількість діб у періоді.

Облік урожаю кукурудзи з облікової площі проводили згідно методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові) [144].

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 [150], 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 [147]; визначення загального азоту і обчислення сирого протеїну проводилося за методикою К'ельдаля - ДСТУ ISO 5983-2003 [151], визначення сирого жиру ґрунтується на виділенні жиру органічними розчинниками в апаратах Сокслета - ДСТУ ISO 6492-2003 [152], як органічний розчинник використовувався - гексан; крохмаль визначався за ДСТУ10845-91.

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 діоксину вуглецю. При відносній густоті етанолу  $d_{420}=0,78927$  його теоретичний вихід становить 64,79 л [153].

Математичну обробку результатів досліджень проводили методом дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу за методикою [148].

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 [154]. Енергетичну оцінку вирощування кукурудзи проводили відповідно до методики О. К. Медведовського та П. І. Іваненка [155].

## **Висновки до розділу 2.**

На основі матеріалу, описаного в цьому розділі, зроблено такі висновки:

1. Гідротермічні умови упродовж вегетаційного періоду в роки досліджень значно відрізнялися. Відмічено зростання температури в умовах 2024 року порівняно, як зі середніми багаторічними показниками так і температурами, які було відмічено в умовах 2023 і 2025 рр. Необхідно наголосити на достатньо виражену варіабельність кількості опадів, як за кількістю, так і нерівномірністю у розрізі місяців. Проте, нерівномірність гідротермічних умов упродовж періоду досліджень дозволила провести ефективну оцінку впливу технологічних прийомів вирощування на формування урожайності гібридів кукурудзи.

2. Проведені експериментальні дослідження за відповідними методиками дозволяють об'єктивно оцінити вплив окремих технологічних прийомів вирощування на проходження процесів росту й розвитку, наростання листостеблової маси, формування елементів індивідуальної продуктивності та урожайності і якості зерна гібридів кукурудзи.

## Список використаної літератури до розділу 2.

144. Вовкодав В.В. 2001. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові). К. 356.

145. Півошенко І.М. Клімат Вінницької області. Вінниця: ВАТ «Віноблдрукарня», 1997. 240 с.

146. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліджу: навч. посіб. Херсон: Грінь, 2014. 448 с.

147. 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).

148. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Вища школа, 1994. 334 с.

149. Бондарчук А.А., Колтунов В.А., Олійник Т.М. Картоплярство: методика дослідної справи. Вінниця : ТОВ «Твори», 2019. 652 с.

150. 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).

151. 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).

152. Корми для тварин. Визначення вмісту жиру: ДСТУ О 64922003. [На заміну ГОСТ 13496.15-97; введ. 01.01.2004.]. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 19 с. (Національний стандарт України).

153. 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.

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

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

### **РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН НА РІСТ І РОЗВИТОК КУКУРУДЗИ**

#### **3.1. Польова схожість та збереженість рослин залежно від удобрення та густоти рослин**

Поступове потепління й дефіцит і нерівномірність випадання опадів, часті посухи обумовлюють пошук протидії цим явищам, в тому числі за рахунок визначення оптимальної густоти рослин для кожного гібриду, зокрема у тих чи інших ґрунтово-кліматичних умовах вирощування [156-159].

Одним із важливих чинників, які суттєво впливають на рівень урожайності кукурудзи, є формування оптимальної щільності посіву та відповідного рівня забезпечення елементами живлення. З огляду на щорічне внесення великої кількості гібридів кукурудзи до Державного реєстру сортів рослин України, для яких встановлення оптимальної густоти рослин у відповідних ґрунтово-кліматичних умовах є актуальним. Визначення оптимальної густоти рослин кукурудзи для гібридів необхідно з метою отримання максимального рівня урожайності. Тому науковці і виробники товарного зерна кукурудзи повинні приділяти належну увагу при визначенні густоти рослин та рівня удобрення кукурудзи, для отримання максимального рівня урожайності забезпечуючи її високі показники продуктивності в умовах вирощування [160-163].

Гібриди кукурудзи відзначаються різною реакцією на зміну умов зовнішнього середовища, що проявляється у відмінностях за темпами їх росту і розвитку, мінливістю морфологічних ознак, за ефективністю фотосинтетичної діяльності рослин, інтенсивністю розвитку кореневої системи, формуванням різного рівня урожайності, які залежать від впливу технологічних прийомів вирощування. Технологічні прийоми вирощування впливають на проходження фізіологічних процесів у рослинах, зокрема й

отримання дружніх і повних сходів, які впливають на забезпечення оптимальної густоти рослин, що в кінцевому рахунку відображається на рівні урожайності.

Сівба відноситься до найвідповідальнішого періоду, належне проведення якого визначає час появи і повноту сходів, а також проходження послідуєчих процесів росту й розвитку рослин [164].

Отримання високих показників польової схожості відноситься до одних із найважливіших технологічних заходів, так як польова схожість впливає на рівень урожайності. Між рівнем урожайності та показниками польової схожості насіння існує прямий кореляційний зв'язок. Зокрема, за результатами досліджень встановлено, що зниження польової схожості насіння лише на 1 % може призвести до зниження рівня урожайності ярих зернових культур від 1,5 до 2,0 % [165].

Від показників польової схожості залежать наступні технологічні прийоми вирощування, які зумовлюють формування необхідної густоти рослин на період збирання.

За результатами досліджень, встановлено, що польова схожість насіння нижча від лабораторної на 20-30 %. Показники польової схожості найбільше залежать від строків сівби, однак норми висіву і рівень живлення також відіграють важливу роль у досягненні високих показників польової схожості насіння [165]. Зокрема, за результатами досліджень встановлено, що зниження польової схожості насіння за збільшення норми висіву пов'язано із наявністю специфічних сполук, які за збільшення норми висіву затримують проростання насінин, що знаходяться поруч. За меншої норми висіву ці сполуки вбираються ґрунтом.

Збільшення норм висіву забезпечує зниження польової схожості насіння внаслідок дефіциту поживних речовин для проростків, що призводить до їх загибелі. Сприятливий вплив на підвищення польової схожості насіння має забезпечення рослин елементами живлення [164, 165].

Гібриди кукурудзи, враховуючи їх належність до виробника однієї селекційно-насінницької компанії незначною мірою відрізнялися за величинами польової схожості насіння, яка змінювалася у межах від 85,5 у гібрида ДКС 3795 до 86,3 % у гібрида ДКС 4351 за найменшої густоти рослин (60 тис./га), на контрольному варіанті досліду (без удобрення), досягаючи максимальних значень від 87,5 % гібрида ДКС 3795 до 88,1 % у гібрида ДКС 4351 за внесення сульфату цинку на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ , або це на 2,0 і 1,8 % більше.

Покращення агрофону вирощування за рахунок внесення лише мінеральних добрив збільшувало показники польової схожості насінні у гібридів кукурудзи ДКС 3795 на 1,4; ДКС 3972 – 1,5; ДКС 4351– 1,3 %, відповідно.

Збільшення густоти рослин від 60 до 80 тис./га, призводило у межах кожного варіанта удобрення до зниження польової схожості насіння від 1,1 до 1,8 %. Збільшення ж густоти рослин від 60 до 70 тис./га призводило незалежно від варіанта удобрення до незначного зниження польової схожості насіння від 0,4 до 0,8 %, відповідно. Підвищення урожайності до максимального рівня, який закладено у генотипах гібридів кукурудзи можливе за формування оптимальної густоти рослин на період збирання. Цей показник є надзвичайно важливим і він визначає збереженість рослин під час вегетації. Одним із варіантів управління забезпечення стійкості рослин до несприятливих умов середовища є проведення відповідних технологічних прийомів вирощування.

Встановлення оптимальної густоти рослин визначає ефективність використання родючості, температурного, поживного і водного режиму ґрунту, використання з максимальною ефективністю сонячної енергії [166]. Окрім того, за стресових умов таких як посуха, чи зниження температурного режиму проведення позакореневого підживлень є дієвим і ефективним механізмом забезпечення рослин макро- і мікроелементами у легкодоступній формі [167].

Таблиця 3.1

**Польова схожість насіння (%) та збереженість рослин (%) у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин**

| Гібрид<br>(фактор А) | Удобрення<br>(фактор С)                        | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |                  |                     |                  |                     |                  |
|----------------------|--|---------------------------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|
|                      |  | 60                                    |                  | 70                  |                  | 80                  |                  |
|                      |  | польова<br>схожість                   | збереже<br>ність | польова<br>схожість | збереже<br>ність | польова<br>схожість | збереже<br>ність |
| ДКС 3795             | Без добрив (к.)                                | 85,5                                  | 80,9             | 85,1                | 80,1             | 84,0                | 78,6             |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 86,9                                  | 89,8             | 86,2                | 89,3             | 85,1                | 87,8             |
|                      | Фон + Сульфат цинку                            | 87,5                                  | 91,7             | 87,0                | 91,1             | 86,4                | 89,9             |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                             | 86,9                                  | 91,4             | 86,2                | 90,6             | 85,1                | 89,6             |
|                      | Фон + Сульфат цинку+Еколайн Бор                | 87,5                                  | 91,9             | 87,0                | 91,5             | 86,4                | 90,2             |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 87,5                                  | 92,1             | 87,0                | 91,7             | 86,4                | 90,5             |
| ДКС 3972             | Без добрив (к.)                                | 85,8                                  | 81,7             | 85,4                | 80,8             | 84,3                | 79,5             |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 87,3                                  | 90,5             | 86,5                | 90,0             | 85,5                | 88,7             |
|                      | Фон + Сульфат цинку                            | 87,9                                  | 92,5             | 87,1                | 91,8             | 86,2                | 90,7             |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                             | 87,3                                  | 92,2             | 86,5                | 91,4             | 85,5                | 90,3             |
|                      | Фон + Сульфат цинку+Еколайн Бор                | 87,9                                  | 92,7             | 87,1                | 92,3             | 86,2                | 90,9             |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 87,9                                  | 92,9             | 87,1                | 92,6             | 86,2                | 91,2             |
| ДКС 4351             | Без добрив (к.)                                | 86,3                                  | 82,0             | 85,8                | 81,2             | 84,7                | 80,0             |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 87,6                                  | 91,1             | 86,9                | 90,5             | 86,1                | 89,2             |
|                      | Фон + Сульфат цинку                            | 88,1                                  | 93,1             | 87,7                | 92,4             | 86,8                | 91,2             |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                             | 87,6                                  | 92,7             | 86,9                | 91,9             | 86,1                | 90,8             |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 88,1                                  | 93,2             | 87,7                | 92,7             | 86,8                | 91,2             |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 88,1                                  | 93,3             | 87,7                | 92,9             | 86,8                | 91,2             |

У зв'язку зі зміною клімату велика кількість посівів кукурудзи в Україні знаходиться у районах із недостатнім та нестійким зволоженням. Дефіцит опадів і високий температурний режим впродовж вегетації призводять подекуди до значного зниження рівня урожайності. Тому виникає нагальна необхідність проведення досліджень щодо визначення адаптованих гібридів кукурудзи за вирощування їх за відповідними технологічними схемами в у вузьких едафо-кліматичних локаціях [168].

Найвищі показники збереженості рослин відмічено на варіанті досліді, де було проведено інтенсифікацію технологічних заходів щодо забезпечення рослин макро- і мікроелементами за розрідженої густоти рослин. Результати наших досліджень підтверджують раніше отриманими даними що Zn впливає на синтез білків, структуру та міцність клітинних стінок. Достатнє живлення Zn оптимізує водний баланс рослин – поліпшує посухостійкість та жаростійкість. За недостатньої кількості цинку відзначено значне сповільнення росту [169].

Це стосується і такого мікроелемента як Бор, нестача якого гальмує ріст рослин., молоде листя скручується, поверхня листка набагато менша [170].

Найвищу збереженість рослин відмічено на варіанті досліді, де було проведено сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні  $N_{100}P_{31}$  що базувалася на концепції покрокового забезпечення метаболічних потреб кукурудзи і поєднанні стаціонарного ґрунтового підживлення із прецизійними фоліарними обробками за відповідної густоти рослин за зниженої густоти рослин 60 тис./га і складала у гібридів кукурудзи ДКС 3795 – 92,1 %; ДКС 3972 – 92,9 %; ДКС 4351 – 93,3 %. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 11,2-11,3 %, відповідно. За підвищення густоти рослин до 70 тис./га та однакового забезпечення рослин макро- і мікроелементами, відмічено незначне зниження збереженості рослин на 0,4; 0,3 і 0,4 % у гібридів кукурудзи ДКС 3795; ДКС 3972 і ДКС 4351. Наступне загушення посівів забезпечувало зниження показників збереженості рослин за рахунок підвищення їх конкуренції за фактори життя на 1,6; 1,7; 2,1 %.

Поліпшення поживного режиму ґрунту завдяки лише макроелементам підвищувало збереженість рослин на 8,9; 8,8 і 9,1 % у гібридів кукурудзи ДКС 3795; ДКС 3972 і ДКС 4351 за розрідженої густоти рослин.

### **3.2. Вплив удобрення та густоти рослин на тривалість вегетаційного та міжфазних періодів і лінійного росту показників рослин гібридів кукурудзи**

За проведеними дослідженнями Г. П. Жемели та ін. [171] встановлено, що тривалість вегетаційного та міжфазних періодів у гібридів кукурудзи залежить від їх біологічних особливостей та гідротермічних умов досліджень, густина рослин майже не впливала на тривалість вегетаційного періоду у гібридів кукурудзи.

Умови середовища максимально впливають на процеси росту й розвитку рослини. Переважно тривалість вегетаційного періоду у гібридів кукурудзи, які вирощуються в Україні, становить 90-150 діб [172-174].

Результати досліджень [175] та отримані нами фенологічні спостереження вказують, що у технології вирощування кукурудзи тривалість вегетаційного та міжфазних періодів визначалася біологічними особливостями гібриду кукурудзи.

Тривалість міжфазних і вегетаційного періодів залежала від гібридного складу кукурудзи (табл. 3.2). Тривалість періоду «сходи–цвітіння качанів» визначалася групою стиглості гібридів і значно менше залежала від удобрення макро- і мікроелементами та ще менше на тривалість цього періоду впливала густина рослин. Найкоротший період сходи-цвітіння качанів (51 доба) відмічено на контрольному варіанті досліду у гібрида ДКС 3795 незалежно від густоти стояння, як і тривалість вегетаційного періоду – 112 діб. Внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  забезпечувало подовження тривалості міжфазного періоду сходи-цвітіння на 2 доби, а тривалість вегетаційного періоду на 4 доби, незалежно від густоти

Таблиця 3.2

**Тривалість вегетаційного періоду та міжфазних періодів у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин, 2023-2025 рр., діб**

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення (фактор С)                           | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |    |    |     |    |    |     |    |    |
|-------------------------|--|---------------------------------------|----|----|-----|----|----|-----|----|----|
|                         |  | 60                                    |    |    | 70  |    |    | 80  |    |    |
|                         |  | 1                                     | 2  | 3  | 1   | 2  | 3  | 1   | 2  | 3  |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 112                                   | 51 | 61 | 112 | 51 | 61 | 112 | 51 | 61 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 116                                   | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 116                                   | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 116                                   | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 117                                   | 54 | 63 | 117 | 54 | 63 | 117 | 54 | 63 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 117                                   | 54 | 63 | 117 | 54 | 63 | 117 | 54 | 63 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 116                                   | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 | 117 | 53 | 64 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 120                                   | 55 | 65 | 120 | 55 | 65 | 121 | 55 | 66 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 120                                   | 55 | 65 | 120 | 55 | 65 | 121 | 55 | 66 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 120                                   | 55 | 65 | 120 | 55 | 65 | 121 | 55 | 66 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 121                                   | 56 | 65 | 121 | 56 | 65 | 122 | 56 | 66 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 121                                   | 56 | 65 | 121 | 56 | 65 | 122 | 56 | 66 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 119                                   | 55 | 64 | 119 | 55 | 64 | 119 | 55 | 64 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 123                                   | 57 | 66 | 123 | 57 | 66 | 124 | 57 | 67 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 123                                   | 57 | 66 | 123 | 57 | 66 | 124 | 57 | 67 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 123                                   | 57 | 66 | 123 | 57 | 66 | 124 | 57 | 67 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 124                                   | 58 | 66 | 124 | 58 | 66 | 124 | 57 | 67 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 124                                   | 58 | 66 | 124 | 58 | 66 | 125 | 58 | 67 |

Примітка: 1- тривалість вегетаційного періоду, діб; 2 – тривалість періоду сходи-цвітіння, діб; 3 – тривалість періоду цвітіння-дозрівання, діб.

рослин. Сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні  $N_{100}P_{31}$  збільшувало тривалість міжфазного періоду сходи-цвітіння на 3 доби, а тривалість вегетаційного періоду на 4 доби порівняно із контрольним варіантом. Тривалість ж періоду цвітіння-дозрівання у цього гібрида на всіх варіантах досліду складала 63 доби, окрім контрольного варіанту, де відмічено найкоротший період – 61 доба. Підвищення тривалості вегетаційного і міжфазних періодів відмічено у середньостиглого гібрида ДКС 3972. Зокрема, тривалість вегетаційного періоду на контрольному варіанті досліду склала 116 діб із подовженням на 1 добу за максимальної густоти рослин (80 тис./га), тривалість міжфазного періоду сходи-цвітіння 53 доби незалежно від густоти рослин.

Покращення агрофону вирощування завдяки внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  забезпечувало подовження тривалості вегетаційного періоду на 4, а міжфазних періодів сходи-цвітіння і цвітіння дозрівання на 2 доби, порівняно із контрольним варіантом.

Максимального подовження вегетаційного і міжфазних періодів відмічено на варіанті досліду, де було проведено сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ . Зокрема, тривалість вегетаційного періоду склала 121 добу за густоти рослин від 60 до 70 тис./га і 122 доби за збільшення густоти до 80 тис./га. Тривалість ж міжфазного періоду сходи-цвітіння була більшою на 3 доби, а цвітіння-дозрівання на 2 доби за густоти рослин від 60 до 70 тис./га.

Найтриваліший вегетаційний період та відповідно міжфазні періоди відмічено у середньостиглого гібрида ДКС 4351, який складав на контрольному варіанті 119 діб за густоти рослин від 60 до 70 тис./га, максимальне загушення посівів забезпечувало подовження тривалості вегетаційного періоду на 1 добу, окрім контрольного варіанта. Тривалість міжфазних періодів на цьому варіанті складала 55 і 64-65 доби.

Максимального подовження тривалості міжфазних до 58 і 66-67 діб і вегетаційного періодів до 124 і 125 діб, відмічено на варіанті, де було

проведено найбільшу кількість технологічних заходів щодо оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами, тобто внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  на збільшення густоти рослин від 60 до 80 тис./га, відповідно.

Отже, тривалість вегетаційного і міжфазних періодів більше залежала від групи стиглості гібридів, проведення удобрення макро- і мікроелементами і найменше змінювалася від густоти рослин.

Оптимізація умов вирощування рослин кукурудзи завдяки поліпшенню розміщення рослин із площею живлення сприятливою для проходження процесів росту й розвитку рослин у забезпеченні їх вологою та макро- і мікроелементами належить до важливого завдання під час удосконалення технологічних прийомів вирощування кукурудзи. Для встановлення оптимальних умов вирощування гібридів кукурудзи ми визначали показники лінійного росту рослин [175].

Встановлення оптимальних умов щодо лінійного росту рослин гібридів кукурудзи є надзвичайно важливим завданням, так як у послідуєчому вони визначають рівень формування урожайності основної і побічної продукції. На процеси росту й розвитку рослин гібридів кукурудзи впливають генотипні особливості, гідротермічні умови та застосовані агротехнологічні прийоми вирощування. Визначення лінійних промірів висоти рослин, а також їх приростів за добу дозволяє встановити оптимальні технологічні прийоми вирощування культури.

Лінійні проміри висоти рослин відіграють важливе значення при формуванні високопродуктивних посівів гібридів кукурудзи. Ця ознака пов'язана також із групою стиглості гібридів кукурудзи, як правило за подовження вегетаційного періоду висота рослин збільшується.

За результатами проведених досліджень, встановлено, що висота рослин зростала від повних сходів рослин до молочної стиглості зерна завдяки збільшенню листостеблової маси і визначалася чинниками, які вивчалися у дослідженнях (Табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Висота рослин та прикріплення качана (см), а також їх співвідношення у гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення, у фазу молочної стиглості зерна, за 2023-2025 рр.**

| Гібрид<br>(фактор А) | Удобрення<br>(фактор С)                         | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |       |      |       |       |      |       |       |      |
|----------------------|---|---------------------------------------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|
|                      |   | 60                                    |       |      | 70    |       |      | 80    |       |      |
|                      |   | 1                                     | 2     | 3    | 1     | 2     | 3    | 1     | 2     | 3    |
| ДКС 3795             | Без добрив (к.)                                 | 197,1                                 | 85,7  | 0,43 | 199,9 | 86,7  | 0,43 | 199,1 | 87,7  | 0,43 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 210,6                                 | 91,7  | 0,44 | 212,5 | 92,7  | 0,44 | 211,3 | 94,0  | 0,44 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 216,5                                 | 93,8  | 0,43 | 218,8 | 95,6  | 0,44 | 217,9 | 96,8  | 0,44 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 215,4                                 | 92,6  | 0,43 | 217,4 | 94,8  | 0,44 | 216,8 | 95,7  | 0,44 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 217,6                                 | 94,6  | 0,44 | 219,9 | 97,0  | 0,44 | 218,5 | 98,0  | 0,44 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 218,9                                 | 96,0  | 0,44 | 221,9 | 98,0  | 0,44 | 220,2 | 98,7  | 0,45 |
| ДКС 3972             | Без добрив (к.)                                 | 209,9                                 | 93,3  | 0,44 | 211,8 | 94,7  | 0,45 | 210,2 | 95,8  | 0,45 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 222,2                                 | 99,0  | 0,45 | 223,5 | 100,1 | 0,45 | 221,3 | 101,3 | 0,45 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 225,8                                 | 101,3 | 0,45 | 227,2 | 102,3 | 0,45 | 225,5 | 103,7 | 0,45 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 224,7                                 | 101,0 | 0,45 | 226,2 | 102,3 | 0,45 | 224,8 | 103,3 | 0,45 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 226,1                                 | 102,3 | 0,45 | 227,6 | 103,7 | 0,46 | 225,9 | 104,6 | 0,46 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 227,2                                 | 103,3 | 0,45 | 228,4 | 104,6 | 0,46 | 226,2 | 105,8 | 0,46 |
| ДКС 4351             | Без добрив (к.)                                 | 219,9                                 | 96,8  | 0,44 | 218,3 | 98,0  | 0,44 | 217,9 | 99,0  | 0,45 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 227,8                                 | 101,6 | 0,44 | 227,1 | 103,3 | 0,45 | 226,5 | 104,6 | 0,46 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 231,4                                 | 104,7 | 0,45 | 230,1 | 106,0 | 0,46 | 228,0 | 107,0 | 0,46 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 230,5                                 | 104,6 | 0,45 | 229,0 | 105,8 | 0,46 | 227,0 | 107,0 | 0,47 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 230,9                                 | 106,0 | 0,46 | 230,5 | 107,7 | 0,46 | 228,6 | 107,7 | 0,47 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 232,5                                 | 106,7 | 0,46 | 231,0 | 108,0 | 0,46 | 229,0 | 109,0 | 0,47 |

Примітка: 1 - висота рослин, см; 2 – висота прикріплення верхнього продуктивного качана; 3 - індекс співвідношення висоти прикріплення качана до висоти рослини.

На варіанті досліду, де було проведено найбільшу кількість технологічних заходів щодо оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами, тобто внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> рослини відзначалися

вищими показниками, як висоти рослин та і прикріплення качана, а також їх співвідношенням. Так на цьому варіанті досліджень висота рослин у середньому за 2023-2025 рр., за густоти рослин 70 тис./га у фазу молочної стиглості зерна у гібрида кукурудзи ДКС 3795 зафіксована на рівні 221,9 см, а висота прикріплення качана 98,0 см, це вище порівняно із контролем на 22,0 і 11,3 см, відповідно. Окрім, забезпечення рослин поживними елементами висота рослин залежала також від густоти рослин, висота при загущенні посівів зменшувалася у посушливому 2024 році та збільшувалася у вологому 2025 році. Це обумовило незначну різницю між варіантами досліду, які відрізнялися за густотою рослин, зокрема між показниками зафіксованими за густоти рослин 80 і 70 тис./га.

Гібриди кукурудзи тривалішого вегетаційного періоду, завдяки своїм біологічним особливостям формували рослини з більшою висотою порівняно із коротшим вегетаційним періодом. Зокрема, на цьому ж варіанті досліду, де було проведено сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ , тобто за стаціонарного ґрунтового підживлення із прецизійними фоліарними обробками за відповідної густоти рослин та густоти рослин 70 і 60 тис./га у фазі молочної стиглості зерна у гібридів кукурудзи ДКС 3972 і ДКС 4351 відмічено найвищі показники лінійних промірів висоти рослин 228,4 і 232,5 см та висоти прикріплення качана 104,6 і 106,7 см, це вище порівняно із контрольним варіантом на 16,6 і 12,6; 9,9 см, відповідно.

Отже, висота рослин залежала від біологічних особливостей гібрида, забезпечення рослин елементами живлення, гідротермічних умов досліджень та густоти рослин.

Висота прикріплення качана є показником придатності гібридів кукурудзи до механізованого збирання, яка залежала від групи стиглості гібридів, проведення удобрення та густоти рослин.

### Висновки до розділу 3.

1. Гібриди кукурудзи незначно відрізнялися за величинами польової схожості насіння, яка змінювалася у межах від 85,5 у гібрида ДКС 3795 до 86,3 % у гібрида ДКС 4351 за найменшої густоти рослин (60 тис./га), на контрольному варіанті досліді (без удобрення), досягаючи максимальних значень від 87,5 % гібрида ДКС 3795 до 88,1 % у гібрида ДКС 4351 за внесення сульфату цинку на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ , або це на 2,0 і 1,8 % більше.

2. Найвища збереженість рослин відмічена на варіанті досліді, де було проведено сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні  $N_{100}P_{31}$  що базувалася на концепції покрокового забезпечення метаболічних потреб кукурудзи і поєднанні стаціонарного ґрунтового підживлення із прецизійними фоліарними обробками за відповідної густоти рослин за зниженої густоти рослин 60 тис./га і складала у гібридів кукурудзи ДКС 3795 – 92,1 %; ДКС 3972 – 92,9 %; ДКС 4351 – 93,3 %. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 11,2-11,3%, відповідно. Загущення посівів до 80 тис./га забезпечувало зниження показників збереженості рослин за рахунок підвищення їх конкуренції за фактори життя на 1,6; 1,7; 2,1 %, відповідно.

3. Тривалість вегетаційного і міжфазних періодів більше залежала від групи стиглості гібридів, проведення удобрення макро- і мікроелементами подовжувати тривалість вегетаційного періоду від 5 до 6 діб, а збільшення передзбиральної густоти рослин від 60 до 80 тис./га на 1 добу у гібридів тривалішого вегетаційного періоду.

4. На варіанті досліді, де було проведено сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  у фазу молочної стиглості зерна у гібридів кукурудзи ДКС 3795, ДКС 3972 і ДКС 4351 відмічено найвищі показники лінійних промірів висоти рослин, які складали 221,9; 228,4; 232,5 см, а висота прикріплення качана 98,0, 104,6 і 106,7 см, відповідно.

### Список використаної літератури до розділу 3.

156. Циков В.С. Кукурудза: технологія, гібриди, насіння. Дніпропетровськ: Зоря, 2003. 296 с.
157. 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.
158. 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.
159. Асанішвілі Н. М. Оптимізація мінерального живлення гібридів кукурудзи на основі рослинної діагностики. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Т. 11. №3. 22. URL: <http://dx.doi.org/10.31548/agr>.
160. Tkalich Y. I., Kokhan A. V., Yevtushenko H. O., Gonzalez P. H. Efficacy of growth regulators for maize fields. *Agrology*. 2023. №6 (4). P. 97–103. DOI: 10.32819/021116.
161. Izhboldin O.O., Sologub I.M. Efficiency of growth regulators in corn crops of the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 2023. №26 (10). P. 59–67. DOI: 10.48077/scihor10.2023.59.
162. Циліорик О.І., Сологуб І.М. Регулятори росту в посівах кукурудзи Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. №132. С. 237–248.
163. Циліорик О.І., Сологуб І.М. Ефективність стимуляторів росту рослин на кукурудзі в Північному Степу. *Таврійський науковий вісник*. 2023. №130. С. 259–268.
164. Бугай С.М. Рослинництво. К.: Урожай, 1969. 258 с.
165. Жемела Г.П. Добрива, урожай і якість зерна. К.: Урожай 1991. 135 с.
166. Танчик С.П., Мокрієнко В.А., Усатий Г.Ю. Польова схожість насіння кукурудзи залежно від рівня мінерального живлення. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006, № 4. С.18–25.

167. Паламарчук В.Д., Соломон А.М. Дослідження формування площі асиміляційної поверхні у кукурудзи залежно від позакоренових підживлень. *Корми і кормовиробництво*. 2021. Вип. 92. С. 84–94.
168. Когут І.М. Вплив норми висіву на продуктивність кукурудзи в умовах Південного Степу України. *Аграрний вісник Причорномор'я: збірник наукових праць*. 2017. Вип. 84. С. 63–69.
169. Господаренко Г.М. 2015. Система застосування добрив: навч. посібник. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА» 2015. 332 с.
170. Fernández M. C., Rubio G. Root morphological traits related to phosphorus-uptake efficiency of soybean, sunflower, and maize. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2015. Vol. 178. P. 807–815.
171. Zhemela H.P., Barabolia O.V., Liashenko V.V., Liashenko Y.S., Podoliak V.A. Formation of maize hybrids grain productivity depending on sowing rate. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2021. 1, P. 97–105. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.11>.
172. Дзюбецький Б.В., Черчель В.Ю. Урожайність зерна скоростиглих гібридів кукурудзи різних сортозмін. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 8. С. 19–23.
173. Кравець С. С. Формування продуктивності кукурудзи залежно від ширини міжрядь і гербіцидів а Північному Степу України: автореферат кандидата сільськогосподарських наук: 06.01.09. ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН. Дніпропетровськ, 2013. 19 с.
174. Shafi M., Bakht J., Ali S. Effect of planting density on phenology, growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Botany*. 2012. Vol. 44, Issue 2. P. 691–696.
175. Khalili M., Naghavi M. R., Aboughadareh A. P., Rad H. N. Effects of Drought Stress on Yield and Yield Components in Maize Cultivars (*Zea mays* L.). *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 2013. Vol. 4 (4). P. 809–812.

## **РОЗДІЛ 4. ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВУ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН В УМОВАХ НЕСТІЙКОГО ЗВОЛОЖЕННЯ**

### **4.1. Динаміка площі асиміляційної поверхні залежно від технологічних прийомів вирощування**

Завдяки процесу фотосинтезу більше 90 % сухої речовини врожаю утворюється в листках, а також частково у стеблах і генеративних органах за допомогою світла, вуглекислого газу і води. Збільшення площі листкової поверхні до оптимальних показників дозволяє підвищити фотосинтетичну активність посівів [176].

Забезпечення оптимальної густоти посівів дозволяє встановити баланс між засвоєнням фотосинтетичної активної радіації та площею листкової поверхні. Загущеність посівів зумовлює взаємозатінення рослин та призводить до передчасного старіння листків [177, 178].

Зниження густоти рослин призводить до збільшення площі листків однієї рослини, але при цьому до одночасного зменшення сумарної фотосинтетичної поверхні посівів, що призводить до зниження використання фотосинтетичної активної радіації і рівня урожайності [179].

Створення оптимальних умов за густотою посіву кукурудзи забезпечує відповідність проходження процесу фотосинтезу завдяки створення оптимального мікроклімату у посівах та сприятливої освітленості.

За результатами наукових досліджень встановлено, що урожайність рослин залежить від двох основних фізіологічних процесів до яких належить ріст рослин і фотосинтез. Першою умовою отримання високої урожайності є формування високоефективного фотосинтетичного апарату, до другої умови належить отримання достатнього за розміром фотосинтетичного апарату (оптимальної площі листкової поверхні).

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 [180, 181].

Сучасні технології вирощування кукурудзи розробляється на забезпечення рівня врожаю в основі якої є фотосинтезуюча система на основі біологічних особливостей належність до типу фотосинтезу [182]. Кукурудза належить до культур із С4-типом, що порівняно із культурами із С3-типом ефективніше засвоює вуглекислий газ і поглинає фотосинтетичну активну радіацію для утворення сухої речовини посіву. Це забезпечує формування значно вищого потенціалу за індивідуальною продуктивністю посівів кукурудзи порівняно з іншими зерновими, це потребує оптимального поєднання світла, тепла, води та елементів живлення [183].

Проведені дослідження вказують, що оптимальна площа листової поверхні для кукурудзи складає 40-50 тис.м<sup>2</sup>/га, однак вона може бути іншою і змінюватися у значних межах залежно від біологічних особливостей гібрида, едафо-кліматичних умов та застосованих технологічних заходів вирощування кукурудзи.

Дослідженнями, які проводились в умовах Лісостепу України, встановлена оптимальна площа листової поверхні для кукурудзи. Вона становить 40-50 тис.м<sup>2</sup>/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 [184]. Встановлено, завдяки проходженню фотосинтетичного процесу у верхніх листках відбувається формування зерна. Відмічається, що більш ефективна фотосинтетична продуктивність відбувається у гібридів, у яких листовая поверхня активно використовує інсоляцію не лише верхніх, а й середніх і

нижніх ярусів. Листкова поверхня кукурудзи досягає максимального свого розвитку у фазі «викидання-цвітіння волоті», тобто залежно від групи стиглості гібридів це 60-70 діб після появи сходів, а далі вона спадає до фази повної стиглості. Після цього площа листкової поверхні поступово знижується до нуля орієнтовно на 130-ту добу вегетації [185].

Дана закономірність підтверджується і результатами наших досліджень, тобто незалежно від групи стиглості гібридів, густоти рослин та інтенсивності живлення макро- і мікроелементами, максимального зростання площі листкової поверхні відмічено у фазі цвітіння (Рис. 4.1).

Площа листкової поверхні збільшувалася за оптимізації системи живлення макро- і мікроелементами, забезпечуючи поряд із зростанням площі листкової поверхні і більш тривале її функціонування.

Отже, на варіанті досліду, де було проведено найбільшу кількість технологічних заходів щодо оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами, а саме внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  рослини відзначилися максимальними показниками площі листкової поверхні за оптимальної площі живлення рослин для кожної групи стиглості завдяки надходженню необхідної кількості світла, тепла, вологи та елементів живлення. Зокрема, найвища площа листкової поверхні 43,8 тис.м<sup>2</sup>/га у гібрида кукурудзи ДКС 3795 формувалася за оптимальної густоти рослин (70 тис./га) це вище порівняно з контролем на 7,5 тис.м<sup>2</sup>/га. Також цей варіант перевищував показники площі листкової поверхні, які були відмічені на зріджених посівах (60 тис./га) так і на загущених посівах (80 тис./га) на 1,9 та 0,7 тис.м<sup>2</sup>/га, відповідно за однакової системи живлення. Що обумовлено посиленням конкуренції між рослинами за світло, вологу, елементи живлення, затіненням нижніх ярусів листків і зменшенням загальної площі листкової поверхні та ефективності процесу фотосинтезу.

Середньостиглий гібрид ДКС 3972 значно підвищував інтенсивність розвитку асиміляційної поверхні із застосуванням макро- і мікродобрив,

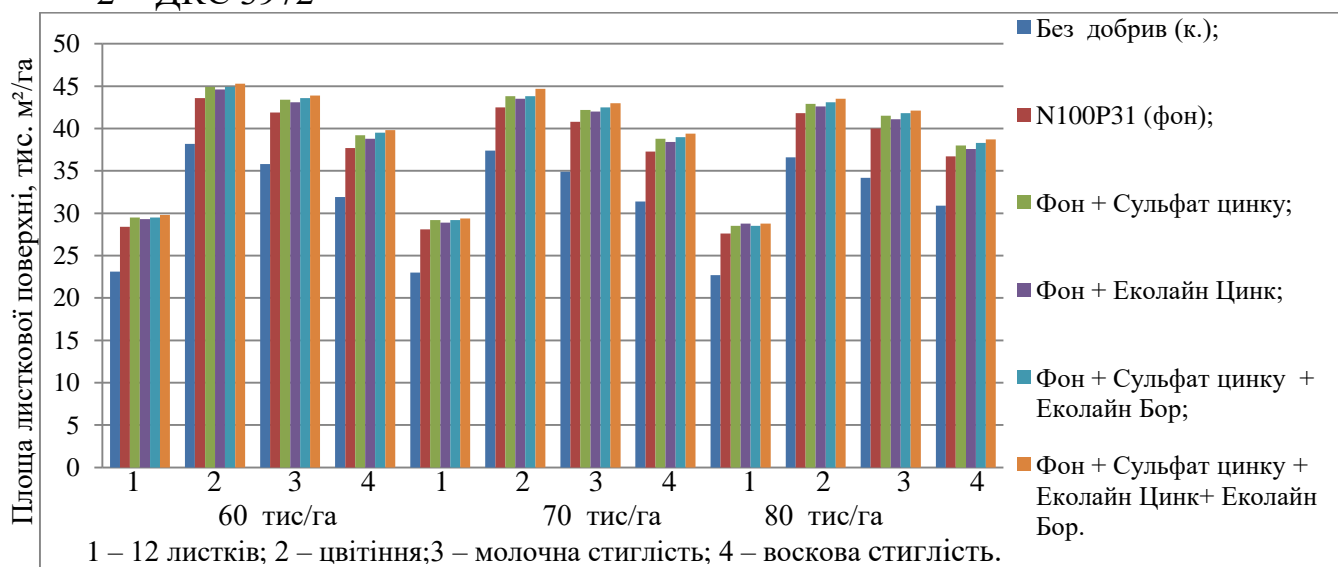
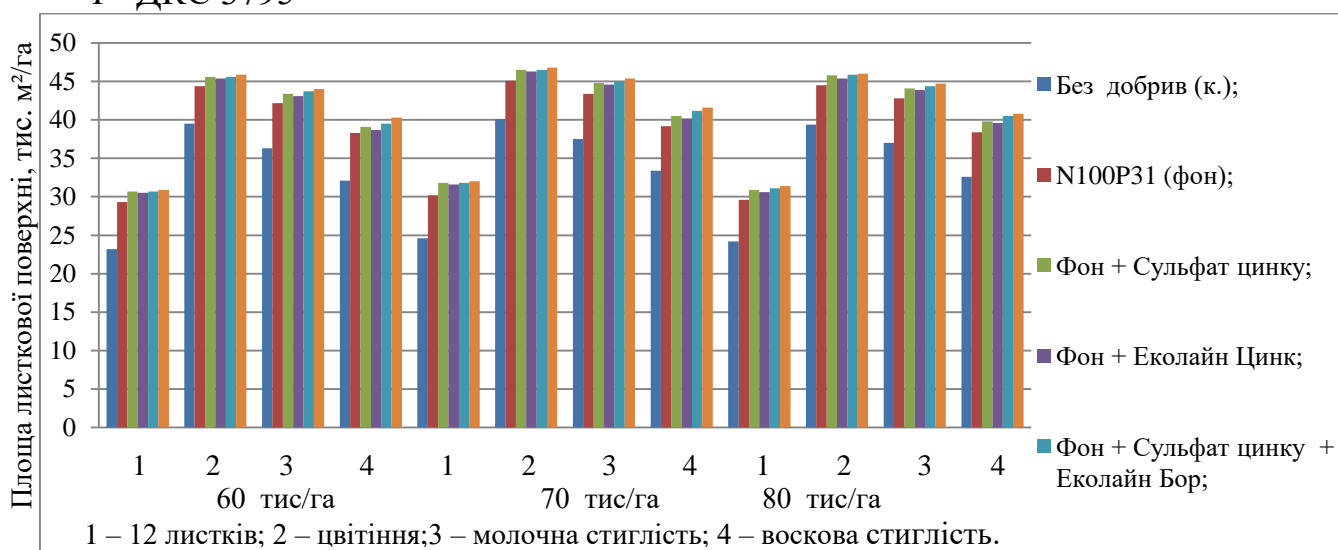
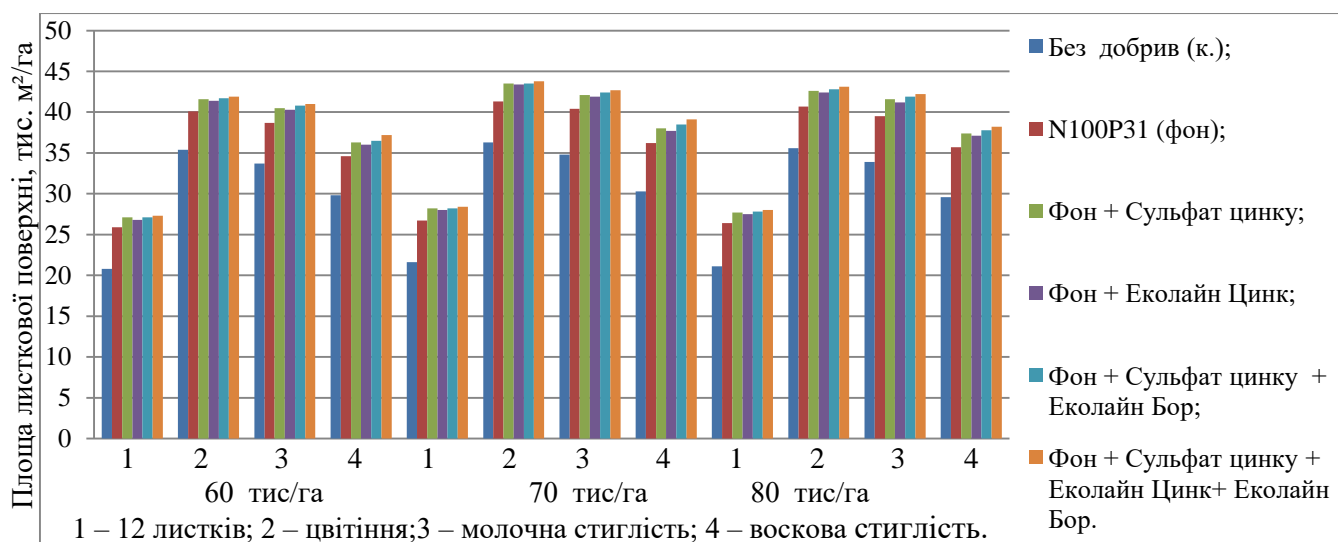


Рисунок 4.1. – Динаміка зміни площі листкової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення, за 2023-2025 рр., тис.м²/га

тобто внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  за оптимальної густоти рослин на рівні 70 тис./га забезпечувала максимальне зростання асиміляційної поверхні рослин у фазу цвітіння до 46,8 тис.м<sup>2</sup>/га, що на 6,7 тис.м<sup>2</sup>/га більше порівняно із контролем та на 0,8 і 0,9 тис.м<sup>2</sup>/га більше за площу асиміляційної поверхні, яка формувалася на загущених і зріджених посівах відповідно. Щодо реакції гібрида кукурудзи ДКС 4351, який належить до більш тривалого вегетаційного періоду (ФАО 350) на формування оптимальної густоти рослин, яка визначає максимальну площу асиміляційної поверхні – 45,3 тис.м<sup>2</sup>/га, за оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами, тобто внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  зумовлювало зростання площі асиміляційної поверхні порівняно із контрольним варіантом на 7,1 тис.м<sup>2</sup>/га, то вона складала 60 тис./га, це пов'язано із більшою площею листової поверхні рослин, яка є більш сприятливою в умовах нестійкого зволоження та дефіциту опадів, які досить часто трапляються в умовах проведення досліджень. Подальше зростання густоти рослин до 70 і тим більше 80 тис./га призводило до зменшення площі асиміляційної поверхні на 0,6 і 1,8 тис.м<sup>2</sup>/га за однакового фону живлення макро- і мікроелементами. Внаслідок посилення конкуренції за фактори життя: світло, вологу, елементи живлення рослин більш потужного розвитку, які потребують порівняно із рослинами коротшого вегетаційного періоду більшої площі живлення.

