

СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

НАУМОВ ЄВГЕНІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК: 633.15 : 631.8

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОПТИМІЗАЦІЯ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ
ГРУП СТИГЛОСТІ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ
УКРАЇНИ**

201 Агрономія

20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

Євгеній Наумов

Науковий керівник: Оничко Віктор Іванович, кандидат
сільськогосподарських наук, доцент

Суми – 2024

АНОТАЦІЯ

Наумов Є. О. Оптимізація азотного живлення посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах північно східного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» (20 – Аграрні науки та продовольство). – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2024.

У складних реаліях сьогодення, спричинених війною, аграрний сектор України забезпечує 53% обсягу зовнішньої торгівлі, і є основним джерелом валютних надходжень. У 2022 загальна вартість реалізованої сільськогосподарської продукції році склала понад 23 млрд. дол., де 5,94 млрд. дол. або 25,8% належить кукурудзі, яка стала лідером торгівлі.

Завдяки сприятливому географічному положенню та відповідно високому експортному продовольчому потенціалу аграрне виробництво України відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки як нашої держави, так і у вирішенні глобальної продовольчої кризи, а також впливає на якість харчування та відповідно на здоров'я людей.

Одним із напрямків національної економічної стратегії на період до 2030 року передбачено збільшення обсягів експорту агропродукції до 40 млрд. дол. та зростання урожайності сільськогосподарських культур на 30%.

Серед існуючих технологічних заходів вирощування сільськогосподарських культур в цілому, так і кукурудзи зокрема, найбільш дієвим є внесення мінеральних добрив, перш за все азотних. За обсягами виносу нітрогену з урожаєм на 1 га посіву саме кукурудза посідає провідне місце серед інших рослин, що свідчить про її нітрофільність.

У контексті декарбонізації як світового сільського господарства, так і аграрного виробництва України, оптимізація азотного живлення кукурудзи є актуальним питанням, особливо в умовах глобальних змін клімату, які

знайшли своє віддзеркалення і в умовах північно-східного Лісостепу України.

Відповідно підставою для дисертації стали матеріали науково-дослідної роботи, яка ввійшла до складу завдань тематичних планів та державної наукової теми Сумського національного аграрного університету на 2019–2024 рр. – «Удосконалити елементи технологій вирощування зернових і круп'яних культур з урахуванням оптимізації агротехнічних заходів та агробіологічного контролю росту та розвитку рослин в умовах північно-східного Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0119U103779).

Мета дослідження полягала у встановленні агробіологічних особливостей росту та розвитку гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від азотного живлення та розробки на їхній основі шляхів управління продукційним процесом формування зернової продуктивності в умовах північно-східного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі завдання: виявити особливості впливу способів удобрення на тривалість вегетаційного періоду гібридів кукурудзи різних груп стиглості; встановити залежність динаміки густоти посівів від норм і форм внесення мінерального азоту; дослідити вплив досліджуваних факторів на формування площі фотосинтетично-активної поверхні посівів кукурудзи та показника NDVI; з'ясувати особливості лінійного росту рослин залежно від удобрення та біологічних особливостей досліджуваних гібридів; визначити залежність формування елементів структури урожаю кукурудзи від норм і форм мінерального азоту; оцінити вплив досліджуваних факторів на зернову продуктивність досліджуваної культури та якість вирощеної продукції; дати біоенергетичну та економічну оцінки досліджуваних технологічних факторів вирощування кукурудзи і виявити найбільш конкурентоспроможні варіанти досліду; обґрунтувати рекомендації виробництву для формування високопродуктивних посівів кукурудзи в умовах північно-східного Лісостепу України.

Об'єктом дослідження став аналіз процесів росту, розвитку та формування зернової продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від моделей технології вирощування в умовах північно-східного Лісостепу України.

Предметом дослідження були гібриди кукурудзи ДКС 3050, ДКС 3730 та ДКС 4178, мінеральні добрива, урожайність, якість зерна, економічна та енергетична ефективність.

Уперше для умов північно-східного Лісостепу України розроблено модель системи удобрення кукурудзи, в якій обґрунтовано параметри норм і форм внесення мінерального азоту; встановлено особливості розвитку біомаси посівів кукурудзи за показником NDVI залежно від норм і форм внесення мінерального азоту; виявлено вплив досліджуваних факторів на зміну показників приладу N-тестер – накопичення вмісту хлорофілу в листках.

Удосконалено технологію вирощування кукурудзи на зерно для умов північно-східного Лісостепу України

Набули подальшого розвитку наукові положення щодо питання формування врожайності та якості зерна кукурудзи різних груп стиглості залежно від удобрення.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці оптимального способу удобрення гібридів кукурудзи різних груп стиглості, який забезпечує одержання у виробничих умовах 9-10 т/га зерна, із рівнем рентабельності більше 54,2-60,2%. Основні результати досліджень впроваджено в агроформуваннях Сумської області на загальній площі 796 га.

Встановлено, що тривалість вегетаційного періоду досліджуваних гібридів кукурудзи залежала від їх біологічних особливостей та способів удобрення. У ранньостиглого гібриду ДКС 3050 від появи сходів до настання фізіологічної стиглості пройшло 89-108 днів; середньораннього ДКС 3730 – 95-112 днів і середньостиглого ДКС 4178 – 99-115 днів. Внесення азотних

добрих подовжувало вегетацію рослин кукурудзи на 10-17 днів залежно від норми та форми внесення.

Виявлено вплив форм мінерального азоту на формування посівів кукурудзи. Найвищі показники густоти рослин на час збирання зафіксовано при внесенні безводного аміаку 71,5-72,6 тис/га у гібриду ДКС 3050; 71,4-72,8 тис/га у гібрида ДКС 3730 та 71,8-73,2 у середньостиглого гібрида ДКС 4178. Варіанти із використанням карбаміду та КАС-32 поступалися безводному аміаку за вказаним показником.

Досліджено особливості лінійного росту рослин кукурудзи під впливом норм мінерального азоту. На початкових етапах вегетації VE-V5 значного впливу удобрення на ріст рослин не спостерігається. У фазі V8 відмічене збільшення лінійних розмірів кукурудзи, при цьому на варіантах із внесенням КАС-32 та безводного аміаку висота рослин становила відповідно 76,0-87,5 та 75,3-87,1 см, тоді як при застосуванні карбаміду – 72,6-86,6 см. У фазу викидання волотей VT найбільша висота рослин відмічена при застосуванні карбаміду 240,3-263,3 см, дещо меншою вона була на варіантах із внесенням безводного аміаку – 242,6-259,9 см і найменшою із КАС-32 – 239,5-249,3 см.

Встановлено тісну пряму кореляційну залежність між висотою рослин та нормою внесення мінерального азоту. Коефіцієнт кореляції становить 0,8960-0,9985.

Виявлено вплив способів удобрення кукурудзи на формування фотосинтетично-активного листового апарату. Максимальна площа листків у посівах кукурудзи відмічена у фазу викидання волотей (VT) і становила 40,9-45,0 тис. м²/га при внесенні безводного аміаку, 41,2-45,8 тис. м²/га на варіантах із застосуванням карбаміду та 40,0-44,8 тис. м²/га при використанні КАС-32.

Було продемонстровано залежність показника NDVI посівів кукурудзи гібридів різних груп стиглості від способів удобрення. Найбільші значення

вегетаційного індексу зафіксовано у період викидання волотей (VT) – 0,62-0,78.

Зафіксовано, що максимум хлорофілу в рослинах за даними приладу N-Tester ВТ відмічається у фазу викидання волотей (VT) – 430-760. Варіанти із внесенням форм азоту пролонгованої дії (безводний аміак та карбамід) відзначаються кращою інтенсивністю зеленого забарвлення (вищим вмістом хлорофілу), порівняно із КАС-32.

Встановлено, що в гібридів кукурудзи різних груп стиглості кількість рядів в качані та кількість зерен в ряду не залежить від норм і форм внесення мінерального азоту, а визначається азотним живленням в цілому. Проте, формування маси 1000 насінин залежить від особливостей використаного нітрогену – найвищі показники були при внесенні 150 кг/га д.р. – 291-318 г. Серед форм мінерального азоту перевага була у безводного аміаку – 293-318 г залежно від норми внесення.

Продемонстровано вплив способів удобрення кукурудзи на формування зернової продуктивності посівів. Найвищою урожайністю за роки досліджень відзначилися варіанти із внесенням 150 кг/га д.р. азоту – 8,90-10,3 т/га залежно від форми нітрогену та досліджуваного гібриду.

Встановлено, що вміст протеїну в зерні кукурудзи визначався азотним живленням – із збільшенням норми внесеного азоту спостерігалось його зростання. Найвищі показники були на варіантах із використанням безводного аміаку (10,7-12,2%) та карбаміду (10,5-12,2%), тоді як на варіантах із КАС-32 його вміст становив 9,29-11,5%.

Виявлено кращі варіанти дослідів за показниками економічної ефективності. Найвищі показники рівня рентабельності 26,8-68,0% відмічено при використанні середніх норм мінерального азоту (150 кг/га). Серед досліджуваних форм нітрогену кращим виявився безводний аміак, рівень рентабельності якого становив 61,3-68,0%.

Кращі показники енергетичної ефективності способів удобрення кукурудзи зафіксовано на варіантах дослідів із використанням безводного

аміаку 5,58-6,47, а серед досліджуваних норм внесення мінерального азоту – при 150 кг/га д.р. – 5,92-6,47 залежно від форми азоту.

Ключові слова: кукурудза, добрива, норми азотних добрив, форми азотних добрив, кукурудза, гібриди, ФАО, врожайність, якість зерна.

SUMMARY

Naumov Ye. O. Optimisation of nitrogen nutrition of maize hybrids of different maturity groups in the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine - Qualifying scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree Doctor of Philosophy, specialty 201 "Agronomy" (field of knowledge 20 - Agricultural Sciences and Food) - Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024.

Today, in a time when Ukraine is in a state of war, the agricultural sector accounts for the bulk of our country's exports. It accounts for 53% of foreign trade and is the main source of foreign exchange earnings. The total value of agricultural products sold in 2022 is more than USD 23 billion. Among them, the leading position is occupied by maize - USD 5.94 billion or 25.8%.

Due to its favourable geographical position and high export food potential, Ukraine's agricultural production plays a crucial role in ensuring food security in our country and in addressing the global food crisis, nutrition quality and, consequently, human health.

The National Economic Strategy for the period up to 2030 foresees, among other things, an increase in agricultural exports up to USD 40 billion and a 30% increase in crop yields.

Among the currently available technological measures for growing crops in general and maize in particular, mineral fertilizers, primarily nitrogen fertilizers, are the most effective. In terms of nitrogen removal per hectare of crops, maize is the leading crop among other plants, which indicates its nitrophilicity.

In the context of decarbonisation of both global agriculture and agricultural production in Ukraine, optimisation of nitrogen nutrition of maize is an extremely

important and urgent issue, especially in the context of global climate change, which is also reflected in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine.

The dissertation is based on the materials of the research work, which was part of the task of the thematic plans and the state scientific theme of Sumy National Agrarian University for 2019-2024 - "To improve the elements of technologies for growing cereals and cereal crops, taking into account the optimisation of agrotechnical measures and agrobiological control of plant growth and development in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine" (state registration number 0119U103779).

The purpose of the study is to establish agrobiological features of growth and development of maize hybrids of different maturity groups depending on nitrogen nutrition and to develop on their basis ways to control the production process of grain productivity formation in the conditions of the northeastern Forest-Steppe of Ukraine.

To achieve this aim, the following tasks were solved: to identify the peculiarities of the influence of fertilization methods on the duration of the growing season of maize hybrids of different maturity groups; to establish the dependence of crop density dynamics on the rates and forms of mineral nitrogen application; to examine the influence of the studied factors on the formation of the photosynthetically active surface area of maize crops and the NDVI index; to find out the peculiarities of linear plant growth depending on fertilization and biological characteristics of the studied hybrids; to determine the dependence of the formation of elements of the maize crop structure on the norms and forms of mineral nitrogen; to assess the impact of the studied factors on the grain productivity of the crop under study and the quality of the grown products; to give bioenergy and economic assessments of the studied technological factors of maize cultivation and to identify the most competitive variants of the experiment; to substantiate recommendations for production for the formation of highly productive maize crops in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine.