На основі одержаних результатів можливо зробити висновок між густотою рослин та площею листової поверхні наявний нелінійний кореляційний зв'язок. Тобто збільшення густоти рослин до певного параметру забезпечується формування оптимальної площі листової поверхні, а надмірне загущення посівів призводить до зменшення асиміляційної поверхні, відповідно.

Між висотою рослин та площею листкової поверхні і площею листкової поверхні та урожайністю зерна за різної густоти рослин гібридів кукурудзи встановлено кореляційні зв'язки різної сили (від середнього – для висоти, до високого – для урожайності).

Для висоти рослин і площею листкової поверхні за густоти рослин 60 тис./га (Рис. 4.2):  $y = 2,6215x + 113,71$ ;  $r=0,772$ ;  $R^2 = 0,596$ ;

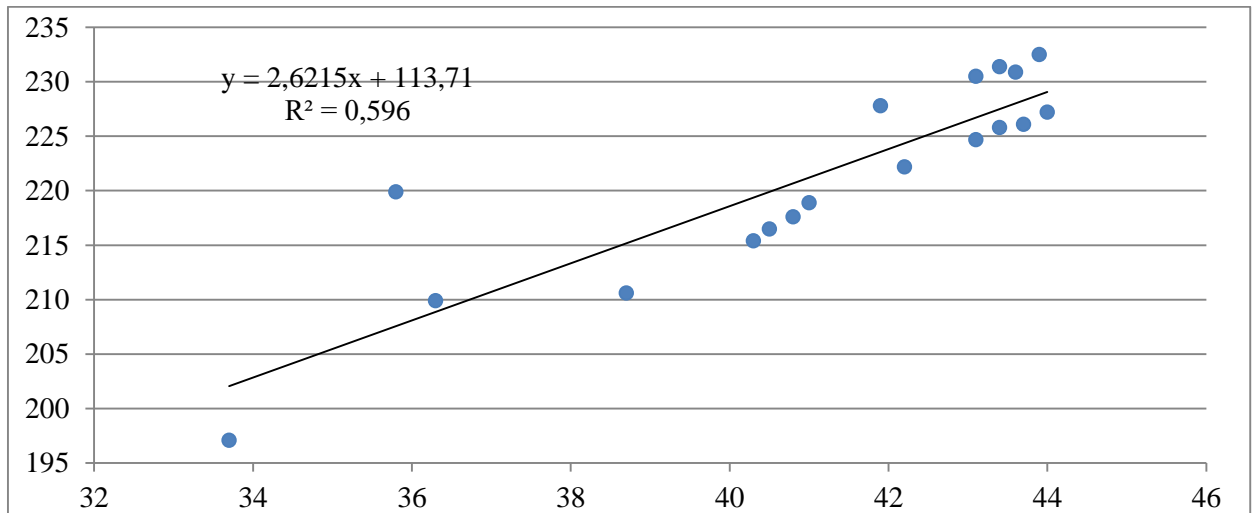


Рисунок 4.2 – Кореляційно-регресійна залежність між висотою рослин у фазу молочної стиглості та площею листкової поверхні за густоти рослин 60 тис./га, 2023-2025 рр.

Для площі листкової поверхні і урожайністю зерна, за густоти рослин 60 тис./га (Рис. 4.3):  $y = 2,0197x + 24,841$ ;  $r=0,954$ ;  $R^2 = 0,910$ .

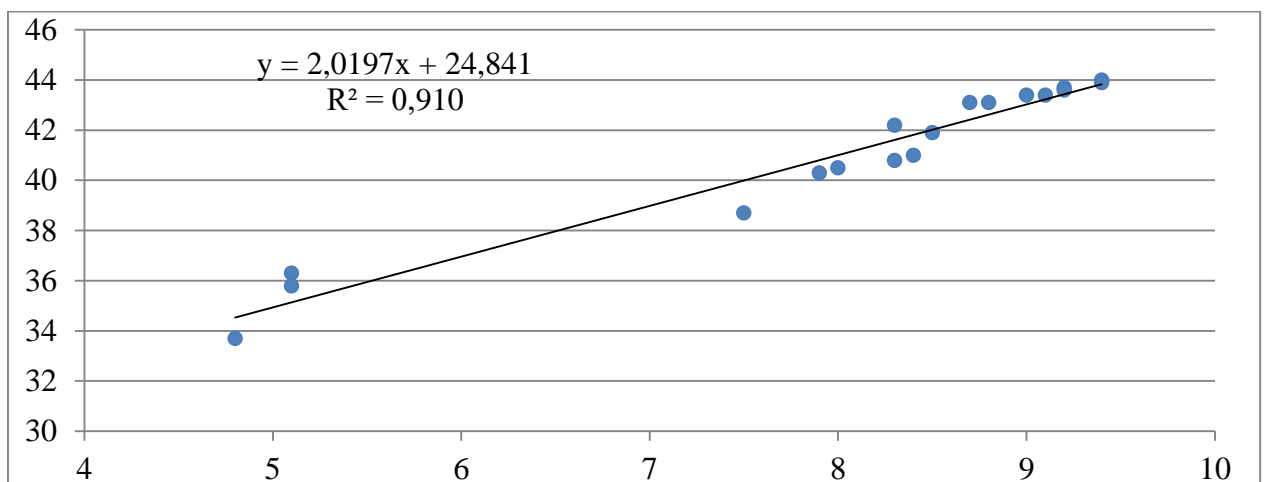


Рисунок 4.3 – Кореляційно-регресійна залежність між площею листкової поверхні рослин у фазу молочної стиглості та урожайністю зерна, за густоти рослин 60 тис./га, 2023-2025 рр.

Для висоти рослин і площею листкової поверхні за густоти рослин 70 тис./га (Рис. 4.4):  $y = 1,9666x + 140,3$ ;  $r=0,554$ ;  $R^2 = 0,307$ .

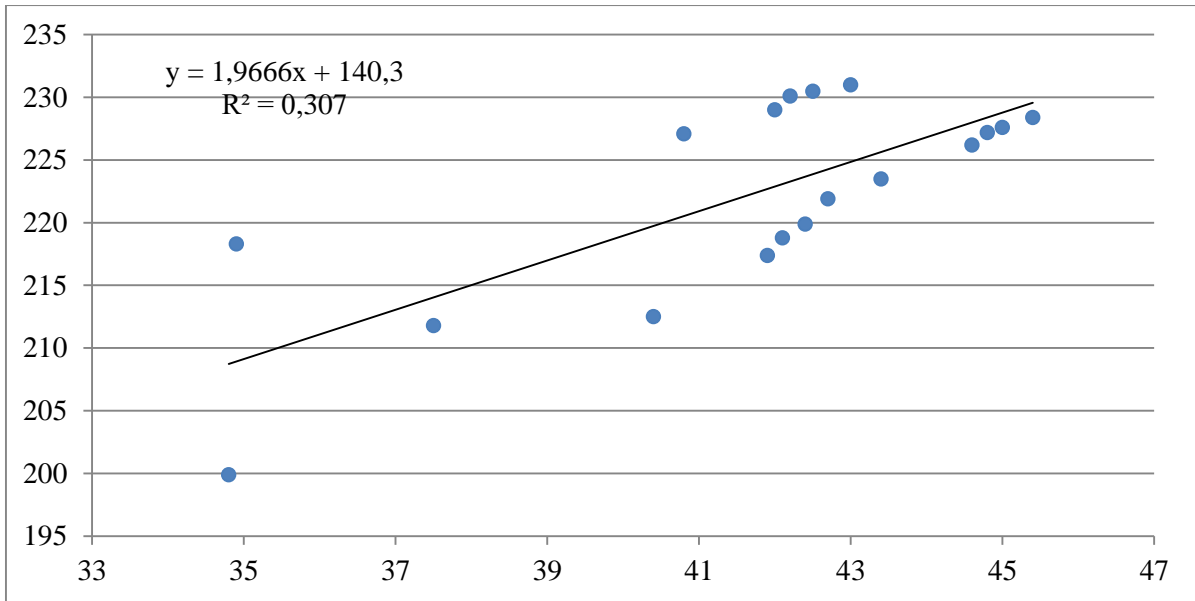


Рисунок 4.4 – Кореляційно-регресійна залежність між висотою рослин у фазу молочної стиглості та площею листкової поверхні за густоти рослин 70 тис./га, 2023-2025 рр.

Для площі листкової поверхні і урожайністю зерна, за густоти рослин 70 тис./га (Рис 4.5):  $y = 1,8857x + 26,079$ ;  $r=0,958$ ;  $R^2 = 0,918$ .

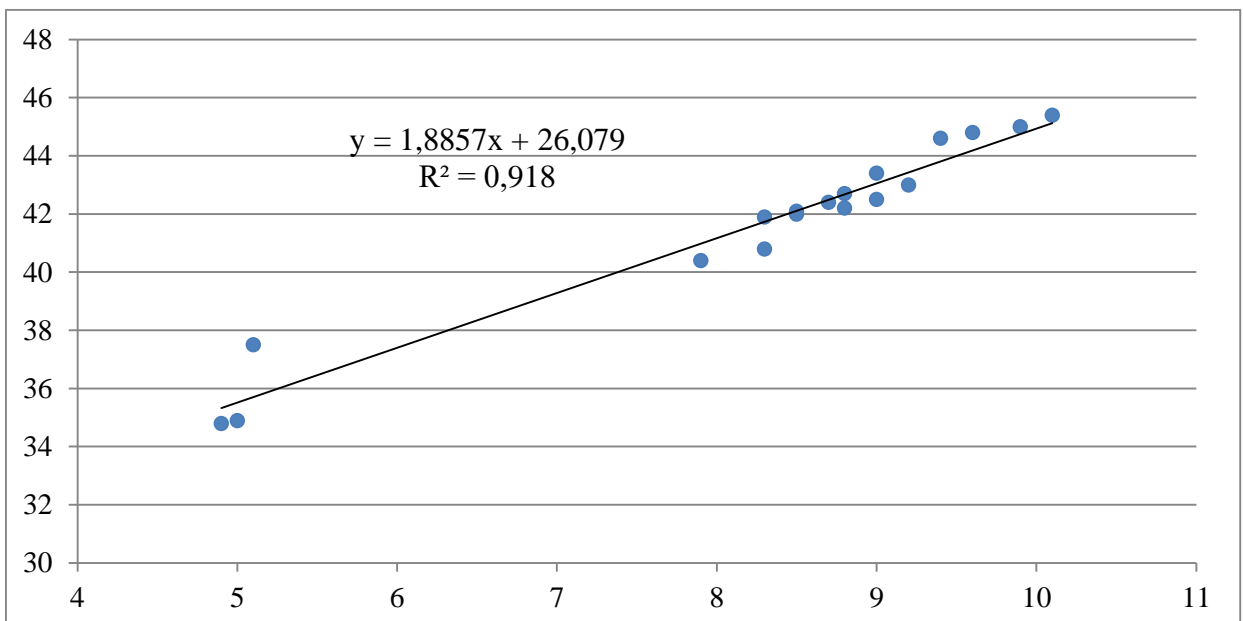


Рисунок 4.5 – Кореляційно-регресійна залежність між площею листкової поверхні рослин у фазу молочної стиглості та урожайністю зерна, за густоти рослин 70 тис./га, 2023-2025 рр.

Для висоти рослин і площею листкової поверхні за густоти рослин 80 тис./га (Рис. 4.6):  $y = 1,8608x + 144,42$ ;  $r=0,549$ ;  $R^2 = 0,302$ ;

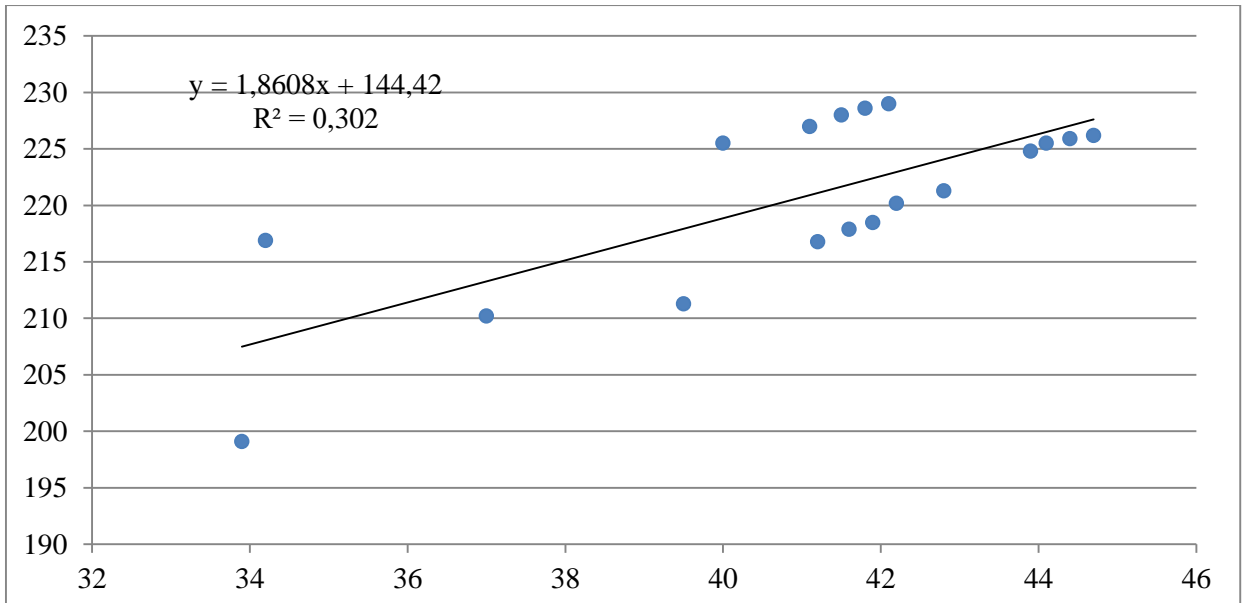


Рисунок 4.6 – Кореляційно-регресійна залежність між висотою рослин у фазу молочної стиглості та площею листкової поверхні за густоти рослин 80 тис./га, 2023-2025 рр.

Для площі листкової поверхні і урожайністю зерна, за густоти рослин 80 тис./га (Рис. 4.7):  $y = 2,0393x + 24,759$ ;  $r=0,962$ ;  $R^2 = 0,926$ ;

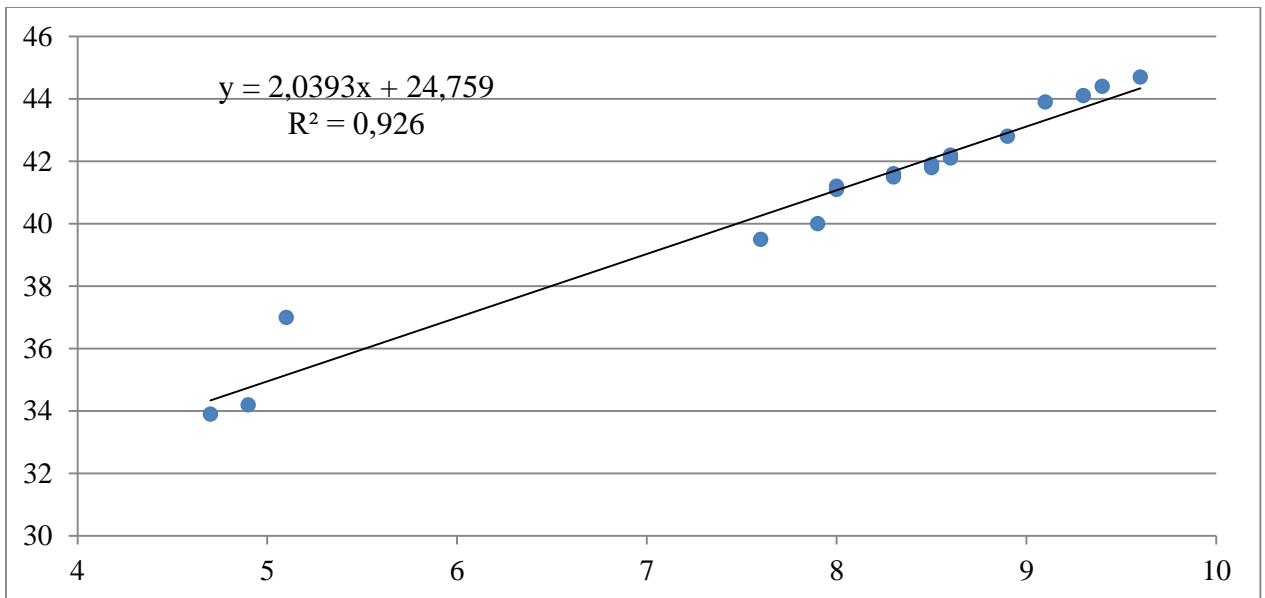


Рисунок 4.7 – Кореляційно-регресійна залежність між площею листкової поверхні рослин у фазу молочної стиглості та урожайністю зерна, за густоти рослин 80 тис./га, 2023-2025 рр.

Необхідно відмітити, що гібрид кукурудзи ДКС 4351 (ФАО 350) сформував меншу площу листкової поверхні порівняно із гібридом ДКС 3972 (ФАО 300), особливо в умовах екстремального посушливого 2024 року, це пов'язано із більшою вимогливістю цього гібрида, щодо забезпеченості його факторами життя і необхідності вирощування за розрідженої густоти рослин.

#### **4.2. Динаміка накопичення надземної сухої маси гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин**

Накопичення сухої речовини невід'ємно пов'язана із функціонуванням фотосинтетично активної листкової поверхні рослин. Проте, можливість забезпечення умов формування значної листкової поверхні визначається величиною густоти рослин або гідротермічними умовами вирощування культури, які можуть не сприяти рослинам кукурудзи реалізувати генетично зумовлений потенціал.

Встановлено, що між ефективністю використання рослинами поживних елементів та проходженням процесу фотосинтезу існує високої сили кореляційна залежність. Зокрема, створення оптимальних умов або, навпаки, їх погіршення призводить до змін функцій іншого, так як поглинання рослинами елементів живлення і фотосинтез належать до основних процесів у індивідуальному розвитку рослин. Динаміка накопичення сухої речовини визначається створенням сприятливих умов за вологозабезпеченням, елементами живлення, освітленості посіву завдяки їх оптимальному просторовому розміщенню. Динаміка накопичення сухої речовини рослинами (Табл. 4.1) ураховуючи її перерахунок на відсоток вмісту вологи засвідчує схожі властивості, які були відмічені за оцінки формування площі асиміляційної поверхні. На початку вегетації процес накопичення сухої біомаси відзначався повільними темпами від 1,19 до 1,63 т/га.

Таблиця 4.1

**Динаміка зміни сухої речовини рослин гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення, т/га,  
за 2023-2025 рр.**

| Гібрид<br>(фактор А) | Удобрення<br>(фактор С) | Фази росту і розвитку рослин |          |                      |                      |                |          |                      |                      |                |          |                      |                      |
|----------------------|-------------------------|------------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------|----------|----------------------|----------------------|----------------|----------|----------------------|----------------------|
|                      |                         | 60                           |          |                      |                      | 70             |          |                      |                      | 80             |          |                      |                      |
|                      |                         | 12<br>листіків               | цвітіння | молочна<br>стиглість | воскова<br>стиглість | 12<br>листіків | цвітіння | молочна<br>стиглість | воскова<br>стиглість | 12<br>листіків | цвітіння | молочна<br>стиглість | воскова<br>стиглість |
| ДКС 3795             | 1                       | 1,19                         | 3,63     | 5,78                 | 8,0                  | 1,22           | 3,76     | 5,96                 | 8,4                  | 1,20           | 3,73     | 5,92                 | 8,31                 |
|                      | 2                       | 2,65                         | 8,36     | 13,1                 | 17,5                 | 2,76           | 8,51     | 13,3                 | 18,1                 | 2,73           | 8,48     | 13,2                 | 17,8                 |
|                      | 3                       | 2,79                         | 8,57     | 15,5                 | 18,2                 | 2,87           | 8,76     | 15,7                 | 19,0                 | 2,84           | 8,73     | 15,6                 | 18,4                 |
|                      | 4                       | 2,75                         | 8,53     | 15,3                 | 18,0                 | 2,85           | 8,74     | 15,5                 | 18,8                 | 2,82           | 8,71     | 15,4                 | 18,2                 |
|                      | 5                       | 2,79                         | 8,57     | 15,7                 | 18,4                 | 2,87           | 8,76     | 15,9                 | 19,3                 | 2,84           | 8,73     | 15,8                 | 18,6                 |
|                      | 6                       | 2,86                         | 8,64     | 16,1                 | 18,7                 | 2,94           | 8,82     | 16,3                 | 19,5                 | 2,91           | 8,79     | 16,2                 | 18,7                 |
| ДКС 3972             | 1                       | 1,45                         | 4,14     | 6,59                 | 8,72                 | 1,63           | 4,75     | 7,41                 | 9,85                 | 1,51           | 4,46     | 7,23                 | 8,98                 |
|                      | 2                       | 3,12                         | 8,88     | 13,9                 | 18,8                 | 3,31           | 9,31     | 15,0                 | 19,5                 | 3,08           | 9,03     | 14,4                 | 18,7                 |
|                      | 3                       | 3,27                         | 9,11     | 16,6                 | 19,5                 | 3,45           | 9,83     | 17,7                 | 21,6                 | 3,33           | 9,45     | 16,9                 | 20,8                 |
|                      | 4                       | 3,23                         | 9,06     | 16,3                 | 19,3                 | 3,41           | 9,79     | 17,3                 | 21,4                 | 3,29           | 9,24     | 16,6                 | 20,6                 |
|                      | 5                       | 3,27                         | 9,11     | 16,8                 | 19,8                 | 3,45           | 9,83     | 17,9                 | 21,9                 | 3,33           | 9,45     | 17,1                 | 21,1                 |
|                      | 6                       | 3,33                         | 9,15     | 17,2                 | 20,7                 | 3,54           | 10,1     | 18,3                 | 22,3                 | 3,42           | 9,54     | 17,5                 | 21,3                 |
| ДКС 4351             | 1                       | 1,43                         | 4,13     | 6,51                 | 8,61                 | 1,42           | 4,11     | 6,31                 | 8,54                 | 1,40           | 3,78     | 6,28                 | 8,51                 |
|                      | 2                       | 3,09                         | 8,83     | 13,7                 | 18,5                 | 3,07           | 8,80     | 13,5                 | 18,2                 | 3,05           | 8,76     | 13,3                 | 18,0                 |
|                      | 3                       | 3,23                         | 8,99     | 16,3                 | 19,3                 | 3,21           | 8,93     | 16,1                 | 19,1                 | 3,19           | 8,89     | 15,9                 | 18,9                 |
|                      | 4                       | 3,20                         | 8,95     | 16,0                 | 19,0                 | 3,20           | 8,90     | 15,9                 | 18,9                 | 3,17           | 8,85     | 15,7                 | 18,6                 |
|                      | 5                       | 3,23                         | 8,99     | 16,5                 | 19,5                 | 3,22           | 8,93     | 16,3                 | 19,3                 | 3,20           | 8,89     | 16,1                 | 18,9                 |
|                      | 6                       | 3,29                         | 9,09     | 17,0                 | 19,8                 | 3,28           | 9,05     | 16,8                 | 19,4                 | 3,25           | 9,02     | 16,5                 | 19,0                 |

У послідуєчому, особливо у період інтенсивного формування листового апарату приріст сухої речовини за добу значно підвищився досягаючи максимальних значень від 8,0 до 22,3 т/га, відповідно. Необхідно відмітити, що внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив (виключаючи перекриття або змішування різних технологічних схем у межах однієї ділянки) забезпечувало максимальне підвищення загального виходу сухої речовини у гібрида кукурудзи ДКС 3795 у фазі воскової стиглості за густоти посіву 70 тис./га на 11,1 т/га (19,5 проти 8,4), а також у гібрида кукурудзи ДКС 3972 на 12,45 т/га (22,3 проти 9,85). Як розрідження так і загушення посівів призводило до зниження накопичення сухої маси рослинами на 0,7 і 1,6; 0,8 та 1,0 т/га, відповідно. Тобто, на вказаному варіанті досліджень завдяки оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами і як наслідок, порівняно із іншими варіантами інтенсифікації процесів росту й розвитку, відбувалося нагромадження рослинами кукурудзи більшої кількості вегетативної маси, що в послідуєчому забезпечило підвищенню виходу сухої речовини.

Середньостиглий гібрид ДКС 4351 на підвищеному фоні забезпечення рослин макро- і мікроелементами, за густоти рослин 60 тис./га забезпечував максимальне підвищення загального виходу сухої речовини порівняно із контролем на 11,3 т/га досягаючи максимального значення 19,8 т/га. Загушення посіву до 70, а тим більше 80 тис./га призводило до зменшення накопичення сухої маси на 0,4 і 0,8 т/га, відповідно. За внесення лише мінерального удобрення відмічалось зниження накопичення сухої речовини до 18,9 т/га у гібрида ДКС 3795, до 19,5 т/га у гібрида 3972 і до 18,0 т/га у гібрида ДКС 4351 або на 2,4; 0,7 і 0,8 т/га, відповідно.

Під час проведення досліджень встановлено високої сили кореляційні зв'язки між площею асиміляційної поверхні гібридів кукурудзи та кількістю накопиченої сухої речовини за різної густоти рослин. Окрім того, відмічено тісний кореляційний зв'язок між кількістю накопичення посівами сухої речовини та урожайністю зерна за різної густоти рослин. Величина

кореляційного зв'язку між даними показниками була сильною оскільки коефіцієнт кореляції був максимально наближеним до 1 за різної густоти рослин у гібридів кукурудзи.

Для площі листкової поверхні та накопиченням посівами сухої речовини за густоти рослин 60 тис./га (Рис. 4.8):  $y = 0,6932x + 25,025$ ;  $r=0,868$ ;  $R^2 = 0,754$ .

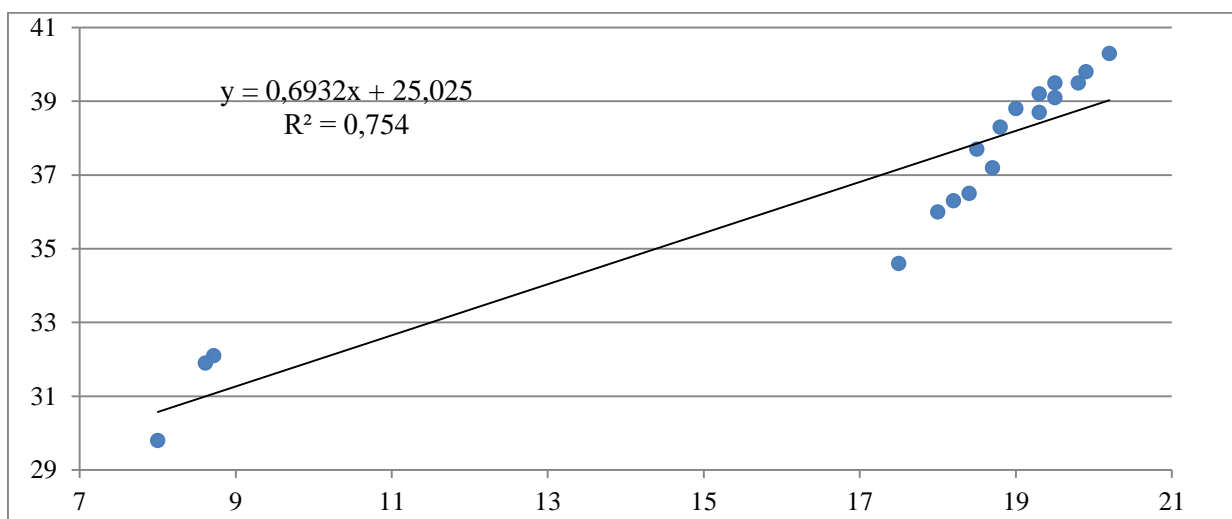


Рисунок 4.8 – Кореляційно-регресійна залежність між площею листкової поверхні та накопиченням посівами сухої речовини за густоти рослин 60 тис./га, 2023-2025 рр.

Для урожайності зерна і накопиченням посівами сухої речовини за густоти рослин 60 тис./га (Рис. 4.9):  $y = 0,3578x + 1,8782$ ;  $r=0,961$ ;  $R^2 = 0,925$ .

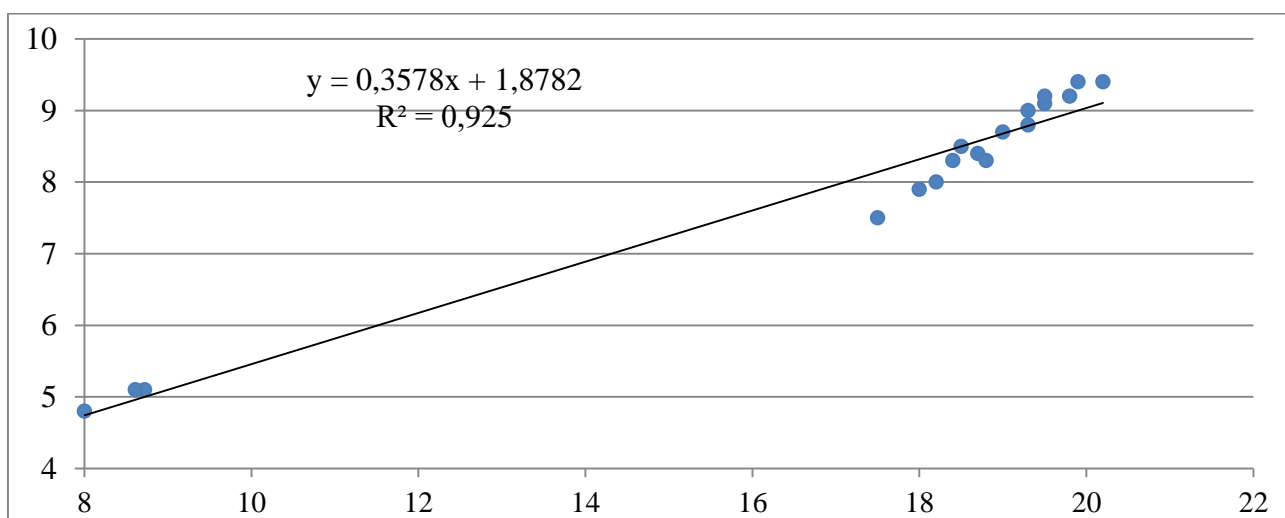
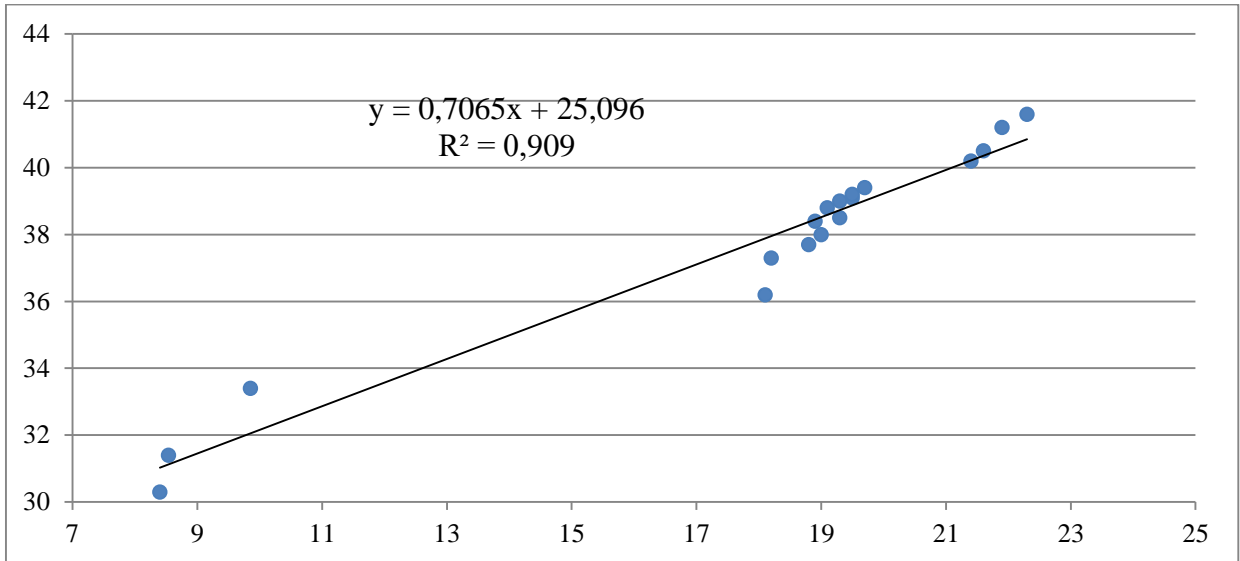


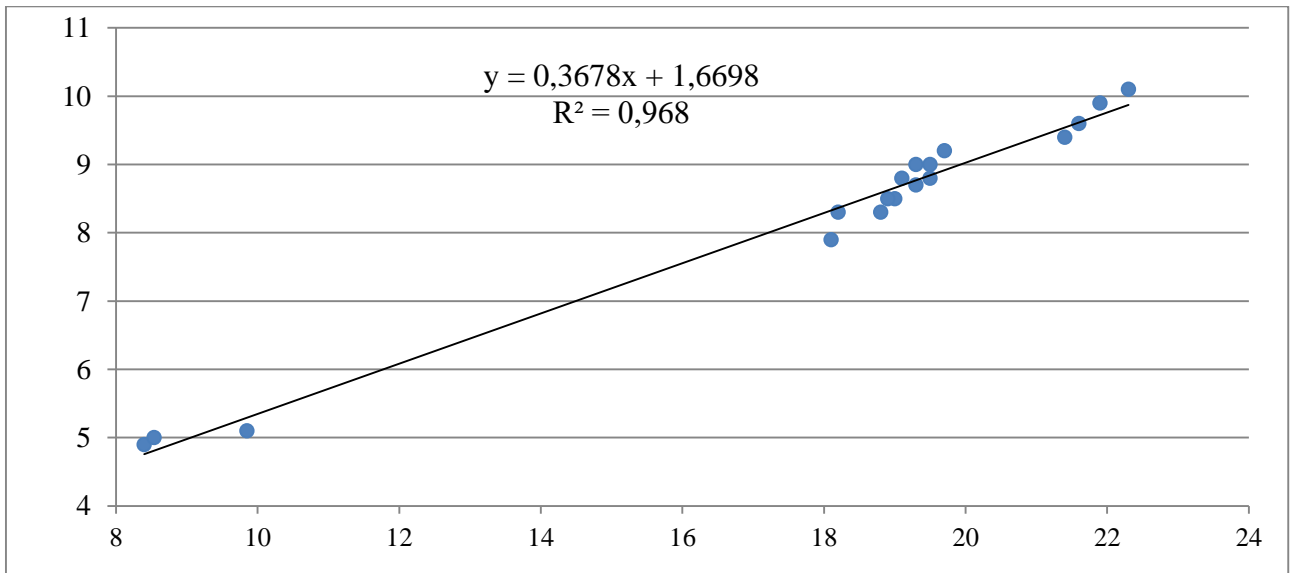
Рисунок 4.9 – Кореляційно-регресійна залежність між накопиченням посівами сухої речовини та урожайністю зерна за густоти рослин 60 тис./га, 2023-2025 рр.

Для площі листкової поверхні та накопиченням посівами сухої речовини за густоти рослин 70 тис./га (Рис. 4.10):  $y = 0,7065x + 25,096$ ;  $r=0,953$ ;  $R^2 = 0,909$ .



*Рисунок 4.10* – Кореляційно-регресійна залежність між площею листкової поверхні та накопиченням посівами сухої речовини за густоти рослин 70 тис./га, 2023-2025 рр.

Для урожайності зерна і накопиченням посівами сухої речовини за густоти рослин 70 тис./га (Рис. 4.11):  $y = 0,3678x + 1,6698$ ;  $r=0,984$ ;  $R^2 = 0,968$ .



*Рисунок 4.11* – Кореляційно-регресійна залежність між накопиченням посівами сухої речовини та урожайністю зерна за густоти рослин 70 тис./га, 2023-2025 рр.

Для площі листкової поверхні та накопиченням посівами сухої речовини за густоти рослин 80 тис./га (Рис. 4.12):  $y = 0,7172x + 24,583$ ;  $r=0,945$ ;  $R^2 = 0,893$ .

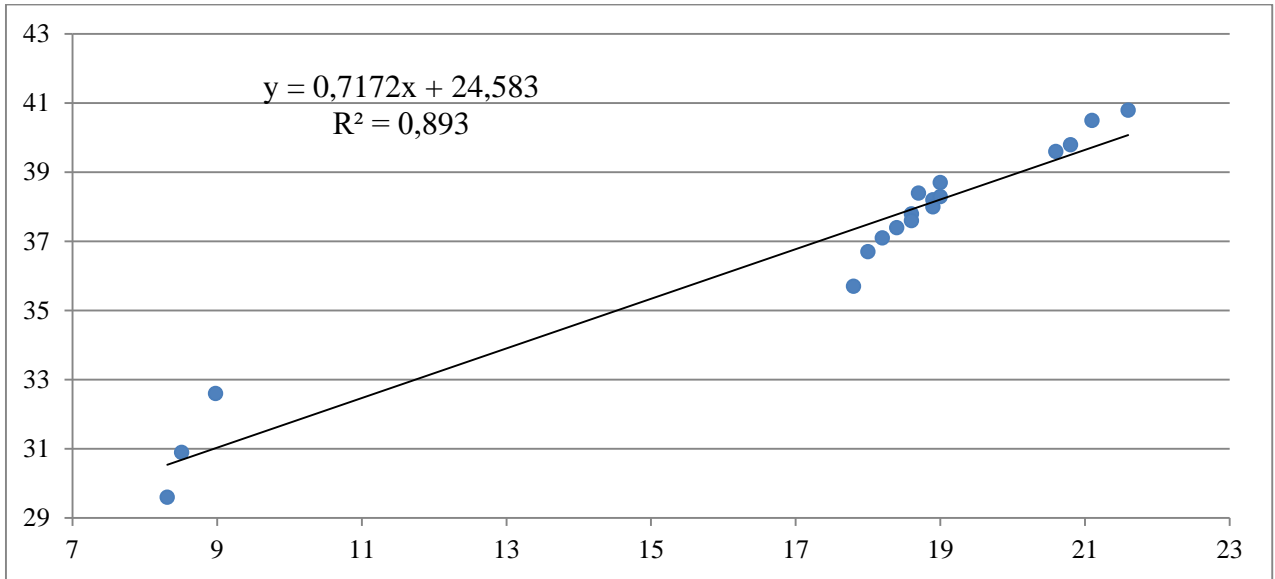


Рисунок 4.12 – Кореляційно-регресійна залежність між площею листкової поверхні та накопиченням посівами сухої речовини за густоти рослин 80 тис./га, 2023-2025 рр.

Для урожайності зерна і накопиченням посівами сухої речовини за густоти рослин 80 тис./га (Рис. 4.13):  $y = 0,3537x + 1,7917$ ;  $r=0,976$ ;  $R^2 = 0,954$ .

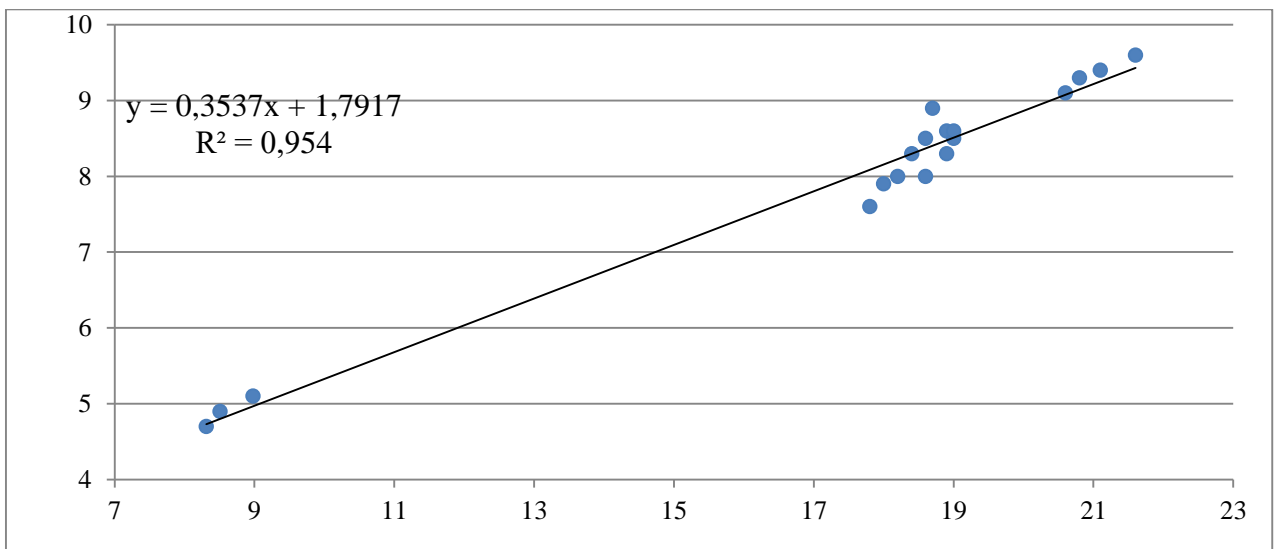


Рисунок 4.13 – Кореляційно-регресійна залежність між накопиченням посівами сухої речовини та урожайністю зерна за густоти рослин 80 тис./га, 2023-2025 рр.

### **4.3. Фотосинтетичний потенціал посівів гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин**

Для функціонування рослинного організму необхідні оптимальний температурний режим, відповідна освітленість. Важливими показниками ефективної життєдіяльності рослин є їх проходження ростових процесів, які пов'язані з кількісними змінами. Вирощування рослин кукурудзи потребує врахування адаптивних особливостей, тобто реакцію на умови вирощування. На інтенсивність ростових процесів рослин кукурудзи впливає група стиглості гібридів, едафічні і гідротермічні умови, а також технологічні прийоми вирощування культури [186].

Фотосинтетична діяльність рослин кукурудзи визначається не лише величиною площі асиміляційного апарату, а й тривалістю її активного функціонування. Тобто, показником за допомогою якого можна з високою точністю оцінити фотосинтетичну продуктивність рослин є фотосинтетичний потенціал (ФП), який враховує площу асиміляційної поверхні листків, а також швидкість її розвитку впродовж вегетації під впливом мінливих умов середовища. Фотосинтетичний потенціал більш достовірно оцінює можливості рослин формувати органічну речовину порівняно із площею асиміляційної поверхні. Фотосинтетичний потенціал більш точно відображає специфіку формування та мінливості фотосинтетично активної поверхні листків у гібридів кукурудзи, які вивчають залежно від періодів вегетації.

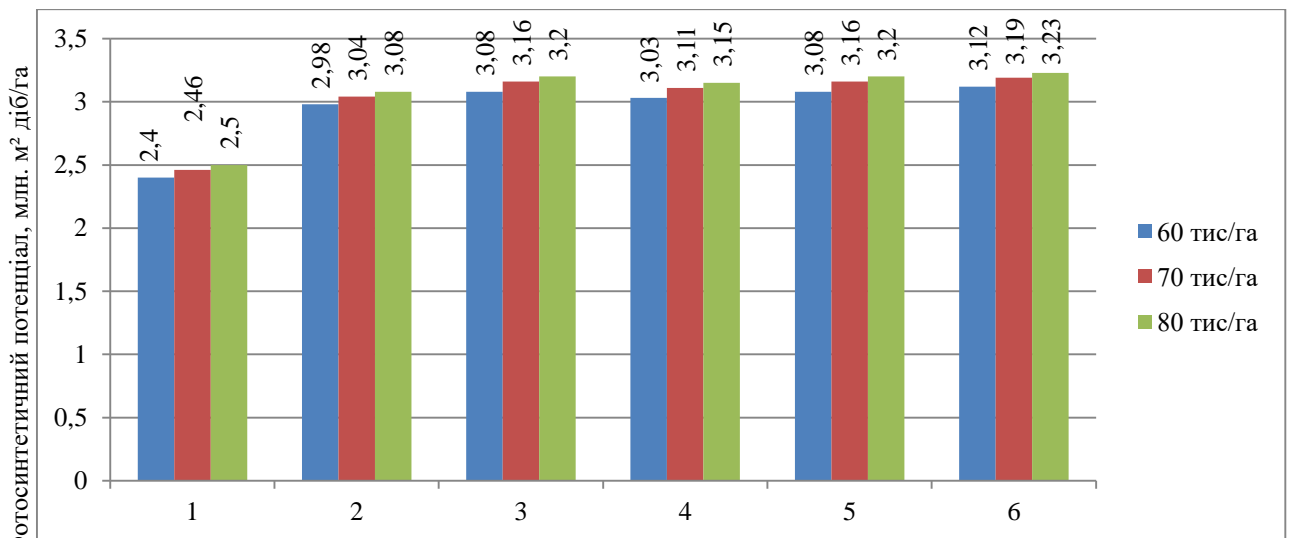
Посіви відносяться до високопродуктивних за умови, якщо їх фотосинтетичний потенціал буде перевищувати 2 млн.м<sup>2</sup>/добу за 100 діб вегетаційного періоду.

За результатами досліджень встановлено, що формування величини фотосинтетичного потенціалу залежало від покращення живлення рослин макро- і мікроелементами за рахунок внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> (Табл. 4.2).

**Фотосинтетичний потенціал посівів гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення, за  
2023-2025 рр., млн. м<sup>2</sup> діб/га**

| Гібрид<br>(фактор А) | Удобрення<br>(фактор С) | Фази росту і розвитку рослин          |                                    |  |   |                           |                                    |  |   |                           |                                    |  |   |
|----------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--|---|---------------------------|------------------------------------|--|---|---------------------------|------------------------------------|--|---|
|                      |                         | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |                                    |  |   |                           |                                    |  |   |                           |                                    |  |   |
|                      |                         | 60                                    |                                    |  |   | 70                        |                                    |  |   | 80                        |                                    |  |   |
|                      |                         | сходи-<br>12<br>листіків              | 12 листків-<br>цвітіння<br>качанів | цвітіння<br>качанів-<br>молочна<br>стиглість | молочна<br>стиглість-<br>повна<br>стиглість | сходи -<br>12<br>листіків | 12 листків-<br>цвітіння<br>качанів | цвітіння<br>качанів-<br>молочна<br>стиглість | молочна<br>стиглість-<br>повна<br>стиглість | сходи -<br>12<br>листіків | 12 листків-<br>цвітіння<br>качанів | цвітіння<br>качанів-<br>молочна<br>стиглість | молочна<br>стиглість-<br>повна<br>стиглість |
| ДКС 3795             | 1                       | 0,30                                  | 0,51                               | 1,18   | 0,41  | 0,31                      | 0,53                               | 1,20   | 0,42  | 0,32                      | 0,54                               | 1,21   | 0,43  |
|                      | 2                       | 0,48                                  | 0,66                               | 1,31   | 0,53  | 0,50                      | 0,68                               | 1,32   | 0,54  | 0,51                      | 0,69                               | 1,33   | 0,55  |
|                      | 3                       | 0,51                                  | 0,68                               | 1,34   | 0,55  | 0,53                      | 0,71                               | 1,36   | 0,56  | 0,54                      | 0,72                               | 1,37   | 0,57  |
|                      | 4                       | 0,50                                  | 0,67                               | 1,32   | 0,54  | 0,52                      | 0,69                               | 1,35   | 0,55  | 0,53                      | 0,70                               | 1,36   | 0,56  |
|                      | 5                       | 0,51                                  | 0,68                               | 1,34   | 0,55  | 0,53                      | 0,71                               | 1,36   | 0,56  | 0,54                      | 0,72                               | 1,37   | 0,57  |
|                      | 6                       | 0,51                                  | 0,70                               | 1,35   | 0,56  | 0,53                      | 0,72                               | 1,37   | 0,57  | 0,54                      | 0,73                               | 1,38   | 0,58  |
| ДКС 3972             | 1                       | 0,36                                  | 0,57                               | 1,23   | 0,46  | 0,37                      | 0,58                               | 1,25   | 0,48  | 0,38                      | 0,59                               | 1,26   | 0,49  |
|                      | 2                       | 0,54                                  | 0,71                               | 1,37   | 0,58  | 0,55                      | 0,72                               | 1,39   | 0,61  | 0,56                      | 0,73                               | 1,39   | 0,62  |
|                      | 3                       | 0,56                                  | 0,74                               | 1,39   | 0,60  | 0,58                      | 0,75                               | 1,41   | 0,62  | 0,59                      | 0,76                               | 1,42   | 0,63  |
|                      | 4                       | 0,55                                  | 0,73                               | 1,38   | 0,59  | 0,56                      | 0,74                               | 1,39   | 0,61  | 0,57                      | 0,75                               | 1,40   | 0,62  |
|                      | 5                       | 0,56                                  | 0,74                               | 1,39   | 0,61  | 0,58                      | 0,75                               | 1,41   | 0,62  | 0,59                      | 0,76                               | 1,42   | 0,63  |
|                      | 6                       | 0,57                                  | 0,75                               | 1,40   | 0,61  | 0,59                      | 0,76                               | 1,42   | 0,63  | 0,60                      | 0,77                               | 1,43   | 0,64  |
| ДКС 4351             | 1                       | 0,36                                  | 0,57                               | 1,22   | 0,45  | 0,37                      | 0,58                               | 1,23   | 0,46  | 0,38                      | 0,59                               | 1,24   | 0,46  |
|                      | 2                       | 0,53                                  | 0,70                               | 1,36   | 0,57  | 0,54                      | 0,71                               | 1,37   | 0,58  | 0,55                      | 0,72                               | 1,38   | 0,59  |
|                      | 3                       | 0,54                                  | 0,72                               | 1,37   | 0,59  | 0,55                      | 0,73                               | 1,38   | 0,60  | 0,56                      | 0,74                               | 1,39   | 0,60  |
|                      | 4                       | 0,53                                  | 0,70                               | 1,37   | 0,58  | 0,54                      | 0,71                               | 1,38   | 0,59  | 0,55                      | 0,72                               | 1,39   | 0,60  |
|                      | 5                       | 0,54                                  | 0,72                               | 1,38   | 0,60  | 0,55                      | 0,73                               | 1,39   | 0,61  | 0,56                      | 0,74                               | 1,39   | 0,62  |
|                      | 6                       | 0,55                                  | 0,73                               | 1,39   | 0,61  | 0,56                      | 0,74                               | 1,40   | 0,62  | 0,57                      | 0,75                               | 1,40   | 0,63  |

Виявлено логічне зростання фотосинтетичного потенціалу за проходження міжфазних періодів від 12 листків до воскової стиглості. При цьому на момент фази фізіологічної стиглості найвище значення сумарного фотосинтетичного потенціалу відмічено на варіанті за оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами, тобто внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  у гібридів кукурудзи ДКС 3795 і ДКС 3972 за густоти рослин 80 тис./га – 3,23 та 3,44 млн.  $m^2$  діб/га, це вище порівняно із абсолютним контролем на 0,73 і 0,72 млн.  $m^2$  діб/га, відповідно (Рис. 4.14, 4.15). Формування оптимальних за густотою рослин агроценозів забезпечує сприятливе проходження процесу фотосинтезу завдяки створення відповідного мікроклімату у посівах за достатньої освітленості.

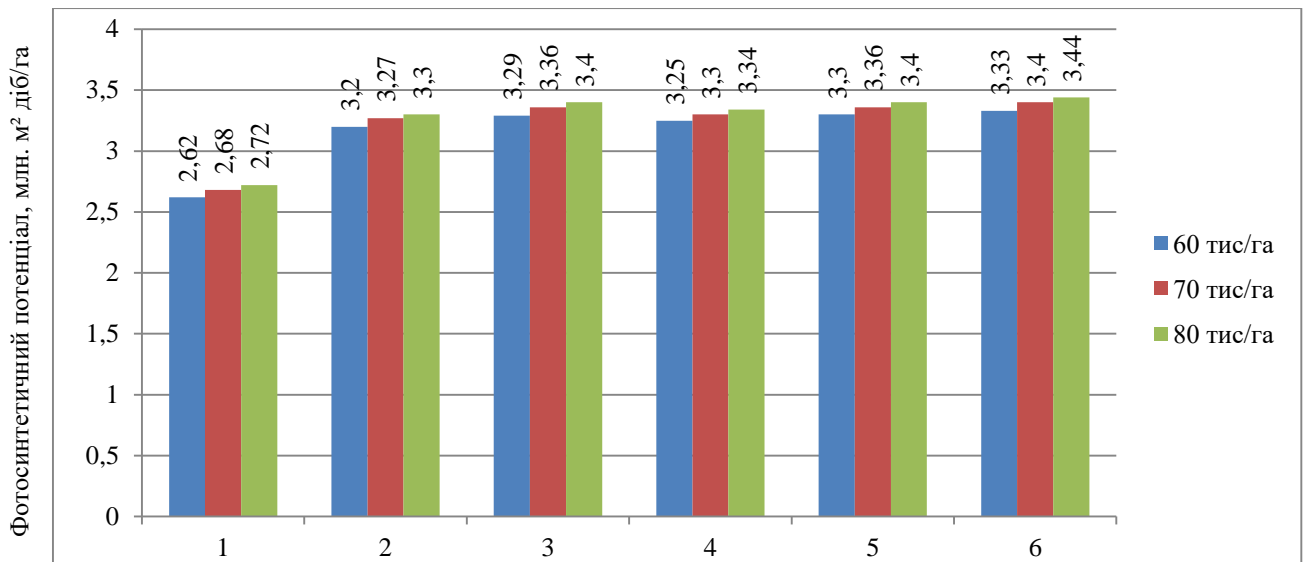


Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. -  $N_{100}, P_{31}$  (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк + Еколайн Бор.

Рисунок 4.14 – Сумарний фотосинтетичний потенціал посівів гібрида кукурудзи ДКС 3795 залежно від удобрення та густоти рослин

Встановлено, що на варіанті удобрення із використанням лише мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  фотосинтетичний потенціал був нижчим у гібридів кукурудзи ДКС 3795 і ДКС 3972 за оптимальної густоти посіву на 0,15 і 0,14 млн.  $m^2$  діб/га.

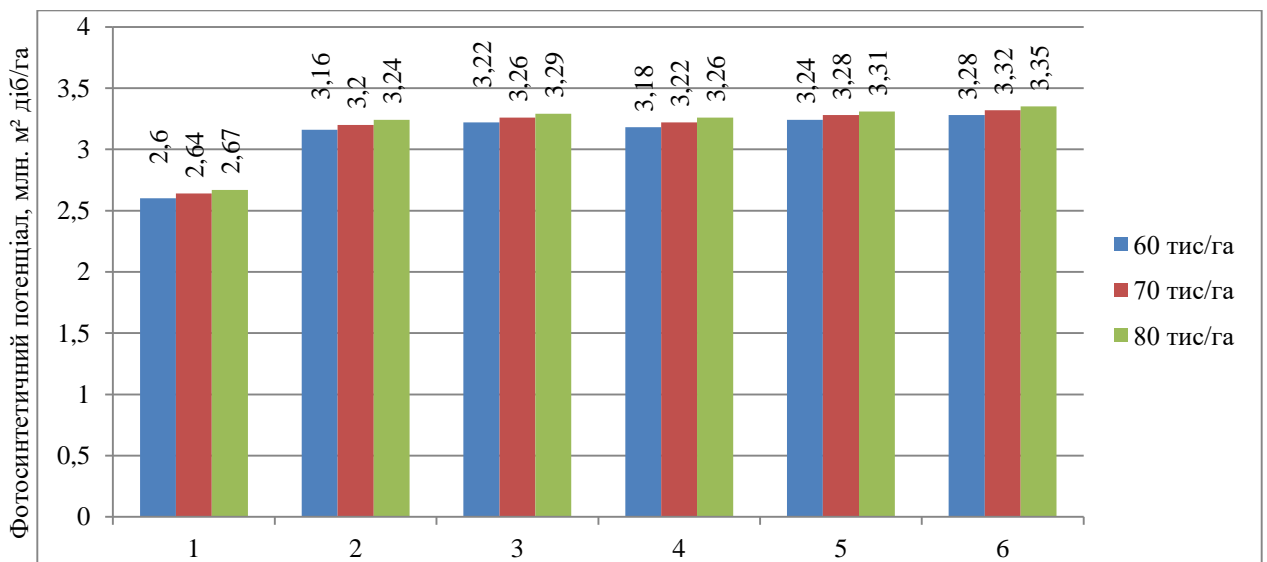
У гібрида кукурудзи ДКС 4351 максимальне значення сумарного фотосинтетичного потенціалу – 3,35 млн.  $m^2$  діб/га, відмічено на варіанті за



Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. - N<sub>100</sub>, P<sub>31</sub> (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

Рисунок 4.15 – Сумарний фотосинтетичний потенціал посівів гібрида кукурудзи ДКС 3972 залежно від удобрення та густоти рослин

густоти рослин (80 тис./га) на фоні застосування максимальної кількості заходів щодо оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами, тобто внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор і дії мінеральних добрив (Рис. 4.16).



Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. - N<sub>100</sub>, P<sub>31</sub> (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

Рисунок 4.16 – Сумарний фотосинтетичний потенціал посівів гібрида кукурудзи ДКС 4351 залежно від удобрення та густоти рослин

Це вище порівняно із абсолютним контролем на 0,68 млн.м<sup>2</sup>діб/га.

#### **4.4. Динаміка чистої продуктивності посівів гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин**

За результатами досліджень ряду науковців до одного із важливих показників, значення якого вказує на ефективність застосування агротехнічних заходів вирощування належить чиста продуктивність фотосинтезу рослин кукурудзи. Параметри якої змінюються у межах від 2 до 25 г/м<sup>2</sup> за добу, досягаючи свого максимуму у міжфазний період від 15 листків до початку формування зерна [187, 188].

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) відображає ефективність технологічних прийомів вирощування кукурудзи і представляє собою приріст сухої маси рослин у грамах за певний період (доба), віднесений до одиниці листової поверхні (м<sup>2</sup>).

На основі проведених досліджень встановлено, що чиста продуктивність фотосинтезу істотно залежала від фаз розвитку рослин і менше від технологічних прийомів вирощування.

За результатами досліджень, встановлено, що у початковій фазі росту та розвитку рослин, зокрема сходи-12 листків чиста продуктивність фотосинтезу була не незначною на контрольному варіанті досліді у змінювалася від 3,55 до 3,92 г/м<sup>2</sup> за добу залежно від гібрида та густоти рослин (Табл. 4.3). Проте, оптимізація живлення за внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> підвищувала чисту продуктивність у гібридів кукурудзи від 4,66 до 5,06 г/м<sup>2</sup> за добу досягаючи максимальних показників від 4,76 до 5,24 г/м<sup>2</sup> за добу за сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub>. За міжфазний період «12 листків – цвітіння качанів» відмічено найвищі показники чистої продуктивності посівів гібридів кукурудзи, саме на варіанті за максимального внесення макро- і мікроелементів за вирощування гібридів більш тривалого вегетаційного періоду ДКС 3972 до 9,52 г/м<sup>2</sup> за добу та гібрида ДКС 4351 від 9,28 г/м<sup>2</sup> за добу.

Таблиця 4.3

**Чиста продуктивність посівів гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення, за 2023-2025 рр., г/м<sup>2</sup> за добу**

| Гібрид (фактор А) | Удобрення (фактор С) | Фази росту і розвитку рослин          |                             |                                    |                                   |                  |                             |                                    |                                   |                  |                             |                                    |                                   |
|-------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|                   |                      | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |                             |                                    |                                   |                  |                             |                                    |                                   |                  |                             |                                    |                                   |
|                   |                      | 60                                    |                             |                                    |                                   | 70               |                             |                                    |                                   | 80               |                             |                                    |                                   |
|                   |                      | сходи-12 листків                      | 12 листків-цвітіння качанів | цвітіння качанів-молочна стиглість | молочна стиглість-повна стиглість | сходи-12 листків | 12 листків-цвітіння качанів | цвітіння качанів-молочна стиглість | молочна стиглість-повна стиглість | сходи-12 листків | 12 листків-цвітіння качанів | цвітіння качанів-молочна стиглість | молочна стиглість-повна стиглість |
| ДКС 3795          | 1                    | 3,55                                  | 7,92                        | 2,92                               | 6,25                              | 3,64             | 8,05                        | 3,03                               | 6,34                              | 3,65             | 8,03                        | 2,88                               | 6,23                              |
|                   | 2                    | 4,66                                  | 8,84                        | 4,13                               | 7,36                              | 4,75             | 8,92                        | 4,24                               | 7,47                              | 4,77             | 8,89                        | 4,12                               | 7,28                              |
|                   | 3                    | 4,71                                  | 8,93                        | 4,24                               | 7,48                              | 4,82             | 9,01                        | 4,33                               | 7,61                              | 4,80             | 8,98                        | 4,17                               | 7,27                              |
|                   | 4                    | 4,68                                  | 8,88                        | 4,19                               | 7,41                              | 4,76             | 8,96                        | 4,27                               | 7,54                              | 4,77             | 8,94                        | 4,14                               | 7,23                              |
|                   | 5                    | 4,71                                  | 8,93                        | 4,25                               | 7,52                              | 4,82             | 9,01                        | 4,33                               | 7,65                              | 4,81             | 8,98                        | 4,18                               | 7,40                              |
|                   | 6                    | 4,76                                  | 8,68                        | 4,29                               | 7,63                              | 4,89             | 9,05                        | 4,37                               | 7,92                              | 4,88             | 9,02                        | 4,22                               | 7,44                              |
| ДКС 3972          | 1                    | 3,87                                  | 8,23                        | 3,15                               | 6,57                              | 3,92             | 8,34                        | 3,25                               | 6,66                              | 3,90             | 8,31                        | 3,12                               | 6,54                              |
|                   | 2                    | 4,98                                  | 9,19                        | 4,35                               | 7,68                              | 5,06             | 9,26                        | 4,46                               | 7,75                              | 5,04             | 9,23                        | 4,35                               | 7,61                              |
|                   | 3                    | 5,05                                  | 9,26                        | 4,41                               | 7,73                              | 5,14             | 9,37                        | 4,58                               | 7,87                              | 5,12             | 9,35                        | 4,42                               | 7,68                              |
|                   | 4                    | 5,03                                  | 9,21                        | 4,38                               | 7,71                              | 5,11             | 9,32                        | 4,53                               | 7,82                              | 5,09             | 9,30                        | 4,39                               | 7,64                              |
|                   | 5                    | 5,05                                  | 9,26                        | 4,43                               | 7,76                              | 5,14             | 9,37                        | 4,62                               | 7,93                              | 5,12             | 9,35                        | 4,44                               | 7,69                              |
|                   | 6                    | 5,09                                  | 9,32                        | 4,47                               | 7,83                              | 5,24             | 9,52                        | 4,74                               | 8,04                              | 5,21             | 9,47                        | 4,49                               | 7,83                              |
| ДКС 4351          | 1                    | 3,85                                  | 8,17                        | 3,07                               | 6,52                              | 3,80             | 8,15                        | 3,05                               | 6,50                              | 3,78             | 8,12                        | 3,01                               | 6,42                              |
|                   | 2                    | 4,92                                  | 9,11                        | 4,29                               | 7,62                              | 4,90             | 9,10                        | 4,23                               | 7,58                              | 4,88             | 9,08                        | 4,21                               | 7,45                              |
|                   | 3                    | 4,95                                  | 9,19                        | 4,38                               | 7,70                              | 4,93             | 9,17                        | 4,35                               | 7,65                              | 4,90             | 9,15                        | 4,31                               | 7,51                              |
|                   | 4                    | 4,93                                  | 9,15                        | 4,32                               | 7,67                              | 4,91             | 9,15                        | 4,30                               | 7,63                              | 4,89             | 9,13                        | 4,27                               | 7,47                              |
|                   | 5                    | 4,95                                  | 9,19                        | 4,42                               | 7,75                              | 4,93             | 9,17                        | 4,38                               | 7,68                              | 4,90             | 9,15                        | 4,33                               | 7,55                              |
|                   | 6                    | 4,98                                  | 9,28                        | 4,45                               | 7,85                              | 4,97             | 9,23                        | 4,41                               | 7,70                              | 4,95             | 9,19                        | 4,35                               | 7,57                              |

Це вище порівняно із контрольним варіантом на 1,18 і 1,11 за добу. Саме у зазначений період, ще відбувається інтенсивний ріст листової поверхні, площа якої ще не досягла значних показників, що сприяє проникненню світла та ФАР до нижніх листків.

У послідуєчому, зокрема від фази початку цвітіння до молочної стиглості відмічено зниження інтенсивності чистої продуктивності фотосинтезу від 3,25-4,74 г/м<sup>2</sup> за добу у гібрида ДКС 3972 та 3,07 - 4,45 г/м<sup>2</sup> за добу у гібрида ДКС 4351, залежно від густоти рослин та удобрення. Максимальних показників чистої продуктивності фотосинтезу у цей період відмічено за сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> у гібрида ДКС 3972 – 4,74 г/м<sup>2</sup> за добу, а у гібрида ДКС 4351 – 4,45 г/м<sup>2</sup> за добу. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 1,49 і 1,38 г/м<sup>2</sup> за добу. У наступному періоді відмічено зростання чистої продуктивності фотосинтезу від молочної стиглості до повної стиглості зі змінами у гібрида ДКС 3972 від 6,66 до 8,04, а у гібрида ДКС 4351 від 6,52 до 7,85 г/м<sup>2</sup> залежно від удобрення та густоти рослин, відповідно.

Густота рослин також впливає на інтенсивність процесу фотосинтезу. Найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу за міжфазні періоди росту й розвитку рослин встановлено за густоти стояння 70 тис.шт./га для гібрида ДКС 3795 і ДКС 3972, а для гібрида ДКС 4351 за густоти 60 тис.шт./га. Загущення посівів особливо у міжфазні періоди цвітіння качанів-молочна стиглість та молочна стиглість-повна стиглість сприяло зменшенню величини чистої продуктивності посівів кукурудзи.

Максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу відмічено у міжфазний період «12 листків – цвітіння качанів» за сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> у гібрида ДКС 3795 – 9,05 г/м<sup>2</sup> за добу, ДКС 3972 – 9,52 г/м<sup>2</sup> за добу, а у гібрида ДКС 4351 – 9,28 г/м<sup>2</sup> за добу. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 1,0; 1,18 і 1,11 г/м<sup>2</sup> за добу.

#### Висновки до розділу 4.

1. Встановлено, що за оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами, тобто внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  (виключаючи перекриття або змішування різних технологічних схем у межах однієї ділянки) відмічено найвищу площу листкової поверхні у фазу цвітіння в гібридів кукурудзи ДКС 3795 (ФАО 250) – 43,8 тис.  $m^2/га$ , ДКС 3972 (ФАО 300) – 46,8 тис.  $m^2/га$ , а у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) – 45,3 тис.  $m^2/га$  за оптимальної густоти рослин в умовах зони нестійкого зволоження. На цьому варіанті досліду відмічено збільшення виходу сухої речовини на 11,1 і 12,45; 11,3 т/га, порівняно із контролем. Найвище значення сумарного фотосинтетичного потенціалу у гібридів кукурудзи ДКС 3795, ДКС 3972, ДКС 4351 відмічено за підвищення густоти рослин – 3,23, 3,44, 3,35 млн.  $m^2$  діб/га.

2. Встановлено високої сили кореляційні зв'язки за різної передзбиральної густоти рослин між площею листкової поверхні та врожайністю зерна для 60 тис./га –  $r=0,954$ ;  $R^2=0,910$ ; 70 тис./га –  $r=0,958$ ;  $R^2=0,918$ ; для 80 тис./га –  $r=0,962$ ;  $R^2=0,926$ , а також залежність подібної величини кореляційного зв'язку між накопиченням сухої речовини рослин та площі листкової поверхні за різної передзбиральної густоти рослин, для 60 тис./га –  $r=0,868$ ;  $R^2=0,754$ ; 70 тис./га –  $r=0,953$ ;  $R^2=0,909$ ; для 80 тис./га –  $r=0,945$ ;  $R^2=0,893$ .

#### Список використаної літератури до розділу 4.

176. Simkin A. J., Lopez-Calcano R. E. Raines C. A. Feeding the world: improving photosynthetic efficiency for sustainable crop production photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. 2019. Vol. 70(4). P. 1119–1140. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ery445>.
177. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій. Вінниця : Друкарня «Друк», 2022. 376 с.
178. 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.
179. Hallauer A. R., Russell W. A., Lamkey K. R. Corn breeding. Corn and Corn improvement; Sprague G.F., Dubley J.W. (eds). Wisconsin, 1988. P. 463–564.
180. 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.
181. Князюк О. В., Липовий В. Г., Підпалій І. Ф. Вплив технологічних прийомів вирощування на фотосинтетичну продуктивність гібридів кукурудзи. *Агробіологія*. 2012. №. 9. С. 116–120.
182. Заїка С.П. Скоростигла кукурудза (селекція, особливості насінництва та інтенсивної технології). Київ : Урожай, 1987. 200 с.
183. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Особливості росту і розвитку рослин кукурудзи в посівах та їх фотосинтетична діяльність залежно від технології вирощування в умовах Лісостепу. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2020. Вип. 67 (II). С. 92–112.
184. Тарасенко О. В. Вплив добрив на фотосинтетичну продуктивність посівів кукурудзи за прямої сівби. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 7. С. 73–76.

185. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Вінниця: Видавництво «Друк». 2020. 536 с.

186. Macmilan T. Maize comes to maturity. Seen and heard at the forage maize event. Dairy, 2005. Vol. 39. P. 40–48.

187. Трубілов О. В. Особливості формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від елементів технології. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв, 2014. Вип. 2. С. 132–137.

188. Іванишин О.С. Площа асиміляційної поверхні листків та урожайність гібридів кукурудзи залежно від удобрення в умовах Лісостепу Західного. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 112. С.77–81.

## **РОЗДІЛ 5. ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ ТА УРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ НЕСТІЙКОГО ЗВОЛОЖЕННЯ**

### **5.1. Стійкість до хвороб, шкідників, вилягання гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин**

В Україні постійно відбувається впровадження у виробництво урожайних гібридів кукурудзи та розширення її площ у аграрних підприємствах, що призводить не лише до підвищення рівня урожайності [189, 190], а й до посилення ряду проблем. Особливу увагу викликає підвищення негативної дії шкочинних організмів, що призводить до погіршення загального фітосанітарного стану посівів [190].

Скорочення кількості органічних добрив, порушення сівозміни, запровадження короткоротаційних сівозмін, а іноді в монокультурі передбачає необхідність перегляду систем удобрення, обробітку ґрунту, захисту від бур'янів, хвороб та шкідників. Такі умови є сприятливими для розвитку шкочинних організмів, які сприяють зниженню урожайності та якості зерна [189, 190].

Кукурудзу пошкоджує чисельна кількість шкідників та уражує велика кількість хвороб, до найбільш небезпечних хвороб належать: кореневі та стеблові гнилі, сажка (пухирчата і летюча), гельмінтоспоріоз та іржа, серед шкідників – стебловий кукурудзяний метелик.

Небезпечність пошкодження кукурудзяним стебловим метеликом та ураження стебловими гнилями збільшує кількість полеглих рослин, які належать до незворотних втрат. Значне розповсюдження кукурудзяного стеблового метелика може призвести до втрат врожаю від 1,5 до 2,0 т/га [191]. Поряд із зниженням урожайності відмічається погіршення якості зерна.

Масове розповсюдження стеблового кукурудзяного метелика, сприяє зниженню стійкості рослин до стеблового вилягання, що призводить до втрат у вигляді зламаних качанів і стебел – причиною яких є живлення рослин гусеницями шкідника. В Лісостепу правобережному шкідник розвивається в одному поколінні, а льот метеликів розпочинається із червня до завершення липня (сприятливі умови складаються для розвитку шкідника, якщо загальна сума температур, для розвитку одного покоління складає 711 °С) [192].

На підвищення стійкості до ураження рослин кукурудзи хворобами та пошкодження шкідниками впливає удобрення, зокрема внесення мінеральних добрив та проведення позакорневих підживлень мікродобривами та бактеріальними препаратами і регуляторами росту. У результаті проведених досліджень встановлено, що внесення бактеріальних препаратів сприяє підвищенню стійкості до хвороб та шкідників [193].

Нами було проведено вивчення стійкості гібридів кукурудзи до пухирчастої сажки та пошкодження стебловим кукурудзяним метеликом, враховуючи значний вплив цих шкодочинних об'єктів, щодо безпосередньої та опосередкованої (стеблове вилягання, обламування качанів) дії на втрати врожаю.

За результатами проведених досліджень встановлено, що гібриди кукурудзи відзначалися високою стійкістю до ураження пухирчастою сажкою. Незначне ураження пухирчастою сажкою було відмічено на контрольному варіанті досліду (без удобрення) за загущення посівів у рослин гібридів кукурудзи: ДКС 3795 від 1,7 до 2,0 %; ДКС 3972 від 1,5 до 1,7 %; ДКС 4351 від 1,4 до 2,0 %, за збільшення густоти рослин від 60 до 80 тис./га, це пов'язано із порушенням мікроклімату агроценозу, внаслідок затінення рослин, підвищення вологості (Табл. 5.1).

За внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  відмічено незначне підвищення стійкості до ураження пухирчастою сажкою, що пов'язано з позитивним впливом, насамперед фосфору та меншою мірою азоту, тому підвищення стійкості було не занадто високим і склало у гібридів ДКС 3795

від 1,4 до 1,8 %; ДКС 3972 від 1,3 до 1,6 %; ДКС 4351 від 1,2 до 1,7 %, за збільшення густоти рослин від 60 до 80 тис./га.

Таблиця 5.1

**Стійкість гібридів кукурудзи до ураження пухирчастою сажкою та пошкодження стебловим кукурудзяним метеликом залежно від удобрення та густоти рослин, % за 2023-2025 рр.**

| Гібрид<br>(фактор А) | Удобрення<br>(фактор С)                         | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |     |     |     |     |     |
|----------------------|---|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                      |   | 60                                    |     | 70  |     | 80  |     |
|                      |   | 1                                     | 2   | 1   | 2   | 1   | 2   |
| ДКС 3795             | Без добрив (к.)                                 | 1,7                                   | 5,8 | 1,8 | 6,4 | 2,0 | 7,3 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 1,4                                   | 5,5 | 1,4 | 5,7 | 1,8 | 6,6 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 0,0                                   | 4,4 | 0,0 | 4,5 | 0,0 | 5,5 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 0,0                                   | 4,5 | 0,0 | 4,6 | 0,0 | 5,7 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 0,0                                   | 4,3 | 0,0 | 4,5 | 0,0 | 5,4 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 0,0                                   | 4,1 | 0,0 | 4,1 | 0,0 | 5,0 |
| ДКС 3972             | Без добрив (к.)                                 | 1,5                                   | 4,7 | 1,5 | 4,8 | 1,7 | 5,5 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 1,3                                   | 4,3 | 1,3 | 4,3 | 1,6 | 5,2 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 0,0                                   | 3,4 | 0,0 | 3,4 | 0,0 | 4,8 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 0,0                                   | 3,5 | 0,0 | 3,5 | 0,0 | 4,9 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 0,0                                   | 3,3 | 0,0 | 3,3 | 0,0 | 4,4 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 0,0                                   | 3,2 | 0,0 | 3,2 | 0,0 | 4,2 |
| ДКС 4351             | Без добрив (к.)                                 | 1,4                                   | 4,5 | 1,6 | 5,0 | 2,0 | 5,8 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 1,2                                   | 4,1 | 1,4 | 4,5 | 1,7 | 5,5 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 0,0                                   | 3,2 | 0   | 3,8 | 0   | 5,2 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 0,0                                   | 3,3 | 0   | 4,0 | 0   | 5,2 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 0,0                                   | 3,0 | 0   | 3,6 | 0   | 4,8 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 0,0                                   | 2,8 | 0   | 3,4 | 0   | 4,6 |

Примітка: 1 – ураження пухирчастою сажкою, %; 2 – пошкодження стебловим метеликом, %.

Проведення удобрення сульфатом цинку на фоні мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub>, як і послідує підживлення мікроелементами Еколайн Цинк+Еколайн Бор зумовило підвищення стійкості до ураження

пухирчастою сажкою, на цих варіантах досліджень уражені рослини були відсутніми.

Найвища кількість рослин пошкоджених стебловим кукурудзяним метеликом відмічена на контрольному варіанті досліду (без удобрення) і складала за підвищення густоти рослин у гібридів кукурудзи: ДКС 3795 від 5,8 до 7,3 %; ДКС 3972 від 4,7 до 5,5 %; ДКС 4351 від 4,5 до 5,8 %.

За внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  відмічалось підвищення стійкості до пошкодження стебловим кукурудзяним метеликом і складало за збільшення густоти рослин від 60 до 80 тис./га у гібридів кукурудзи: ДКС 3795 від 5,5 до 6,6%; ДКС 3972 від 4,3 до 5,2 %; ДКС 4351 від 4,1 до 5,5 %.

За внесення мікроелементів (цинку і бору) на фоні дії мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ , відмічалось поступове підвищення стійкості до пошкодження стебловим кукурудзяним метеликом досягаючи свого максимального значення на варіанті, де було проведено максимальне внесення макро- і мікроелементів (сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ ) і складала за збільшення густоти рослин від 60 до 80 тис./га у гібридів кукурудзи: ДКС 3795 від 4,1 до 5,0 %; ДКС 3972 від 3,2 до 4,2 %; ДКС 4351 від 2,8 до 4,6 %. Щодо відмінностей за стійкістю до ураження пухирчастою сажкою, то необхідно відмітити незначне зниження стійкості від гібридів більш тривалого вегетаційного періоду ДКС 4351 і ДКС 3972 до середньораннього ДКС 3795, як і пошкодження стебловим кукурудзяним метеликом.

Найбільш небезпечне вилягання рослин, яке відмічається на ранніх фазах росту й розвитку, що може призвести до різкого зниження врожаю, так як у таких рослин погіршуються фотосинтетичні процеси, поглинання елементів живлення, надходження елементів живлення у зерно, що призводить до зниження урожайності, а вилягання, яке відмічається на пізніх фазах – призводить до втрат врожаю за комбайнового збирання.

Стійкість до вилягання у рослин кукурудзи визначається проявом ознак (міцність стебла, що включає здатність його протистояти зламу), розвитку кореневої системи, стійкості до пошкодження шкідниками та ураження хворобами, а також технологічних прийомів вирощування (забезпечення рослин поживними елементами, строків сівби, густоти рослин).

Нами вивчався вплив різної густоти рослин, удобрення макро- і мікроелементами на показники діаметра стебла, а також комплексного впливу ознак, зокрема діаметра стебла, стійкості до ураження хворобами і пошкодження шкідниками на стійкість рослин гібридів до вилягання.

Рослини гібридів кукурудзи незначно відрізнялися за діаметром стебла. Встановлена незначна залежність, що гібриди кукурудзи більш тривалого вегетаційного періоду відрізнялися від гібридів коротшого вегетаційного періоду більш товстими стеблами, що відповідає їх біологічним особливостям.

Найменший діаметр стебла відмічено у середньораннього гібрида ДКС 3795 на контрольному варіанті досліду (без удобрення) з поступовим зменшенням діаметра стебла від 2,47 до 2,42 см за загушення посівів від 60 до 80 тис./га (Табл. 5.2). Відповідно на цьому варіанті відмічено і найменшу стійкість рослин до вилягання від 8,0 до 7,8 балів, яка залежала, як від діаметра стебла так і від стійкості гібридів до пошкодження стебловим кукурудзяним метеликом і ураження пухирчастою сажкою, що представлено у попередній таблиці 5.1. Внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  забезпечувало підвищення діаметра стебла від 2,54 до 2,49 см завдяки кращому розвитку рослин, як і стійкості до вилягання від 8,8 до 8,3 бала. Максимального зростання діаметра стебла від 2,56 до 2,53 см, як стійкості до вилягання від 9,0 до 8,6 балів відмічено за оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами, тобто на варіанті досліду, де було проведено внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ .

Гібрид кукурудзи ДКС 3972, який належить до середньостиглої групи відзначався вищим діаметром стебла порівняно із гібридом ДКС 3795, і як наслідок вищою стійкістю до вилягання, досягаючи максимальних показників на варіанті, де було проведено максимальне внесення макро- і

Таблиця 5.2

**Діаметр стебла (см) і стійкість до вилягання (бал) у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин, 2023-2025 рр.**

| Гібрид<br>(фактор А) | Удобрення<br>(фактор С)                               | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |     |      |     |      |     |
|----------------------|---|---------------------------------------|-----|------|-----|------|-----|
|                      |   | 60                                    |     | 70   |     | 80   |     |
|                      |   | 1                                     | 2   | 1    | 2   | 1    | 2   |
| ДКС 3795             | Без добрив (к.)                                       | 2,47                                  | 8,0 | 2,45 | 8,0 | 2,42 | 7,8 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 2,54                                  | 8,8 | 2,53 | 8,7 | 2,49 | 8,3 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                                   | 2,55                                  | 9,0 | 2,54 | 8,8 | 2,51 | 8,4 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                                    | 2,54                                  | 9,0 | 2,53 | 8,9 | 2,49 | 8,4 |
|                      | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 2,56                                  | 9,0 | 2,56 | 8,9 | 2,52 | 8,4 |
|                      | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 2,56                                  | 9,0 | 2,56 | 9,0 | 2,53 | 8,6 |
| ДКС 3972             | Без добрив (к.)                                       | 2,60                                  | 8,5 | 2,58 | 8,5 | 2,56 | 8,3 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 2,65                                  | 8,9 | 2,64 | 8,9 | 2,50 | 8,5 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                                   | 2,67                                  | 9,0 | 2,66 | 9,0 | 2,62 | 8,6 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                                    | 2,66                                  | 9,0 | 2,65 | 9,0 | 2,62 | 8,6 |
|                      | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 2,68                                  | 9,0 | 2,68 | 9,0 | 2,64 | 8,6 |
|                      | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 2,69                                  | 9,0 | 2,69 | 9,0 | 2,65 | 8,7 |
| ДКС 4351             | Без добрив (к.)                                       | 2,72                                  | 8,6 | 2,70 | 8,5 | 2,68 | 8,4 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 2,78                                  | 8,9 | 2,77 | 8,7 | 2,74 | 8,5 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                                   | 2,80                                  | 9,0 | 2,79 | 8,9 | 2,76 | 8,6 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                                    | 2,79                                  | 9,0 | 2,77 | 8,9 | 2,75 | 8,6 |
|                      | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 2,81                                  | 9,0 | 2,79 | 8,9 | 2,77 | 8,6 |
|                      | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 2,81                                  | 9,0 | 2,81 | 8,9 | 2,77 | 8,7 |

Примітка: 1- діаметр стебла, см; 2 – стійкість до вилягання, бал.

і мікроелементів (внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub>). При цьому діаметр стебла

змінювався від 2,69 до 2,65 см, а стійкість до вилягання від 9,0 до 8,7 балів, підвищення стійкісних показників пов'язано також із вищою стійкістю цього гібрида до пошкодження стебловим кукурудзяним метеликом та ураження пухирчастою сажкою (див. Табл. 5.1). Найвищі стійкісні показники відмічено у гібрида кукурудзи ДКС 4351 (ФАО 350), у якого діаметр стебла змінювався від 2,81 до 2,77 см за загушення посівів, а діаметр стебла змінювався від 9 до 8,7 балів на варіанті досліду, де було проведено внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ .

Тобто, встановлено певну залежність, за якої гібриди тривалішого вегетаційного періоду завдяки краще розвинутій механічній тканині нижньої частини стебла, відзначаються вищими стійкісними показниками порівняно з гібридами коротшого вегетаційного періоду.

## **5.2. Елементи структури врожаю гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин**

Отримані результати досліджень у різних едафо-кліматичних зонах України зазначається, що визначальним чинником, який дозволяє отримати високий рівень урожайності кукурудзи є забезпечення оптимальної щільності посіву, яка визначатиме генетично можливий потенціал гібриду. Встановлення оптимальної густоти посіву залишається актуальним завданням щодо пошуку підвищення рівня урожайності кукурудзи і набуває більшого значення у зв'язку зі зміною клімату (дефіцит опадів, високі температури) [193, 194].

Одержані результати експериментальних досліджень стверджують, що на початкових етапах процесів росту й розвитку кукурудза завдяки недостатньо розвинутій кореневій системі та відповідно незначні площі асиміляційної поверхні практично не реагує на загущеність посівів. Проте, збільшена чисельність рослин на одиниці площі значно знижує їх

життєздатність в агроценозі, погіршує процеси росту й розвитку, надходження і ефективного використання фотосинтетичної активної радіації, витрачання рослинами вологи, елементів живлення, що у підсумку відображається на рівні урожайності зерна.

Густота рослин практично не впливала на рівень збиральної вологості зерна та вихід зерна із качана, проте кращу озерненість качана рослини кукурудзи відмічали за найменшої густоти рослин [195].

Збільшення густоти рослин забезпечувало зменшення лінійних розмірів гібридів. Збільшення щільності посіву зумовлювало зменшення зернової продуктивності у ранньостиглих гібридів на 12,1 %, у середньоранніх – 15,6 % та середньостиглих – 20,4 % [196]. Загущення посівів призводить до зменшення індексу урожайності [197, 198].

Мінливість довжини качанів гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин підтвердило дослідженнями інших науковців. У результаті проведених досліджень встановлено, збільшення розмаху мінливості елементів продуктивності кукурудзи залежно від подовження тривалості вегетаційного періоду гібридів кукурудзи.

Найменша довжина качана відмічена на контрольному варіанті досліді і за загущення посівів вона знижувалася у гібрида ДКС 3795 від 17,5 до 16,9 см, у гібрида ДКС 3972 від 17,8 до 17,2 см і у гібрида ДКС 4351 від 17,2 до 16,5 см (Табл. 5.3).

Встановлено, що довжина качана гібридів кукурудзи збільшувалася по мірі оптимізації удобрення макро- і мікроелементами порівняно із контрольним варіантом (без удобрення).

Значне підвищення довжини качана відмічено на варіанті, де було проведено внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ , однак за збільшення густоти рослин від 60 до 80 тис./га показники зменшувалися і складали у гібрида ДКС 3795 від 21,2 до 20,6 см, у гібрида ДКС 3972 від 22,1 до 21,3 см і у гібрида ДКС 4351 від 21,9 до 20,7 см. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 3,7 і 3,7; 4,3 та 4,1; 4,7 і 4,2 см.

Найвищі показники довжини качана відмічено на варіанті досліду, де було проведено сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  і знижувалася за збільшення густоти рослин від 60 до 80 тис/га у гібрида ДКС 3795 від 22,6 до 21,6 см, у гібрида ДКС 3972 від 23,3 до 22,5 см і у гібрида ДКС 4351 від 22,7 до 21,8 см. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 5,1 та 4,7 см; 5,5 і 5,3; 5,5 та 5,3 см, відповідно.

Таблиця 5.3

**Довжина качана (см) і діаметр качана (см) у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин, 2023-2024 рр.**

| Гібрид<br>(фактор А) | Удобрення<br>(фактор С)                         | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |     |      |      |      |     |
|----------------------|---|---------------------------------------|-----|------|------|------|-----|
|                      |   | 60                                    |     | 70   |      | 80   |     |
|                      |   | 1                                     | 2   | 1    | 2    | 1    | 2   |
| ДКС 3795             | Без добрив (к.)                                 | 17,5                                  | 3,9 | 17,2 | 3,85 | 16,9 | 3,8 |
|                      | $N_{100}P_{31}$ (фон)                           | 21,2                                  | 4,0 | 20,8 | 3,9  | 20,6 | 3,8 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 21,7                                  | 4,1 | 21,4 | 4,0  | 21,0 | 4,0 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 21,5                                  | 4,1 | 21,1 | 4,0  | 20,9 | 3,9 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 22,3                                  | 4,2 | 21,8 | 4,0  | 21,3 | 4,0 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 22,6                                  | 4,3 | 22,2 | 4,1  | 21,6 | 4,0 |
| ДКС 3972             | Без добрив (к.)                                 | 17,8                                  | 4,0 | 17,4 | 3,9  | 17,2 | 3,8 |
|                      | $N_{100}P_{31}$ (фон)                           | 22,1                                  | 4,2 | 21,7 | 4,0  | 21,3 | 3,9 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 22,8                                  | 4,3 | 22,3 | 4,2  | 21,8 | 4,0 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 22,7                                  | 4,2 | 22,2 | 4,1  | 21,7 | 3,9 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 23,1                                  | 4,3 | 22,6 | 4,2  | 22,4 | 4,0 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 23,3                                  | 4,3 | 22,7 | 4,2  | 22,5 | 4,1 |
| ДКС 4351             | Без добрив (к.)                                 | 17,2                                  | 4,2 | 16,7 | 4,0  | 16,5 | 3,9 |
|                      | $N_{100}P_{31}$ (фон)                           | 21,9                                  | 4,4 | 21,0 | 4,2  | 20,7 | 4,0 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 22,3                                  | 4,5 | 21,7 | 4,3  | 21,2 | 4,2 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 22,0                                  | 4,4 | 21,5 | 4,2  | 20,9 | 4,1 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 22,6                                  | 4,5 | 22,1 | 4,3  | 21,5 | 4,2 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 22,7                                  | 4,5 | 22,2 | 4,3  | 21,8 | 4,2 |

Примітка: 1- довжина качана, см; 2 – діаметр качана, см

Діаметр качана змінювався незначною мірою під впливом густоти рослин, він виявляв стабільність залежно від морфобіологічних ознак гібридів кукурудзи. Показник діаметра качанів гібридів змінювався подібно до попередньої ознаки, тобто за зменшення густоти рослин діаметр качана зростав. Однак, більш суттєве підвищення діаметра качана відмічено за проведення оптимізації удобрення макро- і мікроелементами.

Так найменший діаметр качана відмічено на контрольному варіанті досліду і за загушення посівів він знижувалася у гібрида ДКС 3795 від 3,9 до 3,8 см, у гібрида ДКС 3972 від 4,0 до 3,8 см і у гібрида ДКС 4351 від 4,2 до 3,9 см. Найбільше підвищення діаметра качана відмічено за проведення удобрення макро- і мікроелементами на варіанті досліду, де було застосовано максимальну кількість заходів щодо оптимізації живлення (сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ ) і за збільшення густоти рослин знижувався у гібрида ДКС 3795 від 4,3 до 4,0 см, у гібрида ДКС 3972 від 4,3 до 4,1 см і у гібрида ДКС 4351 від 4,5 до 4,2 см або це на 0,4 і 0,2; 0,3 і 0,3; 0,3 та 0,3 см більше.

У таблиці 5.4 представлено вплив густоти рослин та удобрення на елементи структури врожаю у гібридів кукурудзи. Встановлено, що кількість рядів зерен є ознакою, яка незначною мірою змінюється під впливом технологічних прийомів вирощування, які вивчалися. Тобто, кількість рядів зерен є генетично детермінованою ознакою, яка найменше змінюється під впливом умов вирощування [189]. Більшою мірою удобрення та густота рослин впливали на кількість зерен в ряду і масу 1000 зерен. Найвищу кількість рядів зерен, зерен в ряду та масу 1000 зерен відмічено на варіанті досліду, де було проведено сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні  $N_{100}P_{31}$  за підвищення густоти рослин від 60 до 80 тис.шт./га елементи структури врожаю змінювалися у гібридів: ДКС 3795 – 14,4; 33,8 шт.; 313,2 г та 14,4; 31,4 шт.; 307,7 г; 14,4; 29,1 шт.; 291,7 г; ДКС 3972 – 15,3; 36,0 шт.; 314,7 г та

15,3; 33,9 шт.; 308,0 г; 15,3; 32,6 шт.; 276,6 г; ДКС 4351 – 16,3; 34,9 шт.; 301,8 г і 16,3; 33,3 шт.; 274,8 г та 16,3; 31,2 шт.; 241,0 г (Табл. 5.4).

Таблиця 5.4

**Вплив густоти рослин та удобрення на елементи структури врожаю у гібридів кукурудзи, 2023-2025 рр.**

| Гібрид<br>(фактор А) | Удобрення<br>(фактор С)                         | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |      |       |      |      |       |      |      |       |
|----------------------|---|---------------------------------------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
|                      |   | 60                                    |      |       | 70   |      |       | 80   |      |       |
|                      |   | 1                                     | 2    | 3     | 1    | 2    | 3     | 1    | 2    | 3     |
| ДКС 3795             | Без добрив (к.)                                 | 14,1                                  | 23,8 | 250,3 | 14,1 | 21,8 | 244,7 | 14,1 | 20,0 | 231,3 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 14,2                                  | 30,9 | 303,5 | 14,2 | 29,5 | 296,2 | 14,2 | 27,2 | 277,5 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 14,4                                  | 33,0 | 310,2 | 14,4 | 30,6 | 303,9 | 14,4 | 28,3 | 287,5 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 14,3                                  | 32,2 | 306,9 | 14,3 | 30,3 | 302,3 | 14,3 | 27,7 | 287,1 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 14,4                                  | 33,5 | 312,4 | 14,4 | 31,2 | 306,2 | 14,4 | 28,9 | 289,7 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 14,4                                  | 33,8 | 313,2 | 14,4 | 31,4 | 307,7 | 14,4 | 29,1 | 291,7 |
| ДКС 3972             | Без добрив (к.)                                 | 15,0                                  | 25,7 | 249,9 | 15,0 | 23,1 | 236,9 | 15,0 | 21,1 | 228,8 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 15,1                                  | 33,1 | 307,4 | 15,1 | 32,0 | 296,8 | 15,1 | 30,9 | 275,0 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 15,3                                  | 34,9 | 311,1 | 15,3 | 33,0 | 306,1 | 15,3 | 31,8 | 275,0 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 15,2                                  | 34,5 | 309,9 | 15,2 | 32,5 | 303,2 | 15,2 | 31,3 | 275,0 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 15,3                                  | 35,3 | 313,3 | 15,3 | 33,3 | 306,6 | 15,3 | 32,1 | 275,1 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 15,3                                  | 36,0 | 314,7 | 15,3 | 33,9 | 308,0 | 15,3 | 32,6 | 276,7 |
| ДКС 4351             | Без добрив (к.)                                 | 16,0                                  | 23,8 | 249,8 | 16,0 | 22,3 | 221,3 | 16,0 | 21,0 | 210,4 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 16,2                                  | 33,2 | 291,5 | 16,2 | 31,2 | 265,0 | 16,2 | 29,9 | 233,0 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 16,3                                  | 34,2 | 296,6 | 16,3 | 32,6 | 267,4 | 16,3 | 30,6 | 238,7 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 16,3                                  | 33,7 | 292,2 | 16,3 | 32,1 | 265,0 | 16,3 | 30,2 | 233,0 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 16,3                                  | 34,6 | 299,2 | 16,3 | 32,9 | 269,9 | 16,3 | 30,9 | 241,0 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 16,3                                  | 34,9 | 301,8 | 16,3 | 33,3 | 274,8 | 16,3 | 31,2 | 241,0 |

Примітка: 1- кількість рядів зерен, шт.; 2 – кількість зерен в ряду, шт.; 3 – маса 1000 зерен, г.

Це вище порівняно із контрольним варіантом у гібрида ДКС 3795 на 0,03; 10,0 шт.; 62,9 г та 0,03; 9,6 шт.; 61,9 г і 0,03; 9,1 шт.; 60,4 г; у гібрида ДКС 3972 на 0,03; 10,3 шт.; 64,8 г та 0,03; 10,8 шт.; 71,1 г і 0,03; 11,5 шт.;

47,9 г; у гібрида ДКС 4351 на 0,03; 11,1 шт.; 52,0 г та 0,03; 11,0 шт.; 53,5 г і 0,03; 10,2 шт.; 30,6 г, відповідно.

Результати наших досліджень підтверджують раніше отриманими даними що Zn впливає на синтез білків, структуру та міцність клітинних стінок. Достатнє живлення Zn оптимізує водний баланс рослин – поліпшує посухостійкість та жаростійкість. У період V4-6 відбувається формування майбутнього врожаю – розмір качанів, кількість рядів і зерен, у цілому озерненість качана. За недостатньої кількості цинку відзначено значне сповільнення росту через скорочення міжвузлів, погіршення озерненості качанів або ж відсутність зав'язування за значного дефіциту цинку рослин кукурудзи [199].

Це стосується і такого мікроелемента як Бор, який позитивно впливає на цвітіння і зав'язування качанів, процеси дихання. Нестача бору гальмує ріст рослин. Через нестачу бору, особливо на легких ґрунтах, спостерігається скорочення міжвузлів, качани деформовані і частково не містять насіння, на листках з'являються сірі, довгасті некротичні плями, молоде листя скручується, поверхня листка набагато менша. Завдяки бору поліпшується склад поживних речовин у рослинах та їх стан, Бор особливо позитивно діє на запліднення тому, що сприяє росту пилкової трубки, підвищується якість та кількість пилку, утворюється більше насіння в качані, підвищується врожайність [199].

Також нами було проведено дослідження щодо впливу удобрення та густоти рослин на суму лінійних розмірів зернівки (Табл. 5.5). Сума лінійних розмірів зернівки включає суму показників довжини, ширини і товщини зернівки. Гібриди кукурудзи за сумою лінійних промірів зернівки відрізнялися за біологічними особливостями. Менша сума лінійних промірів була відмічена у середньораннього гібрида ДКС 3795 і залежно від варіанта варіанта досліду змінювалася від 1,99 см до 2,57 см, а гібрида ДКС 3972 від 2,09 до 2,59 см, а у гібрида ДКС 4351 від 2,12 до 2,61 см, відповідно. Найвищу суму лінійних розмірів зернівки відмічено на варіанті досліду, де

було проведено сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні внесення мінерального добрива у нормі  $N_{100}P_{31}$  за підвищення густоти рослин від 60 до 80 тис.шт./га сума лінійних розмірів зернівки змінювалася у гібридів: ДКС 3795 – 2,57 см та 2,44; 2,34 см; ДКС 3972 – 2,59 і 2,46 та 2,34 см; ДКС 4351 – 2,61; 2,5; 2,39 см, це вище порівняно із контрольним варіантом у гібрида ДКС 3795 на 0,23; 0,24 0,35 см; у гібрида ДКС 3972 на 0,23; 0,23; 0,25 см; у гібрид ДКС 4351 на 0,21; 0,25; 0,27 см,

Таблиця 5.5

**Сума лінійних розмірів зернівки (см) у гібридів кукурудзи залежно від  
удобрення та густоти рослин, 2023-2025 рр.**

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                               | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |      |      |
|-------------------------|---|---------------------------------------|------|------|
|                         |   | 60                                    | 70   | 80   |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                       | 2,34                                  | 2,2  | 1,99 |
|                         | $N_{100}P_{31}$ (фон)                                 | 2,5                                   | 2,36 | 2,22 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                   | 2,54                                  | 2,41 | 2,29 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                    | 2,53                                  | 2,4  | 2,28 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 2,56                                  | 2,43 | 2,32 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 2,57                                  | 2,44 | 2,34 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                       | 2,36                                  | 2,23 | 2,09 |
|                         | $N_{100}P_{31}$ (фон)                                 | 2,51                                  | 2,37 | 2,23 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                   | 2,57                                  | 2,43 | 2,30 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                    | 2,56                                  | 2,42 | 2,29 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 2,58                                  | 2,45 | 2,33 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 2,59                                  | 2,46 | 2,34 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                       | 2,40                                  | 2,25 | 2,12 |
|                         | $N_{100}P_{31}$ (фон)                                 | 2,60                                  | 2,41 | 2,27 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                   | 2,61                                  | 2,47 | 2,34 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                    | 2,60                                  | 2,46 | 2,33 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 2,61                                  | 2,49 | 2,38 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 2,61                                  | 2,50 | 2,39 |

Необхідно відмітити, що підвищення густоти рослин від 60 до 80 тис./га забезпечувало зниження суми лінійних розмірів зернівки від 0,22 до 0,35 см.

У таблиці 5.6 представлено калькулюючі ознаки елементів структури врожаю гібридів кукурудзи, а саме кількість зерен із качана та маса зерна із качана, перша ознака є добутком кількості рядів зерен на кількість зерен в ряду, а інша добутком кількості зерен із качана на масу 1000 зерен [194, 199].

Таблиця 5.6

**Кількість зерен (шт.) і маса зерна з качана (г) у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин, 2023-2025 рр.**

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                               | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |       |       |       |       |       |
|-------------------------|---|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         |   | 60                                    |       | 70    |       | 80    |       |
|                         |   | 1                                     | 2     | 1     | 2     | 1     | 2     |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                       | 335,3                                 | 84,3  | 306,2 | 75,08 | 281,9 | 65,3  |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 440,5                                 | 134,1 | 420,0 | 124,7 | 387,8 | 107,9 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                   | 474,8                                 | 147,5 | 441,2 | 134,3 | 407,1 | 117,3 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                    | 460,6                                 | 141,6 | 432,9 | 131,1 | 395,7 | 113,9 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 482,0                                 | 150,8 | 448,9 | 137,7 | 415,8 | 120,7 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 487,3                                 | 152,8 | 452,7 | 139,5 | 419,6 | 122,6 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                       | 386,4                                 | 96,9  | 346,8 | 82,4  | 317,2 | 72,8  |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 500,5                                 | 154,3 | 483,3 | 143,8 | 466,2 | 128,6 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                   | 533,5                                 | 166,2 | 504,4 | 154,6 | 485,6 | 133,7 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                    | 525,0                                 | 163,0 | 494,6 | 150,1 | 475,3 | 129,9 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 540,7                                 | 169,7 | 510,0 | 156,5 | 490,7 | 135,1 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 550,9                                 | 173,6 | 518,7 | 159,9 | 498,8 | 138,1 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                       | 380,8                                 | 95,4  | 356,3 | 79,1  | 336,5 | 71,0  |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 537,8                                 | 157,1 | 505,4 | 134,4 | 484,9 | 113,5 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                   | 556,9                                 | 165,4 | 530,8 | 142,1 | 499,3 | 119,3 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                    | 549,9                                 | 161,0 | 523,8 | 138,3 | 491,7 | 114,7 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 564,0                                 | 169,0 | 536,8 | 145,1 | 503,1 | 121,6 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 570,0                                 | 172,3 | 543,3 | 149,5 | 509,1 | 122,9 |

Примітка: 1) кількість зерен із качана, шт.; 2) маса зерна із качана, г.

Враховуючи полігенність їх походження, мінливість цих ознак, більшою мірою залежала від технологічних прийомів вирощування, які вивчалися у досліді. Найменші елементи продуктивності відмічено на контрольному варіанті (без добрив) і змінювалися із збільшення густоти рослин від 60 до 80 тис.шт./га у гібридів: ДКС 3795 – 335,3 шт., 84,3 г; 306,2 шт., 75,08 г; 281,9 шт., 65,3 г; ДКС 3972 – 386,4 шт., 96,9 г; 346,8 шт., 82,4 г; 317,2 шт., 72,8 г; ДКС 4351 – 380,8 шт., 95,4 г; 356,3 шт., 79,1 г; 336,5 шт., 71,0 г, відповідно. Найвищих елементів структури врожаю відмічено на варіанті досліді, де було проведено сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінерального удобрення у нормі  $N_{100}P_{31}$  за підвищення густоти рослин від 60 до 80 тис.шт./га у гібридів: ДКС 3795 – 487,3 шт., 152,8 г; 452,7 шт., 139,5 г; 419,6 шт., 122,6 г; ДКС 3972 – 550,9 шт., 173,6 г; 518,7 шт., 159,9 г; 498,8 шт., 138,1 г; ДКС 4351 – 570,0 шт., 172,3 г; 543,3 шт., 149,5 г; 509,1 шт., 122,9 г, відповідно. Це вище порівняно із контрольним варіантом у гібрида ДКС 3795 на 152,0 шт., 68,5 г та 146,5 шт., 64,4 г і 137,7 шт., 57,3 г; у гібрида ДКС 3972 на 164,5 шт., 76,7 г та 171,9 шт., 77,5 г і 181,6 шт., 65,3 г; у гібрида ДКС 4351 на 189,2 шт., 76,9 г і 187,0 шт., 70,4 г та 172,6 шт., 51,9 г, відповідно.

Відомо, що дефіцит цинку призводить не тільки до сповільнення росту рослин через скорочення міжвузлів, зниження озерненості качанів, але й до їхнього формування [200]. Кількість качанів на рослині кукурудзи належить до генетично обумовленої ознаки, яку можливо поліпшити із застосування селекційних методів, окрім того, на неї можливо впливати технологічними прийомами вирощування, забезпечуючи оптимальні умови вирощування агротехнічним, створюючи кращі умови вирощування [201]. За дефіциту вологи та поживних елементів, гібриди, які формують кілька качанів за оптимальних умов, як правило формують один качан і у цих гібридів менше безплідних рослин [200-203].

Важливим показником, поряд із кількістю качанів на рослині є вихід зерна з урожаю качанів. Тобто, озерненість качана, яке є співвідношенням

між довжиною озерненого качана і стрижнем качана. За літературними джерелами відомо, що показники озерненості качанів змінюються від 80-82 до 95 % [204]. Неозернена частина качана вказує на не використані резерви підвищення продуктивності качана, на упущення та недосконалість у технології її вирощування [194].

Результати експериментальних досліджень підтверджують попередні висновки й доповнюють позитивну дію цинку на формування качанів і його озерненість, як і впливу бору на вихід зерна із качана (Табл. 5.7).

Таблиця 5.7

**Кількість качанів (шт.) і вихід зерна з качана (%) у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин, за 2023-2025 рр.**

| Гібрид<br>(фактор А) | Удобрення<br>(фактор С)                         | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |      |      |      |     |      |
|----------------------|---|---------------------------------------|------|------|------|-----|------|
|                      |   | 60                                    |      | 70   |      | 80  |      |
|                      |   | 1                                     | 2    | 1    | 2    | 1   | 2    |
| ДКС 3795             | Без добрив (к.)                                 | 1,0                                   | 80,0 | 0,9  | 80,0 | 0,8 | 79,7 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 1,1                                   | 82,2 | 1,1  | 82,3 | 1,0 | 81,0 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 1,2                                   | 83,0 | 1,2  | 82,9 | 1,1 | 82,6 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 1,2                                   | 82,5 | 1,2  | 82,4 | 1,1 | 82,1 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 1,25                                  | 85,2 | 1,25 | 85,2 | 1,2 | 84,8 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 1,25                                  | 85,5 | 1,25 | 85,7 | 1,2 | 85,0 |
| ДКС 3972             | Без добрив (к.)                                 | 0,9                                   | 80,3 | 0,9  | 80,1 | 0,8 | 80,0 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 1,0                                   | 81,5 | 1,0  | 81,5 | 0,9 | 81,1 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 1,1                                   | 84,1 | 1,1  | 84,1 | 1,0 | 83,2 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 1,1                                   | 83,5 | 1,1  | 83,5 | 1,0 | 82,7 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 1,2                                   | 85,3 | 1,2  | 85,4 | 1,1 | 85,0 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 1,2                                   | 85,7 | 1,2  | 85,7 | 1,1 | 85,4 |
| ДКС 4351             | Без добрив (к.)                                 | 0,9                                   | 80,2 | 0,8  | 80,0 | 0,8 | 79,8 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 1,0                                   | 81,8 | 0,9  | 81,5 | 0,9 | 81,2 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                             | 1,1                                   | 83,7 | 1,0  | 83,5 | 1,0 | 83,0 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                              | 1,1                                   | 83,3 | 1,0  | 82,6 | 1,0 | 82,4 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 1,2                                   | 85,5 | 1,1  | 85,3 | 1,0 | 85,1 |
|                      | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 1,2                                   | 85,9 | 1,1  | 85,6 | 1,0 | 85,3 |

Примітка: 1) кількість качанів із рослини, шт.; 2) вихід зерна із качана, %.

Максимальні показники елементів структури врожаю (кількість качанів на рослині й вихід зерна з качана) відзначено за сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк й Еколайн Бор на фоні внесення мінерального добрива у нормі  $N_{100}P_{31}$  і густоти 60 тис. рослин/га у гібридів кукурудзи: ДКС 3795 – 1,25; 85,5 %; ДКС 3972 – 1,2; 85,7 %; і ДКС 4351 – 1,2 шт., 85,9 %, відповідно.

Підвищення густоти до 80 тис.рослин/га, призводило до зниження кількості качанів на рослині й виходу зерна із качана: ДКС 3795 – 1,2 шт.; 85,0 %; ДКС 3972 – 1,1 шт.; 85,4 %; і ДКС 4351 – 1,0 шт.; 85,3 %. За передзбиральної густоти рослин 70 тис./га відмічено високі значення кількості качанів на рослині і вихід зерна із качана у гібридів ДКС 3795 – 1,25 шт.; 85,7 %; ДКС 3972 – 1,2 шт.; 85,7 %, а у гібрида ДКС 4351 за густоти рослин на період збирання 60 тис./га – 1,2 шт. і 85,9 %. Це вище, порівнюючи із контрольним варіантом у гібрида ДКС 3795 на 0,35 шт., 5,7 %; у гібрида ДКС 3972 на 0,3 шт., 5,6 %; у гібрида ДКС 4351 на 0,3 шт., 5,7 %, відповідно.

Одне з вирішальних значень ефективності вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості відіграє збиральна вологість зерна. Так як рівень збиральної вологості і урожайність визначають конкурентноспроможність гібридів і доцільність їх вирощування. Враховуючи необхідність проводити сушіння зерна кукурудзи з вологістю більше 14 %, це дуже суттєво підвищує виробничі витрати на всю технологію вирощування культури.

Тому нами було проведено оцінку впливу густоти рослин, удобрення та особливостей гібридів на рівень збиральної вологості зерна. Найнижчий рівень збиральної вологості відмічено на контрольному варіанті досліду із підвищенням показників вологості за збільшення густоти рослин від 60 до 80 тис./га у гібрида ДКС 3795 – 18,2; 18,7; 20,0 %; ДКС 3972 – 20,1; 20,8; 22,7 %; у гібрида ДКС 4351 – 22,2; 23,0; 25,5 % (Табл. 5.8). Закономірно гібриди тривалішого вегетаційного періоду, завдяки їх потужнішому розвитку

Таблиця 5.8

**Збиральна вологість зерна (%) у гібридів кукурудзи залежно від  
удобрення та густоти рослин, 2023-2025 рр.**

| Гібрид<br>(фактор А) | Удобрення<br>(фактор С)                               | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |      |      |
|----------------------|---|---------------------------------------|------|------|
|                      |   | 60                                    | 70   | 80   |
| ДКС 3795             | Без добрив (к.)                                       | 18,2                                  | 18,7 | 20,0 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 19,9                                  | 20,4 | 21,6 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                                   | 20,8                                  | 21,5 | 22,3 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                                    | 20,7                                  | 21,4 | 22,1 |
|                      | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 21,5                                  | 22,3 | 23,6 |
|                      | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 22,4                                  | 23,2 | 24,7 |
| ДКС 3972             | Без добрив (к.)                                       | 20,1                                  | 20,8 | 22,7 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 21,4                                  | 22,2 | 24,1 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                                   | 22,6                                  | 23,3 | 25,2 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                                    | 22,5                                  | 23,2 | 25,1 |
|                      | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 23,5                                  | 24,3 | 25,2 |
|                      | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 24,3                                  | 25,0 | 26,3 |
| ДКС 4351             | Без добрив (к.)                                       | 22,2                                  | 23,0 | 25,5 |
|                      | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 24,3                                  | 25,5 | 27,6 |
|                      | Фон + Сульфат цинку                                   | 25,3                                  | 26,4 | 28,5 |
|                      | Фон + Еколайн Цинк                                    | 25,0                                  | 26,3 | 28,3 |
|                      | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 25,4                                  | 27,2 | 29,4 |
|                      | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 26,9                                  | 28,7 | 30,6 |

відмічалися вищим рівнем збиральної вологості. На варіанті досліді, де було проведено внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> відмічено підвищення рівня збиральної вологості у гібридів кукурудзи від 1,3 до 2,5 % залежно від варіанта досліді. При цьому рівень збиральної вологості підвищувався аналогічно, як і на контрольному варіанті за збільшення густоти рослин від 60 до 80 тис./га і склав у гібрида ДКС 3795 – 19,9; 20,4; 21,6 %; ДКС 3972 – 21,4; 22,2; 24,1 %; у гібрида ДКС 4351 – 24,3; 25,5; 27,6 %.

Це вище порівняно із контрольним варіантом у гібрида ДКС 3795 на 1,7; 1,7; 1,6 %; у гібрида ДКС 3972 на 1,3; 1,4; 1,4 % та у гібрида ДКС 4351 на 2,1; 2,5; 2,1 %, відповідно.

Найвищі показники рівня збиральної вологості відмічено на варіанті досліду, де було проведено найбільшу кількість заходів щодо внесення макро- і мікроелементів. Тобто на варіанті за сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк й Еколайн Бор на фоні внесення мінерального добрива у нормі  $N_{100}P_{31}$  і за підвищення густоти рослин від 60 до 80 тис./га відмічалася більш виражена тенденція до зростання збиральної вологості, яка складала у ДКС 3795 – 22,4; 23,2; 24,7 %; ДКС 3972 – 24,3; 25,0; 26,3 %; ДКС 4351 – 26,9; 28,7; 30,6 %. Це вище порівняно із контрольним варіантом у гібрида ДКС 3795 на 4,2; 4,5; 4,7 %; у гібрида ДКС 3972 на 4,2; 4,2; 3,6 % та у гібрида ДКС 4351 на 4,7; 5,7; 5,1 %, відповідно. Тобто, гібриди кукурудзи, за збільшення внесення різних добрив, у першу чергу мінеральних, а також мікродобрив, як у твердій і рідкій формі підвищують рівень збиральної вологості, також відмічено стійку тенденцію до збільшення рівня вологості за підвищення густоти рослин від 60 до 80 тис./га.

### **5.3. Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин в умовах зони нестійкого зволоження**

Рослини гібридів кукурудзи впродовж вегетаційного періоду відзначаються вимогами щодо умов зовнішнього середовища. Зокрема, на ранніх фазах росту та розвитку (3-5 листків), кукурудза має ще слабо розвинену кореневу систему і відповідно листову поверхню, рослинам вистачає незначна площа живлення. Однак на пізніших фазах росту та розвитку збільшується площа листової поверхні, що потребує більшої кількості поживних елементів, вологи, приходу фотосинтетичної активної радіації, тобто названі ресурси використовуються більш інтенсивно. Загущення посівів може призвести до негативного впливу росту одних

рослин на ріст і розвиток інших, що у послідуєчому призводить до зниження рівня їх урожайності. Негативний вплив конкуренції рослин за умови середовища значно посилюється, за близького знаходження рослин і контактують між собою [205].

Рівень урожайності гібридів кукурудзи значно залежить від щільності посівів, так як цей чинник визначає конкуренцію між рослинами за світло, вологу, елементи живлення. За розріджених посівів рослини мають більше простору, менше конкурують за фактори життя. Це, як правило призводить до збільшення кількості і розмірів качанів на рослині. Проте, їх загальна чисельність на одиницю площі зменшується, а це призводить до зниження рівня урожайності, не дивлячись на високу індивідуальну продуктивність меншої кількості рослин. За оптимізації густоти рослин досягається відповідність кількості рослин на одиницю площі і наявними ресурсами. Рослини забезпеченні необхідною кількістю світла, вологи і елементами живлення, що сприяє отриманню максимального рівня урожайності з одиниці площі. Встановлення оптимальної щільності посіву вимагає одержання результатів досліджень щодо реакції гібридів на зміну густоти рослин в конкретних умовах середовища [206, 207].

Урожайність гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин представлено у (Табл. 5.9).

Урожайність є полігенною ознакою, яка складається із великої кількості елементів структури врожаю (див. Табл. 5,3-5,7). Рівень урожайності є дзеркальним відображенням впливу абіотичних, біотичних чинників, а також відповідності застосування агрозаходів, щодо створення оптимальних умов для забезпечення процесів росту й розвитку рослин гібридів кукурудзи.

Необхідно відмітити, що рівень урожайності гібридів значно залежав від гідротермічних умов, які склалися впродовж вегетаційного періоду вирощування гібридів кукурудзи. Найбільш сприятливі за оптимальним співвідношенням кількості опадів у критичні періоди вирощування

кукурудзи та температурним режимом виявилися умови 2023 року. Саме в умовах цього року незалежно від варіанта дослідів відмічено найвищий рівень урожайності гібридів кукурудзи, який змінювався від 5,2 до 9,7 т/га у середньораннього гібрида ДКС 3795 (ФАО 250), від 5,7 до 10,8 т/га у середньостиглих гібридів ДКС 3972 (ФАО 300) і ДКС 4351 (ФАО 350) від 5,6 до 10,2 т/га. Також рівень урожайності гібридів кукурудзи значно

Таблиця 5.9

**Урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та  
удобрення, т/га за 2023 рік**

| Гібрид<br>(фактор А)  | Удобрення<br>(фактор С)                               | Густота рослин, тис. р./га<br>(фактор В) |      |      |
|-----------------------|---|--|------|------|
|                       |   | 60                                       | 70   | 80   |
| ДКС 3795<br>(ФАО 250) | Без добрив (к.)                                       | 5,7                                      | 5,5  | 5,2  |
|                       | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 8,8                                      | 9,0  | 8,7  |
|                       | Фон + Сульфат цинку                                   | 9,0                                      | 9,5  | 9,1  |
|                       | Фон + Еколайн Цинк                                    | 8,9                                      | 9,4  | 9,0  |
|                       | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 9,2                                      | 9,7  | 9,4  |
|                       | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 9,3                                      | 9,7  | 9,5  |
| ДКС 3972<br>(ФАО 300) | Без добрив (к.)                                       | 5,9                                      | 5,8  | 5,7  |
|                       | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 9,9                                      | 10,3 | 10,0 |
|                       | Фон + Сульфат цинку                                   | 10,2                                     | 10,5 | 10,2 |
|                       | Фон + Еколайн Цинк                                    | 10,0                                     | 10,4 | 10,1 |
|                       | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 10,4                                     | 10,7 | 10,4 |
|                       | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 10,4                                     | 10,8 | 10,4 |
| ДКС 4351<br>(ФАО 350) | Без добрив (к.)                                       | 5,8                                      | 5,7  | 5,6  |
|                       | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 9,6                                      | 9,2  | 8,9  |
|                       | Фон + Сульфат цинку                                   | 9,8                                      | 9,5  | 9,0  |
|                       | Фон + Еколайн Цинк                                    | 9,7                                      | 9,4  | 8,9  |
|                       | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 10,1                                     | 9,9  | 9,2  |
|                       | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 10,2                                     | 9,9  | 9,2  |

НІР<sub>05</sub>.: А– 0,07; В– 0,07; С– 0,1; АВ– 0,12; АС– 0,17; ВС– 0,17; АВС– 0,3

залежав від чинників, які вивчалися у дослідях. Зокрема, збільшення густоти посіву призводило до підвищення рівня урожайності лише до того моменту, доки рослини були достатньо забезпеченні необхідною кількістю світла, вологи і елементами живлення. Коли, порушувалася рівновага у потребі рослин необхідної кількості факторів життя та їх наявної кількості урожайність знижувалася, на всіх варіантах дослідів [189, 194, 199].

На контрольному варіанті (без удобрення) відмічено найнижчий рівень урожайності від 5,2 т/га (80 тис./га) до 5,7 т/га (60 тис./га) у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250); від 5,7 (80 тис./га) до 5,9 т/га (60 тис./га) – ДКС 3972 (ФАО 300); від 5,6 (80 тис./га) до 5,8 (60 тис./га) – ДКС 4351 (ФАО 350).

За оптимізації удобрення макроелементами, тобто внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  урожайність підвищувалася у гібрида ДКС 3795 на 3,1 (60 тис./га); 3,5 (70 тис./га); 3,5 т/га (80 тис./га); у гібрида ДКС 3972 на 4,0 (60 тис./га); 4,1 (70 тис./га); 4,3 т/га (80 тис./га); у гібрида ДКС 4351 на 3,8 (60 тис./га); 3,5 (70 тис./га); 3,3 т/га (80 тис./га);

Максимальне підвищення рівня урожайності відмічено на варіанті дослідів, де було проведено максимальну кількість заходів щодо оптимізації удобрення макро- і мікроелементами, за сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ . Урожайність підвищилася у гібрида ДКС 3795 на 3,6 (60 тис./га); 4,2 (70 тис./га); 4,3 т/га (80 тис./га); у гібрида ДКС 3972 на 4,5 (60 тис./га); 5,0 (70 тис./га); 4,7 т/га (80 тис./га); у гібрида ДКС 4351 на 4,4 т/га (60 тис./га); 4,2 (70 тис./га); 3,6 т/га (80 тис./га), відповідно. Отже, в умовах сприятливого 2023 року найвищий рівень урожайності відмічено у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250) – 9,7 т/га за передзбиральної густоти рослин 70 тис./га, у гібрида ДКС 9572 (ФАО 300) – 10,8 т/га за густоти рослин перед збиранням 70 тис./га і у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) – 10,2 т/га за розріджених посівів. Як зрідження так загушення посівів призводило до зниження рівня урожайності.

Отримані результати досліджень щодо визначення урожайності зерна стверджують, що зниження індивідуальної продуктивності рослин зі

збільшенням густоти компенсується їх чисельністю на одиниці площі. Разом із тим, найбільша врожайність у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250) і середньостиглого гібрида 3972 (ФАО 300) відмічена за густоти рослин 70 тис./га за всіма роками досліджень, а у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) за густоти 60 тис./га впродовж років досліджень.

Зростання рівня урожайності зерна гібридів, які представлені у (див. Табл. 5.9) підтверджуються результатами розрахунків трьохфакторного дисперсійного аналізу та оцінки частки впливу досліджуваних чинників на формування урожайності (рис. 5.1).

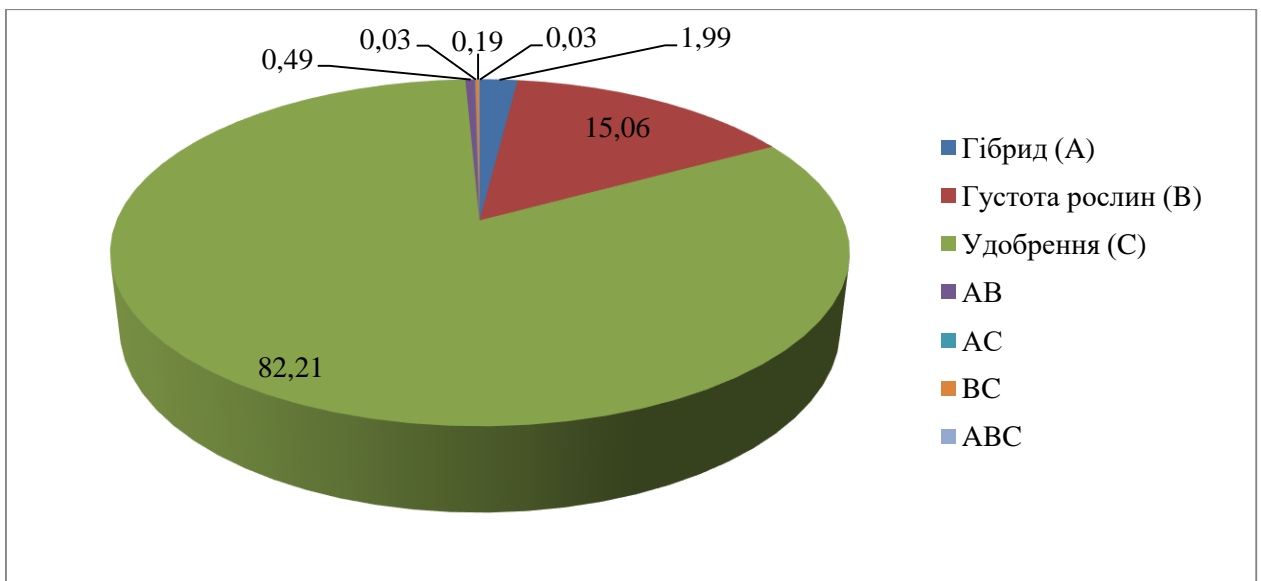


Рисунок 5.1 – Частки впливу удобрення, густоти рослин й гібридних особливостей на урожайність кукурудзи, % за 2023 рік

Отже, умови 2023 року були сприятливими, щодо формування урожайності гібридів кукурудзи, а рівень урожайності залежав на 82,2 % від впливу удобрення макро- і мікроелементами, частка ж впливу густоти росли складала 15,06 %, на гібридні особливості приходилося 1,99 %, відповідно.

Отримані дані у результаті проведення дисперсійного аналізу підтвердили, що гідротермічні умови у роки проведення досліджень були сприятливими, насамперед в умовах 2023 і 2025 років і менш сприятливі в умовах 2024 року, що підтверджується показниками сформованого урожаю (Табл. 5.10).