The object of research is the processes of growth, development and formation of grain productivity of maize hybrids of different maturity groups depending on the models of cultivation technology in the conditions of the northeastern Forest-Steppe of Ukraine.

The subject of the study is maize hybrids DKC 3050, DKC 3730 and DKC 4178, mineral fertilizers, yield, grain quality, economic and energy efficiency.

First for the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine, a model of the maize fertilization system is developed, which substantiates the parameters of the rates and forms of mineral nitrogen application; the peculiarities of the development of maize biomass according to the NDVI index depending on the rates and forms of mineral nitrogen application are established; the influence of the studied factors on the change in the N-tester device indicators - the accumulation of chlorophyll content in the leaves is revealed.

The technology for growing maize for grain for the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine is improved.

The scientific provisions on the formation of yield and quality of maize grain of different maturity groups depending on fertilization are further developed.

The practical significance of the results is to develop an optimal method of fertilizing maize hybrids of different maturity groups, which ensures the production of 9-10 t/ha of grain under production conditions, with a profitability level of more than 54.2-60.2%. The main research results have been implemented in agricultural formations in Sumy region on a total area of 796 ha.

The study finds out that the duration of the growing season of the studied maize hybrids depended on their biological characteristics and fertilization methods. In the early-ripening hybrid DKC 3050, 89-108 days passed from emergence of maize seedlings to physiological maturity; in the medium-early hybrid DKC 3730, 95-112 days; and in the mid-ripening hybrid DKC 4178, 99-115 days. The application of nitrogen fertilizers prolonged the vegetation of maize plants by 10-17 days, depending on the rate and form of application.

The influence of mineral nitrogen forms on the formation of maize crops is revealed. The highest plant density indicators at the time of harvesting are recorded when anhydrous ammonia is applied: 71.5-72.6 thousand/ha in the hybrid DKC 3050; 71.4-72.8 thousand/ha in the hybrid DKC 3730 and 71.8-73.2 in the mid-ripening hybrid DKS 4178. The variants with Urea and UAN-32 were inferior to anhydrous ammonia in this indicator.

This paper investigates the peculiarities of linear growth of maize plants under the influence of mineral nitrogen rates and norms. At the initial stages of vegetation VE-V5, no significant effect of fertilization on plant growth was observed. In the V8 phase, an increase in the linear dimensions of maize was noted, with the plants in the variants with the application of UAN-32 and anhydrous ammonia having a height of 76.0-87.5 and 75.3-87.1 cm, respectively, while with the urea application, the height of the plants was 72.6-86.6 cm. In the phase of ejection of panicles VT, the highest plant height was observed with the urea application - 240.3-263.3 cm, slightly lower in the variants with the application of anhydrous ammonia - 242.6-259.9 cm and the lowest with UAN-32 - 239.5-249.3 cm.

A close direct correlation between plant height and the rate of mineral nitrogen application is established. The correlation coefficient is 0.8960-0.9985.

The study reveals the influence of maize fertilization methods on the formation of photosynthetically active leaf apparatus. The maximum leaf area in maize crops is observed in the phase of panicle ejection (VT) and amounts to 40.9-45.0 thousand m²/ha when anhydrous ammonia is applied, 41.2-45.8 thousand m²/ha in variants with urea and 40.0-44.8 thousand m²/ha when UAN-32 is used.

This paper demonstrates the dependence of NDVI indicator of maize crops of hybrids of different maturity groups on fertilization methods. The highest values of the vegetation index are recorded in the period of panicle ejection (VT) - 0.62-0.78.

The study records that the maximum chlorophyll in plants, according to the N-Tester BT device, is observed in the phase of panicle ejection (VT) - 430-760.

Variants with the application of prolonged-acting forms of nitrogen (anhydrous ammonia and urea) are characterised by a better intensity of green colour (higher chlorophyll content) compared to UAN-32.

The author finds out that in maize hybrids of different maturity groups, the number of rows in the cob and the number of grains in a row does not depend on the norms and forms of mineral nitrogen application, but is determined by nitrogen nutrition in general. However, the formation of the mass of 1000 seeds depends on the characteristics of the nitrogen used - the highest rates were at the application of 150 kg/ha of a.s. - 291-318 g. Among the forms of mineral nitrogen, anhydrous ammonia has the advantage - 293-318 g, depending on the application rate.

The paper demonstrates influence of maize fertilization methods on the formation of grain productivity of crops. The highest yield over the years of research is recorded for variants with 150 kg/ha of nitrogen fertilizer - 8.90-10.3 t/ha, depending on the form of nitrogen and the studied hybrid.

The author finds out that the protein content in maize grain is determined by nitrogen nutrition - with an increase in the rate of nitrogen application, its growth is observed. The highest rates are in the variants with anhydrous ammonia (10.7-12.2%) and urea (10.5-12.2%), while in the variants with UAN-32 its content is 9.29-11.5%.

The study identifies the best variants of the experiment in terms of economic efficiency. The highest rates of profitability of 26.8-68.0% are observed when using average rates of mineral nitrogen (150 kg/ha). Among the studied forms of nitrogen, anhydrous ammonia is the best, with a profitability level of 61.3-68.0%.

The best indicators of energy efficiency of maize fertilization methods are recorded in the experimental variants using anhydrous ammonia - 5.58-6.47, and among the studied rates of mineral nitrogen application - at 150 kg/ha of a.s. - 5.92-6.47, depending on the form of nitrogen.

Keywords: corn, fertilizers, rates of nitrogen fertilizers, forms of nitrogen fertilizers, corn, hybrids, FAO, yield, grain quality.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях України:

1. Оничко В.І., Наумов Є.О., Сенік І.І. Урожайність кукурудзи на зерно залежно від форм і норм азотних добрив в умовах північного сходу України. *Вісник Сумського національного університету. Серія «Агрономія і біологія»*, випуск 2 (52), 2023. С. 72-77.
2. Сенік І.І., Оничко В.І., Наумов Є.О. Динаміка висоти рослин кукурудзи залежно від форм і норм внесення азотних добрив в умовах північного сходу України. *Аграрні інновації*. Випуск № 20, 2023. С. 69-76
3. Наумов Є.О. Тривалість вегетаційного періоду гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норм і форм внесення азотних добрив. *Таврійський вісник*. Випуск 132. 2023. С. 161-167.
4. Наумов Є.О. Техніко-економічна оцінка способів удобрення кукурудзи в умовах північного сходу України. *Вісник Сумського національного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. Випуск 3 (53), 2023. С. 52-58.

Матеріали науково-практичних конференцій:

5. Наумов Є. О. Ефективність внесення різних азотних добрив на посівах кукурудзи. *Гончарівські читання : матер. міжнар. наук.-практ. конф.*, м. Суми, 25 трав. 2021 р. Суми : СНАУ, 2021. С.125-126.
6. Наумов Є. О., Оничко В. І., Рева О. В. Особливості азотного живлення рослин кукурудзи. *Гончарівські читання : матер. міжнар. наук.-практ. конф.*, м. Суми, 25 трав. 2022 р. Суми : СНАУ, 2022. С.98-100.
7. Наумов О. В., Наумов Є. О., Оничко В. І. Особливості вирощування кукурудзи в умовах обмежених ресурсів // Матер. Всеукр. наук. конф. студ. та аспір., присвяченої Міжнародному дню студента (14-18 листопада 2022). Суми : СНАУ, 2022. С. 72.
8. Наумов Є. О. Значення поживних речовин у процесах росту та розвитку рослин кукурудзи // Матер. НПК викл., аспір. та студ. Сумського НАУ (25-28 квітня 2023 р.). Суми : СНАУ, 2023. С. 112.

9. Болтик Н., Чернишенко О., *Наумов Є.* Вплив удобрення на зміну показника NDVI посівів кукурудзи в умовах Північного Сходу України. Матеріали XV Міжнародної наукової конференції «Корми і кормовий білок» (19-20 вересня 2023 року). С. 65-68.

10. *Наумов Є.*, Болтик Н., Чернишенко О. Вплив удобрення на зміну густоти посівів кукурудзи в умовах Північного Сходу України. Матеріали XV Міжнародної наукової конференції «Корми і кормовий білок» (19-20 вересня 2023 року). С. 74-77.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	16
1. АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	21
1.1. Господарське значення кукурудзи та особливості її росту і розвитку.....	21
1.2. Особливості добору гібридів кукурудзи.....	28
1.3. Роль удобрення у формуванні зернової продуктивності кукурудзи.....	35
2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	50
2.1. Особливості ґрунтово-кліматичних умов Лісостепу північно-східного.....	50
2.2. Характеристика ґрунту дослідної ділянки.....	51
2.3. Погодні умови в роки проведення досліджень.....	53
2.4. Агротехніка вирощування кукурудзи в досліді.....	62
3. ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ.....	66
3.1. Тривалість міжфазних періодів кукурудзи залежно від удобрення.....	66
3.2. Біометричні показники рослин.....	76
3.3. Вміст хлорофілу в рослинах кукурудзи залежно від внесених добрив.....	93
4. ФОРМУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ДОСЛІДЖУВАНИХ ФАКТОРІВ.....	111
4.1. Вплив удобрення на структуру урожаю кукурудзи...	111

4.2. Урожайність різностиглих гібридів кукурудзи залежно від рівня азотного живлення.....	121
4.3. Якість зерна кукурудзи залежно від удобрення та гібридного складу.....	138
5. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ.....	144
5.1. Економічний аналіз технологічних заходів виросування кукурудзи.....	144
5.2. Енергетична оцінка способів удобрення різночаснодосягаючих гібридів кукурудзи.....	151
5.3. Конкурентоспроможність технологій заходів виросування кукурудзи.....	154
ВИСНОВКИ.....	157
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	160
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	161
ДОДАТКИ.....	186

ВСТУП

Актуальність теми. У складних реаліях сьогодення, спричинених війною, аграрний сектор України забезпечує 53% обсягу зовнішньої торгівлі, і є основним джерелом валютних надходжень. У 2022 загальна вартість реалізованої сільськогосподарської продукції році склала понад 23 млрд. дол., де 5,94 млрд. дол. або 25,8% належить кукурудзі, яка стала лідером торгівлі [172].

Завдяки сприятливому географічному положенню та відповідно високому експортному продовольчому потенціалу аграрне виробництво України відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки як нашої держави, так і у вирішенні глобальної продовольчої кризи, а також впливає на якість харчування та відповідно на здоров'я людей.

Одним із напрямків національної економічної стратегії на період до 2030 року передбачено збільшення обсягів експорту агропродукції до 40 млрд. дол. та зростання урожайності сільськогосподарських культур на 30% [160].

Серед існуючих технологічних заходів вирощування сільськогосподарських культур в цілому, так і кукурудзи зокрема, найбільш дієвим є внесення мінеральних добрив, перш за все азотних. За обсягами виносу нітрогену з урожаєм на 1 га посіву саме кукурудза посідає провідне місце серед інших рослин, що свідчить про її нітрофільність.

У контексті декарбонізації як світового сільського господарства, так і аграрного виробництва України, оптимізація азотного живлення кукурудзи є актуальним питанням, особливо в умовах глобальних змін клімату, які знайшли своє віддзеркалення і в умовах північно-східного Лісостепу України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Науково-дослідна робота виконана за завданнями тематичних планів та у рамках державної наукової теми Сумського національного аграрного університету на 2019–2024 рр. – «Удосконалити елементи технологій

вирощування зернових і круп'яних культур з урахуванням оптимізації агротехнічних заходів та агробіологічного контролю росту та розвитку рослин в умовах північно-східного Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0119U103779).

Мета і завдання досліджень. Мета дослідження полягала у встановленні агробіологічних особливостей росту та розвитку гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від азотного живлення та розробки на їхній основі шляхів управління продукційним процесом формування зернової продуктивності в умовах північно-східного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі завдання:

- виявити особливості впливу способів удобрення на тривалість вегетаційного періоду гібридів кукурудзи різних груп стиглості;
- встановити залежність динаміки густоти посівів від норм і форм внесення мінерального азоту;
- дослідити вплив досліджуваних факторів на формування площі фотосинтетично-активної поверхні посівів кукурудзи та показника NDVI;
- з'ясувати особливості лінійного росту рослин залежно від удобрення та біологічних особливостей досліджуваних гібридів;
- визначити залежність формування елементів структури урожаю кукурудзи від норм і форм мінерального азоту;
- оцінити вплив досліджуваних факторів на зернову продуктивність досліджуваної культури та якість вирощеної продукції;
- дати біоенергетичну та економічну оцінки досліджуваних технологічних факторів вирощування кукурудзи і виявити найбільш конкурентоспроможні варіанти досліду;
- обґрунтувати рекомендації виробництву для формування високопродуктивних посівів кукурудзи в умовах північно-східного Лісостепу України.

Об'єкт дослідження – аналіз процесів росту, розвитку та формування зернової продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно

від моделей технології вирощування в умовах північно-східного Лісостепу України.

Предмет дослідження – гібриди кукурудзи ДКС 3050, ДКС 3730 та ДКС 4178, мінеральні добрива, урожайність, якість зерна, економічна та енергетична ефективність.

Методи дослідження. Загальнонаукові: гіпотеза, спостереження, порівняння, узагальнення, конкретизація. Спеціальні: *польовий* – для визначення взаємодії об'єкта досліджень з елементами технології та погодними умовами, встановлення фенологічних фаз в онтогенезі рослин; *вимірjuвальний та ваговий* – для визначення біометричних показників росту та продуктивності; *лабораторний* – для визначення якості виро; *розрахунково-порівняльний* – визначення економічної та енергетичної ефективності елементів технології; *методи математичної статистики* – дисперсійний, кореляційний та регресійний – для визначення вірогідності різниць між факторами.

Наукова новизна одержаних результатів. Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням у якому на основі теоретичного узагальнення та експериментального вивчення особливостей формування зернової продуктивності кукурудзи в ґрунтово-кліматичних умовах північно-східного Лісостепу України, *уперше*:

- розроблено модель системи удобрення кукурудзи, в якій обґрунтовано параметри норм і форм внесення мінерального азоту;
- встановлено особливості розвитку біомаси посівів кукурудзи за показником NDVI залежно від норм і форм внесення мінерального азоту;
- виявлено вплив досліджуваних факторів на зміну показників приладу N-тестер – накопичення вмісту хлорофілу в листках.

Удосконалено технологію вирощування кукурудзи на зерно для умов північно-східного Лісостепу України

Набули подальшого розвитку наукові положення щодо питання формування врожайності та якості зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від удобрення.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці оптимального способу удобрення гібридів кукурудзи різних груп стиглості, який забезпечує одержання у виробничих умовах 9-10 т/га зерна, із рівнем рентабельності більше 54,2-60,2%. Основні результати досліджень впроваджено в агроформуваннях Сумської області на загальній площі 796 га (додатки А.1 – А.6), а також в навчальному процесі Сумського національного аграрного університету та Західноукраїнського національного університету, (додатки А.7. – А.8).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням здобувача. Автором розроблено програму досліджень у відповідно до існуючих методик, опрацьовано й узагальнено дані вітчизняної та іноземної наукової літератури, проведено польові та лабораторні експерименти, виконано статистичний аналіз отриманих даних, визначено економічну та енергетичну ефективність. Обґрунтовано їх практичну доцільність, сформульовано висновки й рекомендації виробництву, розроблено науково-практичні рекомендації для агроформувань різних форм власності; підготовлено та опубліковано наукові статті.

Апробація матеріалів дисертації. Основні результати проведеного дослідження обговорювалися на засіданнях кафедри (щорічний звіт виконання плану), Міжнародних науково-практичних конференціях «Гончарівські читання» (2021, 2022 рр.), Всеукраїнській науковій конференції студентів та аспірантів (14-18 листопада 2022), Науково-практичній конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (25-28 квітня 2023 р.), оприлюднено та обговорено на XV Міжнародній науковій конференції «Корми і кормовий білок» (19-20 вересня 2023 року).

Публікації. Результати досліджень дисертаційної роботи опубліковано в 10 наукових працях, з яких 4 статті у фахових виданнях України і 6

публікації у матеріалах науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Основний текст дисертаційної роботи викладено на 201 сторінці машинопису, який складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел та 16 додатків. Робота ілюстрована таблицями і рисунками. Список використаних джерел налічує 233 найменування, з них – 200 кирилицею та латиницею – 33.

1. АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Господарське значення кукурудзи та особливості її росту і розвитку

Сучасне аграрне виробництво України характеризується спрямованістю на вирощування високомаржинальних, експортоорієнтованих культур, до яких належить і кукурудза.

Історія вирощування кукурудзи, як сільськогосподарської культури, бере свій початок ще з 8-10 тисячоліття до н.е. з Південної Америки, де її культивували місцеві племена. Як свідчать літературні джерела, висота рослин була значно меншою від сучасних гібридів, а довжина качана становила лише декілька сантиметрів [8].

Протягом багатовікової історії вирощування, людство завдяки селекційному процесу, створило гібриди кукурудзи, які здатні формувати урожай зерна на рівні 18-20 т/га при відповідних умовах вирощування [5, 7, 65, 67, 108, 113, 151, 152, 164].

Зерновиробництво, а отже і вирощування кукурудзи в Україні є основою сільського господарства та стратегічною галуззю для економіки країни [127, 198].

В групі зернових культур кукурудза відзначається найбільшою універсальністю, оскільки кінцева продукція використовується в різних сферах господарювання – для годівлі сільськогосподарських тварин, виробництва продуктів харчування, олії, палива [192].

Цільове призначення зерна кукурудзи зумовлене його хімічним складом. За даними багатьох літературних джерел зерно кукурудзи, залежно від гібриду та умов вирощування містить 9-12 % білків, 65-70 % вуглеводів, 4-8 % олії, 1,5 % мінеральних речовин. Це дає можливість виготовляти із зерна кукурудзи крупу, борошно, олію, біоетанол [74, 101, 105, 154, 217].

Крім цього, із листостеблової маси кукурудзи є можливість отримати 180-220 м³ біогазу із 1 тони листостеблової маси або 7-10 тис. м/га [143].

Важливу роль відіграє кукурудза у годівлі тварин. Так, зокорема в 1 т зерна кукурудзи міститься 1340 корм. од., та близько 8 кг перетравного протеїну. Концентрований корм у вигляді борошна або висівок добре перетравлюється і засвоюється організмом тварин [62].

При годівлі курей особливо ціниться кремениста жовтозерна кукурудза, в 100 кг якої міститься від 3200 до 900 мг каротину, або провітаміну А, який значно підвищує інтенсивність забарвлення жовтка яєць [62].

Слід зазначити, що у світовому масштабі, для продовольчих потреб використовується близько 20 % зерна кукурудзи, для технічних цілей – 15 %, решта 65 % йде на фураж [16].

Найбільшими виробниками зерна кукурудзи є США, на які припадає понад 45% світового валового збору зерна. Дещо меншими обсягами виробництва відзначаються Мексика, Франція, Румунія, Індія, Аргентина, Італія, Канада та інші країни [16, 118].

Слід зазначити, що *Zea mays* займає ключове місце на зерновому ринку. Так, за даними продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO) світове виробництво зернових культур у 2023 році становитиме 2,819 млрд. т. [209].

Фахівці США прогнозують виробництво кукурудзи у планетарному масштабі у поточному році на рівні 1,2145 млрд. т [232]. Таким чином, частка кукурудзи у світовому виробництві зерна у 2023 році становитиме 43,1%

Характерною особливістю вирощування кукурудзи в Україні є те, що спостерігається тенденція до зростання розмірів посівних площ та урожайності, а отже і її валових зборів, (табл. 1.1).

Аналізуючи наведені в таблиці 1.1 дані, можна зробити висновок, що посівні площі та валові збори кукурудзи мають криволінійний характер. Так, зокрема у 1990 році площа, з якої зібрано урожай кукурудзи в Україна

становила 1223,1 тис. га, а в Сумській області 50,7 тис. га, що становить 4,14%. Валовий збір зерна при цьому становив відповідно 4736,8 та 159,2 тис. т.

Таблиця 1.1

Основні показники виробництва зерна кукурудзи в Україні та Сумській області [168]

Роки	Площа з якої зібрано кукурудзу, тис. га		Виробництво кукурудзи, тис. т		Урожайність кукурудзи, т/га	
	Україна	Сумська область	Україна	Сумська область	Україна	Сумська область
1990	1223,1	50,7	4736,8	159,2	3,87	3,14
1995	1161,3	16,8	3391,8	55,0	2,92	3,28
2000	1278,8	16,6	3848,1	51,4	3,01	3,10
2005	1659,5	22,9	7166,6	98,4	4,32	4,31
2010	2647,6	136,4	11953,0	476,6	4,51	3,49
2015	4083,5	305,0	23327,6	2336,7	5,71	7,66
2020	5392,1	441,3	30290,3	3620,8	5,62	8,20
2021	5481,8	459,9	42109,9	3116,3	7,68	6,77
2022	4124,5	277,4	26186,9	2230,9	6,35	8,04

Кінець 90-х років минулого століття та початок 2000-х років відзначився зменшенням посівних площ досліджуваної культури до 1161,3-1278,8 тис. га в Україні та до 16,6-16,8 тис. га в Сумській області. В даний часовий період було зібрано відповідно 3391,8-3848,1 та 51,4-55,0 тис. т зерна.

Починаючи із 2005 року спостерігається зростання посівних площ кукурудзи як на загальнодержавному так і на місцевому рівнях. Найбільше угідь в цілому в Україні було засіяно *Zea mays* у 2021 році - 5481,8 тис. га та 459,9 тис. га в Сумській області. Валові збори при цьому становили 42109,9 та 3116,3 тис.т. Частка Сумської області у загальному виробництві зерна

кукурудзи склала 7,4%, що вказує на важливу роль кукурудзи у аграрному секторі регіону [161].

Багатоцільове призначення кукурудзи робить її найбільш експортоорієнтованою культурою із всієї групи зернових, випережаючи навіть пшеницю. Так, за даними Державної служби статистики України у 2021 році було експортовано 24,6 млн.т зерна кукурудзи на загальну суму 5892655,6 тис. дол., тоді як для пшениці зазначені показники знаходилися на рівні відповідно 20,1 млн.т 5074783,1 тис. дол. Експортна ціна при цьому становила 239,5 дол/т кукурудзи та 252,5 дол. т пшениці [64]. Це вказує на те, що кукурудза є високомаржинальною культурою, яка користується значним попитом на зовнішньому ринку, тому і займає одні із найбільших посівних площ в Україні.

Головними причинами переорієнтації агроформувань різних форм власності на вирощування кукурудзи з інших культур є її висока урожайність, вища стійкість до несприятливих погодних умов і як наслідок стабільність урожайності та попит на міжнародному ринку [193]. Крім цього значну роль відіграє чинник глобального потепління, який знайшов своє відображення і в Україні в цілому, так і в окремих регіонах зокрема [179].

У зв'язку із війною, яка почалася у 2022 році відбулося зменшення посівних площ досліджуваної культури, причому більше інтенсивно воно відбулося в на місцевому рівні (-39,7%) у зв'язку із прикордонним розміщенням, ніж на загальнодержавному (-24,7%) рівнях [168].

Дещо по іншому відбувалося формування урожайності кукурудзи за роками спостережень і в цілому воно мало тенденцію до зростання. Так, у 1990 році з 1 га посіву кукурудзи було зібрано 3,87 т зерна в цілому по Україні та 3,14 т в Сумській області, а у 2022 році – відповідно 6,35 та 8,04 т. Значно вища урожайність на місцевому рівні, порівняно із загальнодержавним, навіть в умовах війни, вказує на сприятливі ґрунтово-кліматичні умови Сумської області для вирощування кукурудзи.

Проте, високі і стабільні урожаї кукурудзи можна отримувати лише за умови створення оптимальних параметрів для росту, розвитку і формування її зернової продуктивності [30, 110].

А це відповідно нерозривно пов'язано із проходженням її фенологічних фаз та етапів органогенезу, оскільки на кожному з них формуються окремі елементи продуктивності, які в кінцевому підсумку і визначають рівень урожайності.

Вважається, що розуміння процесів формування вегетативних та генеративних органів рослин, а також особливостей проходження якісних змін у рослинному організмі створює передумови для управління продукційним процесом кукурудзи [109]. На думку В. Любара, В.Д. Паламарчука, І.С. Поліщука, С.М. Каленської та Л.М. Єрмакової на будь-якому етапі органогенезу кукурудзи можливий негативний вплив як біотичних, так і абіотичних чинників, які можуть негативно вплинути на формування генеративних органів, а отже і майбутнього урожаю. Вважається, що таким критичним періодом у кукурудзи є ранні стадії розвитку рослин (до 11-го листка) [109, 146].