Таблиця 5.10

**Урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та  
удобрення, т/га за 2024 рік**

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                               | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |     |     |
|-------------------------|---|---------------------------------------|-----|-----|
|                         |   | 60                                    | 70  | 80  |
| ДКС 3795<br>(ФАО 250)   | Контроль (без добрив)                                 | 4,0                                   | 4,3 | 4,1 |
|                         | N-100, P-31 (фон)                                     | 6,6                                   | 7,1 | 6,7 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                   | 7,4                                   | 7,6 | 7,3 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                    | 7,2                                   | 7,5 | 7,1 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 7,6                                   | 7,8 | 7,5 |
|                         | Фон + Сульфат цинку +<br>Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 7,7                                   | 8,0 | 7,7 |
| ДКС 3972<br>(ФАО 300)   | Контроль (без добрив)                                 | 4,5                                   | 4,5 | 4,4 |
|                         | N-100, P-31 (фон)                                     | 7,6                                   | 8,3 | 8,1 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                   | 8,4                                   | 8,8 | 8,5 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                    | 8,0                                   | 8,7 | 8,3 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 8,6                                   | 9,2 | 8,7 |
|                         | Фон + Сульфат цинку +<br>Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 8,7                                   | 9,3 | 9,1 |
| ДКС 4351<br>(ФАО 350)   | Контроль (без добрив)                                 | 4,4                                   | 4,3 | 4,2 |
|                         | N-100, P-31 (фон)                                     | 7,7                                   | 7,5 | 7,1 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                   | 8,1                                   | 8,1 | 7,7 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                    | 7,9                                   | 7,8 | 7,2 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 8,3                                   | 8,1 | 7,8 |
|                         | Фон + Сульфат цинку +<br>Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 8,6                                   | 8,5 | 7,8 |

*НIP<sub>05</sub>: A – 0,08; B – 0,08; C – 0,11; AB – 0,14; AC – 0,2; BC – 0,2; ABC – 0,3*

Встановлено, що оптимізація живлення посівів кукурудзи макро- і мікроелементами за рахунок сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> підвищувала стійкість рослин до несприятливих умов середовища та сприяла покращенню процесів росту й розвитку рослин. Дослідження, як уже зазначалося проводилися у зоні нестійкого зволоження, де обмежуючим фактором урожайності є волога.

Здійснений аналіз гідротермічних умов за період досліджень та рівень реалізованого врожаю, вказує на значну різницю впродовж років досліджень.

Необхідно відмітити, що умови 2024 року виявилися менш сприятливими для оптимальних процесів росту й розвитку рослин гібридів кукурудзи, відмічалися високі критичні температури та подекуди дефіцит опадів у критичні періоди по забезпеченні вологою рослин кукурудзи зони нестійкого зволоження. Нижча урожайність гібридів кукурудзи відмічена на всіх варіантах досліду, у розрізі гібридів кукурудзи, які вивчалися. Зокрема, рівень урожайності у гібрида ДКС 3795 залежно від варіанта досліду змінювався від 4,0 до 8,0 т/га, у гібрида ДКС 3972 від 4,4 до 9,3 т/га та у гібрида ДКС 4351 від 4,2 до 8,6 т/га.

На контрольному варіанті досліду (без удобрення) відмічено найнижчий рівень урожайності, а загущення густоти рослин від оптимальної кількості призводило до зниження урожайності.

Найвищу урожайність у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250) на контрольному варіанті досліду відмічено за передзбиральної густоти рослин 70 тис./га – 4,3 т/га, загущення посівів на 10 тис./га призводило до зниження урожайності на 0,2 т/га, як і вирощування за розрідженої густоти рослин 60 тис./га – до зниження урожайності на 0,3 т/га. Найвищий рівень урожайності у гібрида ДКС 3972 (ФАО 300), відмічено також за цієї ж передзбиральної густоти рослин 70 тис./га – 4,5 т/га, проте і за зниження щільності рослин до 60 тис./га відмічено однакову урожайність – 4,5 т/га. Гібрид кукурудзи з найтривалішим вегетаційним періодом ДКС 4351 (ФАО 350) забезпечив найвищу урожайність за розрідженого посіву 60 тис./га – 4,4 т/га, загущення рослин призводило до зниження урожайності на 0,1 т/га.

Як і в умовах 2023 року найвищий рівень урожайності відмічено за оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами за сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ . Урожайність в умовах 2024 року становила у гібрида ДКС 3795 – 7,7 т/га (60 тис./га); 8,0 т/га (70 тис./га);

7,7 т/га (80 тис./га); у гібрида ДКС 3972 – 8,7 т/га (60 тис./га); 9,3 т/га (70 тис./га); 9,1 т/га (80 тис./га); у гібрида ДКС 4351 – 8,6 т/га (60 тис./га); 8,5 т/га (70 тис./га); 7,8 т/га (80 тис./га). Тобто, порівняно із контрольним варіантом (без удобрення) урожайність підвищилася у гібрида ДКС 3795 на 3,7 т/га (60 тис./га); 3,7 т/га (70 тис./га); 3,6 т/га (80 тис./га); у гібрида ДКС 3972 на 4,2 т/га (60 тис./га); 4,8 т/га (70 тис./га); 4,7 т/га (80 тис./га); у гібрида ДКС 4351 на 4,2 т/га (60 тис./га); 4,2 т/га (70 тис./га); 3,6 т/га (80 тис./га).

Нижчий рівень урожайності в умовах 2024 року підтверджується результатами розрахунків трьохфакторного дисперсійного аналізу та оцінки частки впливу досліджуваних факторів на формування урожайності (рис. 5.2).

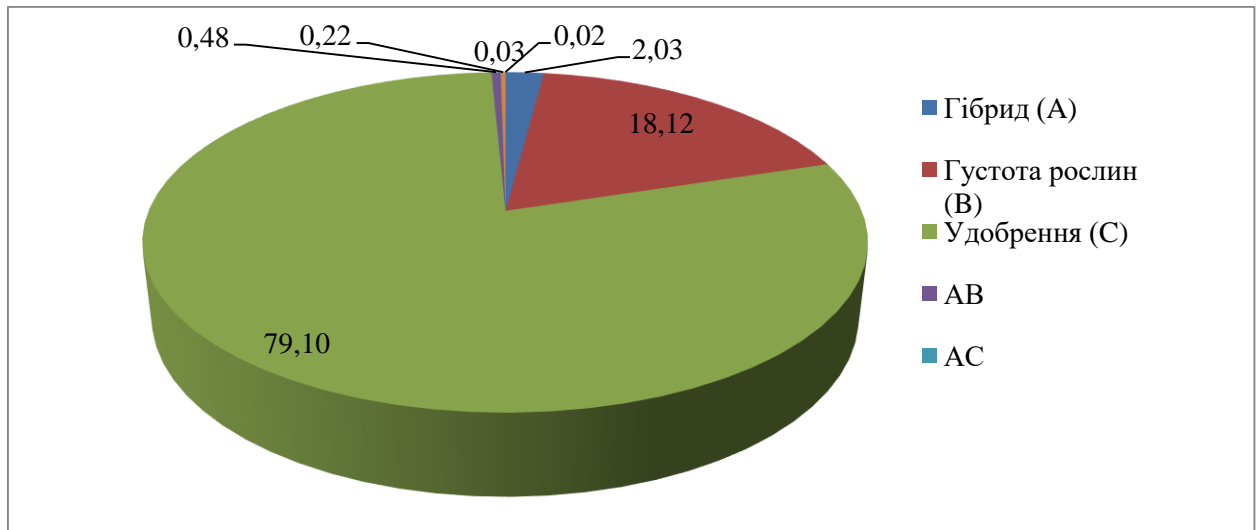


Рисунок 5.2 – Частки впливу удобрення, густоти рослин й гібридних особливостей на урожайність кукурудзи, % за 2024 рік

Враховуючи менш сприятливі умови 2024 року, то ефективність оптимізації живлення посівів кукурудзи макро- і мікроелементами за рахунок сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  порівняно із умовами 2023 року була меншою і забезпечувала формування 79,1 % врожаю зерна кукурудзи, що пов'язано з дефіцитом вологи, частка ж впливу густоти росли підвищилася і складала 18,12 %, вплив гібридних особливостей залишився на тому самому рівні 2,03 %, відповідно.

Гідротермічні умови 2025 року виявилися кращими за умови 2024 року (Табл. 5.11).

Таблиця 5.11

**Урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та  
удобрення, т/га за 2025 рік**

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                               | Густота рослин, тис. р./га<br>(фактор В) |      |     |
|-------------------------|---|--|------|-----|
|                         |   | 60                                       | 70   | 80  |
| ДКС 3795<br>(ФАО 250)   | Без добрив (к.)                                       | 4,6                                      | 4,9  | 4,8 |
|                         | N-100, P-31 (фон)                                     | 7,1                                      | 7,6  | 7,4 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                   | 7,6                                      | 8,4  | 8,4 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                    | 7,3                                      | 8,1  | 8,0 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 8,0                                      | 8,6  | 8,6 |
|                         | Фон + Сульфат цинку +<br>Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 8,0                                      | 8,5  | 8,4 |
| ДКС 3972<br>(ФАО 300)   | Без добрив (к.)                                       | 4,9                                      | 5,0  | 5,0 |
|                         | N-100, P-31 (фон)                                     | 7,4                                      | 8,5  | 8,4 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                   | 8,5                                      | 9,3  | 9,2 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                    | 8,2                                      | 9,0  | 8,7 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 8,7                                      | 9,8  | 9,1 |
|                         | Фон + Сульфат цинку +<br>Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 9,0                                      | 10,0 | 9,4 |
| ДКС 4351<br>(ФАО 350)   | Без добрив (к.)                                       | 4,9                                      | 4,9  | 4,8 |
|                         | N-100, P-31 (фон)                                     | 8,3                                      | 8,1  | 7,7 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                   | 9,0                                      | 8,7  | 8,2 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                    | 8,6                                      | 8,4  | 7,8 |
|                         | Фон + Сульфат цинку<br>+ Еколайн Бор                  | 9,0                                      | 8,9  | 8,4 |
|                         | Фон + Сульфат цинку +<br>Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 9,4                                      | 9,2  | 8,6 |

*НІР<sub>05</sub>: А – 0,08 В – 0,08; С – 0,12; АВ – 0,14; АС – 0,2; ВС – 0,2; АВС – 0,35*

Однак значна кількість опадів, які надходили у завершенні вегетаційного періоду значно підвищили рівень збиральної вологості подекуди до 35 % і подовжили збиральний період та знизили суттєво фактичну урожайність при перерахунку на стандартну вологість. Отже, на варіанті досліді, де було задіяно максимальну кількість заходів, щодо оптимізації удобрення макро- і

мікроелементами за сумісного внесення сульфату цинку та Еколайн Бор на фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  відмічено найвищий рівень урожайності в умовах 2025 року, у гібрида ДКС 3795 – 8,0 т/га (60 тис/га); 8,6 т/га (70 тис/га); 8,6 т/га (80 тис/га); а у гібрида ДКС 3972 на цьому ж фоні+Еколайн Цинк – 9,0 т/га (60 тис/га); 10,0 т/га (70 тис/га); 9,4 т/га (80 тис/га); у гібрида ДКС 4351 – 9,4 т/га (60 тис/га); 9,2 (70 тис/га); 8,6 т/га (80 тис/га). Тобто урожайність підвищилася у гібрида ДКС 3795 на 3,4 (60 тис/га); 3,7 (70 тис/га); 3,8 т/га (80 тис/га); у гібрида ДКС 3972 на 4,1 (60 тис/га); 5,0 (70 тис/га); 4,4 т/га (80 тис/га); у гібрида ДКС 4351 на 4,5 т/га (60 тис/га); 4,3 (70 тис/га); 3,8 т/га (80 тис/га) порівняно із контрольним варіантом.

У 2025 році сформувались оптимальні гідротермічні умови для підвищення ефективності удобрення макро- і мікроелементами, тому рівень сформованої врожайності зерна кукурудзи залежав на 84,24 % від системи живлення (Рис. 5.3), частка ж впливу густоти рослин зменшилася і складала 10,82%, вплив гібридних особливостей складав 3,18%, відповідно.

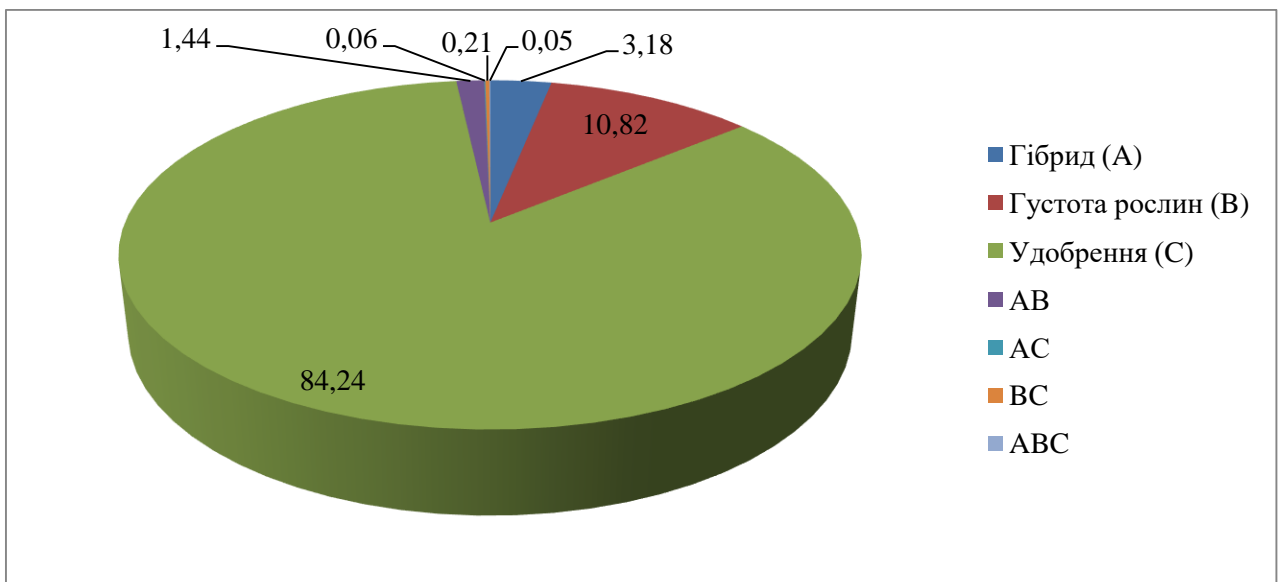
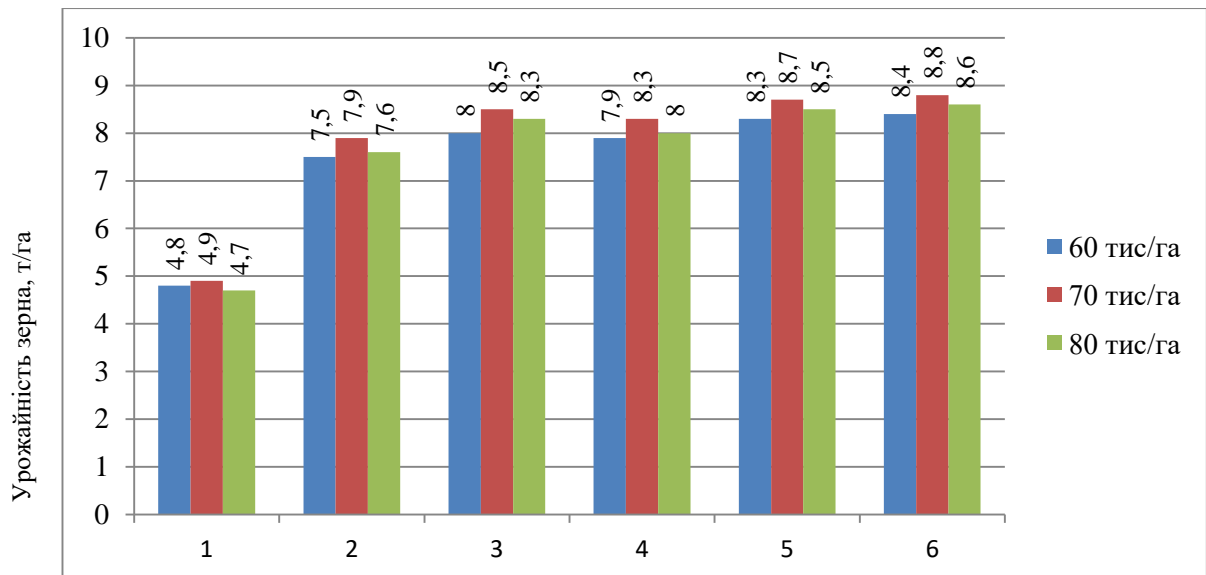


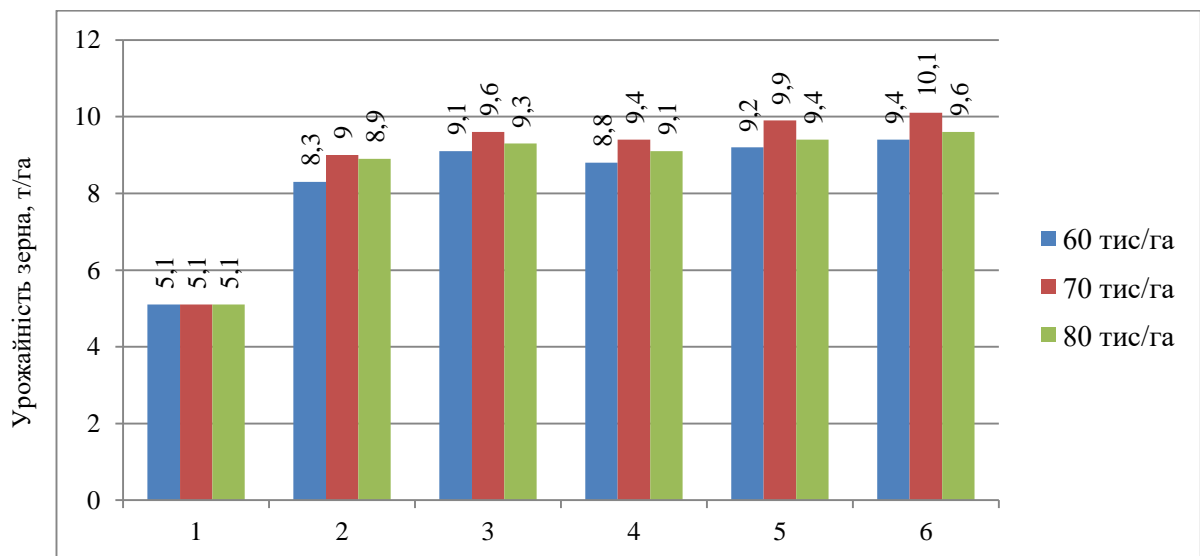
Рисунок 5.3 – Частки впливу удобрення, густоти рослин й гібридних особливостей на урожайність кукурудзи, % за 2025 рік

Середня урожайність за період 2023-2025 років у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин (Рис. 5.4-5.6).



Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. - N<sub>100</sub>, P<sub>31</sub> (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

Рисунок 5.4 – Урожайність гібрида кукурудзи ДКС 3795 залежно від густоти рослин та удобрення, за 2023-2025 рр.

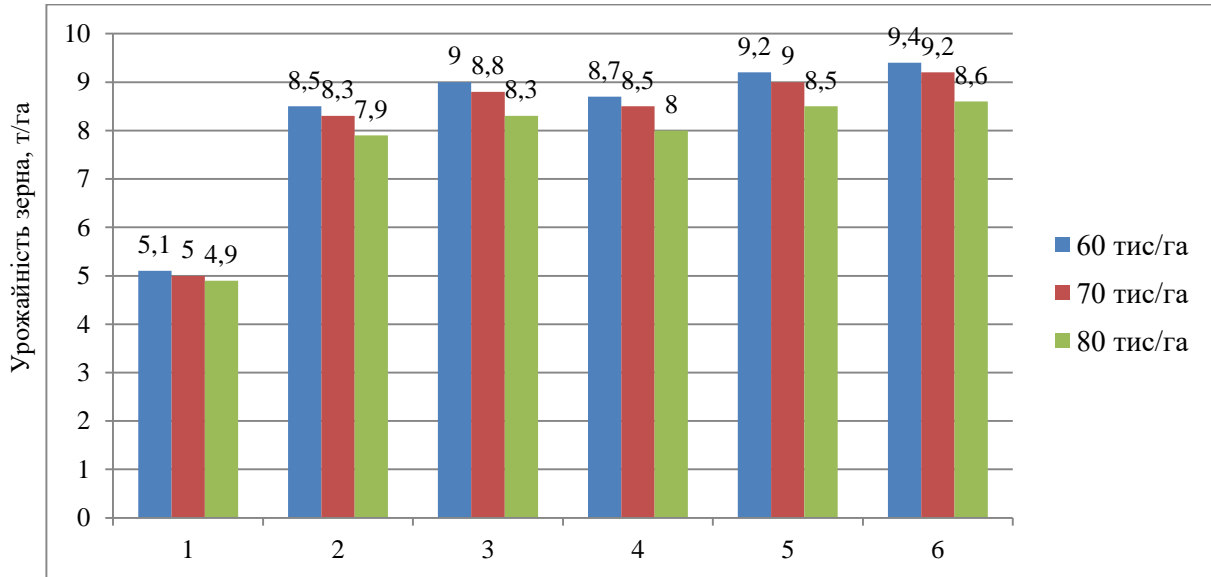


Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. - N<sub>100</sub>, P<sub>31</sub> (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

Рисунок 5.5 – Урожайність гібрида кукурудзи ДКС 3972 залежно від густоти рослин та удобрення, за 2023-2025 рр.

Отже, найвищий рівень урожайності відмічено на варіанті досліді, де було застосовано максимальну інтенсифікацію технологічних прийомів вирощування кукурудзи за сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> за підвищення густоти від 60 до

80 тис.рослин/га урожайність змінювалася у гібридів кукурудзи: ДКС 3795 – 8,4; 8,8; 8,6 т/га; ДКС 3972 – 9,4; 10,1; 9,6 т/га та ДКС 4351 – 9,4; 9,2; 8,6 т/га. Це вище порівняно із контрольним варіантом у гібридів кукурудзи: ДКС 3795 на 3,6; 3,9; 3,9 т/га; ДКС 3972 на 4,3; 5,0; 4,5 т/га; ДКС 4351 на 4,3; 4,2; 3,7 т/га, відповідно.



Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. - N<sub>100</sub>, P<sub>31</sub> (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

Рисунок 5.6 – Урожайність гібрида кукурудзи ДКС 4351 залежно від густоти рослин та удобрення, за 2023-2025 рр.

Отже, найвищий рівень урожайності у гібрида ДКС 3795 – 8,8 т/га, як і у гібрида ДКС 3972 – 10,1 т/га відмічено за густоти 70 тис.рослин/га, а у гібрида ДКС 4351 – 9,4 т/га відмічено за густоти 60 тис.рослин/га. Як підвищення до 80 тис. рослин/га, так і зменшення густоти рослин до 60 тис. рослин/га у середньораннього і середньостиглого гібридів ДКС 3795 і ДКС 3972 призводило до зниження рівня урожайності. У гібрида ДКС 4351 загущення посівів до 70 і 80 тис.рослин/га призводило до зниження рівня урожайності. Необхідно відмітити також варіант досліду, який був максимально наближеним до попереднього за рівнем урожайності, проте на цьому варіанті було проведено меншу кількість заходів по підживленню рослин. Зокрема, де було проведено внесення сульфату цинку та Еколайн

Бор на фоні N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> забезпечив урожайність за підвищення густоти від 60 до 80 тис.рослин/га у гібридів кукурудзи: ДКС 3795 – 8,3; 8,7; 8,5 т/га; ДКС 3972 – 9,2; 9,9; 9,4 т/га та ДКС 4351 – 9,2; 9,0; 8,5 т/га. Це вище порівняно із контрольним варіантом у гібридів кукурудзи: ДКС 3795 на 3,5; 3,8; 3,8 т/га; ДКС 3972 на 4,1; 4,8; 4,3 т/га; ДКС 4351 на 4,1; 4,0; 3,6 т/га, відповідно. Отже, отримано максимально наближену урожайність до попереднього варіанту, проте на цьому варіанті застосовано менше технологічних прийомів по удобренню кукурудзи.

У результаті проведених досліджень встановлено кореляційні залежності між урожайністю зерна та фотосинтетичною продуктивністю посівів (Табл. 5.12), а саме площею листкової поверхні –  $r=0,978$ ,  $R^2=0,957$ ;

Таблиця 5.12

**Рівняння регресійної залежності між урожайністю зерна та фотосинтетичною продуктивністю посівів гібридів кукурудзи, за 2023 - 2025 рр.**

| Урожайність зерна (Y), т/га | Рівняння регресії  |
|-----------------------------|--|
|                             | $y=0,4834x_1-11,849$ ( $r=0,978$ , $R^2 = 0,957$ , $p<0,001$ ) |
|                             | $y=3,1204x_2-15,091$ ( $r=0,979$ , $R^2 = 0,960$ , $p<0,001$ ) |
|                             | $y=5,5131x_3-9,1462$ ( $r=0,966$ , $R^2 = 0,934$ )             |
|                             | $y=0,3603x_4+1,7749$ ( $r=0,986$ , $R^2 = 0,972$ )             |

**Примітка:** Значення параметрів  $X_1$  - площа листкової поверхні, тис. м<sup>2</sup> /га;  $X_2$  - чиста продуктивність фотосинтезу, г/м<sup>2</sup> за добу;  $X_3$  – фотосинтетичний потенціал, млн. м<sup>2</sup> хдіб/га;  $X_4$  – вихід сухої речовини, т/га;  $r$  - коефіцієнт кореляції;  $R$  - коефіцієнт детермінації.

чистою продуктивністю фотосинтезу –  $r=0,979$ ,  $R^2=0,960$ ; фотосинтетичним потенціалом посівів –  $r=0,966$ ,  $R^2=0,934$ ; виходом сухої речовини рослин з одиниці площі посіву, –  $r=0,986$ ,  $R^2=0,972$ .

Проведення оптимізації живлення посівів кукурудзи макро- і мікроелементами за рахунок сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> забезпечує формування урожайності у гібридів ДКС 3795 – 8,8 т/га, ДКС 3972 – 10,1 т/га за передзбиральної густоти рослин 70 тис./га, а у гібрида ДКС 4351 – 9,4 т/га за передзбиральної густоти рослин 60 тис./га.

## Висновки до розділу 5.

1. Встановлено, що найвищу індивідуальну продуктивність рослин гібридів кукурудзи відмічено за оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами (внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні  $N_{100}P_{31}$ ) забезпечення високої якості виконання технологічних операцій досягалася завдяки використанню обприскувачів із системою автоматичного контролю секцій (Section Control) та змінної норми виливу (VRA), що гарантувало дотримання меж дослідних ділянок та унеможливило ефект перекриття, за густоти рослин 60 тис.шт./га, зокрема кількість зерен в ряду; маса 1000 зерен, маса зерна із качана становила у гібридів: ДКС 3795 – 33,8 шт.; 313,2 г; 152,8 г; ДКС 3972 – 36,0 шт.; 314,7 г; 173,6 г; ДКС 4351 – 34,9 шт.; 301,8 г; 172,3 г.

2. Встановлено, що збільшення густоти рослин із 60 до 80 тис./га за максимального живлення макро- і мікроелементами призводило до зменшення кількості зерен в ряду, маси 1000 зерен, маси зерна із качана у гібридів ДКС 3795 на 4,7 шт., 21,5 г, 30,2 г; ДКС 3972 на 3,4 шт., 38,0 г, 35,5 г; ДКС 4351 на 3,7 шт., 60,8 г, 49,4 г.

3. Встановлено, що найвищий рівень урожайності відмічено за посиленої інтенсифікації технологічних заходів, щодо оптимізації живлення макро- і мікроелементами за оптимізації густоти рослин, за досягнення відповідності кількості рослин на одиницю площі і наявним ресурсам, зокрема у гібрида ДКС 3795 – 8,8 т/га, як і у гібрида ДКС 3972 – 10,1 т/га за передзбиральної густоти рослин 70 тис./га. Як зменшення густоти рослин, так і її підвищення забезпечувало зниження урожайності на 0,4 і 0,2 т/га; 0,7 та 0,5 т/га, у гібрида ДКС 4351 найвищий рівень урожайності 9,4 т/га досягнуто за густоти рослин 60 тис./га, загущення ж призводило до зниження урожайності на 0,2 і 0,8 т/га, відповідно.

### Список використаної літератури до розділу 5.

189. Богомаз С.О. Вивчення впливу густоти рослин і удобрення на урожайність гібридів кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 2 (33). С. 209–220. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-2-17.
190. Likun Li, Fajun Chen, Guangnan Xing. Effects of fertilizer level and intercropping planting pattern with corn on the yield-related traits and insect community of soybean. *Agronomy*. 2022. 12(12). P. 3080.
191. Устименко А.О. Екологічно безпечна технологія захисту посівів від кукурудзяного стеблового метелика. *Захист рослин*. 1997. №6. С. 8–9.
192. Петренкова В., Красиловець Ю., Попов С., Авраменко С., Чорнобай Л. Що загрожує кукурудзі цього року. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2012. № 7 (48). С. 38–41.
193. Ткаленко Г. Заощадити з біопрепаратами. *Famer the Ukrainian*. 2015. №8 (68). С. 48–49.
194. Богомаз С.О. Формування елементів структури врожаю та урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 3 (34). С. 208–218. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-3-18.
195. Гень С. П. Урожайність зерна кукурудзи залежно від систем удобрення і обробітку ґрунту. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2011. №. 1. С. 117–121.
196. 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), P. 47–53.
197. Белов Я.В. Удосконалення технології вирощування гібридів кукурудзи в умовах південного Степу України : автореф. на здобуття вченого ступеня канд. с.-г. наук за спеціальністю: 06.01.09 «Рослинництво». Миколаїв, 2020. 24 с.

198. Асанішвілі Н. М. Ефективність елементів технології вирощування кукурудзи в умовах північної частини Лісостепу. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН*. 2013. №. 3-4. С. 68–74.
199. Bogomaz S., Zayka K., Didur I., Mazur O., Mazur O., Tsyhanskyi V. Effects of plant density and fertilisation on yield structure and yield elements of maize hybrids for biofuel production. *Journal of Ecological Engineering*. 2025, Vol. 26 (6). P. 352–364. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/202943>.
200. Likhovid P.V. Analysis of the Ingulets irrigation water quality by agronomical criteria. *Success of Modern Science and Education*. 2015. № 5. P. 10–12.
201. Polianchykov S. Kapitanska O., Poberezhnyk V., Kovbel A. (2017). Tsynk: systemnyi pidkhid u mineralnomu zhyvlenni roslyn. *Agronom*. URL: <https://agronom.com.ua/tsynk-systemnyj-pidhid-u-mineralnomuzhyvlenni-roslyn>
202. Дудка М., Черчель В., Березовський С. Другий і третій – зайві? *Famer the Ukrainian*. 2015. №6(668) червень. С. 80–82.
203. Ковальчук І. Критерії підбору гібридів кукурудзи для різних умов вирощування. *Famer the Ukrainian*. 2015. №12 (72), грудень. С. 82–84.
204. Дробітько А. В., Нікончук Н. В. Структура рослин та урожайність кукурудзи залежно від способу сівби і густоти рослин. *Наукові праці. Екологія*. 2011. №150(138). С.15–17.
205. Wade L. J., Douglas A. C. L. Effect of plant density on grain yield and yield stability of sorghum hybrids differing in maturity. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 1990. 30, P. 257–264.
206. Kutsenko O. Growth, development, and formation of corn hybrids' plants of different ripening groups depending on plant stand density. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Vol. 26 (4), P. 29–35. DOI: 10.31210/spi2023.
207. Bahatchenko V.V., Tahantsova M.M., & Stefkiivska Y.L. Вплив густоти стояння рослин кукурудзи на насінневу продуктивність батьківських компонентів гібридів *Zea mays* L. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. (26), С. 56–66. DOI: <https://doi.org/10.47414/np.26.2018.11195>.

## **РОЗДІЛ 6. ВПЛИВ УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН НА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ**

### **6.1. Вміст та вихід крохмалю у гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування**

Кукурудза належить до типового представника групи зернових культур, однак відзначається специфічними особливості, які обумовлені генотипом рослин та умовами вирощування рослин [208-211].

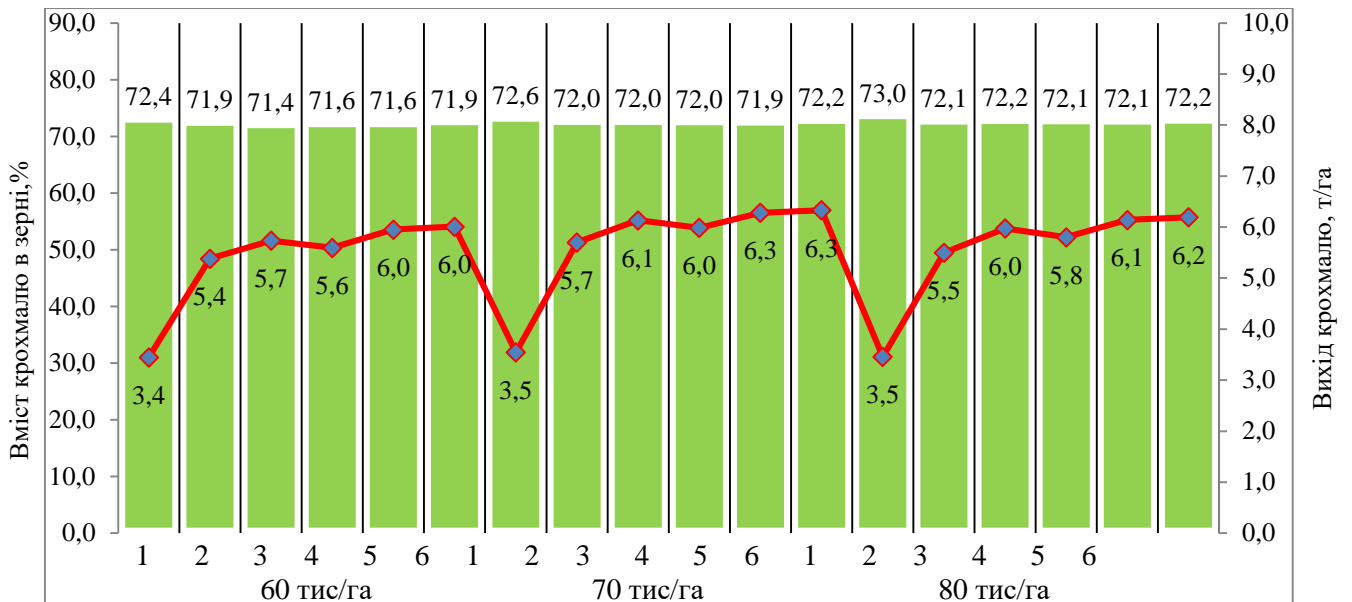
На формування якості зерна кукурудзи впливають біологічні особливості гібридів, технологічні прийоми вирощування і гідротермічний режим впродовж вегетаційного періоду.

З огляду результатів досліджень цілого ряду науковців хімічний склад зерна кукурудзи за оптимальних умов вирощування, залежав від едафо-кліматичних умов та особливостей гібриду, в середньому може містити 11-14 % білку, 60-85 % крохмалю, 4,1-5,5 % жиру [212-214].

Формування якісних показників зерна кукурудзи, визначається впливом значної кількості чинників, до яких належать едафічні, гідротермічні умови та технологічні прийоми вирощування. Для підвищення рівня урожайності, а також якості зерна необхідно встановити вплив технологічних прийомів вирощування на процеси росту й розвитку, з метою визначення заходів щодо їх регулювання [215, 216].

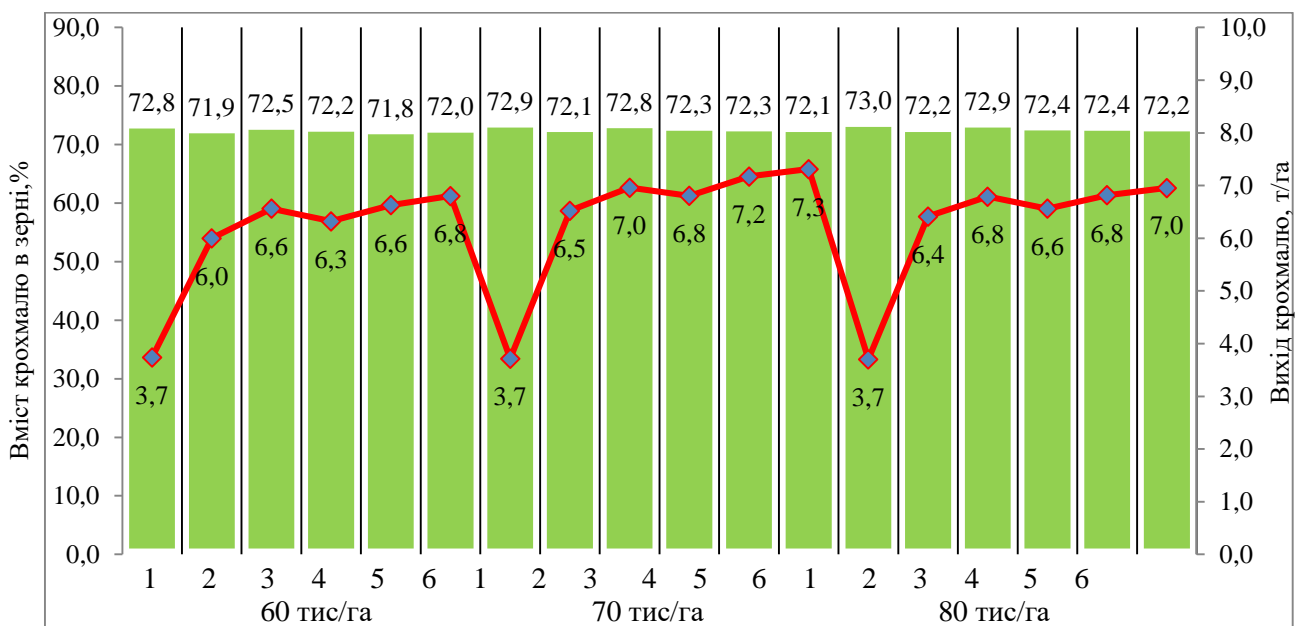
Отже, для підвищення урожайності та покращення якості зерна кукурудзи потрібно обґрунтовано обирати гібриди для конкретної едафо-кліматичної зони із врахуванням їх біологічних вимог та розробити ефективні технологічні прийоми вирощування, для покращення процесів, які проходять у рослинах впродовж вегетаційного періоду.

Вміст крохмалю, за результатами наших досліджень залежав від генотипних відмінностей гібридів, їх групи стиглості, густоти рослин та удобрення (Рис. 6.1-6.3) [217].



Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. - N<sub>100</sub>, P<sub>31</sub> (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

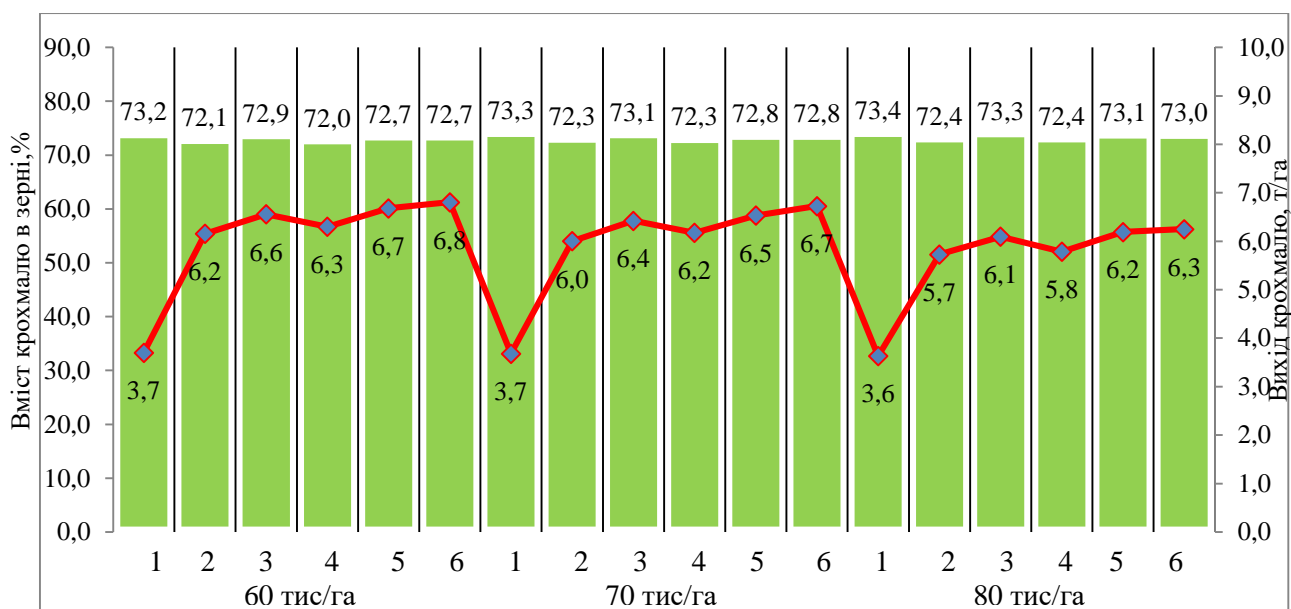
Рисунок 6.1 – Вміст та вихід крохмалю у гібрида кукурудзи ДКС 3795 залежно від густоти рослин та удобрення



Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. - N<sub>100</sub>, P<sub>31</sub> (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

Рисунок 6.2 – Вміст та вихід крохмалю у гібрида кукурудзи ДКС 3972 залежно від густоти рослин та удобрення

У гібрида кукурудзи ДКС 3795 ( ФАО 250) він змінювався від 71,4 до 73,0 %, а у гібрида ДКС 3972 (ФАО 300) – 71,9 до 73,0 %, а у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) – 72,1 до 73,4 %.



Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. -  $N_{100}, P_{31}$  (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

Рисунок 6.3 – Вміст та вихід крохмалю у гібрида кукурудзи ДКС 4351

Тобто вміст крохмалю мав тенденцію до незначного зростання за подовження тривалості вегетаційного періоду залежно від густоти рослин та удобрення. Вихід ж крохмалю більше залежав від рівня урожайності, який було зафіксовано на тому чи іншому варіанті дослідів. Найнижчий вихід зафіксовано на контрольному варіанті (без удобрення). У гібрида кукурудзи ДКС 3795 ( ФАО 250) він змінювався від 3,4 до 3,5 т/га, у гібрида ДКС 3972 (ФАО 300) він становив 3,7 т/га, у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) від 3,6 до 3,7 т/га. Незначному зростанню вмісту крохмалю сприяло загущення посівів від 60 до 80 тис./га, зокрема, у гібрида кукурудзи ДКС 3795 ( ФАО 250) від 0,2 до 0,8 %, вихід крохмалю від 0,1 до 0,4 т/га (70 тис./га), у гібрида ДКС 3972 (ФАО 300) – 0,2 до 0,6 %, вихід крохмалю від 0,2 до 0,6 т/га (70 тис./га), у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) – 0,1 до 0,4 %; вихід крохмалю зменшувався від 0,1 до 0,5 т/га від збільшення густоти рослин.