Процеси органоутворення кукурудзи, як і інших рослин, нерозривно пов'язані із фенологічними фазами. На сьогоднішній день існує Європейська та американська шкала розвитку *Zea mays*.

Європейська шкала розвитку кукурудзи (BBCH) розроблена в Німеччині. Вона побудована на використанні десяткової системи коду. Відповідно до цього, вегетація культури поділяється на 10 фаз і 10 підфаз. Таким чином нараховується 100 фаз розвитку, де 0 – це насінина, а 99 – готова до збирання культура, (рис. 1) [115]. Відповідно до цієї шкали життєвий цикл розвитку кукурудзи поділяється на 9 макростадій – проростання насіння, розвиток листків, витягування стебла, закладання і викидання волоті, цвітіння, розвиток плоду, дозрівання зерна, відмирання рослин.

Крім європейської шкали існує ще американська шкала життєвого циклу рослин кукурудзи, в якій виділяють вегетативні і репродуктивні стадії, (рис. 1.2).

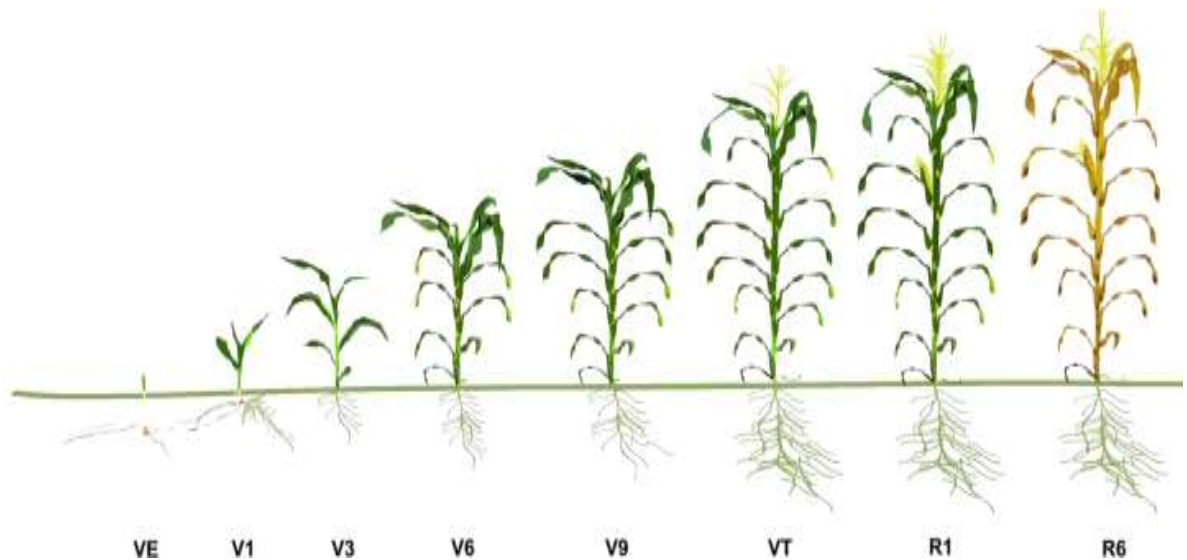


Рис. 1.2. Американська шкала розвитку кукурудзи [6]

Відповідно до цієї шкали виділяють вегетативні (сходи – VE, перший листок з комірцем – V1, другий листок з комірцем – V2, третій листок з комірцем – V3, n- листок з комірцем – Vn, викидання волоті – VT) та репродуктивні стадії рослин кукурудзи (вихід приймочок у качана – R1, блістер – зерна білі, ендосперм і рідина, що його наповнює, прозорі – R2, зерна жовті, внутрішня рідина молочно-біла – R3, молочно-воскова стиглість – внутрішня рідина пастоподібної консистенції, стрижень рожевий або червоний – R4; воскова стиглість, більшість зернівок за консистенцією нагадує віск – R5; фізіологічна стиглість – зерно досягло максимальної маси в сухій вазі – R6 [6].

В онтогенезі кукурудзи, науковці, виділяють 12 етапів органогенезу, яким відповідають певні фази росту і розвитку досліджуваної культури [63]. Ключовими з них є період 5-9 листка розвитку кукурудзи, які відповідають 5-6 етапу органогенезу волоті та 2-4 етапу органогенезу качана. В цей період відбувається закладка кількості рядів в качані та чисельності зерен в ряду. Оптимізація живлення рослин в цей період є важливою передумовою для формування високопродуктивних посівів.

1.2. Особливості добору гібридів кукурудзи

Правильний вибір гібриду кукурудзи на думку М.В. Котченка, М.Ю. Рубаха, О.Б. Тимофійчука, І. Ковальчука, А. Лукьянченка, може забезпечити самостійну регуляцію урожайності агроценозів даної культури, виробничих затрат на її вирощування та в цілому ефективність її вирощування [88, 95, 184].

В Україні, як повідомляють українські вчені, В. Позняк, С.О. Трибель, О.О. Стригун та С.В. Ретьман, потенціал урожайності сучасних гібридів використовується лише на 40-45 %, а в окремі роки зазначені показники знижуються до 34-36 % і навіть до 2-30%. При цьому в інших країнах, зокрема Нідерландах та США потенціал гібридів використовується на 70 %, в Данії та Швеції – на 50-60 % [156, 185].

Станом на 1.10.2023 року гібридний склад насіння кукурудзи в Україні налічує 1480 позицій [43].

Аналіз структури заявників гібридів *Zea mays* вказує на те, що 633 з них належать Україні, 287 Франції, 192 США, 92 Німеччині, 61 Швейцарії, 37 Сербії, 27 – Сербії та Канади, 16 Болгарії, 108 – іншим заявникам, (рис. 1.3).

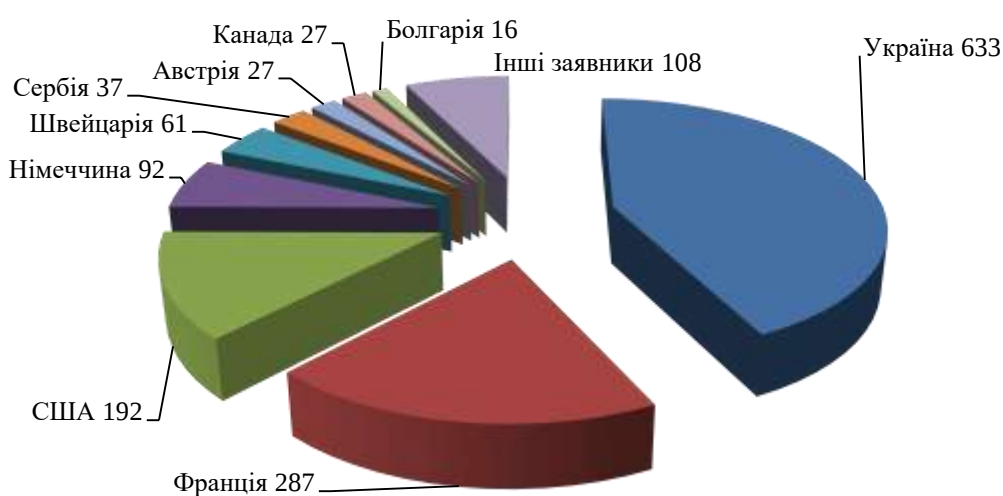


Рис. 1.3. Структура заявників гібридів кукурудзи

На сьогоднішній день селекціонери та виробничники виокремлюють п'ять груп стиглості гібридів кукурудзи – від 90-100 до 135-140 днів: ранньостиглі (90-100 днів; ФАО 100-200), середньоранні (105-115 днів; ФАО 201-300), середньостиглі (115-200 днів; ФАО 301-400), середньопізні (120-130 днів; ФАО 401-500), пізньостиглі (135-140 днів; ФАО 501-600) [74, 102, 105-106, 154].

Детальний аналіз Державного реєстру сортів рослин придатних до поширення в Україні [43] свідчить про те, 45,8% усіх гібридів кукурудзи є середньоранніми, 38,5% середньостиглими, 8,28% середньопізніми, 6,85% ранньостиглими та 0,56% пізньостиглими, (рис. 1.4).

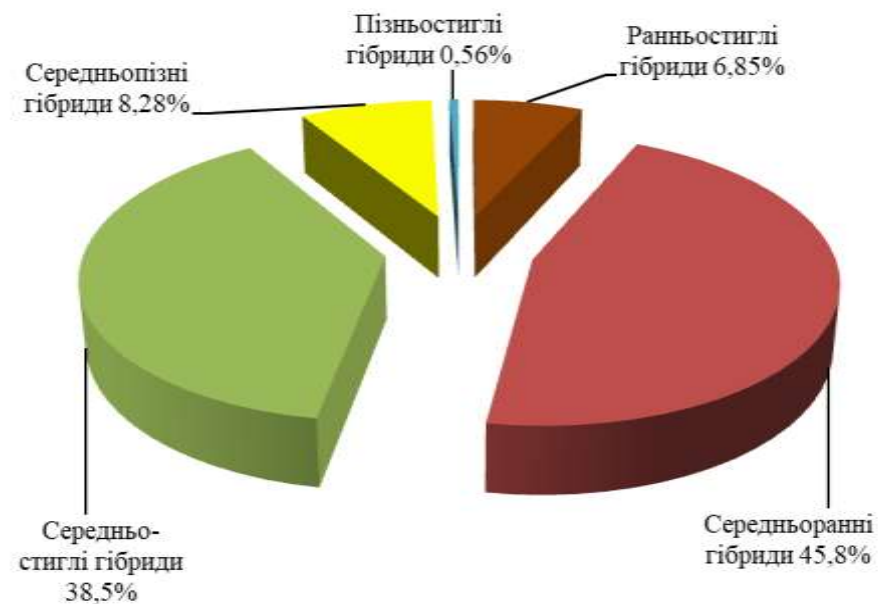


Рис. 1.4. Структура гібридів кукурудзи за групами стиглості

Такий розподіл та різноманіття гібридів різних стиглості, дозволяє кукурудзу в різних ґрунтово-кліматичних зонах України як в основних так і післяукісних посівах.

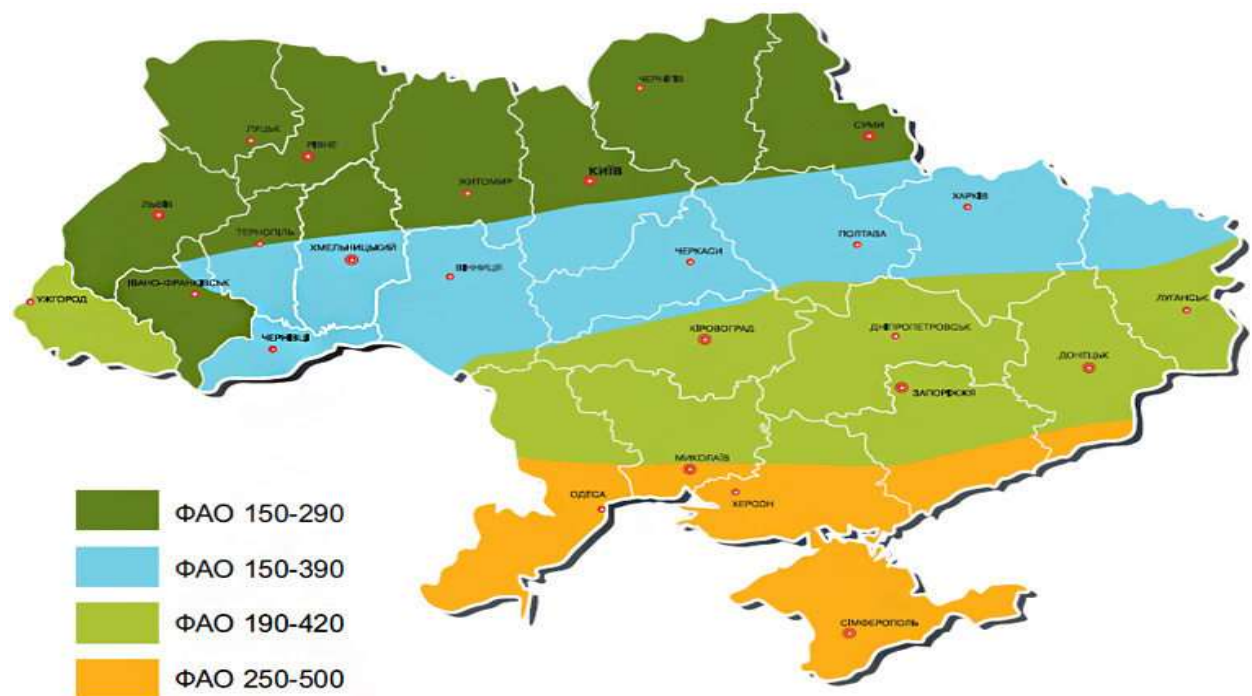
Сільськогосподарські товаровиробники під час вибору гібридів кукурудзи акцентують свою увагу на наступних критеріях:

1. Тривалість вегетаційного періоду (показник ФАО).
2. Потенціал урожайності.

3. Придатність до тієї чи іншої технології вирощування.
4. Стійкість до шкідливих організмів.
5. Холодостійкість.
6. Посухостійкість.
7. Вологовіддача.
7. Цільове призначення вирощеної продукції [56].

Основним критерієм районування гібридів кукурудзи в тій чи іншій агрокліматичній зоні є сума ефективних температур протягом вегетаційного періоду.

Дітером Шпааром узагальнено дані щодо потреби в кількості накопиченої температури гібридів різних стиглості. Так, ранньостиглим гібридам кукурудзи (ФАО 220 і нижче) для досягання потрібно накопичити з травня по вересень 1580°C ефективних температур вище $+10^{\circ}\text{C}$, для середньостиглих гібридів (ФАО 230-250) – 1630°C . Кукурудзі із ФАО 260-290 необхідно 1680°C , а із ФАО 300 – 1730°C ефективних температур[194]. Відповідно чим більше ранньостиглий гібрид, тим менше необхідна для його дистиання сума ефективних температур,(рис. 1.5)



1.5. Рекомендації щодо вибору гібридів кукурудзи [162]

Підбір гібридів кукурудзи для відповідних ґрунтово-кліматичних зон, є одним із ключових моментів в розробці технології вирощування кукурудзи. У зв'язку з цим при врахуванні їх біологічних особливостей створюються передумови для отримання високих та сталих врожаїв не залежно від групи стиглості.

За даними деяких літературних джерел існує залежність між тривалістю вегетаційного періоду та зерною продуктивністю кукурудзи [191].

Інші ж науковці не виявили прямого зв'язку між урожайністю та величиною показника ФАО. Так, зокрема науковцями Сумського національного аграрного університету В.І. Оничком та М.О. Штукіним, при дослідженні різньостиглих гібридів кукурудзи не було виявлено чіткого взаємозв'язку між групою стиглості та врожайністю зерна досліджуваних гібридів. Так, зокрема урожайність 110 ц/га було отримано у середньоранніх гібридів (ФАО 200-299) та середньостиглих (ФАО 300-399). Вищий рівень урожайності – 110,1- 125,0 ц/га отримано зокрема також в інших гібридів зазначених груп стиглості. В цілому ж, більш врожайні гібриди були більш скоростиглішими. Це вказує на те, що не завжди вищий показник ФАО забезпечує більшу урожайність зерна кукурудзи, а продуктивність посівів визначається особливостями гібридів [195].

Ще одним фактором, який впливає на вибір того чи іншого гібриду для умов конкретного господарства є рівень технології вирощування. Завдяки цьому створюються передумови для забезпечити повного прояву економічно цінних властивостей. Необхідно зазначити, що за потенціалом продуктивності та вимогами до умов вирощування гібриди кукурудзи поділяються на групи:

- інтенсивного типу (вирощуються для одержання максимальних врожаїв на високих агрофонах);
- помірно-інтенсивного типу (призначені для отримання стабільних врожаїв на полях нестабільними умовами вирощування);

- адаптивні (виросшуються з метою одержання гарантованого врожаю в умовах нестабільних погодних умов на бідних за поживним складом ґрунтах) [40].

Крім цього, аграріями звертається увага на такі показники як стійкість до хвороб та шкідників. Це особливо важливо при монокультурі, оскільки в таких умовах тиск шкочочинних організмів значно зростає на культурні рослини. Під час селекційного процесу, в моделях гібридів кукурудзи, ураженість летючою сажкою допускається не більше 2 %, а пухирчастою – не більше 0,5 %. Пошкодженість такими шкідниками як шведська муха та кукурудзяний метелик повинна становити відповідно не більше 4% та 5%. Зазвичай компанії виробники насінєвого матеріалу у характеристиці гібридів кукурудзи наводять інформацію про їхню стійкість до шкочочинних об'єктів та придатність до вирощування у монокультурі [89-90].

Холодостійкість на початку вегетації – важливий показник в характеристиці гібридів, який дозволяє висівати їх у ранні строки (на 10-15 днів раніше звичайних), коли температура ґрунту на глибині загортання насіння стає +6-8°C. Завдяки цьому є можливість краще організувати посівну компанію, якщо посівні площі кукурудзи є великими. Крім цього збільшується фаза активного фотосинтезу і більше накопичуються в рослині органічні речовини. Вважається, що гібриди із кременистим типом зерна є більш холодостійкими і відповідно їх можна висівати у більш ранні строки [74, 101-102, 105-106].

В умовах глобальних кліматичних змін, які знайшли своє відображення і на території України, та проявляються у зростанні теплозабезпеченості вегетаційного періоду та нерівномірному розподілі атмосферних опадів, питання посухостійкості гібридів кукурудзи є надзвичайно важливим [179]. Відповідно до наукового визначення, посухостійкість – це здатність культурних рослин підтримувати свій ріст і розвиток в умовах посухи. З точки зору генетики, ця ознака визначається багатьма генами, що відповідають за велику кількість морфологічних ознак у кукурудзи. Поряд із

посухостійкістю виділяють поняття толерантності, яка є складним механізмом, що у рослинах проявляється як пристосування на фізіологічному та молекулярному рівнях, щоб забезпечити стійкість до дефіциту вологи [91, 202].

Незважаючи на те, що кукурудза є відносно посухостійкою культурою (транспіраційний коефіцієнт становить 250), все ж вона дуже чутлива до вологи, особливо в критичні періоди вегетації. За даними науковців, він припадає на період за 10-14 днів до утворення волоті і закінчується у фазі молочної стиглості зерна. Витрати вологи в цей період становлять 70% загальної потреби рослин [116].

Дослідженнями встановлено, що кукурудза за 113 днів вегетації споживає близько 660 мм вологи, а в період наливання зерна вона використовує 170-180 мм води. А якщо в період від зав'язування зерна до молочної стиглості рослини 4 дні перебуватимуть зів'язаними, то врожайність посівів знижується наполовину. При цьому покращити ситуацію із вологозабезпеченням може потужна коренева система, яка здатна споживати воду із шару ґрунту 1,5-2,5 м. Тому значення гібриду, який відзначається такими властивостями є ключовою в посушливих умовах [44].

Основним критерієм стійкості генотипу до посухи в більшості селекційних програм є врожайність та її стабільність, а безпосередня оцінка стійкості основана на мінімізації недобору врожаю в екстремальних умовах порівняно з оптимальними [85].

Важливим фактором, що впливає на правильний вибір гібридів кукурудзи є збиральна вологість зерна. Встановлено, що у ранньостиглих і середньоранніх гібридів зазначений показник є низьким, у середньостиглих – він в 1,5 –2 рази вищий, що вимагає додаткових затрат на сушіння та зберігання [165].

Науковцями Сумського національного аграрного університету встановлено, що в умовах північно-східного Лісостепу України на період збирання врожаю вологість зерна кукурудзи ранньостиглих гібридів була

найнижчою і становила від 16,8 до 21,9 %, середньоранніх - 20,6-30,3 та середньостиглих - 28,4-34,2 %. Це пояснюється тим, що вегетаційний період ранньостиглих та середньоранніх гібридів кс коротшим і вони ефективніше використовують продуктивну вологу у першій половині літа, швидше дозрівають, що значно зменшувало затрати коштів на їхнє досушування [195].

Враховуючи всебічне використання зерна кукурудзи, при виборі гібридів кукурудзи, звертається увага на цільове призначення вирощеної продукції. І хоча відповідно до ДСТУ-4525:2006 «Кукурудза. Технічні умови» [49] зерно залежно від використання поділяється на класи, проте не встановлено конкретних вимог щодо вмісту вуглеводів, протеїну, олії та інших речовин .

В цій ситуації самі переробні підприємства розставляють пріоритети щодо якісних показників вирощеної продукції.

Так, при використанні зерна для виготовлення біоетанолу пріоритетним будуть гібриди із високим вмістом крохмалю. Завдяки цьому забезпечується найвищий рівень отримання біоетанолу із гектара посіву [50, 51, 157].

Слід зазначити, що за даними досліджень та практичного досвіду, з 1 тони зерна кукурудзи потенційно можна отримати 325-470 л етанолу, в той же час, як із зерна інших культур цей показник є значно меншим. Так, із 1 т ячменю – 240-330 л, тритикале – 428 л, соризу – 464 л жита – 280-357, пшениці – 375- 445 л [54, 76-77, 129].

Встановлено, що для виробництва 1,0 т біоетанолу необхідно 0,64 га пшениці або 0,47 га кукурудзи [130].

Відповідно до своїх біологічних особливостей, перш за все поверхні зернівки, кукурудза поділяється на дев'ять підвидів. Необхідно зазначити, що для отримання крохмалю, а відповідно і етанолу, практичну цінність мають лише чотири підвиди досліджуваної культури, в яких відмічається високий

вміст крохмалю: крохмалистий (71,5-82,0%), зубовидний (68,0-75,5 %), напівзубовидний (66,9-74,2 %) і кременистий (65,0-73,0 %) [159, 163].

У круп'яній промисловості, при виробництві номерної крупи, використовують напівзубовидну та кременисту кукурудзу. Для кукурудзяних паличок використовується дрібна крупа, яку виготовляють із зубовидної та напівзубовидної кукурудзи. Це зумовлено тим, що для отримання необхідної кількості та якості крупи велике значення має консистенція зерна, яка визначається поєднанням в ньому склоподібності та борошністості [16, 123, 138]. У харчових цілях та при вирощуванні кукурудзи на фураж найбільшу увагу приділяють відсотковому вмісту білка. Самець цей показник є визначальним, від якого залежить ціна на продукцію та рентабельність виробництва [18]. Аналогічної думки дотримується і Б.Д. Каменщук, який зазначає, що найважливішим критерієм при оцінці гібридів кукурудзи, як кормової культури є вміст протеїну в зерні у перерахунку на абсолютно суху речовину [77].

Враховуючи той факт, що кукурудза є ключовою зернофуражною культурою і в той же час, через свої біологічні особливості, відзначається невисоким вмістом протеїну – 8-14%, при використанні її в годівлі тварин, особливо в умовах нестачі кормового білка, перевага буде в високопротеїнових гібридів [62, 154].

В цілому ж, як свідчать літературні джерела, урожайність зерна кукурудзи на 50% визначається особливостями вирощуваного гібрида, на 25% технологічними чинниками і на 25% погодними умовами [113, 146, 198].

1.3. Роль удобрення у формуванні зернової продуктивності кукурудзи

Серед технологічних заходів управління продукційним процесом усіх сільськогосподарських культур, в тому числі і кукурудзи ключова роль належить удобренню [33-35, 107, 126].

Багатьма дослідженнями встановлено, що забезпечення оптимальної кількості поживних речовин – є запорукою формування високих урожаїв [26, 100, 221].

Порівняльна оцінка реальної урожайності кукурудзи із середньостатистичним виносом елементів живлення вказує на високу потребу її агрофітоценозів у поживних речовинах. Так, при споживанні на формування 1 т зерна та відповідної кількості побічної продукції 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 [154] і урожайності зерна кукурудзи 10 т/га посіви потребують 150-300 кг/га азоту, 100-140 кг/га фосфору, 250-350 кг калію, 60-100 кг/га магнію та кальцію, 30-40 кг/га сірки, 110 г/га бору, 140 г/га міді, 1,1 кг/га марганцю, 90 г/га молібдену, 850 г/га цинку.

В той же час зернова продуктивність сучасних гібридів кукурудзи може становити 14-18 т/га, що відповідно збільшує потребу в поживних речовинах досліджуваної культури [154].