Максимальний вихід крохмалю відмічено на варіанті дослідів, де було проведено оптимізацію живлення посівів кукурудзи макро- і мікроелементами за рахунок сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$

у гібридів кукурудзи ДКС 3795 ( ФАО 250) за густоти рослин 70 тис./га – 6,3 т/га, ДКС 3972 (ФАО 300) – 7,3 т/га, у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) за густоти рослин 60 тис./га – 6,8 т/га. Однак вміст крохмалю порівняно із контролем був менший на 0,4 % у гібрида ДКС 3795 ( ФАО 250), на 0,8 % у гібрида ДКС 3972 (ФАО 300), на 0,5 % у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350). Відповідно за густоти 70 тис./га для гібридів ДКС 3795 ( ФАО 250) і ДКС 3972 (ФАО 300) і 60 тис./га для гібрида ДКС 4351 (ФАО 350). На розріджених і загущених посівах формувалась подібна залежність щодо вмісту крохмалю у зерні кукурудзи залежно від внесення макро- і мікроелементів.

Для виробництва біоетанолу значна увага приділяється вмісту в зерні крохмалю. До однієї із широко розповсюдженої сировини для виробництва біоетанолу належить зерно кукурудзи, одночасно, як побічна продукція культури за необхідності може застосовуватися для виробництва твердого біопалива. Стебла кукурудзи відзначаються високою теплоутворюючою здатністю, близько 12,5 МДж/кг, що перевищує на 18-20 % гілки плодкових дерев. На відміну від інших культур, які використовують для виробництва біоетанолу, зерно кукурудзи відзначається високим вмістом крохмалю та забезпечує найвищий вихід біоетанолу із одиниці площі [220].

Розрахунковий вихід біоетанолу із одиниці площі залежно від удобрення та густоти рослин (Табл. 6.1).

Отже, найвищий вихід біоетанолу відмічено на варіанті досліду, де було застосовано максимальну інтенсифікацію технологічних прийомів вирощування кукурудзи за сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні  $N_{100}P_{31}$  за підвищення густоти від 60 до 80 тис. рослин/га вихід біоетанолу змінювався у гібридів кукурудзи: ДКС 3795 – 3,3; 3,5; 3,4 т/га; ДКС 3972 – 3,7; 4,1; 3,8 т/га та ДКС 4351 – 3,7; 3,7; 3,4 т/га. Це вище порівняно із контрольним варіантом у гібридів кукурудзи: ДКС 3795 на 1,4; 1,5; 1,5 т/га; ДКС 3972 на 1,6; 2,0; 1,7 т/га; ДКС 4351 на 1,7; 1,7; 1,4 т/га, відповідно.

Таблиця 6.1

**Розрахунковий вихід біоетанолу із одиниці площі залежно від удобрення та густоти рослин, тис. л/га (у середньому за 2023-2025 рр.)**

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                         | Густота рослин,<br>тис./га (фактор В) |     |     |
|-------------------------|---|---------------------------------------|-----|-----|
|                         |   | 60                                    | 70  | 80  |
| ДКС 3795<br>(ФАО 250)   | Без добрив (к.)                                 | 1,9                                   | 2,0 | 1,9 |
|                         | N-100, P-31 (фон)                               | 3,0                                   | 3,1 | 3,0 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                             | 3,2                                   | 3,4 | 3,3 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                              | 3,1                                   | 3,3 | 3,2 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 3,3                                   | 3,5 | 3,4 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор  | 3,3                                   | 3,5 | 3,4 |
| ДКС 3972<br>(ФАО 300)   | Без добрив (к.)                                 | 2,1                                   | 2,1 | 2,1 |
|                         | N-100, P-31 (фон)                               | 3,3                                   | 3,6 | 3,5 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                             | 3,6                                   | 3,8 | 3,7 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                              | 3,5                                   | 3,7 | 3,6 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 3,6                                   | 3,9 | 3,8 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 3,7                                   | 4,1 | 3,8 |
| ДКС 4351<br>(ФАО 350)   | Без добрив (к.)                                 | 2,0                                   | 2,0 | 2,0 |
|                         | N-100, P-31 (фон)                               | 3,4                                   | 3,3 | 3,2 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                             | 3,6                                   | 3,5 | 3,4 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                              | 3,5                                   | 3,4 | 3,2 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор               | 3,7                                   | 3,6 | 3,4 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 3,7                                   | 3,7 | 3,4 |

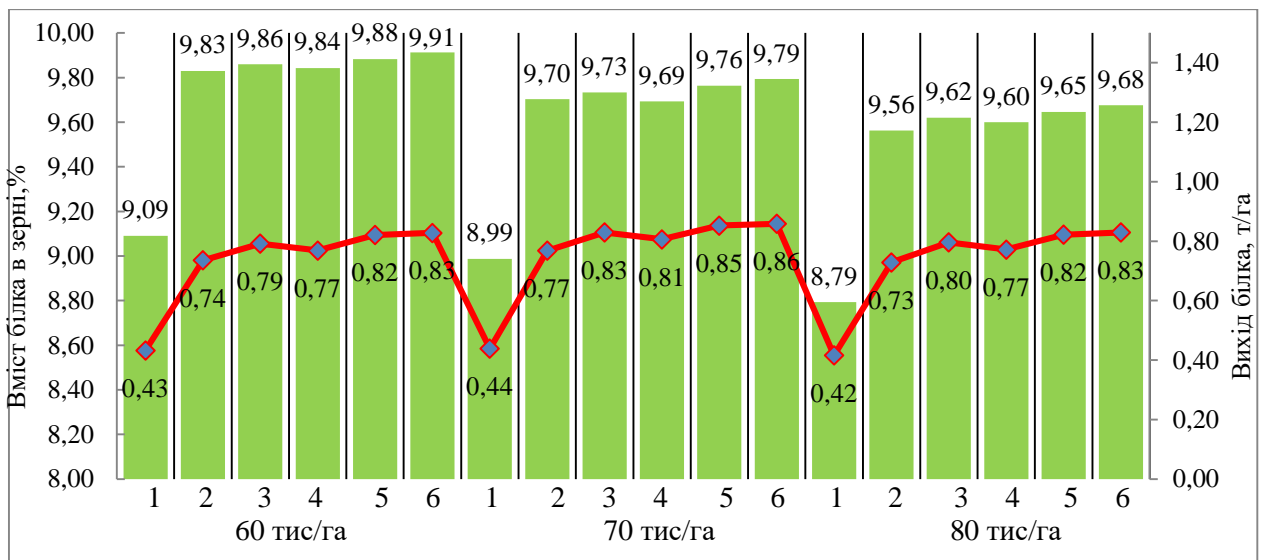
Вміст у зерні білка і жиру має найбільше значення в харчових цілях, особливо за кордоном значна увага приділяється добору гібридного складу за вмістом протеїну і жиру та вдосконаленні агротехнологічних заходів для підвищення урожайності та вмісту цих показників. За результатами досліджень встановлено що вміст білка залежить від гідротермічних умов, які складаються впродовж онтогенезу рослин кукурудзи, проте підвищений температурний режим та незначний дефіцит вологи сприяють зростанню вмісту білка в зерні кукурудзи. Тобто, гідротермічні умови 2024 року були більш сприятливими для формування підвищеного вмісту білка.

У хімічному складі зерна кукурудзи встановлений зворотній кореляційний зв'язок між вмістом білка та крохмалю, тобто якщо зростає вміст однієї речовини, то вміст іншої зменшується [217-219].

Така залежність підтверджується і отриманими нами результатами досліджень, зокрема із збільшенням вмісту протеїну уповільнюється нагромадження вмісту вуглеводів у зерні, тобто крохмалю.

Необхідно відмітити, що вміст білка мав стійку тенденцію до зменшення за зростання щільності рослин від 60 до 80 тис./га у гібрида кукурудзи ДКС 3795 (ФАО 250) від 0,2 до 0,3 %, ДКС 3972 (ФАО 300) від 0,2 до 0,3 %, ДКС 4351 (ФАО 350) від 0,3 до 0,5 %.

Гібриди кукурудзи відрізнялися за вмістом білка у зерні, зокрема вміст білка у зерні гібрида ДКС 3795 (ФАО 250) змінювався від 8,79 до 9,91 %, у гібрида ДКС 3972 (ФАО 300) – від 8,67 до 9,85 %, у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) – від 8,69 до 10,2 %, залежно від удобрення та густоти рослин (Рис. 6.4-6.6).



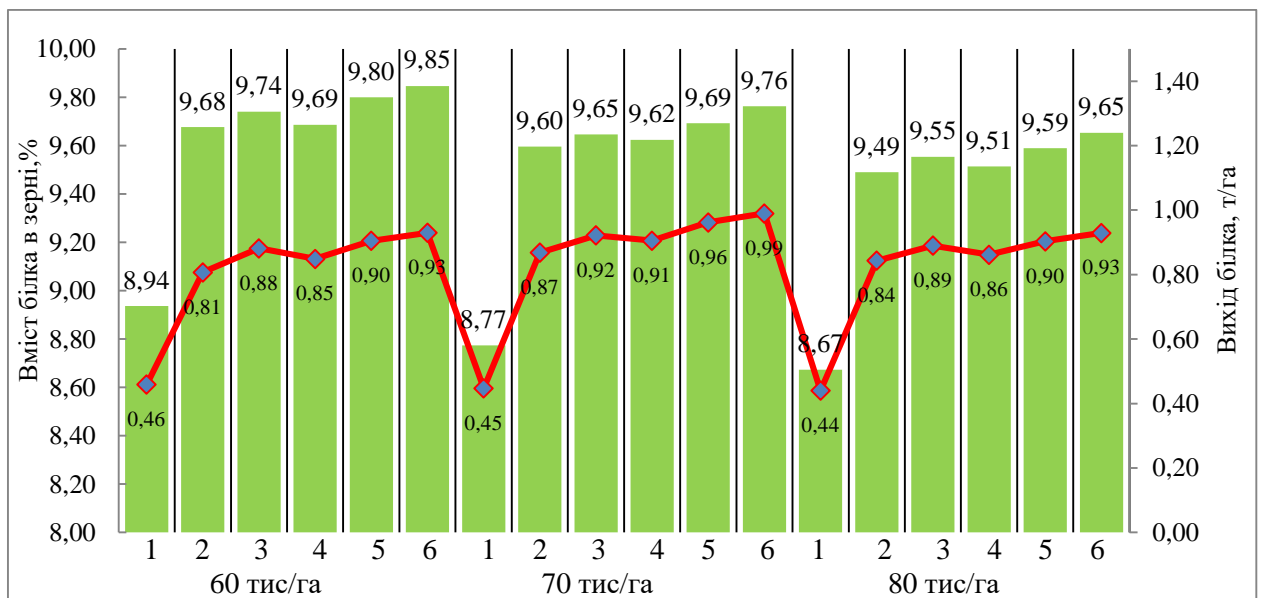
Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. - N<sub>100</sub>, P<sub>31</sub> (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

Рисунок 6.4 – Вміст та вихід білка у гібрида кукурудзи ДКС 3795 залежно від густоти рослин та удобрення

Встановлено, що вміст білка в зерні був найменшим на контрольному варіанті досліду (без удобрення) у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250) – від 8,79 до 9,09 %, а у гібрида ДКС 3972 (ФАО 300) – від 8,67 до 8,94 % та гібрида ДКС 4351 – від 8,69 до 9,22 % за розрідження густоти рослин (від 80 до 60 тис./га) За покращення живлення макроелементами відмічено зростання

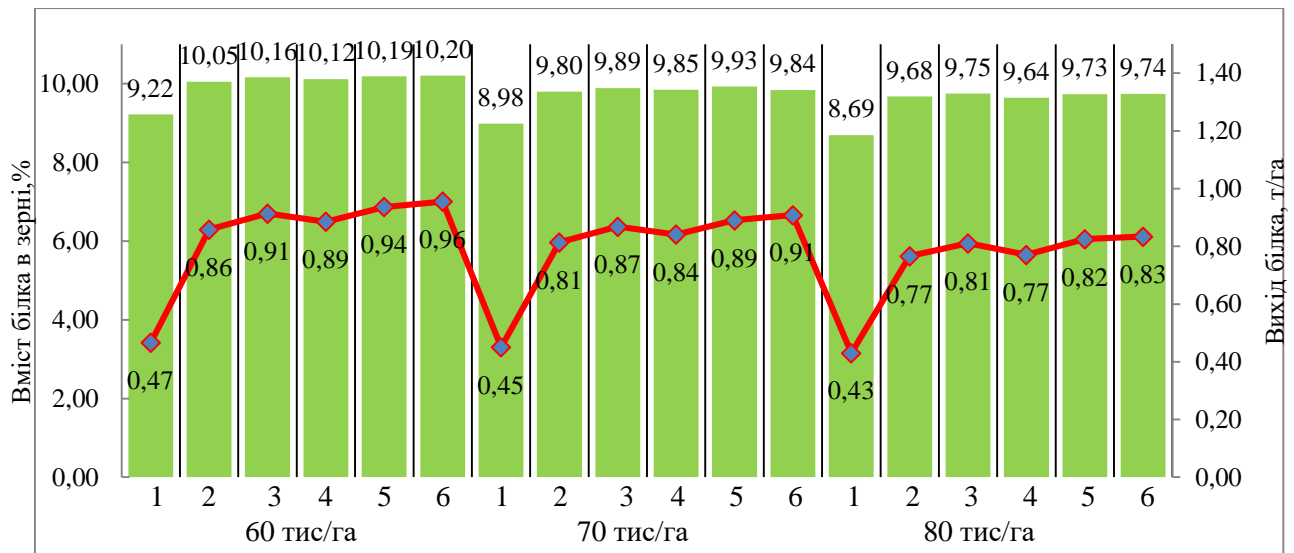
вмісту білка у гібридів кукурудзи ДКС 3795 (ФАО 250) – від 9,56 до 9,83 %, ДКС 3972 (ФАО 300) – від 9,49 до 9,68 % та у ДКС 4351 – від 9,68 до 10,05 % за розрідження густоти рослин (від 80 до 60 тис./га). Тобто, вміст білку підвищувався порівняно із контрольним варіантом на 0,77 і 0,74 % у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250), на 0,82 і 0,74 % у гібрида ДКС 3972 (ФАО 300), на 0,99 і 0,83 % у гібрида ДКС 4351 відповідно.

Максимальне зростання вмісту білка відмічено на варіанті досліді, де було проведено найбільшу кількість заходів щодо оптимізації живлення рослин гібридів кукурудзи макро- і мікроелементами за рахунок сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  у гібридів кукурудзи ДКС 3795 (ФАО 250) – від 9,68 до 9,91 %, ДКС 3972 (ФАО 300) – від 9,65 до 9,85 % та у ДКС 4351 (ФАО 350) – від 9,74 до 10,2 % за розрідження густоти рослин (від 80 до 60 тис./га). Тобто це вище порівняно із контрольним варіантом на 0,89 і 0,82 % у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250), на 0,98 і 0,91 % у гібрида ДКС 3972 (ФАО 300), на 1,05 і 0,98 % у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350).



Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. -  $N_{100}, P_{31}$  (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк + Еколайн Бор.

Рисунок 6.5 – Вміст та вихід білка в гібрида кукурудзи ДКС 3972 залежно від густоти рослин та удобрення



Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. - N<sub>100</sub>, P<sub>31</sub> (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

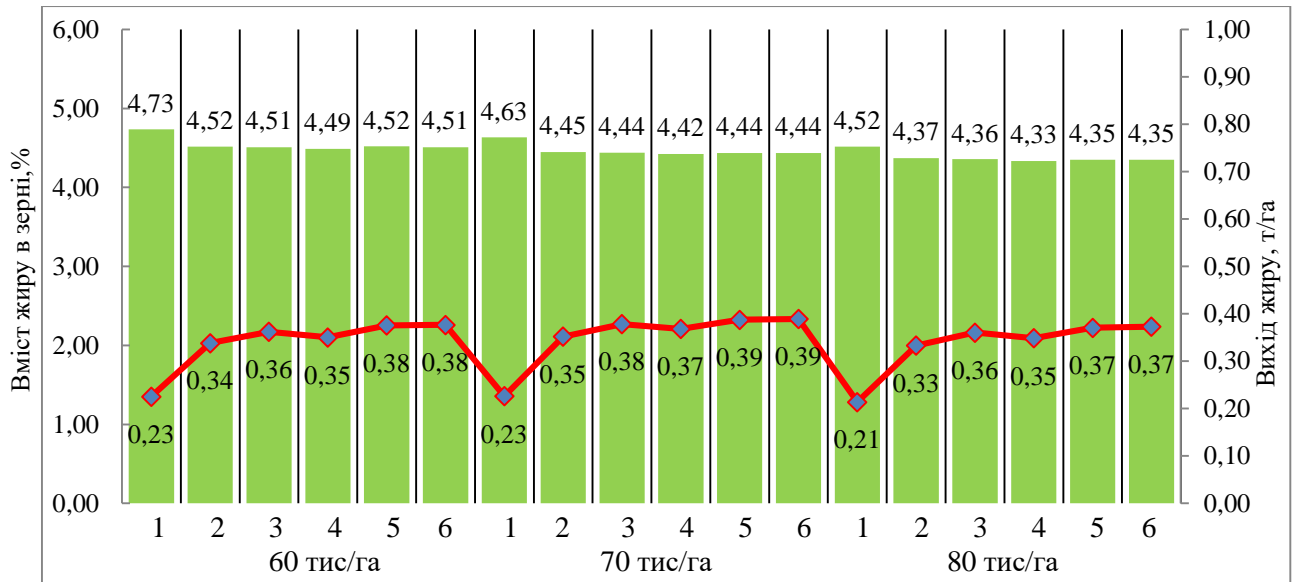
*Рисунок 6.6* – Вміст та вихід білка у гібрида кукурудзи ДКС 4351 залежно від густоти рослин та удобрення

Вихід ж білка з одиниці площі залежав не лише від його вмісту, а більше від рівня урожайності [217]. Максимальний вихід білка відмічено на варіанті досліду, де було проведено внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> у гібридів кукурудзи ДКС 3795 (ФАО 250) – 0,86 т/га і ДКС 3972 (ФАО 300) – 0,99 т/га за густоти рослин – 70 тис./га, а у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) – 0,96 т/га за густоти рослин – 60 тис./га, це вище порівняно із контролем на 0,42; 0,54 і 0,49 т/га, відповідно.

Жир підвищує енергетичну цінність зерна, що важливо для кормового використання, а також впливає на технологічні властивості при переробці [221, 222].

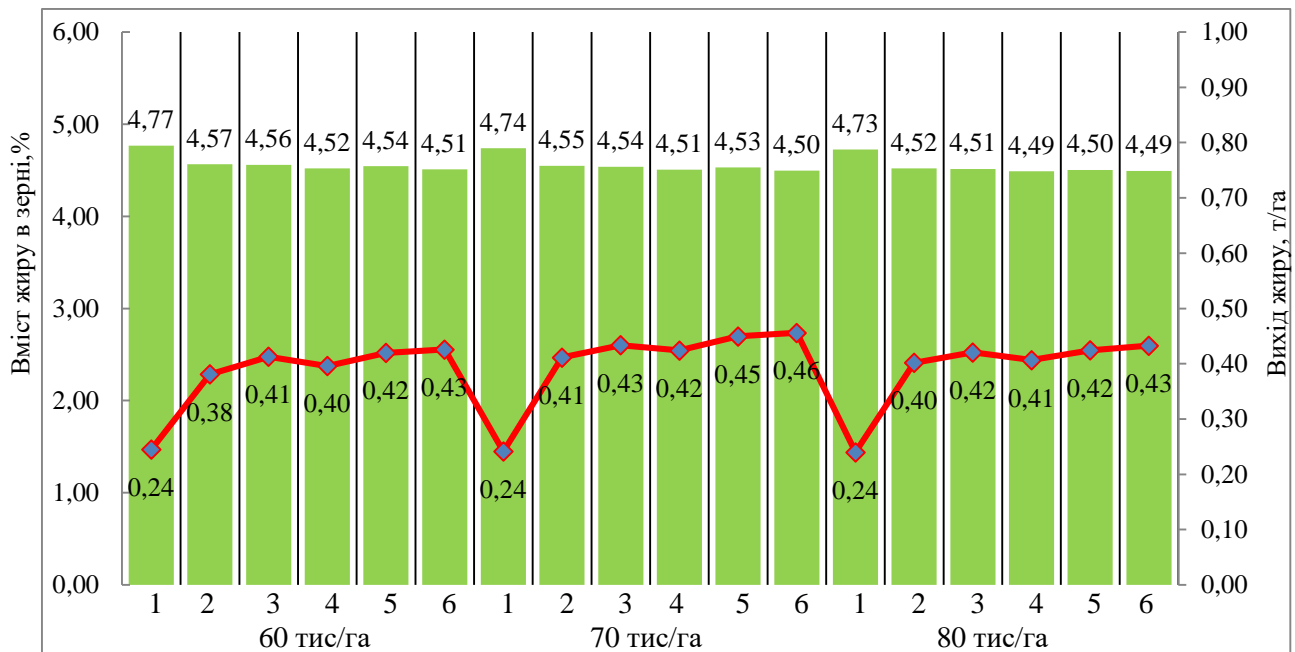
Вміст жиру у гібридів кукурудзи, насамперед залежав від густоти рослин, удобрення, генотипних особливостей гібридів (Рис. 6.7-6.9).

Гібриди кукурудзи незначно відрізнялися за вмістом жиру. Зокрема, у ДКС 3795 (ФАО 250) – від 4,33 до 4,73 %, ДКС 3972 (ФАО 300) – від 4,49 до 4,77 % та у ДКС 4351 (ФАО 350) – від 4,50 до 4,81 % за зниження густоти рослин (від 80 до 60 тис./га) – вміст жиру збільшувався.



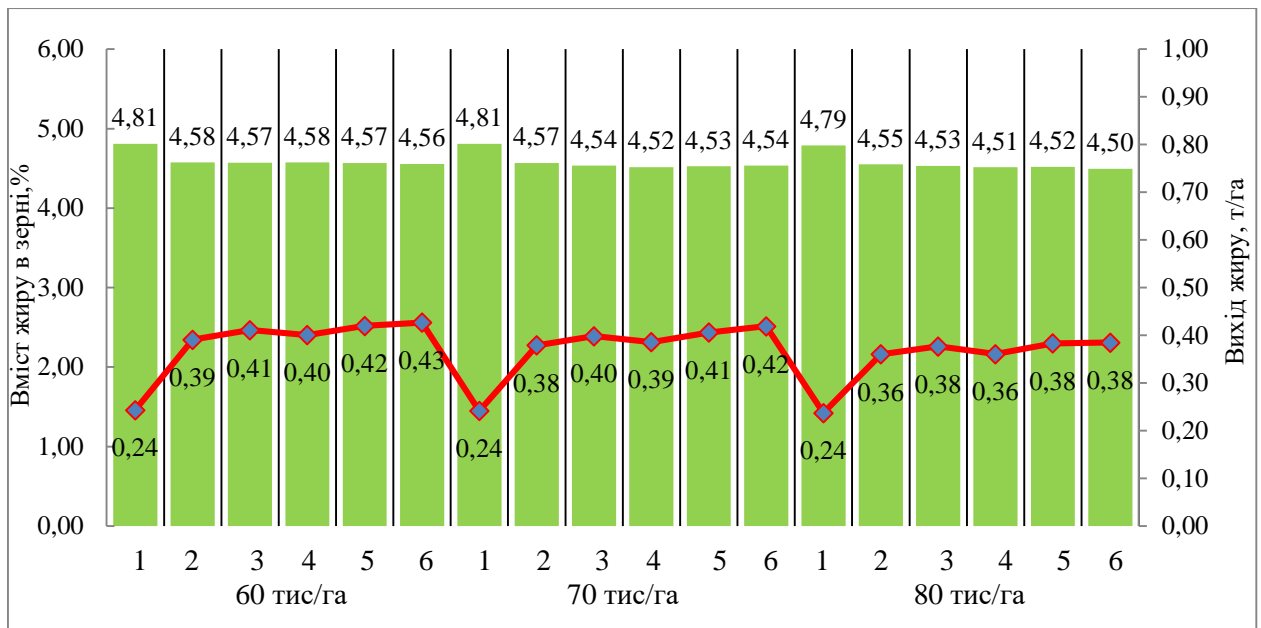
Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. - N<sub>100</sub>, P<sub>31</sub> (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

Рисунок 6.7 – Вміст та вихід жиру в гібрида кукурудзи ДКС 3795 залежно від густоти рослин та удобрення



Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. - N<sub>100</sub>, P<sub>31</sub> (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

Рисунок 6.8 – Вміст та вихід жиру в гібрида кукурудзи ДКС 3972 залежно від густоти рослин та удобрення



Примітка: \*1. - Без добрив (к.); 2. -  $N_{100}P_{31}$  (фон); 3. - Фон + Сульфат цинку; 4. - Фон + Еколайн Цинк; 5. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор; 6. - Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор.

Рисунок 6.9 – Вміст та вихід жиру у гібрида кукурудзи ДКС 4351 залежно від густоти рослин та удобрення

Найвищий вміст жиру відмічено на контрольних варіантах (без удобрення), Зокрема, у ДКС 3795 (ФАО 250) – від 4,52 до 4,73 %, ДКС 3972 (ФАО 300) – від 4,73 до 4,77 %, ДКС 4351 (ФАО 350) – від 4,79 до 4,81 % за зменшення густоти рослин.

Внесення макро- і мікроелементів призводило до зниження вмісту жиру в зерна гібридів кукурудзи від 0,15 до 0,24 % – ДКС 3795 (ФАО 250), від 0,19 до 0,26 % – ДКС 3972 (ФАО 300), від 0,23 до 0,29 % у ДКС 4351 (ФАО 350).

Необхідно відмітити, що вихід жиру значно підвищувався залежно від проведення оптимізації живлення макро- і мікроелементами досягаючи максимальних показників за сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  у гібридів кукурудзи ДКС 3795 (ФАО 250) – 0,39 т/га і ДКС 3972 (ФАО 300) – 0,46 т/га за густоти рослин – 70 тис./га, а у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) – 0,43 т/га за густоти 60 тис./га, це вище порівняно із контролем на 0,16; 0,22 і 0,19 т/га, відповідно.

## Висновки до розділу 6.

1. Найвищий вміст крохмалю відмічено на контрольному варіанті (без удобрення), який мав тенденцію до підвищення за загушення посівів. Максимальний вихід крохмалю відмічено на варіанті досліду, де було проведено оптимізацію живлення посівів кукурудзи макро- і мікроелементами за рахунок збільшення урожайності у гібридів кукурудзи ДКС 3795 ( ФАО 250) за густоти рослин 70 тис./га – 6,3 т/га, ДКС 3972 (ФАО 300) – 7,3 т/га, у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) за густоти рослин 60 тис./га – 6,8 т/га. Однак вміст крохмалю порівняно із контролем був менший на 0,4 % у гібрида ДКС 3795 ( ФАО 250), на 0,8 % у гібрида ДКС 3972 (ФАО 300), на 0,5 % у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350).

2. Максимальне зростання вмісту білка відмічено на варіанті досліду, де було проведено найбільшу кількість заходів щодо оптимізації живлення рослин гібридів кукурудзи макро- і мікроелементами за рахунок сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні внесення мінеральних дорив у нормі  $N_{100}P_{31}$  у гібридів кукурудзи ДКС 3795 (ФАО 250) – від 9,68 до 9,91 %, ДКС 3972 (ФАО 300) – від 9,65 до 9,85 % та у ДКС 4351 (ФАО 350) – від 9,74 до 10,2 % за розрідження густоти рослин (від 80 до 60 тис./га). Тобто це вище порівняно із контрольним варіантом на 0,89 і 0,82 % – ДКС 3795 (ФАО 250), на 0,98 і 0,91 % – ДКС 3972 (ФАО 300), на 1,05 і 0,98 % – ДКС 4351 (ФАО 350).

3. Найвищий вміст жиру відмічено на контрольних варіантах (без удобрення), внесення макро- і мікроелементів призводило до зниження вмісту жиру в зерна гібридів кукурудзи від 0,15 до 0,24 % – ДКС 3795 (ФАО 250), від 0,19 до 0,26 % – ДКС 3972 (ФАО 300), від 0,23 до 0,29 % у ДКС 4351 (ФАО 350). За збільшення густоти рослин відмічено тенденцію до зменшення вмісту жиру в гібридів кукурудзи.

**Список використаної літератури до розділу 6.**

208. Горач О.О. Обґрунтування інноваційних технологій функціональних рецептур. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2022. № 6. С. 52–58. DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.6.7>.

209. Любич В.В. Формування продуктивності різних гібридів кукурудзи. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97. Ч. 1. С. 32–44. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-97-1-32-44.

210. Паламарчук В. Д. Вплив глибини загортання та фракції насіння на вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 2. С. 55–65. <https://www.pdau.edu.ua/content/visnyk-poltavskoyi-derzhavnoyi-agrarnoyi-akademiyi-no2-2018>.

211. Войтовська В. І. Технологічна якість крохмалю різних гібридів кукурудзи і сортів сорго зернового за його біохімічною складовою. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. № 1. С. 77–81.

212. Асанішвілі Н. М., Корсун С. Г., Шляхтурова С. П. Якість зерна кукурудзи залежно від технології вирощування в північній частині Лісостепу. *Збірник наукових праць Інституту землеробства*. 2014. Вип. 1–2. С. 63–66.

213. Жемойда В. Л., Макачук О. С., Спряжка Р. О. Оцінка вихідного матеріалу кукурудзи за якісними показниками зерна. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 17. С. 120–129.

214. 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. Vol. 24 (5). P. 783–790.

215. 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.

216. Говенько Р. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи. *Агробіологія*. 2022. № 2 (174). С. 68–78.

217. Богомаз С.О. Вміст крохмалю, протеїну та олії у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 3 (38). С. 227–237. DOI: 10.37128/2707-5826-2025-3-20.

218. Паламарчук В. Д., Віннік О. В., Коваленко О. А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 143–156. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.23>.

219. 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.

220. Garcia A., Shultz K. (2021). Feeding value of corn grain from different origins. *Feedstuffs*. URL: <https://dellait.com/wp-content/uploads/2022/09/70-FS-Feeding-value-of-corn-grain-from-different-origins.pdf>.

221. Волощук О.П. Погодні умови як чинник впливу на ріст і розвиток рослин кукурудзи в Західному Лісостепу України. *Sciences of Europe*. 2021. Vol. 2, № 71. Р. 3–7. DOI: 10.24412/3162-2364-2021-71-2-3-7.

222. Полішкевич О.Р. Ефективність використання кукурудзи для виробництва альтернативних палив. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2011. Вип. 3(60). С. 76–80.

## **РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКИ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ГУСТОТИ РОСЛИН**

### **7.1. Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування**

Кукурудза належить до культур інтенсивного типу. Для забезпечення високого рівня урожайності вона потребує значних виробничих затрат, ці витрати перевищують інші зернові культури. За мінливих гідротермічних умов та застосованих технологій вирощування саме адаптивності гібридів кукурудзи належить важлива роль у економічній доцільності її вирощування [223-225].

Кукурудза добре реагує на поліпшення умов вирощування у тому числі і живлення рослин шляхом зростання урожайності [226].

Реалізація максимального потенціалу, який закладено у гібридах кукурудзи потребує розробки комплексу агрономічних заходів, щодо поліпшення умов вирощування, забезпеченості факторами життя: надходження світла, достатньої кількості вологи, елементів живлення світлового режиму, що забезпечує високу урожайність та обов'язково супроводжується проведенням економічної оцінки.

До основних показників економічної ефективності відноситься: затрати на вирощування продукції, оцінка отриманої валової продукції, прибуток, собівартість вирощеної продукції, рентабельність виробництва, загальна структура витрат [227].

Величина вказаних показників визначається: 1) реакцією гібрида кукурудзи на окремі елементи технології, які застосовувалися; 2) рівнем ресурсного забезпечення підприємства та погодними умовами року. Все це підсумовує виробництво.

Проведення оцінки економічної ефективності застосування комплексу будь-яких технологічних прийомів вирощування виключно за показниками індивідуальної продуктивності рослин та рівнем урожайності зерна є не достатнім, так як залишаються не врахованими затрати на застосування тих чи інших заходів вирощування.

Виникає нагальна потреба проводити визначення економічної ефективності вирощування кукурудзи. Саме здійснення економічної оцінки за умов ринкової економіки набуває важливого значення. Враховуючи високу ціну пального, добрив, засобів захисту рослин, у цілому енергетичних ресурсів, які позначились на підвищенні витрат вирощування кукурудзи і як наслідок зменшенні прибутків від реалізації кукурудзи [228, 229]. На економічну привабливість вирощування гібридів кукурудзи впливає кон'юнктура ринку, дієвості важелів державної політики в регулюванні розвитку зернової галузі, ресурсокупності використовуваних технологій вирощування, структури та якості продукції [230, 231].

За результатами досліджень Ільїна В. Ю. [232], підвищення урожайності кукурудзи визначається впровадженням високопродуктивних гібридів з обов'язковим застосуванням добрив нового покоління макро- та мікроелементів, нанодобрив та їх пролонгованої дії. Це, обумовлює ефективне використання рослинами елементів живлення [233-235]

Поряд із цим рекомендовано добирати гібриди кукурудзи інтенсивного типу, які є стійкими до стресів та пристосовані до умов вирощування [232].

За результатами проведених досліджень розрахунки економічної ефективності вирощування гібридів продемонстрували, що вартість валової продукції залежала від урожайності гібридів кукурудзи, де цей показник змінювався у межах 40326,9-85687,4 грн/га (Табл. 7.1). Максимальна вартість валової продукції відмічена на варіанті досліді, де було проведено найбільшу кількість заходів щодо оптимізації живлення макро- і мікроелементами (сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ ). Також на

Таблиця 7.1

## Економічна оцінка вирощування гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин, 2023-2025 рр.

| Удобрення<br>(чинник С)                               | Густота рослин:<br>(чинник В) | Урожай-<br>ність, т/га | Виробничі<br>затрати, грн/га | Вартість валової<br>продукції, грн/га | Собівартість<br>продукції, грн/т | Умовно-чистий<br>прибуток, грн/га | Рентабель-<br>ність, % |
|---|-------------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 1   | 2                             | 3                      | 4                            | 5                                     | 6                                | 7                                 | 8                      |
| ДКС 3795  |                               |                        |                              |                                       |                                  |                                   |                        |
| Без добрив (к.)                                       | 60                            | 4,8                    | 27548                        | 40580,7                               | 5783,8                           | 13032,7                           | 47,3                   |
|   | 70                            | 4,9                    | 28097                        | 41601,9                               | 5754,2                           | 13504,9                           | 48,1                   |
|   | 80                            | 4,7                    | 28647                        | 40326,9                               | 6052,4                           | 11679,9                           | 40,8                   |
| N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 60                            | 7,5                    | 34688                        | 63802,2                               | 4632,2                           | 29114,2                           | 83,9                   |
|   | 70                            | 7,9                    | 35273                        | 67439,7                               | 4451,7                           | 32202,7                           | 91,4                   |
|   | 80                            | 7,6                    | 35787                        | 64944,9                               | 4694,8                           | 29157,9                           | 81,5                   |
| Фон + Сульфат<br>цинку                                | 60                            | 8,0                    | 35162                        | 68403,5                               | 4379,6                           | 33241,5                           | 94,5                   |
|   | 70                            | 8,5                    | 35711                        | 72589,5                               | 4191,5                           | 36878,5                           | 103,3                  |
|   | 80                            | 8,3                    | 36261                        | 70513,0                               | 4381,4                           | 34252,0                           | 94,5                   |
| Фон + Еколайн Цинк                                    | 60                            | 7,8                    | 35005                        | 66534,8                               | 4482,5                           | 31529,8                           | 90,1                   |
|   | 70                            | 8,3                    | 35554                        | 70896,0                               | 4272,7                           | 35342                             | 99,4                   |
|   | 80                            | 8,0                    | 36104                        | 68520,6                               | 4489,3                           | 32416,6                           | 89,8                   |
| Фон + Сульфат<br>цинку+ Еколайн Бор                   | 60                            | 8,3                    | 35532                        | 70780,8                               | 4277,0                           | 35248,8                           | 99,2                   |
|   | 70                            | 8,7                    | 36081                        | 74408,2                               | 4131,4                           | 38327,2                           | 106,2                  |
|   | 80                            | 8,5                    | 36631                        | 72575,7                               | 4300,3                           | 35944,7                           | 98,1                   |
| Фон + Сульфат<br>цинку + Еколайн<br>Цинк+ Еколайн Бор | 60                            | 8,4                    | 35849                        | 71152,7                               | 4292,7                           | 35303,7                           | 98,5                   |
|   | 70                            | 8,8                    | 36398                        | 74715,3                               | 4150,6                           | 38317,3                           | 105,3                  |
|   | 80                            | 8,6                    | 36948                        | 73397,8                               | 4288,9                           | 36449,8                           | 98,7                   |
| ДКС 3972  |                               |                        |                              |                                       |                                  |                                   |                        |
| Без добрив (к.)                                       | 60                            | 5,1                    | 27585                        | 43764,8                               | 5370,2                           | 16179,8                           | 58,7                   |
|   | 70                            | 5,1                    | 28134                        | 43392,8                               | 5523,99                          | 15258,8                           | 54,2                   |
|   | 80                            | 5,1                    | 28684                        | 43228,1                               | 5653,44                          | 14544,1                           | 50,7                   |
| N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 60                            | 8,3                    | 34725                        | 71046,4                               | 4164,3                           | 36321,4                           | 104,6                  |
|   | 70                            | 9,0                    | 35274                        | 77074,8                               | 3899,3                           | 41800,8                           | 118,5                  |
|   | 80                            | 8,9                    | 35824                        | 75720,9                               | 4030,9                           | 39896,9                           | 111,4                  |

продовження табл. 7.1

| 1   |    | 3    | 4     | 5       | 6      | 7       | 8     |
|---|----|------|-------|---------|--------|---------|-------|
| Фон + Сульфат цинку                             | 60 | 9,1  | 35199 | 77093,5 | 3890,0 | 41894,5 | 119,0 |
|   | 70 | 9,6  | 35748 | 81420,7 | 3740,7 | 45672,7 | 127,8 |
|   | 80 | 9,3  | 36298 | 79370,5 | 3896,4 | 43072,5 | 118,7 |
| Фон + Еколайн Цинк                              | 60 | 8,8  | 35042 | 74647,6 | 3999,6 | 39605,6 | 113,0 |
|   | 70 | 9,4  | 35591 | 80137,7 | 3783,9 | 44546,7 | 125,2 |
|   | 80 | 9,1  | 36141 | 77187,0 | 3989,3 | 41046   | 113,6 |
| Фон + Сульфат цинку+ Еколайн Бор                | 60 | 9,2  | 35569 | 78678,2 | 3851,7 | 43109,2 | 121,2 |
|   | 70 | 9,9  | 36118 | 84562,9 | 3639,0 | 48444,9 | 134,1 |
|   | 80 | 9,4  | 36668 | 80275,4 | 3891,7 | 43607,4 | 118,9 |
| Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 60 | 9,4  | 35886 | 80449,7 | 3800,5 | 44563,7 | 124,2 |
|   | 70 | 10,1 | 36435 | 85687,4 | 3622,8 | 49252,4 | 135,2 |
|   | 80 | 9,6  | 36985 | 82023,0 | 3841,8 | 45038   | 121,8 |
| ДКС 4351  |    |      |       |         |        |         |       |
| Без добрив (к.)                                 | 60 | 5,1  | 27489 | 43084,0 | 5436,0 | 15595,0 | 56,7  |
|   | 70 | 5,0  | 28038 | 42748,5 | 5588,1 | 14710,5 | 52,5  |
|   | 80 | 4,9  | 28588 | 42168,7 | 5776,1 | 13580,7 | 47,5  |
| N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 60 | 8,5  | 34629 | 72775,4 | 4054,1 | 38146,4 | 110,2 |
|   | 70 | 8,3  | 35178 | 70756,7 | 4235,9 | 35578,7 | 101,1 |
|   | 80 | 7,9  | 35728 | 67438,3 | 4513,8 | 31710,3 | 88,8  |
| Фон + Сульфат цинку                             | 60 | 9,0  | 35103 | 76596,7 | 3904,6 | 41493,7 | 118,2 |
|   | 70 | 8,8  | 35652 | 74819,4 | 4059,8 | 39167,4 | 109,9 |
|   | 80 | 8,3  | 36202 | 70841,0 | 4354,0 | 34639   | 95,7  |
| Фон + Еколайн Цинк                              | 60 | 8,7  | 34946 | 74549,0 | 3993,9 | 39603   | 113,3 |
|   | 70 | 8,5  | 35495 | 72792,7 | 4154,5 | 37297,7 | 105,1 |
|   | 80 | 8,0  | 36045 | 68095,3 | 4509,9 | 32050,3 | 88,9  |
| Фон + Сульфат цинку+ Еколайн Бор                | 60 | 9,2  | 35473 | 78275,9 | 3861,1 | 42802,9 | 120,7 |
|   | 70 | 9,0  | 36022 | 76408,9 | 4016,6 | 40386,9 | 112,1 |
|   | 80 | 8,5  | 36572 | 72202,4 | 4315,6 | 35630,4 | 97,4  |
| Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 60 | 9,4  | 35790 | 79773,1 | 3822,5 | 43983,1 | 122,9 |
|   | 70 | 9,2  | 36339 | 78679,7 | 3935,1 | 42340,7 | 116,5 |
|   | 80 | 8,6  | 36889 | 72913,6 | 4310,5 | 36024,6 | 97,7  |

цьому варіанті досягнуто оптимізації просторового розміщення рослин, де рослини були максимально забезпеченні необхідною кількістю світла, вологи і елементами живлення. Вартість валової продукції на цьому варіанті досліду у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250) склала 74715,3 грн/га, за передзбиральної густоти рослин 70 тис./га, ДКС 3972 (ФАО 300) – 85687,4 грн/га за передзбиральної густоти 70 тис./га, ДКС 4351 (ФАО 350) – 79773,1 грн/га за передзбиральної густоти 60 тис./га, відповідно. Це більше порівняно із контрольним варіантом (без удобрення) на 33113,4; 42294,6; 36689,1 грн/га. Також на цьому варіанті було відмічено найвищі показники умовно-чистого прибутку, окрім гібрида ДКС 3795 (ФАО 250), де максимального значення досягнуто без внесення Еколайн Цинк – 38327,2 грн/га, ДКС 3972 (ФАО 300) – 49252,4 грн/га, ДКС 4351 (ФАО 350) – 43983,1 грн/га, відповідно. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 24822,3; 33993,6; 28388,1 грн/га, відповідно. Також відмічено найвищий у наших дослідженнях рівень рентабельності у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250) – 106,2 %, за передзбиральної густоти рослин 70 тис./га, ДКС 3972 (ФАО 300) – 135,2 % за передзбиральної густоти 70 тис./га, ДКС 4351 (ФАО 350) – 122,9 % за передзбиральної густоти 60 тис./га, відповідно. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 58,1; 81,0; 66,2 %, відповідно.