Враховуючи той факт, що вміст елементів живлення в ґрунтах України здебільшого є не високим, то застосування добрив в технологіях вирощування високопродуктивних кукурудзи є обов'язковим елементом [33, 35].

Дослідженнями вчених встановлено, що потреба у елементах живлення посівів кукурудзи є неоднаковою під час вегетації та в значній мірі залежить від фази росту та розвитку культури. Так, зокрема, в період інтенсивного росту культури – від фази VT (викидання волотей) до R1 (початку цвітіння), рослини кукурудзи засвоюють близько половини елементів живлення, до фази R3 (молочної стиглості зерна) – до 90 % від загального виносу [38, 203].

Багаточисельними лабораторними та польовими дослідженнями встановлено, що споживання поживних речовин з ґрунту в рослини починається уже у фазі BBCH 05-09, тобто на етапі проростання насіння [36, 93, 103, 117].

Не менш важливим є те, що молоді рослини кукурудзи у фазі VE-V3, тобто перший місяць вегетації засвоюють з ґрунту близько 4,5 кг/га нітрогену, 2 кг/га фосфору (P_2O_5) і до 10 кг/га калію (K_2O). В період інтенсивного росту (викидання волоті) і утворення качанів, заданими науковцями, ця кількість зростає в десятки раз [34].

Слід зазначити, що в технології вирощування кукурудзи надзвичайно важливим є оптимальне забезпечення рослин елементами живлення у ключові фази росту і розвитку – коли відбувається формування елементів продуктивності. Так, в період V3-V5 відбувається формування кількості качанів на рослині та кількості рядів в качані. А враховуючи той факт, що в цей період кукурудза росте дуже повільно, а її коренева система не може засвоювати в повній мірі елементи живлення, то надзвичайно важливим є забезпечення її ключовими елементами живлення [201].

Не менш важливим є період кукурудзи V7-V8, який характеризується інтенсивним вегетативним ростом, а елементами продуктивності, які закладаються в цей період є кількість зерен в ряду качана [201].

Проте, враховуючи той факт, що кукурудза споживає поживні речовини аж до фізіологічної стиглості зерна, а саме в той час відбувається формування наступного елемента структури урожаю – маси 1000 насінин, то забезпечення її ценозів елементами живлення протягом всього вегетаційного періоду є надзвичайно важливим питанням [97].

Як і для інших сільськогосподарських культур, для кукурудзи вирішальну роль у проходженні процесів росту, розвитку та формування зернової продуктивності відіграють макроелементи – азот, фосфор та калій [33, 35].

Проте, не слід применшувати роль мезо- та мікроелементів у формуванні урожаю. А враховуючи той факт, що жоден із елементів живлення не можна замінити іншим, важливим є оптимальне забезпечення кукурудзи всіма поживними речовинами.

Серед усіх макроелементів, ключова роль у формуванні урожаю кукурудзи належить азоту [33, 35].

Нітроген (формула N_2) – це складова частина найважливіших для рослин азотовмісних речовин, хлорофілу, ДНК, ензимів та багатьох інших сполук, необхідних для росту рослин. Оптимальне азотне живлення сприяє зростанню продуктивності посівів та якості вирощеної продукції, збільшує засвоєння рослинами інших макро та мікроелементів, прискорює лінійний ріст рослин та затримує їх старіння [214-215, 228].

Азот в основному міститься в органічних сполуках, з яких рослина споживати його не може [33, 35].

За недостатнього забезпечення рослин азотом сповільнюється їх ріст, стебла стають тонкими, листки – дрібні, світло-зеленого кольору, погіршується утворення генеративних органів, [58, 231].

Засвоєння нітрогену із ґрунту відбувається у вигляді його неорганічних сполук – нітрат аніону та катіону амонію, які перетворюються одна в одну. Проте, зазвичай, для отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур, в тому числі і кукурудзи, недостатньо наявного в ґрунті азоту. Тому потрібно його вносити у вигляді мінеральних добрив, де нітроген міститься у різних формах [33, 35].

Насьогоднішній день найбільш поширеними є три форми азоту мінеральних добрив – амонійна, нітратна та амідна.

Нітратна форма азоту (NO_3) – найбільш швидкий ефект, легкорухливий у ґрунті, а тому за надлишку вологи легко вимивається. За літературними даними 3 мм опадів промивають нітратний азот на 1 см в глибину [35].

Амонійна форма азоту (NH_4) – доступна рослинам, але має більш пролонгований ефект внаслідок накопичення на ґрунтових частках, потім вивільняється і засвоюється рослинами. Амідна форма азоту (NH_2) – ця форма недоступна рослинам через кореневе живлення. Найкраща форма для позакореневого живлення (листового) [33, 35, 188].

Азот найбільш мобільний елемент живлення в ґрунті і може перетворюватися із однієї форми в нішу під впливом ґрунтових мікроорганізмів, (рис. 3.3)

Так, за 1-4 дні амідна форма азоту перетворюється в амонійну, яка в свою чергу в подальшому трансформується в нітратну. Для перетворення амонійної в нітратну цей час становить від 7 до 40 діб, в залежності від температури навколишнього середовища.

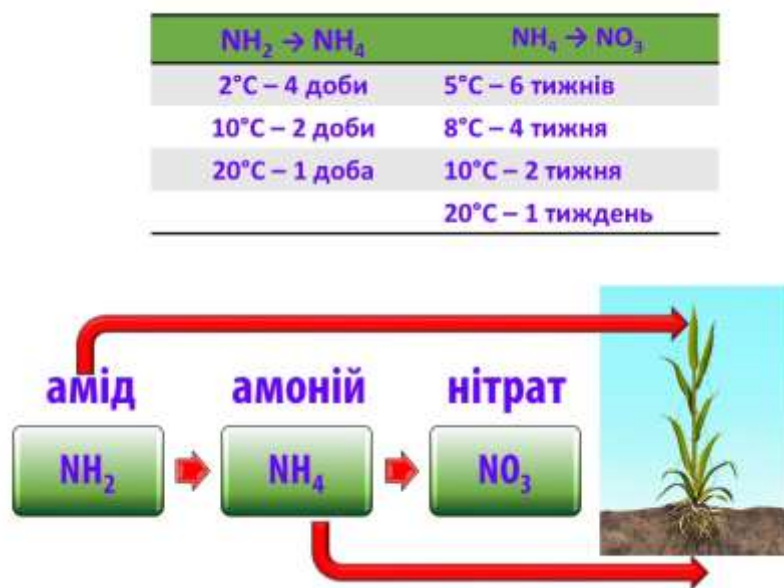


Рис. 3.3. Трансформація нітрогену в ґрунті [3].

Засвоєння рослинами кукурудзи азоту є нерівномірним. Так, Встановлено, що від фази V6 до VT (фактично за місяць) досліджувана нами культура споживає приблизно 60% необхідного нітрогену, орієнтовно 100-120кг/га. Решту – продовжує використовувати майже до настання фізіологічної стиглості зерна. Проте, найбільш найінтенсивно агроценози кукурудзи його засвоюють за 10-12 діб до викидання волоті [38, 203].

Характерною особливістю кукурудзи є те, що вона лідер зпоміж сільськогосподарських культур за ефективністю поглинання води та нітрогену на тону продукції (належить до нітрофілів) [104].

У зв'язку з цим надзвичайно важливим, для формування високопродуктивних посівів кукурудзи, є забезпечення її азотом у критичні фази його споживання, чого можна досягти шляхом застосування добрив. При цьому слід звертати увагу на те, що процеси азотного живлення досліджуваної нами культури визначаються в значній мірі формами нітрогену, що знаходиться у ґрунті, його вологості, рівня забезпеченості іншими елементами живлення, перш за все фосфором і калієм [83, 129].

На сьогоднішній день в Україні та за кордоном проведено багато експериментів щодо оптимізації азотного живлення кукурудзи, проте так ще і не розроблено універсальної технології, яку можна було б використати в усіх ґрунтово-кліматичних зонах.

В дослідженнях науковців Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН Н.М. Рудавської та Р.М. Гук, встановлено, що внесення повного мінерального добрива з розрахунку $N_{90}P_{60}K_{60}$ сприяло зростанню врожайності зерна гібридів кукурудзи на 118,2–126,4 %, або на 1,6–2,0 т/га. При збільшенні норми мінеральних добрив до $N_{120}P_{90}K_{90}$ приріст до контролю становив 2,4–3,0 т/га, або 128,1–138,9 % [171].

В умовах Правобережного Лісостепу (Уманський національний університет садівництва), як зазначають Г.М. Господаренко, В.В. Любич, К.П. Леонова, В.В. Стоцький, порівняно із неудобреним контролем, за дві ротації сівозміни, прибавка урожаю зерна досліджуваної нами культури від внесення добрив у дозі $N_{120}P_{90}K_{90}$, становила 5,53 т/га, або 109%. Зростання дози добрив до $N_{160}P_{120}K_{120}$ зумовило підвищення врожаю лише на 5% [37].

В умовах Лісостепу Західного, як повідомляють Н.М. Рудавська та В.В. Глива, удобрення кукурудзи у нормі $N_{120}P_{90}K_{90}$ підвищило врожайність на 30–38 % порівняно з неудобреними посівами [170].

Науковцями Інституту сільського господарства Карпатського регіону О. П. Волощук, О. Ф. Стасіва та ін. Встановлено, що збільшення норми добрив з $N_{120}P_{60}K_{60}$ до $N_{150}P_{90}K_{90}$ при вирощуванні кукурудзи підвищувало врожайність на 17,2–22,6 % [22].

В умовах Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН, як повідомляє С.П. Геня, внесення добрив в нормі $N_{120}P_{90}K_{120}$ сприяло отриманню 8,18–8,70 т/га зерна кукурудзи [29].

Дослідженнями С.П. Танчика та Л.В. Центиля встановлено, що в умовах Київської області, застосування мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ збільшувало урожай на 24,7 %, а $N_{120}P_{120}K_{120}$ – на 30,6 % [183].

В умовах північного Лісостепу, дослідженнями проведеними І.М. Свидинюком, Н.М. Асанішвілі та В.П. Величком встановлено, що продуктивність гібридів кукурудзи за удобрення $N_{135}P_{135}K_{180}$ становить 8,13–8,99 т/га залежно від гібриду та методу боротьби з бур'янами [176].

В умовах правобережного Лісостепу, як зазначають С.М. Каленська, В.Г. Таран, П.О. Данилів, під впливом добрив, урожайність кукурудзи на зерно змінювалася від 5,08 до 13,4 т/га залежно від досліджуваного гібриду та норми висіву насіння. Найвища зернова продуктивність посівів кукурудзи відмічена при внесенні 150 кг/га д.р. азоту [72].

Як зазначає Н.М. Асанішвілі, в умовах Лісостепу Лівобережного найефективнішою була технологія вирощування кукурудзи із внесенням мінеральних добрив в нормі $N_{180}P_{120}K_{180}$ [11].

Зростання урожайності кукурудзи, в умовах Київської області, відбувалося пропорційно збільшенню норм внесення азоту і максимальна зернова продуктивність посівів відмічена на варіантах із N_{120} – 11,0 т/га. Приріст урожаю порівняно із контролем становив 3,88 т/га [12].

Подібні результати досліджень отримано і в умовах Ерастівській дослідній станції ДУ Інститут зернових культур НААН. Так, М.І. Дудка, О.П. Якунін, С.І. Пустовий повідомляють, що на фоні удобрення $N_{60}P_{45}K_{45}$ порівняно з дозою $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайність зерна кукурудзи збільшувалася на 0,44 т/га [53].

Науковцями Кіровоградської області Маткевич В.Т., Коровіної М.О., Коломієць Л.В. та ін., встановлено, що в умовах північного Степу України

рекомендується внесення азотних добрив в нормі $N_{60} - N_{120}$ для одержання 5,20–5,35 т/га зерна кукурудзи [120].

Дослідженнями Д.І. Котельникова встановлено, що в умовах півдня України підвищення дози азотних добрив від N_{120} до N_{180} сприяло зростанню врожайності зерна кукурудзи на 19,5 % [94].

Науковцями Сполучених Штатів Америки встановлено, що найвищий рівень врожайності кукурудзи формується при внесенні $N_{100-140}$, в той же час строки внесення добрив – під основний обробіток ґрунту чи під передпосівну культивуацію, не впливають на їх ефективність [204].

В умовах Степу України, дослідженнями І.Д. Філіп'єва та Міхеєва Є.К., встановлено, що внесення під кукурудзу до 150 кг/га азотних добрив сприяє зростанню зернової продуктивності на 11,9 – 19,6% відносно контролю [187].

В той же час, як зазначає О.М. Димов, максимальна урожайність кукурудзи гібриду Р3978 (72,5 – 88,5 ц/га) відмічалася при внесенні під культуру на темно – каштанових слабо солонцюватих ґрунтах $N_{180}P_{90}K_{30}$ [45].

Таким чином, підсумовуючи наведений матеріал, можна зробити висновок, що немає єдиної норми внесення мінерального азоту, яка була б універсальною для всіх ґрунтово-кліматичних зон вирощування кукурудзи.

Враховуючи біологічні особливості досліджуваної культури, зокрема критичні періоди споживання елементів живлення, важливим питанням є пошук оптимальних форм мінеральних добрив, які були б доступними для рослин саме в такий момент. Проте, незважаючи на важливість зазначеної проблематики, дуже мало проведено досліджень із вивчення впливу форм мінерального азоту на ріст, розвиток та формування зернової продуктивності кукурудзи.

Так, за даними Пьотра Шульца, професора із Познані, при вивченні впливу різних форм азотних добрив на урожайність кукурудзи, найвищою ефективністю відзначилася амідна форма із інгібітором уреаз. Прибавка

урожаю становила 12%, тоді як від аміачної селітри вона була на рівні 10%, а карбаміду без інгібітора уреазі 8% [196].

Дослідженнями науковців-рослиників Національного університету біоресурсів і природокористування України С.М.Каленською, Т.В.Антал, Говенько Р.В встановлено, що при вивченні форм азотних добрив перевага була у КАС-32, який забезпечив найвищу урожайність серед досліджуваних варіантів [70, 71].

Дослідженнями науковців Бразилії при дослідженні трьох видів мінеральних добрив встановлено, що сульфат амонію та аміачна селітра + сульфат кальцію показали найкращі результати, оскільки підвищили врожайність кукурудзи на глинистому ґрунті та сприяли зменшенню викидів NH_3 -N на 84 та 80% по відношенню до сечовини відповідно [205].

В Канаді, в умовах Центральної експериментальної ферми Оттави вивчалися норми внесення та форми азотних добрив. Встановлено, що найкращі результати отримано на варіанті із використанням 150 кг/га д.р. нітрогену. Серед досліджуваних форм азотних добрив (сульфат амонію, карбамід, вапняково-аміачна селітра) різниця між варіантами була в межах статистичної похибки, хоча спостерігалася тенденція, щодо кращих показників від застосування сульфату амонію і гірших – при внесенні карбаміду [207].

Той же час, науковцями Факультету агрономії Угорського університету сільського господарства та природничих наук, при вивченні різних норм внесення азоту встановлено, що найвищою зерновою продуктивністю відзначився варіант із 50 кг/га д.р. нітрогену. Зростання норми внесення азоту до 100 та 150 кг/га негативно вплинуло на урожайність зерна кукурудзи [220].

Фахівцями кафедри агрономії Познанського університету природничих наук P. Szulc, J. Bocianowski, K. Nowosad, D. Krauklis, W. Baldys, J. Kobus-Cisowska при вивченні форм мінеральних азотних добрив встановлено

перевгу сульфату амонію, порівняно із карбамідом, аміачною та вапняково-аміачною селітрою [229, 230].

Дослідженнями в проведеними в республіці Туреччина, встановлено, що надмірно високі норми внесення азоту негативно впливають на висоту рослин кукурудзи, спричиняючи її зменшення, порівняно із оптимальними [219].

При вивченні впливу форм азотних добрив на урожайність кукурудзи (карбамід і безводний аміак) у США, штат Огайо, статистично доведено перевагу використання безводного аміаку над карбамідом, оскільки зернова продуктивність досліджуваної культури на останньому варіанті була значно нижчою, ніж на першому [227].

Дослідженнями D.J. Eckert (кафедра агрономії, Університет штату Огайо) встановлено, що безводний аміак забезпечив кращі показники зернової продуктивності кукурудзи, порівняно із КАС [208].

Таким чином, підсумовуючи результати досліджень вітчизняних та іноземних вчених із вивчення питання впливу форм мінерального нітрогену на ріст, розвиток та формування зернової продуктивності кукурудзи, можна зробити висновок, що зазначене питання вивчене недостатньо і немає єдиної думки науковців стосовно того, в якій формі азот буде кращим.

Крім нітрогену, не менш важливими елементами для кукурудзи є фосфор та калій. Фосфор, за повідомленнями агрохіміків, відіграє провідну роль у багатьох процесах, що відбуваються в рослинах [33, 35].

Він суттєво впливає на проходження фізіологічних процесів в рослинному організмі, відіграє ключову роль в енергетичному обміні. Засвоєння фосфору сільськогосподарськими культурами неоднакове протягом вегетаційного періоду – найбільше на початкових етапах онтогенезу, а також під час генеративного періоду життя рослин. [14, 36, 58, 134].

Характерною особливістю фосфору є те, що він споживається кукурудзою протягом всього вегетаційного періоду аж до повної стиглості

зерна. Під впливом даного елемента скорочується проходження міжфазних періодів, прискорюється ріст і розвиток коренів в нижні шари ґрунту, що особливо важливо в умовах недостатнього зволоження [222].

Біологічні особливості кукурудзи є такими, що в початковий період росту і розвитку вона потребує достатньої забезпеченості доступними елементами живлення, тому що проростки мають слабку кореневу систему [130]. Відомо, що якраз від поглинання фосфору залежить ріст коренів. Наслідком негативного впливу дефіциту зазначеного елемента живлення є зменшення кількості додаткових коренів, що в свою чергу впливає на листовий індекс посівів [222].

Фосфор добре утримується частинками ґрунту і тому не є мобільним елементом, навпаки, він один із найбільш нерухомих. За даними деяких літературних джерел протягом вегетаційного періоду він може мігрувати в ґрунті не більше ніж на 3 см у вертикальному напрямку. Його розчинність, тобто доступність для рослин, визначається такими основними факторами, як температура ґрунту (при температурі ґрунту менше $+14^{\circ}\text{C}$) фосфор недоступний для рослин. Аналогічна ситуація спостігається і при рН менше 6 та більше 7 [132].

Однією із властивостей фосфору є здатність зв'язувати і утворювати нерозчинні осади (солі) з різними мікроелементами ґрунту, зокрема із залізом та алюмінієм, оскільки їх розчинність підвищується тоді, коли відбувається зниження рН ґрунту. У зв'язку з цим зростають ризики утворення недоступних солей із зростанням концентрації заліза й алюмінію, що характерно для кислих ґрунтів [33, 35].

На лужних ґрунтах (рН вище 7), фосфор може зв'язуватися із кальцієм і як наслідок, рослини також можуть страждати від фосфорного голодування [33, 35].

Тому чим триваліший контакт іонів фосфору з частинками ґрунту, тим більша його кількість переходить в недоступні форми. З цим і пов'язана доцільність внесення фосфору одразу перед сівбою чи посадкою

сільськогосподарських культур. Саме тому висока ефективність використання фосфору, як правило, досягається внесенням добрив одразу перед сівбою чи посадкою культури [58].

Недостатнє забезпечення посівів сільськогосподарських культур фосфором сповільнює їх ріст і розвиток рослин, погіршується формування кореневої системи. Симптоматика дефіциту даного елемента живлення спостерігається перш за все на старих листках. Вони змінюють своє забарвлення до темно-зеленого, а пізніше до синювато-бузкового відтінку. Іноді їхній колір може бути фіолетовим або пурпуровим. Так проявляється реакція рослин на весняний «холодовий стрес», що уповільнює засвоєння фосфору рослинами [109, 130, 199].

Краї листків можуть забарвлюватися у жовто-бурий або чорно-бурий чи бурий колір. Відмічається сповільнення проходження фенологічних фаз, пригнічений ріст, порушується білковий обмін, запізнюється настання генеративних періодів в житті рослинного організму [58].

В онтогенезі кукурудзи розрізняють декілька критичних періоди споживання фосфору: перший – від проростання насіння до 3-6 листка; другий – цвітіння і налив зерна (формування генеративних органів), надходить більше половини спожитого фосфору [52, 87, 169].

Крім він здатний до реутилізації – тобто може мігрувати від старих до молодих органів і використовуватися знову [197]. Цим пояснюється той факт, що під час формування зерна із інших органів рослини до нього переміщується 36% фосфору [33, 35].

Потрібно враховувати те, що нестача даного елемента живлення на початку вегетації не можна компенсувати за стосуванням його пізніші фази онтогенезу. В той же час, надмірна кількість фосфору в удобренні сільськогосподарських культур сповільнює процеси росту, але при цьому прискорюється розвиток рослин. При цьому відмічається зниження урожаю зеленої маси і зерна [222].

Третім, за важливістю, макроелементом для кукурудзи є калій. Фізіологічна роль калію полягає в тому, що він відіграє найважливішу роль, беручи участь у розподілі води і в ферментативних процесах. Завдяки достатній кількості калію полегшується перенесення рослинами стресу в період спеки, холоду чи посухи [58].

Калій, за хімічною природою, є антогоністом кальцію, сприяє підвищенню водозабезпеченості рослин, підвищує продуктивність сільськогосподарських культур, водоутримуючу здатність рослинних клітин, регулює дихання рослин [33, 35].

Порівняльна оцінка зернових культур за виносом калію, вказує на те, що кукурудза засвоює його найбільше з поміж них [93, 104, 130].

Інтенсивне засвоєння калію рослинами кукурудзи розпочинається від фази V5-V6 і триває аж до кінця вегетації [14, 35, 174, 175].

Характерною особливістю засвоєння калію рослинами кукурудзи є те, що потреба рослин в калію із віком збільшується, особливо під час росту стебла і наливу зерна, а його нагромадження в органах рослини наближається до вмісту азоту [33].

Важливість оптимальної забезпеченості рослин кукурудзи калієм зумовлена тим, що цей елемент є незамінним для формування та транспортування в зерно вуглеводів, зокрема крохмалю та цукру, надає міцності стеблу, що дуже важливо для запобігання вилягання рослин, надає стійкості рослинам до стеблових гнилей та є важливим для формування качанів, за рахунок генерування міцної механічної тканини [93, 106].

Нестача калію спричиняє втрату тургору рослинами, оскільки калій впливає на його збереження. При дефіциті калію більшується транспірація рослин, знижується посухостійкість. Характерними ознаками недостатнього забезпечення рослинного організму калієм є пожовтінням між жилками листків, нижні з яких покриваються жовто-коричневими плямами. Крім цього на краях листків та їх кінчиках відмічається. Спостерігається

вкорочення міжвузлів, стебла рослин тоншають, коренева система слабше розвивається [33, 35, 58, 130].

Таким, чином підсумовуючи викладений матеріал, можна стверджувати, що кукурудза надзвичайно вимоглива до елементів живлення і для свого успішного росту розвитку та формування зернової продуктивності потребує значної кількості поживних речовин у необхідні фози вегетації.

Висновки до розділу 1

1. В умовах складної економічної ситуації в Україні, спричиненою війною, аграрному сектору економіки належить ключова роль у забезпеченні державного бюджету валютними надходженнями, населення продуктами харчування, сільськогосподарських тварин кормами. При цьому, провідне місце у виробництві агропродукції належить кукурудзі.

2. Сучасний гібридний склад насіння кукурудзи в Україні нараховує станом на 1.10.2023 року 1480 позицій різних груп стиглості, що дозволяє успішно вирощувати її в різних ґрунтово-кліматичних умовах як в основних так і післяукісних посівах. Крім цього, наявні гібриди досить часто потребують індивідуальних підходів щодо технології вирощування, для максимального розкриття свого генетичного потенціалу.

3. За виносом елементів живлення на одиницю продукції та величиною урожайності, кукурудза потребує значної кількості поживних речовин в розрахунку на одиницю площі для формування високопродуктивних посівів.

4. Ключова роль у формуванні урожайності кукурудзи належить азоту, рекомендовані норми внесення якого варіюють у широких межах залежно від умов вирощування – 50-180 кг/га д.р.

5. На сьогоднішній день немає єдиної думки дослідників стосовно кращої форми мінерального азоту – амідна, амонійна, нітратна чи одночасно вносити нітроген в трьох формах.