Заслуговує також на увагу варіант досліду, де було застосовано меншу кількість заходів щодо оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами (сумісне внесення сульфату цинку та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ ) на якому відмічено високі показники економічної ефективності. Показники умовно-чистого прибутку на цьому варіанті склали у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250) – 38327,2 грн/га, за передзбиральної густоти рослин 70 тис./га, ДКС 3972 (ФАО 300) – 48444,9 грн/га за передзбиральної густоти 70 тис./га, ДКС 4351 (ФАО 350) – 42802,9 грн/га за густоти 60 тис./га, відповідно. Рівень рентабельності у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250) – 106,2 %, ДКС 3972 (ФАО 300) – 134,1 %, ДКС 4351 (ФАО 350) – 120,7 %.

## **7.2. Енергетична оцінка вирощування гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення**

Енергетичний аналіз водночас із традиційним проведенням визначення економічної ефективності є невід'ємною складовою здійснення оцінки ефективності технології вирощування, в тому числі і кукурудзи. Метод енергетичного аналізу враховує скільки енергії було витраченої на вирощування кукурудзи. Енергетична оцінка дозволяє більш об'єктивно, незалежно від зміни цін на виробничі витрати у економічному аналізі врахувати в енергетичних показниках витрати різних видів енергії, в тому числі й праці на проведення технологічних процесів, а також вирахувати кількість енергії, яка надійшла у вигляді вирощеної продукції [236].

Встановлення кількості енергії, яку було затрачено на вирощування кукурудзи, так і кількість отриманої енергії в урожаї, дозволяє провести кількісно енергетичну ефективність вирощування культури [237]. За допомогою проведення енергетичного аналізу можливо оцінити ефективність різних технологій її вирощування.

Результати розрахунків вказують на значну відмінність надходження енергії у гібридів із різним числом ФАО, тоді як кількість витрат на вирощування гібридів різної тривалості вегетаційного періоду не суттєво відрізнялися незважаючи на групу стиглості, враховуючи застосування однакових технологічних прийомів щодо оптимізації системи удобрення, а також просторового розміщення рослин на гектар.

Прихід енергії у гібридів ДКС 3795, ДКС 3972 залежав від рівня урожайності його на варіантах дослідів і змінювався від 69,18-128,17 ГДж/га у гібрида ДКС 3795, від 74,15-146,99 у гібрида ДКС 3972; від 72,35-136,8 ГДж/га – у гібрида ДКС 4351 (Табл. 7.2). Тому максимальний він був на варіанті дослідів, де застосовано найбільшу кількість технологічних заходів, щодо оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами, де було проведено сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор

Таблиця 7.2

**Енергетична оцінка вирощування гібридів кукурудзи залежно від  
удобрення та густоти рослин, 2023-2025 рр.**

| Удобрення<br>(чинник С)                               | Густота<br>рослин:<br>(чинник В) | Прихід енергії<br>з урожаєм,<br>ГДж/га | Витрати<br>енергії,<br>ГДж/га | Приріст<br>енергії,<br>ГДж/га | Коефіцієнт<br>енергетичної<br>ефективності |
|---|----------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|--|
| 1   | 2                                | 3                                      | 4                             | 5                             | 8  |
| <b>ДКС 3795</b>                                       |                                  |  |                               |                               |  |
| Без добрив (к.)                                       | 60                               | 69,61                                  | 37,78                         | 31,83                         | 1,84                                       |
|   | 70                               | 71,36                                  | 37,82                         | 33,54                         | 1,89                                       |
|   | 80                               | 69,18                                  | 37,86                         | 31,32                         | 1,83                                       |
| N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 60                               | 109,45                                 | 51,04                         | 58,41                         | 2,14                                       |
|   | 70                               | 115,68                                 | 51,08                         | 64,60                         | 2,26                                       |
|   | 80                               | 111,41                                 | 51,12                         | 60,28                         | 2,18                                       |
| Фон + Сульфат<br>цинку                                | 60                               | 117,34                                 | 51,08                         | 66,26                         | 2,30                                       |
|   | 70                               | 124,52                                 | 51,12                         | 73,40                         | 2,44                                       |
|   | 80                               | 120,96                                 | 51,16                         | 69,80                         | 2,36                                       |
| Фон + Еколайн Цинк                                    | 60                               | 114,13                                 | 51,08                         | 63,05                         | 2,23                                       |
|   | 70                               | 121,61                                 | 51,12                         | 70,49                         | 2,38                                       |
|   | 80                               | 117,54                                 | 51,16                         | 66,38                         | 2,30                                       |
| Фон + Сульфат<br>цинку+ Еколайн Бор                   | 60                               | 121,42                                 | 51,12                         | 70,30                         | 2,38                                       |
|   | 70                               | 127,64                                 | 51,16                         | 76,48                         | 2,50                                       |
|   | 80                               | 124,50                                 | 51,20                         | 73,30                         | 2,43                                       |
| Фон + Сульфат<br>цинку + Еколайн<br>Цинк+ Еколайн Бор | 60                               | 122,05                                 | 51,16                         | 70,89                         | 2,39                                       |
|   | 70                               | 128,17                                 | 51,20                         | 76,97                         | 2,50                                       |
|   | 80                               | 125,91                                 | 51,24                         | 74,66                         | 2,46                                       |
| <b>ДКС 3972</b>                                       |                                  |  |                               |                               |  |
| Без добрив (к.)                                       | 60                               | 75,07                                  | 37,78                         | 37,29                         | 1,99                                       |
|   | 70                               | 74,44                                  | 37,82                         | 36,62                         | 1,97                                       |
|   | 80                               | 74,15                                  | 37,86                         | 36,29                         | 1,96                                       |
| N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)                | 60                               | 121,87                                 | 51,04                         | 70,83                         | 2,39                                       |
|   | 70                               | 132,21                                 | 51,08                         | 81,13                         | 2,59                                       |
|   | 80                               | 129,89                                 | 51,12                         | 78,77                         | 2,54                                       |
| Фон + Сульфат<br>цинку                                | 60                               | 132,24                                 | 51,08                         | 81,16                         | 2,59                                       |
|   | 70                               | 139,67                                 | 51,12                         | 88,55                         | 2,73                                       |
|   | 80                               | 136,15                                 | 51,16                         | 84,99                         | 2,66                                       |
| Фон + Еколайн Цинк                                    | 60                               | 128,05                                 | 51,08                         | 76,97                         | 2,51                                       |
|   | 70                               | 137,47                                 | 51,12                         | 86,35                         | 2,69                                       |
|   | 80                               | 132,41                                 | 51,16                         | 81,24                         | 2,59                                       |
| Фон + Сульфат<br>цинку+ Еколайн Бор                   | 60                               | 134,96                                 | 51,12                         | 83,84                         | 2,64                                       |
|   | 70                               | 145,06                                 | 51,16                         | 93,90                         | 2,84                                       |
|   | 80                               | 137,70                                 | 51,20                         | 86,50                         | 2,69                                       |
| Фон + Сульфат<br>цинку + Еколайн<br>Цинк+ Еколайн Бор | 60                               | 138,0                                  | 51,16                         | 86,84                         | 2,70                                       |
|   | 70                               | 146,99                                 | 51,20                         | 95,79                         | 2,87                                       |
|   | 80                               | 140,7                                  | 51,24                         | 89,46                         | 2,75                                       |

продовження табл. 7.2

| ДКС 4351  |    |        |       |       |      |
|---|----|--------|-------|-------|------|
| Без добрив (к.)                                 | 60 | 73,90  | 37,78 | 36,12 | 1,96 |
|   | 70 | 73,33  | 37,82 | 35,51 | 1,94 |
|   | 80 | 72,35  | 37,86 | 34,48 | 1,91 |
| N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)          | 60 | 124,84 | 51,04 | 73,79 | 2,45 |
|   | 70 | 121,37 | 51,08 | 70,29 | 2,38 |
|   | 80 | 115,68 | 51,12 | 64,56 | 2,26 |
| Фон + Сульфат цинку                             | 60 | 131,39 | 51,08 | 80,31 | 2,57 |
|   | 70 | 128,34 | 51,12 | 77,22 | 2,51 |
|   | 80 | 121,52 | 51,16 | 70,36 | 2,38 |
| Фон + Еколайн Цинк                              | 60 | 127,88 | 51,08 | 76,79 | 2,50 |
|   | 70 | 124,87 | 51,12 | 73,75 | 2,44 |
|   | 80 | 116,81 | 51,16 | 65,65 | 2,28 |
| Фон + Сульфат цинку+ Еколайн Бор                | 60 | 134,27 | 51,12 | 83,15 | 2,63 |
|   | 70 | 131,07 | 51,16 | 79,91 | 2,56 |
|   | 80 | 123,85 | 51,20 | 72,65 | 2,42 |
| Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+ Еколайн Бор | 60 | 136,84 | 51,16 | 85,68 | 2,67 |
|   | 70 | 134,97 | 51,20 | 83,77 | 2,64 |
|   | 80 | 125,07 | 51,24 | 73,83 | 2,44 |

на фоні мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub>. Загальні витрати на вирощування культури змінювалися від 37,78 до 51,24 ГДж/га і різнилися залежно від передзбиральної густоти рослин, а також значно більше від інтенсивності проведення заходів щодо оптимізації живлення макро- і мікроелементами. За оптимізації удобрення кукурудзи та підвищення рівня урожайності відмічалось підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності від 1,83 до 2,5 у гібрида ДКС 3795, від 1,96 до 2,87 – ДКС 3972 та від 1,91 до 2,67 – ДКС 4351. Досягаючи свого найвищого значення на варіанті досліді, де було проведено максимальне внесення макро- і мікроелементів (сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub>) за оптимізації просторового розміщення рослин га гектарі для гібридів кукурудзи з різним ФАО. Коефіцієнт енергетичної ефективності на цьому варіанті склав у гібридів ДКС 3795 (ФАО 250) – 2,5 та ДКС 3972 (ФАО 300) – 2,87, за передзбиральної густоти рослин – 70 тис./га і ДКС 4351 (ФАО 350) – 2,67, за передзбиральної густоти рослин – 60 тис./га.

## Висновки до розділу 7.

1. Найвищі показники умовно-чистого прибутку, відмічено на варіанті досліду, де було проведено найбільшу кількість заходів щодо оптимізації живлення за удобрення макро- і мікроелементами (сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ ), окрім гібрида ДКС 3795 (ФАО 250), де максимального значення досягнуто без внесення Еколайн Цинк – 38327,2 грн/га, ДКС 3972 (ФАО 300) – 49252,4 грн/га, ДКС 4351 (ФАО 350) – 43983,1 грн/га, відповідно. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 24822,3; 33993,6; 28388,1 грн/га, відповідно. Також відмічено найвищий у наших дослідженнях рівень рентабельності у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250) – 106,2 %, за передзбиральної густоти рослин 70 тис./га, ДКС 3972 (ФАО 300) – 135,2 % за передзбиральної густоти 70 тис./га, ДКС 4351 (ФАО 350) – 122,9 % за передзбиральної густоти 60 тис./га, відповідно. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 58,1; 81,0; 66,2 %, відповідно.

2. На цьому ж варіанті досліду за рівнем удобрення відмічено найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності у гібридів ДКС 3795 (ФАО 250) – 2,5 та ДКС 3972 (ФАО 300) – 2,87, за передзбиральної густоти рослин – 70 тис./га і ДКС 4351 (ФАО 350) – 2,67, за передзбиральної густоти рослин – 60 тис./га.

## Список використаної літератури до розділу 7.

223. Lavrynenko Yu. O., Hozh O. A., Vozhegova R. A. Productivity of com hybrids of different FAO groups depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation in the south of Ukraine. *Agricultural and practice*. 2016. №1. P. 55–60.

224. Ross F., Matteo J., Cerrudo A. Maize prolificacy: a source of reproductive plasticity that contributes to yield stability when plant population varies in drought prone environments. *Field Crops Res.* 2020. Vol. 247. 107699. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.107699.

225. Ruiz M. B., D'Andrea K. E., Otegui M. E. Phenotypic plasticity of maize grain yield and related secondary traits: Differences between inbreds and hybrids in response to contrasting water and nitrogen regimes. *Field Crops Research*. 2019. Vol. 239. P. 19–29. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.04.00420.

226. Chassot A., Stamp P., Richner W. Root distribution and morphology of maize seedlings as affected by tillage and fertilizer placement. *Plant and Soil*. 2001. Vol. 231. P. 123–135. DOI: 10.1023/A:1010335229111.

227. 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.

228. Дзюбецький В.Б., Писаренко В.А. Продуктивність і рентабельність виробництва батьківських форм гібридів кукурудзи в умовах південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2000. Вип. 15. С. 10–16.

229. Дробіт О.С., Влащук А.М. Економічна оцінка елементів технології вирощування гібридів кукурудзи на зрошенні. Стан і перспективи розвитку селекції в умовах змін клімату: міжнарод. наук.- практ. конф. : тези доп. Херсон, 2018. С. 48–50.

230. Коковіхін С.В., Міхаленко І.В., Лавриненко Ю.О. Використання результатів статистичної обробки експериментальних даних в прогнозуванні економічної ефективності виробництва кукурудзи при зрошенні. *Таврійський науковий вісник*. 2007. № 48. С. 282–290.

231. Лавриненко Ю.О., Коковіхін С.В., Писаренко П.В. Оцінка статистичних зв'язків продуктивності різних за групами ФАО гібридів кукурудзи з теплоенергетичними показниками в умовах зрошення. *Таврійський науковий вісник*. 2009. № 65. С. 7–18.

232. Ільїн В. Ю. Вплив інновацій на конкурентоспроможність сільськогосподарських підприємств в умовах глобалізації. *Часопис економічних реформ*. 2015. № 1 (17). С. 84–88.

233. Balawejder M., Matłok N., Gorzelany J., Pieniazek M., Antos P., Witek G., Szostek M. Foliar fertilizer based on calcined bones, boron and molybdenum – a study on the development and potential effects on maize grain production. *Sustainability*. 2020. Vol. 11, 5287. DOI: 10.3390/su11195287.

234. Batsmanova L., Taran N., Konotop Y., Kalenska S., Novytska N. Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as fertilizer for increasing soybean productivity. *Journal of Central European Agriculture*. 2020. Vol. 21 (2). P. 311–319. DOI: 10.5513/JCEA01/21.2.2414.

235. Konuma H. Climate Smart Agriculture: A call for action. FAO. Synthesis of the Asia Pacific Regional Workshop. Bangkok, Thailand, 2015. 120 p.

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

237. Лавриненко Ю.О., Коковіхін С.В., Найдьонов В.Г. Біоенергетична оцінка технології вирощування кукурудзи на зерно залежно від гібридного складу та режиму зрошення. *Таврійський науковий вісник*. 2008. № 56. С. 11–20.

## ВИСНОВКИ

1. У дисертації експериментально досліджено, теоретично аргументовано і узагальнено вирішення важливого наукового завдання щодо підвищення рівня урожайності і якості зерна гібридів кукурудзи за оптимізації живлення та просторового розміщення рослин в умовах зони нестійкого зволоження.

2. Найвища збереженість рослин відмічена на варіанті досліду, де було проведено сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні  $N_{100}P_{31}$ , що базувалася на концепції покрокового забезпечення метаболічних потреб кукурудзи і поєднанні стаціонарного ґрунтового підживлення із прецизійними фоліарними обробками за відповідної густоти рослин за зниженої густоти рослин 60 тис./га і складала у гібридів кукурудзи ДКС 3795 – 92,1 %; ДКС 3972 – 92,9 %; ДКС 4351 – 93,3 %. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 11,2-11,3%, відповідно. Загущення посівів до 80 тис./га забезпечувало зниження показників збереженості рослин за рахунок підвищення їх конкуренції за фактори життя на 1,6; 1,7; 2,1 %, відповідно.

3. Тривалість вегетаційного і міжфазних періодів більше залежала від групи стиглості гібридів, проведення удобрення макро- і мікроелементами подовжувати тривалість вегетаційного періоду від 5 до 6 діб, а збільшення передзбиральної густоти рослин від 60 до 80 тис./га на 1 добу у гібридів тривалішого вегетаційного періоду порівняно з контролем.

4. Виявлено високої сили кореляційні зв'язки за різної передзбиральної густоти рослин між площею листкової поверхні та врожайністю зерна для 60 тис./га –  $r=0,954$ ;  $R^2=0,910$ ; 70 тис./га –  $r=0,958$ ;  $R^2=0,918$ ; для 80 тис./га –  $r=0,962$ ;  $R^2=0,926$ , а також залежність подібної величини кореляційного зв'язку між накопиченням сухої речовини рослин та площі листкової поверхні за різної передзбиральної густоти рослин, для 60 тис./га –  $r=0,868$ ;  $R^2=0,754$ ; 70 тис./га –  $r=0,953$ ;  $R^2=0,909$ ; для 80 тис./га –  $r=0,945$ ;  $R^2=0,893$ .

5. Встановлено, що за оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами, тобто внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$  (виключаючи перекриття або змішування різних технологічних схем у межах однієї ділянки) відмічено найвищу площу листкової поверхні у фазу цвітіння в гібридів кукурудзи ДКС 3795 (ФАО 250) – 43,8 тис.м<sup>2</sup>/га, ДКС 3972 (ФАО 300) – 46,8 тис.м<sup>2</sup>/га, а у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) – 45,3 тис.м<sup>2</sup>/га за оптимальної густоти рослин в умовах зони нестійкого зволоження. На цьому варіанті досліду відмічено збільшення виходу сухої речовини на 11,1 і 12,45; 11,3 т/га, порівняно із контролем. Найвище значення сумарного фотосинтетичного потенціалу у гібридів кукурудзи ДКС 3795, ДКС 3972, ДКС 4351 відмічено за підвищення густоти рослин – 3,23, 3,44, 3,35 млн. м<sup>2</sup> діб/га.

6. Найвищу індивідуальну продуктивність рослин гібридів кукурудзи відмічено за оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами (внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні  $N_{100}P_{31}$ ) забезпечення високої якості виконання технологічних операцій досягалася завдяки використанню обприскувачів із системою автоматичного контролю секцій (Section Control) та змінної норми виливу (VRA), що гарантувало дотримання меж дослідних ділянок та унеможливило ефект перекриття за густоти рослин 60 тис.шт./га, зокрема кількість зерен в ряду; маса 1000 зерен, маса зерна із качана становила у гібридів: ДКС 3795 – 33,8 шт.; 313,2 г; 152,8 г; ДКС 3972 – 36,0 шт.; 314,7 г; 173,6 г; ДКС 4351 – 34,9 шт.; 301,8 г; 172,3 г. Збільшення густоти рослин із 60 до 80 тис./га призводило до зменшення кількості зерен в ряду, маси 1000 зерен, маси зерна із качана у гібридів ДКС 3795 на 4,7 шт., 21,5 г, 30,2 г; ДКС 3972 на 3,4 шт., 38,0 г, 35,5 г; ДКС 4351 на 3,7 шт., 60,8 г, 49,4 г.

7. Найвищий рівень урожайності відмічено за посиленої інтенсифікації технологічних заходів, щодо оптимізації живлення макро- і мікроелементами (внесення сульфат цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні  $N_{100}P_{31}$ ) за оптимізації густоти рослин та досягнення відповідності кількості рослин на

одиницю площі і наявним ресурсам, зокрема у гібрида ДКС 3795 – 8,8 т/га, як і у гібрида ДКС 3972 – 10,1 т/га за передзбиральної густоти рослин 70 тис./га. Як зменшення густоти рослин, так і її підвищення забезпечувало зниження урожайності на 0,4 і 0,2 т/га; 0,7 та 0,5 т/га, у гібрида ДКС 4351 найвищий рівень урожайності 9,4 т/га досягнуто за густоти рослин 60 тис./га, загушення ж призводило до зниження урожайності на 0,2 і 0,8 т/га, відповідно.

8. Найвищий вміст крохмалю відмічено на контрольному варіанті (без удобрення), який мав тенденцію до підвищення за загушення посівів. Максимальний вихід крохмалю відмічено на варіанті досліду, де було проведено оптимізацію живлення посівів кукурудзи макро- і мікроелементами за рахунок збільшення урожайності у гібридів кукурудзи ДКС 3795 ( ФАО 250) за густоти рослин 70 тис./га – 6,3 т/га, ДКС 3972 (ФАО 300) – 7,3 т/га, у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) за густоти рослин 60 тис./га – 6,8 т/га.

9. Максимальне зростання вмісту білка відмічено на варіанті досліду, де було проведено найбільшу кількість заходів щодо оптимізації живлення рослин гібридів кукурудзи макро- і мікроелементами за рахунок сумісного внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні внесення мінеральних дорив у нормі  $N_{100}P_{31}$  у гібридів кукурудзи ДКС 3795 (ФАО 250) – від 9,68 до 9,91 %, ДКС 3972 (ФАО 300) – від 9,65 до 9,85 % та у ДКС 4351 (ФАО 350) – від 9,74 до 10,2 % за розрідження густоти рослин (від 80 до 60 тис./га).

10. Найвищий вміст жиру відмічено на контрольних варіантах (без удобрення), внесення макро- і мікроелементів призводило до зниження вмісту жиру в зерна гібридів кукурудзи від 0,15 до 0,24 % – ДКС 3795 (ФАО 250), від 0,19 до 0,26 % – ДКС 3972 (ФАО 300), від 0,23 до 0,29 % у ДКС 4351 (ФАО 350). За збільшення густоти рослин відмічено тенденцію до зменшення вмісту жиру в гібридів кукурудзи.

11. Найвищі показники умовно-чистого прибутку, відмічено на варіанті досліду, де було проведено найбільшу кількість заходів щодо оптимізації живлення за удобрення макро- і мікроелементами (сумісне внесення сульфату цинку, Еколайн Цинк та Еколайн Бор на фоні мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ ), окрім гібрида ДКС 3795 (ФАО 250), де максимального значення досягнуто без внесення Еколайн Цинк – 38327,2 грн/га, ДКС 3972 (ФАО 300) – 49252,4 грн/га, ДКС 4351 (ФАО 350) – 43983,1 грн/га, відповідно. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 24822,3; 33993,6; 28388,1 грн/га, відповідно. Також відмічено найвищий у наших дослідженнях рівень рентабельності у гібрида ДКС 3795 (ФАО 250) – 106,2 %, за передзбиральної густоти рослин 70 тис./га, ДКС 3972 (ФАО 300) – 135,2 % за передзбиральної густоти 70 тис./га, ДКС 4351 (ФАО 350) – 122,9% за передзбиральної густоти 60 тис./га, відповідно. Це вище порівняно із контрольним варіантом на 58,1; 81,0; 66,2 %, відповідно.

12. На цьому ж варіанті досліду за рівнем удобрення відмічено найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності у гібридів ДКС 3795 (ФАО 250) – 2,5 та ДКС 3972 (ФАО 300) – 2,87, за передзбиральної густоти рослин – 70 тис./га і ДКС 4351 (ФАО 350) – 2,67, за передзбиральної густоти рослин – 60 тис./га.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За результатами експериментальних досліджень, проведеного економічного і енергетичного аналізу в умовах Лісостепу правобережного зоні нестійкого зволоження для підвищення урожайності і якості зерна кукурудзи рекомендується:

- вирощувати гібриди кукурудзи ДКС 3795, ДКС 3972 за передзбиральної густоти рослин 70 тис.шт./га, а гібрид ДКС 4351 за передзбиральної густоти рослин 60 тис.шт./га.

- для оптимального росту і розвитку рослин кукурудзи, забезпечення їх макро- і мікроелементами необхідно вносити сульфат цинку у передпосівну культивуацію у нормі 8 кг/га та проводити позакореневі підживлення Еколайн Цинк (1 л/га) на мікростадії ВВСН 14-15 та Еколайн Бор (1 л/га) на мікростадії ВВСН 61-63 на фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{100}P_{31}$ .

## ДОДАТКИ

**СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

аспірант денної державної форми навчання зі спеціальності 201 Агрономія


**Богомаз Сергій Олександрович**

| № п/п   | Назва   | 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   |
| <b>Стаття в іноземному науковому фаховому виданні категорії «А», що індексується в міжнародній наукометричній базі Scopus, Web of Science</b> |   |   |  |   |
| 1   | Effects of plant density and fertilisation on yield structure and yield elements of maize hybrids for biofuel production. | <i>Journal of Ecological Engineering</i> . 2025. № 26 (6).<br>DOI:<br><a href="https://doi.org/10.12911/22998993/202943">https://doi.org/10.12911/22998993/202943</a> | <u>C. 352–364</u><br>1,66 (0,28)         | Zayka K.,<br>Didur I,<br>Mazur O.,<br>Mazur O,<br>Tsyhanskyi V. |
| <b>Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus)</b>        |   |   |  |   |
| 1   | Сучасний стан і перспективи вирощування кукурудзи в Україні   | <i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2023. № 2 (29).<br>DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-13  | <u>C. 153–161</u><br>0,5 (0,25)          | Дідур І. М  |
| 2   | Вивчення впливу густоти рослин і удобрення на урожайність гібридів кукурудзи  | <i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2024. № (2) 33.<br>DOI: 10.37128/2707-5826-2024-2-17  | <u>C. 209-220</u><br>0,7 (0,7)           | -   |
| 3   | Формування елементів структури врожаю та урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення           | <i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2024. № 3 (34).<br>DOI: 10.37128/2707-5826-2024-3-18  | <u>C. 208-218</u><br>0,8 (0,8)           | -   |
| 4   | Вміст крохмалю, протеїну та олії у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин                             | <i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2025. № 3 (38).<br>DOI: 10.37128/2707-5826-2025-3-20  | <u>C. 227-237</u><br>0,6 (0,6)           | -   |


| Інші видання (тези доповідей) |   |  |                              |   |
|-------------------------------|---|--|------------------------------|---|
| 1                             | 2   | 3  | 4                            | 5 |
| 1                             | Оцінка взаємодії густоти стояння та добрив на врожайність сучасних гібридів кукурудзи | <i>Продовольча безпека України. Збереження та відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 22-23 травня 2025 р., Київ. 2025</i> | <u>С. 39-43</u><br>0,2 (0,2) | - |

Усього за темою дисертаційної роботи «Застосування цифрових технологій при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах зони нестійкого зволоження Лісостепу правобережного» опубліковано 6 наукових праць загальним обсягом 4,46 умовн. друк. арк. (власний доробок автора 2,86 умовн. друк. арк.) в тому числі 0,28 умовн. друк. арк. у науковому фаховому виданні України віднесеному до категорії «А», що індексується в міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science, 2,35 умовн. друк. арк. у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus та 0,20 умовн. друк. арк. у інших виданнях. Основні положення дисертації пройшли апробацію у 3 науково-практичних конференціях.

Аспірант

 Сергій БОГОМАЗ

Вчений секретар

 Тетяна КОРПАНІУК



05 \_\_\_\_\_ 2026 р.

**АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ НА НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ  
КОНФЕРЕНЦІЯХ**  
за спеціальністю 201 Агрономія  
**Богомаз Сергій Олександрович**

| № п/п  | Тема доповіді  | Назва конференції, дата, місце проведення   |
|--|--|---|
| <b>Апробація результатів дисертації на науково-практичних конференціях</b> |  |   |
| 1  | Сучасний стан та перспективи вирощування кукурудзи в Україні           | Всеукраїнська науково-практична конференція «Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку».<br>м. Вінниця. 24-25 травня 2023 р.  |
| 2  | Вивчення особливостей вирощування кукурудзи в Україні                  | Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологоорієнтовані технології вирощування сільськогосподарської продукції в умовах ґрунтозбереження та кліматичної нейтральності».<br>м. Вінниця. 23-24 травня 2024 р.     |
| 3  | Нові виклики концепції вирощування кукурудзи на зерно за зміни клімату | Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційні технології збереження ґрунтів та екосистем за вирощування сільськогосподарських культур в умовах глобальних змін клімату».<br>м. Вінниця. 22-23 травня 2025 р. |

Аспірант

Сергій БОГОМАЗ

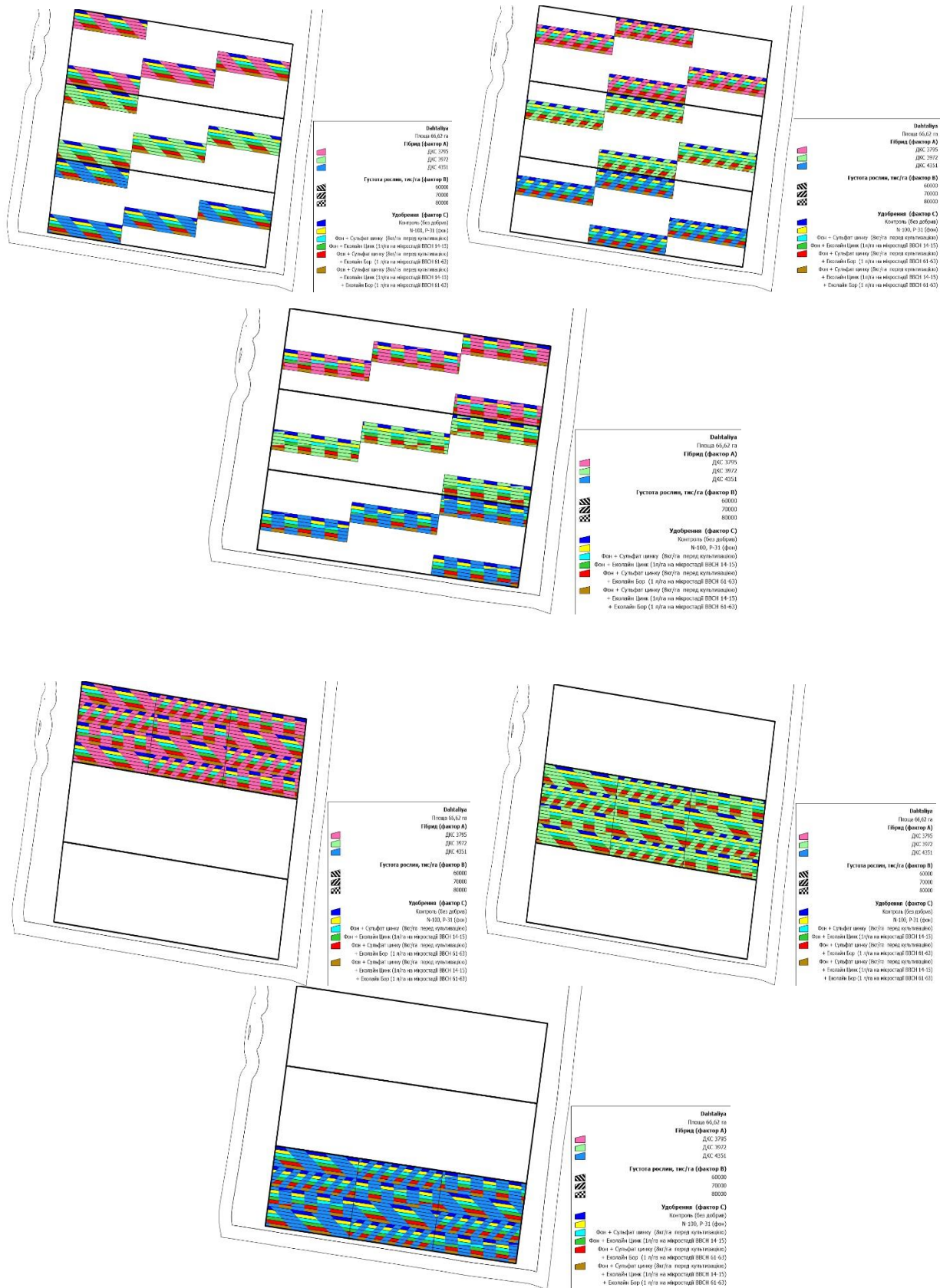
Вчений секретар

Тетяна КОРПАНЮК



\_\_\_\_\_ 2026 р.

# Візуалізація карт-завдань під диференційний висів у нормі 60, 70 та 80 тис. рослин на га та сортів ДКС 3795 (ФАО 250), ДКС 3972 (ФАО 300) та ДКС 4351 (ФАО 350)



## Тривалість вегетаційного періоду та міжфазних періодів у гібридів кукурудзи, 2023р., діб

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення (фактор С)                           | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |    |    |     |    |    |     |    |    |
|-------------------------|--|---------------------------------------|----|----|-----|----|----|-----|----|----|
|                         |  | 60                                    |    |    | 70  |    |    | 80  |    |    |
|                         |  | 1                                     | 2  | 3  | 1   | 2  | 3  | 1   | 2  | 3  |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 112                                   | 51 | 61 | 112 | 51 | 61 | 112 | 51 | 61 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 116                                   | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 116                                   | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 116                                   | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 117                                   | 54 | 63 | 117 | 54 | 63 | 117 | 54 | 63 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 117                                   | 54 | 63 | 117 | 54 | 63 | 117 | 54 | 63 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 116                                   | 53 | 63 | 116 | 53 | 63 | 117 | 53 | 64 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 120                                   | 55 | 65 | 120 | 55 | 65 | 121 | 55 | 66 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 120                                   | 55 | 65 | 120 | 55 | 65 | 121 | 55 | 66 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 120                                   | 55 | 65 | 120 | 55 | 65 | 121 | 55 | 66 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 121                                   | 56 | 65 | 121 | 56 | 65 | 122 | 56 | 66 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 121                                   | 56 | 65 | 121 | 56 | 65 | 122 | 56 | 66 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 119                                   | 55 | 64 | 119 | 55 | 64 | 119 | 55 | 64 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 123                                   | 57 | 66 | 123 | 57 | 66 | 124 | 57 | 67 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 123                                   | 57 | 66 | 123 | 57 | 66 | 124 | 57 | 67 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 123                                   | 57 | 66 | 123 | 57 | 66 | 124 | 57 | 67 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 124                                   | 58 | 66 | 124 | 58 | 66 | 124 | 57 | 67 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 124                                   | 58 | 66 | 124 | 58 | 66 | 125 | 58 | 67 |

Примітка: 1- тривалість вегетаційного періоду, діб; 2 – тривалість періоду сходи-цвітіння, діб; 3. – тривалість періоду цвітіння-дозрівання, діб.

## Тривалість вегетаційного періоду та міжфазних періодів у гібридів кукурудзи, 2024 р., діб

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення (фактор С)                           | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |    |    |     |    |    |     |    |    |
|-------------------------|--|---------------------------------------|----|----|-----|----|----|-----|----|----|
|                         |  | 60                                    |    |    | 70  |    |    | 80  |    |    |
|                         |  | 1                                     | 2  | 3  | 1   | 2  | 3  | 1   | 2  | 3  |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 109                                   | 50 | 59 | 109 | 50 | 59 | 109 | 50 | 59 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 113                                   | 52 | 61 | 113 | 52 | 61 | 113 | 52 | 61 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 113                                   | 52 | 61 | 113 | 52 | 61 | 113 | 52 | 61 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 113                                   | 52 | 61 | 113 | 52 | 61 | 113 | 52 | 61 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 114                                   | 53 | 61 | 114 | 53 | 61 | 114 | 53 | 61 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 114                                   | 53 | 61 | 114 | 53 | 61 | 114 | 53 | 61 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 113                                   | 52 | 61 | 113 | 52 | 61 | 114 | 52 | 62 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 117                                   | 54 | 63 | 117 | 54 | 63 | 118 | 54 | 64 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 117                                   | 54 | 63 | 117 | 54 | 63 | 118 | 54 | 64 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 117                                   | 54 | 63 | 117 | 54 | 63 | 118 | 54 | 64 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 118                                   | 55 | 63 | 118 | 55 | 63 | 119 | 55 | 64 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 118                                   | 55 | 63 | 118 | 55 | 63 | 119 | 55 | 64 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 116                                   | 54 | 62 | 116 | 54 | 62 | 116 | 54 | 62 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 120                                   | 56 | 64 | 120 | 56 | 64 | 121 | 56 | 65 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 120                                   | 56 | 64 | 120 | 56 | 64 | 121 | 56 | 65 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 120                                   | 56 | 64 | 120 | 56 | 64 | 121 | 56 | 65 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 121                                   | 56 | 65 | 121 | 56 | 65 | 121 | 56 | 65 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 121                                   | 56 | 65 | 121 | 56 | 65 | 122 | 57 | 65 |

Примітка: 1- тривалість вегетаційного періоду, діб; 2 – тривалість періоду сходи-цвітіння, діб; 3. – тривалість періоду цвітіння-дозрівання, діб.

## Тривалість вегетаційного періоду та міжфазних періодів у гібридів кукурудзи, 2025 р., діб

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення (фактор С)                           | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |    |    |     |    |    |     |    |    |
|-------------------------|--|---------------------------------------|----|----|-----|----|----|-----|----|----|
|                         |  | 60                                    |    |    | 70  |    |    | 80  |    |    |
|                         |  | 1                                     | 2  | 3  | 1   | 2  | 3  | 1   | 2  | 3  |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 115                                   | 52 | 63 | 115 | 52 | 63 | 115 | 52 | 63 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 119                                   | 54 | 65 | 119 | 54 | 65 | 119 | 54 | 65 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 119                                   | 54 | 65 | 119 | 54 | 65 | 119 | 54 | 65 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 119                                   | 54 | 65 | 119 | 54 | 65 | 119 | 54 | 65 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 120                                   | 55 | 65 | 120 | 55 | 65 | 120 | 55 | 65 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 120                                   | 55 | 65 | 120 | 55 | 65 | 120 | 55 | 65 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 119                                   | 54 | 65 | 119 | 54 | 65 | 120 | 54 | 66 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 123                                   | 56 | 67 | 123 | 56 | 67 | 124 | 56 | 68 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 123                                   | 56 | 67 | 123 | 56 | 67 | 124 | 56 | 68 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 123                                   | 56 | 67 | 123 | 56 | 67 | 124 | 56 | 68 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 124                                   | 57 | 67 | 124 | 57 | 67 | 125 | 57 | 68 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 124                                   | 57 | 67 | 124 | 57 | 67 | 125 | 57 | 68 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 122                                   | 56 | 66 | 122 | 56 | 66 | 122 | 56 | 66 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 126                                   | 58 | 68 | 126 | 58 | 68 | 127 | 58 | 69 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 126                                   | 58 | 68 | 126 | 58 | 68 | 127 | 58 | 69 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 127                                   | 58 | 69 | 127 | 59 | 68 | 127 | 58 | 69 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 127                                   | 58 | 69 | 127 | 59 | 68 | 127 | 58 | 69 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 127                                   | 59 | 68 | 127 | 59 | 68 | 128 | 59 | 69 |

Примітка: 1- тривалість вегетаційного періоду, діб; 2 – тривалість періоду сходи-цвітіння, діб; 3. – тривалість періоду цвітіння-дозрівання, діб.

**Висота рослин та прикріплення качана (см), а також їх співвідношення у гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення, у фазу молочної стиглості зерна, за 2023 р.**

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                            | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |     |      |     |     |      |     |     |      |
|-------------------------|--|---------------------------------------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|
|                         |  | 60                                    |     |      | 70  |     |      | 80  |     |      |
|                         |  | 1                                     | 2   | 3    | 1   | 2   | 3    | 1   | 2   | 3    |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                    | 209                                   | 90  | 0,43 | 211 | 91  | 0,43 | 213 | 92  | 0,43 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)             | 223                                   | 96  | 0,43 | 225 | 97  | 0,43 | 228 | 99  | 0,43 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                | 229                                   | 98  | 0,43 | 232 | 100 | 0,43 | 233 | 101 | 0,43 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                 | 228                                   | 97  | 0,43 | 230 | 99  | 0,43 | 232 | 100 | 0,43 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор                  | 230                                   | 99  | 0,43 | 233 | 102 | 0,44 | 234 | 103 | 0,44 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 232                                   | 101 | 0,44 | 235 | 103 | 0,44 | 233 | 105 | 0,45 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                    | 221                                   | 99  | 0,45 | 223 | 101 | 0,45 | 225 | 102 | 0,45 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)             | 236                                   | 106 | 0,45 | 238 | 107 | 0,45 | 240 | 109 | 0,45 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                | 241                                   | 109 | 0,45 | 243 | 110 | 0,45 | 245 | 112 | 0,45 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                 | 240                                   | 108 | 0,45 | 242 | 110 | 0,45 | 244 | 111 | 0,45 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор                  | 242                                   | 110 | 0,46 | 244 | 112 | 0,46 | 246 | 113 | 0,46 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 243                                   | 111 | 0,46 | 245 | 113 | 0,46 | 247 | 114 | 0,46 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                    | 232                                   | 101 | 0,44 | 235 | 103 | 0,44 | 237 | 104 | 0,44 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)             | 243                                   | 108 | 0,44 | 245 | 111 | 0,45 | 246 | 113 | 0,46 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                | 246                                   | 111 | 0,45 | 247 | 113 | 0,46 | 249 | 114 | 0,46 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                 | 245                                   | 110 | 0,45 | 247 | 112 | 0,46 | 250 | 114 | 0,46 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор                  | 247                                   | 113 | 0,46 | 249 | 114 | 0,46 | 251 | 114 | 0,46 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 249                                   | 113 | 0,46 | 251 | 115 | 0,46 | 253 | 116 | 0,46 |

Примітка: 1- висота рослин, см; 2 – висота прикріплення верхнього продуктивного качана;  
3 - індекс співвідношення висоти прикріплення качана до висоти рослини.

**Висота рослин та прикріплення качана (см), а також їх співвідношення у гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення, у фазу молочної стиглості зерна, за 2024 р.**

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                            | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |     |      |     |     |      |     |     |      |
|-------------------------|--|---------------------------------------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|
|                         |  | 60                                    |     |      | 70  |     |      | 80  |     |      |
|                         |  | 1                                     | 2   | 3    | 1   | 2   | 3    | 1   | 2   | 3    |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                    | 188                                   | 82  | 0,44 | 191 | 83  | 0,43 | 189 | 84  | 0,44 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)             | 201                                   | 88  | 0,44 | 203 | 89  | 0,44 | 195 | 90  | 0,46 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                | 207                                   | 90  | 0,44 | 209 | 92  | 0,44 | 205 | 93  | 0,45 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                 | 206                                   | 90  | 0,43 | 208 | 91  | 0,44 | 206 | 92  | 0,45 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор                  | 208                                   | 91  | 0,44 | 210 | 93  | 0,44 | 208 | 94  | 0,45 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 209                                   | 92  | 0,44 | 212 | 94  | 0,44 | 210 | 94  | 0,45 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                    | 201                                   | 89  | 0,44 | 203 | 90  | 0,44 | 200 | 91  | 0,45 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)             | 212                                   | 94  | 0,44 | 213 | 96  | 0,45 | 209 | 96  | 0,46 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                | 215                                   | 96  | 0,45 | 216 | 97  | 0,45 | 212 | 98  | 0,46 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                 | 214                                   | 96  | 0,45 | 215 | 97  | 0,45 | 212 | 98  | 0,46 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор                  | 215                                   | 97  | 0,45 | 216 | 98  | 0,45 | 213 | 99  | 0,46 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 216                                   | 98  | 0,45 | 217 | 99  | 0,46 | 213 | 100 | 0,47 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                    | 210                                   | 93  | 0,44 | 207 | 94  | 0,45 | 203 | 95  | 0,47 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)             | 217                                   | 97  | 0,45 | 214 | 98  | 0,46 | 213 | 99  | 0,46 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                | 221                                   | 100 | 0,45 | 219 | 101 | 0,46 | 215 | 102 | 0,47 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                 | 219                                   | 98  | 0,45 | 218 | 101 | 0,46 | 212 | 102 | 0,48 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор                  | 219                                   | 101 | 0,46 | 218 | 103 | 0,48 | 212 | 103 | 0,49 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 221                                   | 102 | 0,46 | 218 | 103 | 0,47 | 213 | 104 | 0,49 |

Примітка: 1- висота рослин, см; 2 – висота прикріплення верхнього продуктивного качана;  
3 - індекс співвідношення висоти прикріплення качана до висоти рослини

**Висота рослин та прикріплення качана (см), а також їх співвідношення у гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення, у фазу молочної стиглості зерна, за 2025 р.**

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                            | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |     |      |       |     |      |       |     |      |
|-------------------------|--|---------------------------------------|-----|------|-------|-----|------|-------|-----|------|
|                         |  | 60                                    |     |      | 70    |     |      | 80    |     |      |
|                         |  | 1                                     | 2   | 3    | 1     | 2   | 3    | 1     | 2   | 3    |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                    | 194,3                                 | 85  | 0,44 | 197,6 | 86  | 0,44 | 196,4 | 87  | 0,44 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)             | 207,7                                 | 91  | 0,44 | 209,4 | 92  | 0,44 | 212,6 | 93  | 0,44 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                | 213,4                                 | 93  | 0,44 | 215,5 | 95  | 0,44 | 215,3 | 96  | 0,45 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                 | 212,1                                 | 92  | 0,43 | 214,3 | 94  | 0,44 | 213,7 | 95  | 0,44 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор                  | 214,8                                 | 94  | 0,44 | 216,9 | 96  | 0,44 | 214,6 | 97  | 0,45 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 215,8                                 | 95  | 0,44 | 218,7 | 97  | 0,45 | 217,6 | 97  | 0,44 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                    | 207,8                                 | 92  | 0,44 | 209,3 | 93  | 0,44 | 206,8 | 94  | 0,45 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)             | 218,6                                 | 97  | 0,44 | 219,4 | 98  | 0,44 | 216,6 | 99  | 0,45 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                | 221,3                                 | 99  | 0,44 | 222,6 | 100 | 0,44 | 220,9 | 101 | 0,45 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                 | 220,2                                 | 99  | 0,44 | 221,6 | 100 | 0,45 | 218,0 | 101 | 0,46 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор                  | 221,4                                 | 100 | 0,45 | 222,7 | 101 | 0,45 | 222,0 | 102 | 0,46 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 222,7                                 | 101 | 0,45 | 223,3 | 102 | 0,45 | 219,0 | 103 | 0,46 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                    | 216,4                                 | 96  | 0,44 | 214,6 | 97  | 0,45 | 213,0 | 98  | 0,46 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)             | 223,0                                 | 100 | 0,45 | 222,0 | 101 | 0,45 | 218,0 | 102 | 0,47 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                                | 226,5                                 | 103 | 0,45 | 225,7 | 104 | 0,46 | 222,4 | 105 | 0,47 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                                 | 227,0                                 | 106 | 0,47 | 224,0 | 104 | 0,46 | 221,7 | 105 | 0,47 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор                  | 226,0                                 | 104 | 0,46 | 224,6 | 106 | 0,47 | 222,0 | 106 | 0,48 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+<br>Еколайн Бор | 226,5                                 | 105 | 0,46 | 224,0 | 106 | 0,47 | 221,0 | 106 | 0,48 |

Примітка: 1- висота рослин, см; 2 – висота прикріплення верхнього продуктивного качана;  
3 - індекс співвідношення висоти прикріплення качана до висоти рослини

## Вплив густоти рослин та удобрення на елементи структури врожаю у гібридів кукурудзи, 2023 р.

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                        | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |      |       |      |      |       |      |      |       |
|-------------------------|--|---------------------------------------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
|                         |  | 60                                    |      |       | 70   |      |       | 80   |      |       |
|                         |  | 1                                     | 2    | 3     | 1    | 2    | 3     | 1    | 2    | 3     |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 14,1                                  | 26,3 | 265,3 | 14,1 | 22,2 | 259,4 | 14,1 | 20,4 | 245,6 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 14,4                                  | 33,1 | 322,2 | 14,4 | 30,9 | 312,3 | 14,4 | 28,5 | 293,5 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 14,5                                  | 34,4 | 325,9 | 14,5 | 31,5 | 317,8 | 14,5 | 28,7 | 302,1 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 14,4                                  | 33,9 | 323,8 | 14,4 | 31,5 | 316,7 | 14,4 | 28,6 | 302,5 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 14,5                                  | 34,5 | 327,4 | 14,5 | 31,9 | 321,5 | 14,5 | 29,3 | 305,6 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 14,5                                  | 34,6 | 328,8 | 14,5 | 32,1 | 321,9 | 14,5 | 29,5 | 306,3 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 15,1                                  | 27,5 | 264,8 | 15,1 | 24,1 | 252,3 | 15,1 | 22,0 | 244,6 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 15,2                                  | 36,1 | 325,2 | 15,2 | 33,5 | 312,3 | 15,2 | 32,1 | 287,4 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 15,4                                  | 36,6 | 326,3 | 15,4 | 33,5 | 321,6 | 15,4 | 32,3 | 287,6 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 15,3                                  | 36,6 | 326,2 | 15,3 | 33,3 | 318,5 | 15,3 | 32,1 | 285,9 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 15,4                                  | 36,9 | 327,4 | 15,4 | 33,4 | 318,6 | 15,4 | 32,6 | 288,0 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 15,4                                  | 37,0 | 328,2 | 15,4 | 33,6 | 319,1 | 15,4 | 32,6 | 289,3 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 16,0                                  | 24,9 | 269,8 | 16,0 | 23,4 | 237,5 | 16,0 | 22,0 | 225,4 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 16,2                                  | 34,3 | 309,2 | 16,2 | 32,3 | 278,4 | 16,2 | 30,9 | 247,5 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 16,3                                  | 34,8 | 310,2 | 16,3 | 33,0 | 279,2 | 16,3 | 31,1 | 248,7 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 16,3                                  | 34,6 | 307,4 | 16,3 | 32,7 | 277,8 | 16,3 | 30,9 | 247,6 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 16,3                                  | 35,5 | 314,2 | 16,3 | 33,6 | 283,4 | 16,3 | 31,4 | 250,1 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 16,3                                  | 35,6 | 315,0 | 16,3 | 33,7 | 285,2 | 16,3 | 31,5 | 250,4 |

Примітка: 1- кількість рядів зерен, шт.; 2 – кількість зерен в ряду, шт.; 3 – маса 1000 зерен, г.

## Вплив густоти рослин та удобрення на елементи структури врожаю у гібридів кукурудзи, 2024 р.

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                        | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |      |       |      |      |       |      |      |       |
|-------------------------|--|---------------------------------------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
|                         |  | 60                                    |      |       | 70   |      |       | 80   |      |       |
|                         |  | 1                                     | 2    | 3     | 1    | 2    | 3     | 1    | 2    | 3     |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 14,0                                  | 21,1 | 235,6 | 14,0 | 20,2 | 229,9 | 14,0 | 18,5 | 216,7 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 14,1                                  | 28,8 | 285,4 | 14,1 | 27,6 | 281,3 | 14,1 | 25,2 | 262,5 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 14,3                                  | 31,5 | 295,6 | 14,3 | 28,7 | 287,5 | 14,3 | 25,9 | 272,1 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 14,2                                  | 30,8 | 292,4 | 14,2 | 28,4 | 286,6 | 14,2 | 25,3 | 271,4 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 14,3                                  | 31,9 | 296,8 | 14,3 | 29,3 | 288,6 | 14,3 | 26,5 | 273,7 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 14,3                                  | 32,4 | 297,9 | 14,3 | 29,6 | 291,2 | 14,3 | 27,0 | 277,5 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 15,0                                  | 23,4 | 234,5 | 15,0 | 21,0 | 222,1 | 15,0 | 19,1 | 214,5 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 15,0                                  | 30,9 | 295,6 | 15,0 | 30,4 | 279,4 | 15,0 | 29,1 | 261,4 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 15,1                                  | 33,5 | 298,1 | 15,1 | 31,7 | 291,8 | 15,1 | 29,9 | 263,5 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 15,1                                  | 32,5 | 296,7 | 15,1 | 31,2 | 288,5 | 15,1 | 29,6 | 262,1 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 15,2                                  | 33,9 | 299,8 | 15,2 | 32,1 | 297,1 | 15,2 | 30,4 | 265,4 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 15,2                                  | 34,5 | 302,6 | 15,2 | 32,9 | 293,4 | 15,2 | 31,3 | 267,3 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 16,0                                  | 21,8 | 231,9 | 16,0 | 20,3 | 207,1 | 16,0 | 19,1 | 196,3 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 16,2                                  | 31,0 | 275,7 | 16,2 | 29,2 | 251,9 | 16,2 | 28,1 | 219,9 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 16,3                                  | 31,9 | 282,1 | 16,3 | 30,8 | 254,3 | 16,3 | 29,2 | 225,9 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 16,3                                  | 31,6 | 276,1 | 16,3 | 30,3 | 249,5 | 16,3 | 28,4 | 217,8 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 16,3                                  | 32,5 | 283,7 | 16,3 | 31,0 | 255,1 | 16,3 | 29,3 | 228,7 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 16,3                                  | 32,9 | 287,1 | 16,3 | 31,4 | 262,6 | 16,3 | 29,7 | 226,2 |

Примітка: 1- кількість рядів зерен, шт.; 2 – кількість зерен в ряду, шт.; 3 – маса 1000 зерен, г.

## Вплив густоти рослин та удобрення на елементи структури врожаю у гібридів кукурудзи, 2025 р.

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                        | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |      |       |      |      |       |      |      |       |
|-------------------------|--|---------------------------------------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
|                         |  | 60                                    |      |       | 70   |      |       | 80   |      |       |
|                         |  | 1                                     | 2    | 3     | 1    | 2    | 3     | 1    | 2    | 3     |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 14,1                                  | 24,1 | 249,9 | 14,1 | 22,9 | 244,8 | 14,1 | 21,2 | 231,6 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 14,2                                  | 30,9 | 303,0 | 14,2 | 30,0 | 295,0 | 14,2 | 28,0 | 276,4 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 14,4                                  | 33,0 | 309,0 | 14,4 | 31,7 | 306,4 | 14,4 | 30,2 | 288,2 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 14,3                                  | 31,9 | 304,5 | 14,3 | 30,9 | 303,7 | 14,3 | 29,1 | 287,5 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 14,4                                  | 34,0 | 312,9 | 14,4 | 32,3 | 308,5 | 14,4 | 30,8 | 289,8 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 14,4                                  | 34,5 | 313,0 | 14,4 | 32,6 | 309,9 | 14,4 | 30,9 | 291,4 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 15,0                                  | 26,2 | 250,6 | 15,0 | 24,1 | 236,4 | 15,0 | 22,2 | 227,3 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 15,1                                  | 32,4 | 301,5 | 15,1 | 32,1 | 298,8 | 15,1 | 31,4 | 277,5 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 15,3                                  | 34,7 | 308,8 | 15,3 | 33,9 | 304,9 | 15,3 | 33,2 | 273,6 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 15,2                                  | 34,5 | 306,7 | 15,2 | 33,1 | 302,5 | 15,2 | 32,1 | 270,9 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 15,3                                  | 35,2 | 312,8 | 15,3 | 34,5 | 309,4 | 15,3 | 33,2 | 272,0 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 15,3                                  | 36,5 | 313,3 | 15,3 | 35,2 | 311,5 | 15,3 | 33,9 | 273,5 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 16,0                                  | 24,7 | 247,8 | 16,0 | 23,1 | 219,3 | 16,0 | 22,0 | 209,4 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 16,2                                  | 34,3 | 289,6 | 16,2 | 32,1 | 265,8 | 16,2 | 30,8 | 233,7 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 16,3                                  | 35,8 | 297,5 | 16,3 | 33,9 | 268,8 | 16,3 | 31,6 | 241,4 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 16,3                                  | 35,0 | 293,2 | 16,3 | 33,4 | 263,5 | 16,3 | 31,2 | 232,9 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 16,3                                  | 35,8 | 299,6 | 16,3 | 34,2 | 271,4 | 16,3 | 31,9 | 245,5 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 16,3                                  | 36,4 | 303,4 | 16,3 | 34,9 | 276,7 | 16,3 | 32,5 | 246,4 |

Примітка: 1- кількість рядів зерен, шт.; 2 – кількість зерен в ряду, шт.; 3 – маса 1000 зерен, г.

**Кількість зерен (шт.) і маса зерна з качана (г) у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин,  
2023 рр.**

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                        | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |       |       |       |       |       |
|-------------------------|--|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         |  | 60                                    |       | 70    |       | 80    |       |
|                         |  | 1                                     | 2     | 1     | 2     | 1     | 2     |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 370,8                                 | 98,4  | 313,0 | 81,2  | 287,6 | 70,6  |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 476,6                                 | 153,6 | 445,0 | 139,0 | 410,4 | 120,5 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 498,8                                 | 162,6 | 456,8 | 145,2 | 416,2 | 125,7 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 488,2                                 | 158,1 | 453,6 | 143,7 | 411,8 | 124,6 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 500,3                                 | 163,8 | 462,6 | 148,7 | 424,9 | 129,8 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 501,7                                 | 165,0 | 465,5 | 149,8 | 427,8 | 131,0 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 415,3                                 | 110,0 | 363,9 | 91,8  | 332,2 | 81,3  |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 548,7                                 | 178,4 | 509,2 | 159,0 | 487,9 | 140,2 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 563,6                                 | 183,9 | 515,9 | 165,9 | 497,4 | 143,1 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 560,0                                 | 182,7 | 509,5 | 162,3 | 491,1 | 140,4 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 568,3                                 | 186,0 | 514,4 | 163,9 | 502,0 | 144,6 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 569,8                                 | 187,0 | 517,4 | 165,1 | 502,0 | 145,2 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 398,4                                 | 107,5 | 374,4 | 88,9  | 352,0 | 79,3  |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 555,7                                 | 171,8 | 523,3 | 145,7 | 500,6 | 123,9 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 567,2                                 | 176,0 | 537,9 | 150,2 | 506,9 | 126,1 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 564,0                                 | 173,4 | 533,0 | 148,1 | 503,7 | 124,7 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 578,7                                 | 181,8 | 547,7 | 155,2 | 511,8 | 128,0 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 580,3                                 | 182,8 | 549,3 | 156,7 | 513,5 | 128,6 |

Примітка: 1) кількість зерен із качана, шт.; 2) маса зерна із качана, г

**Кількість зерен (шт.) і маса зерна з качана (г) у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин,  
2024 рр.**

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                        | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |       |       |       |       |       |
|-------------------------|--|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         |  | 60                                    |       | 70    |       | 80    |       |
|                         |  | 1                                     | 2     | 1     | 2     | 1     | 2     |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 295,4                                 | 69,6  | 282,8 | 65,0  | 259,0 | 56,1  |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 406,1                                 | 115,9 | 389,2 | 109,5 | 355,3 | 93,3  |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 450,5                                 | 133,2 | 410,4 | 118,0 | 370,4 | 100,8 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 437,4                                 | 127,9 | 403,3 | 115,6 | 359,3 | 97,5  |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 456,2                                 | 135,4 | 419,0 | 120,9 | 379,0 | 103,7 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 463,2                                 | 138,0 | 423,3 | 123,3 | 386,1 | 107,1 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 351,0                                 | 82,3  | 315,0 | 70,0  | 286,5 | 61,5  |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 463,5                                 | 137,0 | 456,0 | 127,4 | 436,5 | 114,1 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 505,9                                 | 150,8 | 478,7 | 139,7 | 451,5 | 119,0 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 490,8                                 | 145,6 | 471,1 | 135,9 | 447,0 | 117,1 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 515,3                                 | 154,5 | 487,9 | 142,3 | 462,1 | 122,6 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 524,4                                 | 158,7 | 500,1 | 146,7 | 475,8 | 127,2 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 348,8                                 | 80,9  | 324,8 | 67,3  | 305,6 | 60,0  |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 502,2                                 | 138,5 | 473,0 | 119,2 | 455,2 | 100,1 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 520,0                                 | 146,7 | 502,0 | 127,7 | 476,0 | 107,5 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 515,1                                 | 142,2 | 493,9 | 123,2 | 462,9 | 100,8 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 529,8                                 | 150,3 | 505,3 | 128,9 | 477,6 | 109,2 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 536,3                                 | 154,0 | 511,8 | 134,4 | 484,1 | 109,5 |

Примітка: 1) кількість зерен із качана, шт.; 2) маса зерна із качана, г.

**Кількість зерен (шт.) і маса зерна з качана (г) у гібридів кукурудзи залежно від удобрення та густоти рослин,  
2025 рр.**

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                        | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |       |       |       |       |       |
|-------------------------|--|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         |  | 60                                    |       | 70    |       | 80    |       |
|                         |  | 1                                     | 2     | 1     | 2     | 1     | 2     |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 339,8                                 | 84,9  | 322,9 | 79,0  | 298,9 | 69,2  |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 438,8                                 | 133,0 | 426,0 | 125,7 | 397,6 | 109,9 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 475,2                                 | 146,8 | 456,5 | 139,9 | 434,9 | 125,3 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 456,2                                 | 138,9 | 441,9 | 134,2 | 416,1 | 119,6 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 489,6                                 | 153,2 | 465,1 | 143,5 | 443,5 | 128,5 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 496,8                                 | 155,5 | 469,4 | 145,5 | 445,0 | 129,7 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 393,0                                 | 98,5  | 361,5 | 85,5  | 333,0 | 75,7  |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 489,2                                 | 147,5 | 484,7 | 144,8 | 474,1 | 131,6 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 530,9                                 | 163,9 | 518,7 | 158,1 | 508,0 | 139,0 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 524,4                                 | 160,8 | 503,1 | 152,2 | 487,9 | 132,2 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 538,6                                 | 168,5 | 527,9 | 163,3 | 508,0 | 138,2 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 558,5                                 | 175,0 | 538,6 | 167,8 | 518,7 | 141,9 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 395,2                                 | 97,9  | 369,6 | 81,1  | 352,0 | 73,7  |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 555,7                                 | 160,9 | 520,0 | 138,2 | 499,0 | 116,6 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 583,5                                 | 173,6 | 552,6 | 148,5 | 515,1 | 124,3 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 570,5                                 | 167,3 | 544,4 | 143,5 | 508,6 | 118,4 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 583,5                                 | 174,8 | 557,5 | 151,3 | 520,0 | 127,7 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 593,3                                 | 180,0 | 568,9 | 157,4 | 529,8 | 130,5 |

Примітка: 1) кількість зерен із качана, шт.; 2) маса зерна із качана, г.

## Додаток Ж

Дисперсійний аналіз урожайності гібридів кукурудзи, за 2023 р.

| Дисперсія            | Сума квадратів | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Критерій F 0,05 |             |
|----------------------|----------------|------------------------|------------------|-----------------|-------------|
|                      |                |                        |                  | фактичний       | теоретичний |
| Загальна             | 549,7          |                        |                  |                 |             |
| Повторення           | 0,42           |                        |                  |                 |             |
| А                    | 4,76           | 2                      | 2,38             | 55,9            | 3,12        |
| В                    | 36,11          | 2                      | 18,06            | 423,9           | 3,12        |
| С                    | 492,8          | 5                      | 98,56            | 2314,19         | 2,48        |
| Взаємодія АВ         | 4,74           | 8                      | 0,59             | 13,91           | 2,05        |
| Взаємодія АС         | 0,58           | 17                     | 0,03             | 0,79            | 1,93        |
| Взаємодія ВС         | 3,87           | 17                     | 0,23             | 5,34            | 1,93        |
| Взаємодія АВС        | 1,81           | 53                     | 0,03             | 0,80            | 1,65        |
| Випадкові відхилення | 4,64           | 109                    | 0,04             |                 |             |

## Додаток Ж І

Дисперсійний аналіз урожайності гібридів кукурудзи, за 2024 р.

| Дисперсія            | Сума квадратів | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Критерій F 0,05 |             |
|----------------------|----------------|------------------------|------------------|-----------------|-------------|
|                      |                |                        |                  | фактичний       | теоретичний |
| Загальна             | 476,72         |                        |                  |                 |             |
| Повторення           | 0,24           |                        |                  |                 |             |
| А                    | 4,29           | 2                      | 2,15             | 37,5            | 3,12        |
| В                    | 38,29          | 2                      | 19,15            | 334,5           | 3,12        |
| С                    | 417,95         | 5                      | 83,59            | 1460,2          | 2,48        |
| Взаємодія АВ         | 4,02           | 8                      | 0,50             | 8,77            | 2,05        |
| Взаємодія АС         | 0,52           | 17                     | 0,03             | 0,53            | 1,93        |
| Взаємодія ВС         | 3,88           | 17                     | 0,23             | 3,99            | 1,93        |
| Взаємодія АВС        | 1,27           | 53                     | 0,023            | 0,42            | 1,65        |
| Випадкові відхилення | 6,24           | 109                    | 0,057            |                 |             |

## Додаток Ж 2

Дисперсійний аналіз урожайності гібридів кукурудзи, за 2025 р.

| Дисперсія            | Сума квадратів | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Критерій F 0,05 |             |
|----------------------|----------------|------------------------|------------------|-----------------|-------------|
|                      |                |                        |                  | фактичний       | теоретичний |
| Загальна             | 474,9          |                        |                  |                 |             |
| Повторення           | 1,57           |                        |                  |                 |             |
| А                    | 6,33           | 2                      | 3,17             | 51,89           | 3,12        |
| В                    | 21,59          | 2                      | 10,79            | 176,85          | 3,12        |
| С                    | 420,07         | 5                      | 84,01            | 1376,5          | 2,48        |
| Взаємодія АВ         | 11,52          | 8                      | 1,44             | 23,59           | 2,05        |
| Взаємодія АС         | 0,95           | 17                     | 0,06             | 0,91            | 1,93        |
| Взаємодія ВС         | 3,61           | 17                     | 0,21             | 3,48            | 1,93        |
| Взаємодія АВС        | 2,64           | 53                     | 0,05             | 0,82            | 1,65        |
| Випадкові відхилення | 6,65           | 109                    | 0,06             |                 |             |

## Вплив густоти рослин та удобрення на вихід крохмалю, жиру і білка у гібридів кукурудзи, 2023 р.

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                        | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------|--|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                         |  | 60                                    |      |      | 70   |      |      | 80   |      |      |
|                         |  | 1                                     | 2    | 3    | 1    | 2    | 3    | 1    | 2    | 3    |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 4,2                                   | 0,26 | 0,48 | 3,99 | 0,24 | 0,46 | 3,89 | 0,23 | 0,44 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 6,4                                   | 0,38 | 0,81 | 6,6  | 0,38 | 0,84 | 6,4  | 0,37 | 0,80 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 6,6                                   | 0,39 | 0,85 | 7,0  | 0,40 | 0,87 | 6,7  | 0,38 | 0,84 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 6,5                                   | 0,38 | 0,83 | 6,8  | 0,39 | 0,87 | 6,6  | 0,37 | 0,83 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 6,8                                   | 0,40 | 0,87 | 7,1  | 0,41 | 0,90 | 7,0  | 0,39 | 0,87 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 6,9                                   | 0,40 | 0,88 | 7,2  | 0,41 | 0,91 | 7,0  | 0,39 | 0,88 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 4,4                                   | 0,27 | 0,51 | 4,3  | 0,27 | 0,48 | 4,3  | 0,26 | 0,47 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 7,3                                   | 0,43 | 0,92 | 7,6  | 0,45 | 0,95 | 7,4  | 0,44 | 0,90 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 7,6                                   | 0,45 | 0,95 | 7,8  | 0,46 | 0,97 | 7,6  | 0,44 | 0,93 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 7,3                                   | 0,43 | 0,93 | 7,6  | 0,45 | 0,95 | 7,4  | 0,43 | 0,91 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 7,6                                   | 0,45 | 0,96 | 7,8  | 0,46 | 0,98 | 7,6  | 0,45 | 0,94 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 7,6                                   | 0,45 | 0,97 | 7,9  | 0,46 | 1,0  | 7,6  | 0,45 | 0,95 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 4,3                                   | 0,27 | 0,51 | 4,3  | 0,27 | 0,49 | 4,2  | 0,26 | 0,47 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 7,0                                   | 0,42 | 0,92 | 6,8  | 0,40 | 0,85 | 6,5  | 0,39 | 0,81 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 7,3                                   | 0,43 | 0,95 | 7,1  | 0,41 | 0,89 | 6,7  | 0,39 | 0,83 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 7,1                                   | 0,42 | 0,93 | 6,9  | 0,41 | 0,87 | 6,6  | 0,39 | 0,82 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 7,4                                   | 0,44 | 0,98 | 7,2  | 0,43 | 0,92 | 6,7  | 0,40 | 0,84 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 7,5                                   | 0,44 | 0,99 | 7,3  | 0,43 | 0,93 | 6,8  | 0,40 | 0,85 |

Примітка: 1- вихід крохмалю, т/га; 2 – вихід жиру, т/га; 3 – вихід білка, т/га.

## Вплив густоти рослин та удобрення на вихід крохмалю, жиру і білка у гібридів кукурудзи, 2024 р.

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                        | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |      |      |     |      |      |     |      |      |
|-------------------------|--|---------------------------------------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|
|                         |  | 60                                    |      |      | 70  |      |      | 80  |      |      |
|                         |  | 1                                     | 2    | 3    | 1   | 2    | 3    | 1   | 2    | 3    |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 2,87                                  | 0,20 | 0,39 | 3,1 | 0,21 | 0,43 | 3,0 | 0,20 | 0,40 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 4,7                                   | 0,31 | 0,70 | 5,1 | 0,33 | 0,74 | 4,8 | 0,31 | 0,69 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 5,2                                   | 0,35 | 0,78 | 5,4 | 0,36 | 0,80 | 5,2 | 0,33 | 0,75 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 5,1                                   | 0,34 | 0,76 | 5,3 | 0,35 | 0,78 | 5,0 | 0,32 | 0,72 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 5,4                                   | 0,36 | 0,81 | 5,6 | 0,37 | 0,82 | 5,3 | 0,34 | 0,77 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 5,4                                   | 0,36 | 0,82 | 5,7 | 0,37 | 0,84 | 5,5 | 0,36 | 0,80 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 3,2                                   | 0,22 | 0,43 | 3,2 | 0,22 | 0,42 | 3,2 | 0,22 | 0,41 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 5,4                                   | 0,36 | 0,78 | 5,9 | 0,39 | 0,84 | 5,8 | 0,39 | 0,83 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 6,0                                   | 0,40 | 0,87 | 6,4 | 0,42 | 0,91 | 6,1 | 0,40 | 0,87 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 5,7                                   | 0,38 | 0,83 | 6,2 | 0,41 | 0,89 | 6,0 | 0,39 | 0,85 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 6,1                                   | 0,41 | 0,90 | 6,6 | 0,44 | 0,95 | 6,2 | 0,41 | 0,90 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 6,2                                   | 0,42 | 0,93 | 6,7 | 0,45 | 0,99 | 6,4 | 0,43 | 0,93 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 3,2                                   | 0,22 | 0,43 | 3,2 | 0,22 | 0,42 | 3,1 | 0,21 | 0,40 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 5,5                                   | 0,37 | 0,83 | 5,4 | 0,36 | 0,79 | 5,1 | 0,34 | 0,74 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 5,9                                   | 0,39 | 0,88 | 5,8 | 0,38 | 0,86 | 5,6 | 0,36 | 0,80 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 5,6                                   | 0,38 | 0,85 | 5,6 | 0,37 | 0,82 | 5,1 | 0,34 | 0,74 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 6,0                                   | 0,40 | 0,90 | 5,9 | 0,39 | 0,87 | 5,7 | 0,37 | 0,82 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 6,2                                   | 0,41 | 0,93 | 6,1 | 0,40 | 0,89 | 5,7 | 0,37 | 0,82 |

Примітка: 1- вихід крохмалю, т/га; 2 – вихід жиру, т/га; 3 – вихід білка, т/га.

## Вплив густоти рослин та удобрення на вихід крохмалю, жиру і білка у гібридів кукурудзи, 2025 р.

| Гібрид<br>(фактор<br>А) | Удобрення<br>(фактор С)                        | Густота рослин, тис. р./га (фактор В) |      |      |     |      |      |     |      |      |
|-------------------------|--|---------------------------------------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|
|                         |  | 60                                    |      |      | 70  |      |      | 80  |      |      |
|                         |  | 1                                     | 2    | 3    | 1   | 2    | 3    | 1   | 2    | 3    |
| ДКС 3795                | Без добрив (к.)                                | 3,3                                   | 0,22 | 0,41 | 3,5 | 0,23 | 0,43 | 3,5 | 0,21 | 0,41 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 5,1                                   | 0,32 | 0,68 | 5,4 | 0,34 | 0,72 | 5,3 | 0,32 | 0,69 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 5,4                                   | 0,34 | 0,73 | 6,0 | 0,37 | 0,80 | 6,0 | 0,37 | 0,79 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 5,2                                   | 0,33 | 0,70 | 5,8 | 0,36 | 0,77 | 5,8 | 0,35 | 0,75 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 5,7                                   | 0,36 | 0,78 | 6,2 | 0,38 | 0,83 | 6,2 | 0,37 | 0,81 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 5,7                                   | 0,36 | 0,78 | 6,1 | 0,38 | 0,82 | 6,1 | 0,37 | 0,80 |
| ДКС 3972                | Без добрив (к.)                                | 3,6                                   | 0,24 | 0,43 | 3,6 | 0,24 | 0,43 | 3,6 | 0,24 | 0,42 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 5,3                                   | 0,34 | 0,71 | 6,1 | 0,39 | 0,80 | 6,1 | 0,38 | 0,79 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 6,1                                   | 0,39 | 0,81 | 6,7 | 0,42 | 0,88 | 6,7 | 0,41 | 0,86 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 6,0                                   | 0,37 | 0,78 | 6,6 | 0,41 | 0,86 | 6,4 | 0,39 | 0,82 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 6,2                                   | 0,39 | 0,84 | 7,2 | 0,45 | 0,94 | 6,6 | 0,41 | 0,86 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 6,6                                   | 0,41 | 0,88 | 7,4 | 0,45 | 0,97 | 6,8 | 0,42 | 0,90 |
| ДКС 4351                | Без добрив (к.)                                | 3,6                                   | 0,24 | 0,44 | 3,6 | 0,24 | 0,43 | 3,6 | 0,23 | 0,42 |
|                         | N <sub>100</sub> P <sub>31</sub> (фон)         | 6,0                                   | 0,38 | 0,82 | 5,8 | 0,37 | 0,78 | 5,6 | 0,35 | 0,74 |
|                         | Фон + Сульфат цинку                            | 6,5                                   | 0,41 | 0,90 | 6,4 | 0,39 | 0,85 | 6,0 | 0,37 | 0,79 |
|                         | Фон + Еколайн Цинк                             | 6,2                                   | 0,39 | 0,87 | 6,1 | 0,38 | 0,82 | 5,7 | 0,35 | 0,74 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Бор              | 6,6                                   | 0,41 | 0,91 | 6,5 | 0,40 | 0,87 | 6,2 | 0,38 | 0,81 |
|                         | Фон + Сульфат цинку + Еколайн Цинк+Еколайн Бор | 6,8                                   | 0,42 | 0,94 | 6,8 | 0,42 | 0,90 | 6,3 | 0,39 | 0,82 |

Примітка: 1- вихід крохмалю, т/га; 2 – вихід жиру, т/га; 3 – вихід білка, т/га.



АКТ від 07.11.2025 року  
впровадження завершеної науково-технічної розробки

1. Назва науково-дослідної установи: Вінницький національний аграрний університет, кафедра землеробства, ґрунтознавства та агрохімії.

Акт впровадження результатів дисертації на тему: «Застосування цифрових технологій при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах зони нестійкого зволоження Лісостепу правобережного».

2. Автор акту впровадження результатів дисертації: Богомаз Сергій Олександрович – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету.

3. Впровадження проводилось: ФГ «Голден Ленд» село Пугачівка, Жашківського району, Черкаської області.

4. Відповідальний за проведення впровадження:

- від Вінницького національного аграрного університету: Богомаз Сергій Олександрович – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету;

- від ФГ «Голден Ленд»: Шерстюк Григорій Петрович, директор ФГ «Голден Ленд».

5. Умови проведення впровадження: агрокліматична зона – Лісостеп, ґрунти – чорнозем типовий.

6. Обсяг впровадження – 20 га.

7. Період впровадження – 2025 рр.

8. Результати впровадження: підвищення урожайності кукурудзи на зерно від 30-40% від застосування удосконалених технологічних прийомів вирощування гібридів кукурудзи ДКС 3795, ДКС 3972 порівняно з контрольним варіантом (без удобрення).

9. Рекомендовано для виробництва: вирощування гібридів кукурудзи ДКС 3795 та ДКС 3972 за передзбиральної густоти стояння рослин 70 тис. шт./га. Система удобрення має передбачати внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub>, а також застосування сульфату цинку у нормі 8 кг/га під передпосівну культивуацію. Упродовж вегетації доцільно проводити позакореневі підживлення мікродобривами Еколайн Цинк і Еколайн Бор у нормі 1 л/га кожного препарату.

Відповідальні виконавці:

аспірант кафедри землеробства,  
ґрунтознавства та агрохімії  
Вінницького національного аграрного  
університету

Директор ФГ «Голден Ленд»



С.О. Богомаз

Г.П. Шерстюк



**Фермерське господарство «Флора Андрій Арсеньович»**  
 24600, вул. Сергія Бойка б.11, селище Крижопіль, Тульчинського району, Вінницької обл. Тел. 0971262279  
 Код ЄДРПОУ 20116087, ПІН 201160802093  
 Електронна адреса: [main@flora-fg.com](mailto:main@flora-fg.com)  
 Сайт: <https://flora-fg.com>

Вих. № 21/01 від 21.01.2026 року

АКТ від 21.01.2026 року

впровадження завершеної науково-технічної розробки

1. Назва науково-дослідної установи: Вінницький національний аграрний університет, кафедра землеробства, ґрунтознавства та агрохімії.

Назва впровадженої НТР: «Застосування цифрових технологій при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах зони нестійкого зволоження Лісостепу правобережного».

2. Автор впровадженої НТР: Богомаз Сергій Олександрович – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету.

3. Впровадження проводилось: ФГ «ФЛОРА А.А.» селище Крижопіль, Тульчинського району, Вінницької області.

4. Відповідальний за проведення впровадження:  
 - від Вінницького національного аграрного університету: Богомаз Сергій Олександрович – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету;

- від ФГ «ФЛОРА А.А.»: Капріца Андрій Олександрович, голова ФГ «ФЛОРА А.А.».

5. Умови проведення впровадження: агрокліматична зона – Лісостеп, ґрунти – чорнозем опідзолений.

6. Обсяг впровадження – 25 га.

7. Період впровадження – 2023-2026 рр.

8. Результати впровадження: підвищення урожайності кукурудзи на зерно від 40-45% від застосування удосконалених технологічних прийомів вирощування гібридів кукурудзи ДКС 3795, ДКС 3972 порівняно з контрольним варіантом (без удобрення).

9. Рекомендації виробництву: вирощувати гібриди кукурудзи ДКС 3795, ДКС 3972 за передзбиральної густоти рослин 70 тис. шт./га і внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> та у передпосівну культивування сульфат цинку у нормі 8 кг/га, проводити позакореневі підживлення мікродобривом Еколайн Цинк (1 л/га) і Еколайн Бор (1 л/га).

Відповідальні виконавці:

**аспірант кафедри землеробства,  
 ґрунтознавства та агрохімії  
 Вінницького національного аграрного  
 університету**

**Голова ФГ «ФЛОРА А.А.»**



**С.О. Богомаз**

**А.О. Капріца**



**Фермерське господарство «Флора Андрій Арсеньович»**

24600, вул. Сергія Бойка б.11, селище Крижопіль, Тульчинського району, Вінницької обл. Тел.0971262279

Код ЄДРПОУ 20116087, ІПН 201160802093

Електронна адреса: [main@flora-farm.com](mailto:main@flora-farm.com)

Сайт: <https://flora-farm.com>

Вих. № 30/01 від 30.01.2026 року



ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова ФГ «ФЛОРА А.А.»

Капріца А.О.

2026 р.

АКТ від 30.01.2026 року

впровадження завершеної науково-технічної розробки

1. Назва науково-дослідної установи: Вінницький національний аграрний університет, кафедра землеробства, ґрунтознавства та агрохімії.

Назва впровадженої НТР: «Застосування цифрових технологій при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах зони нестійкого зволоження Лісостепу правобережного».

2. Автор впровадженої НТР: Богомаз Сергій Олександрович – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету.

3. Впровадження проводилось: ФГ «ФЛОРА А.А.» селище Крижопіль, Тульчинського району, Вінницької області.

4. Відповідальний за проведення впровадження: від Вінницького національного аграрного університету: Богомаз Сергій Олександрович – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету;

від ФГ «ФЛОРА А.А.»: Капріца Андрій Олександрович, голова ФГ «ФЛОРА А.А.».

5. Умови проведення впровадження: агрокліматична зона – Лісостеп, ґрунти – чорнозем опідзолений.

6. Обсяг впровадження – 20 га.

7. Період впровадження – 2023-2026 рр.

8. Результати впровадження: підвищення урожайності кукурудзи на зерно від 40-42% від застосування удосконалених технологічних прийомів вирощування гібрида кукурудзи ДКС 4351 порівняно з контрольним варіантом (без удобрення).

9. Рекомендації виробництву: вирощувати гібрид кукурудзи ДКС 4351 за передзбиральної густоти рослин 60 тис. шт./га і внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> та у передпосівну культивуацію сульфат цинку у нормі 8 кг/га, проводити позакореневі підживлення мікродобривом Еколайн Цинк (1 л/га) і Еколайн Бор (1 л/га).

Відповідальні виконавці:

**аспірант кафедри землеробства,  
ґрунтознавства та агрохімії  
Вінницького національного аграрного  
університету**

**Голова ФГ «ФЛОРА А.А.»**



С.О. Богомаз

А.О. Капріца

**ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
"МІЗОЧ-АГРОПРОДУКТ"**

р/р UA863204780000026004212002861 в ПАТ АБ«УКРГАЗБАНК»  
Україна, 35708, Рівненська обл., Рівненський р-н, с. Мізоч, вул. Острозька 1, Код  
ЄДРПОУ: 00906628, тел. (03652) 40-717, mail: mizochagro@gmail.com

Вих. №17 від 10.12.2025 р.

**АКТ  
впровадження завершеної науково-технічної розробки**

1. Назва науково-дослідної установи: Вінницький національний аграрний університет, кафедра землеробства, ґрунтознавства та агрохімії.

Назва впровадженої НТР: «Застосування цифрових технологій при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах зони нестійкого зволоження Лісостепу правобережного».

2. Автор впровадженої НТР: Богомаз Сергій Олександрович – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету.

3. Впровадження проводилось: ТОВ «МІЗОЧ-АГРОПРОДУКТ» село Мізоч, Рівненського району, Рівненської області.

4. Відповідальний за проведення впровадження: від Вінницького національного аграрного університету: Богомаз Сергій Олександрович – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету;

від ТОВ «МІЗОЧ-АГРОПРОДУКТ»: Мусієвич Олена Миколаївна, в.о. директора ТОВ «МІЗОЧ-АГРОПРОДУКТ».

5. Умови проведення впровадження: агрокліматична зона – Полісся, ґрунти – дерново-підзолисті.

6. Обсяг впровадження – 15 га.

7. Період впровадження – 2023-2026 рр.

8. Результати впровадження: підвищення урожайності кукурудзи на зерно від 28-35% від застосування удосконалених технологічних прийомів вирощування гібрида кукурудзи ДКС 4351 порівняно з контрольним варіантом (без удобрення).

9. Рекомендації виробництву: вирощувати гібрид кукурудзи ДКС 4351 за передзбиральної густоти рослин 60 тис. шт./га і внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>100</sub>P<sub>31</sub> та у передпосівну культивуацію сульфат цинку у нормі 8 кг/га, проводити позакореневі підживлення мікродобривом Еколайн Цинк (1 л/га) і Еколайн Бор (1 л/га).

Відповідальні виконавці:

аспірант кафедри землеробства,  
ґрунтознавства та агрохімії  
Вінницького національного аграрного  
університету

В.о. директора  
ТОВ «МІЗОЧ-АГРОПРОДУКТ»

С.О. Богомаз

О.М. Мусієвич





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

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

05 грудня 2024 р. № 011-60-152d  
на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

**ДОВІДКА**

про впровадження результатів наукових досліджень  
дисертаційної роботи **Богомаза Сергія Олександровича**  
на тему: «Застосування цифрових технологій при вирощуванні кукурудзи на  
зерно в умовах зони нестійкого зволоження Лісостепу правобережного»

Повідомляємо, що наукові розробки Богомаза Сергія Олександровича за вказаною темою дисертації мають практичну цінність, що зумовлено їх впровадженням у навчально-методичний процес та наукову роботу кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії факультету агрономії, садівництва та захисту рослин навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування.

Положення дисертаційної роботи використовується при викладанні навчальної дисципліни «Агрохімія».

Довідка видана Богомазу Сергію Олександровичу. для представлення у спеціалізовану вчену раду за місцем захисту його дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Розглянуто та затверджено на засіданні науково-методичної комісії Вінницького національного аграрного університету від 06 листопада 2024 року, протокол № 4.

Ректор



Віктор МАЗУР

№ 02311