Таким чином, на основі проведеного аналізу літературних джерел стосовно оптимізації азотного живлення посівів кукурудзи в умовах

північно-східного Лісостепу України, можна зробити висновок, що дане питання вивчено ще не достатньо, а існуючі твердження з питань отримання високих урожаїв є дискусійними. Все це і зумовило необхідність проведення подальших досліджень з даного напрямку та визначили вибір теми дисертаційної роботи.

2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Особливості ґрунтово-кліматичних умов Лісостепу північно-східного

Лісостепова зона України простягається довжиною понад 1 тис. км від Карпат на заході до східних кордонів нашої країни. Загальна площа цієї агрокліматичної зони становить понад 20,1 млн. га, або 33,6% території держави. Вона є північною частиною помірного біокліматично-ґрунтового поясу, що тягнеться безперервною смугою від Передкарпаття до західних відрогів Середньоруської височини на сході. [61, 137].

Агрокліматична зона північно-східного Лісостепу України розташована відповідно на північному сході нашої країни. Вона включає територію Полтавської, Сумської і Харківської областей, (рис. 2.1)



Рис. 2.1. Північно-східний Лісостеп України

Північно-східний Лісостеп України розташований в межах Полтавської рівнини та Придніпровської низовини і має рівнинний рельєф. Клімат даної агрокліматичної зони помірно-континентальний, помірно-теплий, що в поєднанні із достатньою кількістю опадів створює сприятливі умови для вирощування різноманітних сільськогосподарських культур.

Сумська область (зона проведення досліджень) розміщена в східній частині України між $50^{\circ}06'36''$ – $52^{\circ}22'00''$ північної широти і $32^{\circ}56'42''$ – $35^{\circ}41'37''$ східної довготи [92].

Поверхня Сумщини в основному рівнинного характеру із незначним нахилом з північного сходу на південний захід. Переважна більша її частина знаходиться у межах Придніпровської низовини, в той же час крайня північна – територіально у Північній низовині, а східна та північно-східна – займає частину відрогів Середньоруської височини [92].

Середньомісячна температура січня місяця в Сумській області знаходиться на рівні від -7,9 на півночі області, до -7,1 – на південному заході. В найтепліший місяць (липень) вона становить +18,4 на півночі, до +19,9 – на південному сході. Тривалість періоду з температурою понад +10 становить 150-160 днів. Абсолютний мінімум температури повітря, який був зафіксований за час метеорологічних спостережень -36°C (у січні 1935 року), абсолютний максимум $+38^{\circ}\text{C}$ (у серпні 1907 року) [92].

Річна кількість опадів в Сумській області знаходиться на рівні 527-600 мм на півночі, на іншій частині території – 460-520 мм. Найбільш зволеним є липень. Для зимового періоду року характерні снігопади і заметілі. У цілому кліматичні умови можна охарактеризувати як сприятливі для успішного сільськогосподарського виробництва в регіоні.

2.2. Характеристика ґрунту дослідної ділянки

Ґрунт дослідного поля (Писарівського відділення Сумського регіонального управління чорнозем типовий малогумусний слабовилугуваний, який є типовим для зони північно-східного Лісостепу

України. Перед закладанням дослідів у 2018 році було зроблено агрохімічний аналіз ґрунту лабораторією компанії Yara, (рис. 2.2)



Рис. 2.2. Агрохімічні показники ґрунту дослідного поля

За результатами проведених досліджень встановлено, що в ньому міститься органічної речовини 3,5 %, рН водне 6,5, ємність катіонного обміну 20,1 мг-екв/г ґрунту, фосфору 24 ppm, калію 115 ppm, кальцію 2366 ppm, магнію 163 ppm, марганцю 51 ppm, бору 0,99 ppm, міді 4,8 ppm, цинку 1,0 ppm, сірки 2,0 ppm.

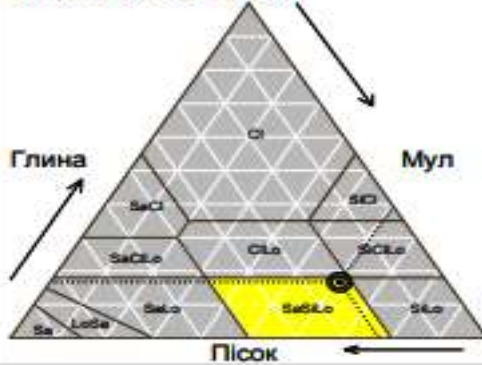
За гранулометричним складом тип ґрунту дослідного поля піщано-мулистий суглинок, (рис. 2.3).



Результати аналізу (Грунт)

Клієнт: DRUZBA NOVA (PYSARIVKA) SUMY REGION
 Дата отримання: 11/10/2018
 Номер зразку: EXP 21-09-2018
 Культура: Кукурудза

Фізичний аналіз



Аналіз	Результат (%)
Пісок	22.59
Мул	60.73
Глина	16.68
Тип ґрунту	SaSiLo Піщано-мулистий суглинок

Властивість	Assessment
Available Water	Низький до середнього
Норма стоку	Швидкий
Властивість (природн)	Низький до середнього
Potential C.E.C.	Низький до середнього
Ризик випусовування	Високий до помірного
Темп прогрівання	Швидкий

Біологічний аналіз

SOLVITA®

Аналіз	Результат	Ideal
Solvita Burst CO ₂ -C (ppm)	N/A	>70
Органічний вуглець (%)	2.0	
Загальний азот	0.162	
коєфіцієнт C:N	N/A	10-12
Розраховані параметри		Результат
Мікробіомаса (mg/kg)	N/A	
Потенційно мінералізований азот за Solvita (kg N/ha)	N/A	
Оцінка ґрунту за Solvita	N/A/100	

Вплив pH на біологію ґрунтів



Рис. 2.3. Агрофізичні показники ґрунту дослідного поля

В ґрунті міститься 22,59% піску, 60,73% мулу та 16,68% глини. В цілому ж, ґрунт дослідної ділянки придатний для проведення дослідів із кукурудзою, хоча потребує оптимізації живлення досліджуваної культури за такими елементами як калій, сірка, цинк.

2.3. Погодні умови в роки проведення досліджень

В період 2019-2021 років, гідротермічні умови були нестійкими і значно відрізнялися від середніх багаторічних значень, (рис. 2.4., додатки Б.1. – Б. 2.),

В січні 2019 року температурний режим був вище багаторічного показника на $0,5^{\circ}\text{C}$ при багаторічній температурі мінус $6,1^{\circ}\text{C}$, опадів випало 50 мм при багаторічному показнику 41 мм.

В лютому середньодобова температура повітря становила мінус $0,2^{\circ}\text{C}$, при багаторічному показнику мінус $5,5^{\circ}\text{C}$, опадів випало 44 мм, що на 9 мм більше за середні значення 35 мм.

Початак метеорологічної весни 2019 року розпочався 4 березня коли середньодобова температура перейшла через 0°C в бік підвищення.

Сніговий покрив зійшов повністю 25 березня. У березні температурний режим становив $0,5^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 45 мм – 118,4% при багаторічному показнику 38 мм.

За квітень середньодобова температура повітря становила $8,3^{\circ}\text{C}$, що на $0,4^{\circ}\text{C}$ нижче багаторічної $8,7^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 46 мм – 115% від багаторічного показника 40 мм.

На поверхні ґрунту спостерігалися заморозки силою від мінус 9°C до 0°C . Таких днів з заморозками було 15.

Травень був помірно теплим із середньодобовою температурою повітря $13,3^{\circ}\text{C}$, що на $2,3^{\circ}\text{C}$ вище багаторічної. Опадів випало 41 мм – 76% при багаторічній 54 мм. Першого травня зафіксовано останній заморозок на поверхні ґрунту (-1°C).

За весняний період (березень-травень) середньодобова температура повітря знаходилася на рівні $7,4^{\circ}\text{C}$ що вище на $2,6^{\circ}\text{C}$ за багаторічну $8,1^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 132 мм, що дорівнює багаторічній нормі.

Стійкий перехід середньодобової температури повітря через $+15^{\circ}\text{C}$ у бік підвищення, що характеризує початок метеорологічного літа, відбувся 5 травня. Середньодобова температура повітря за літній період (червень-липень) знаходилася на рівні $21,9^{\circ}\text{C}$, що на $2,5^{\circ}\text{C}$ вище середнього багаторічного значення. Сума опадів за цей час складала 113 мм, що становить 57% при нормі 200 мм.

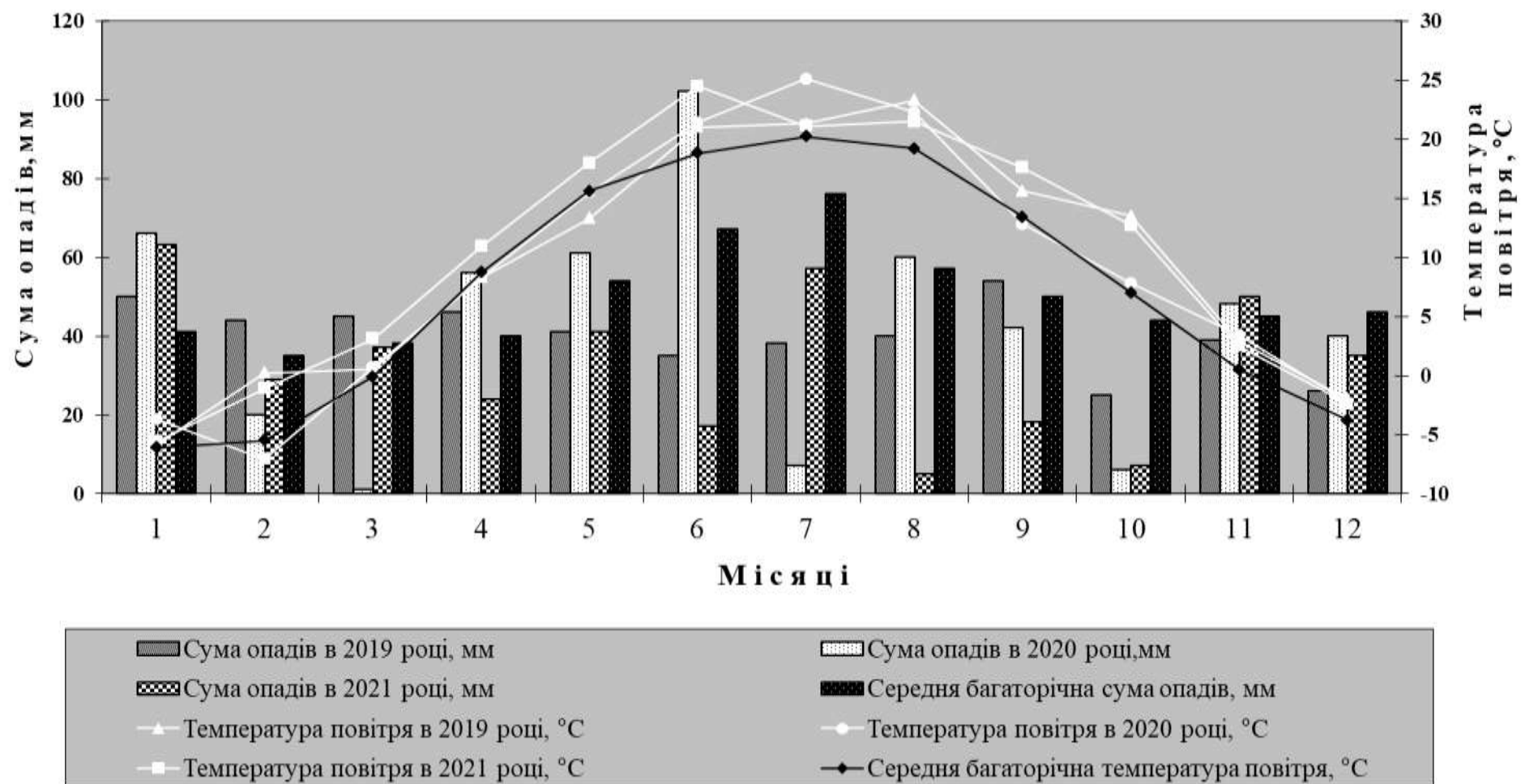


Рис. 2.4. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень

Червень був теплим. Середньодобова температура повітря за місяць становила 21,0, що на 2,2 °C вище багаторічного значення 18,8°C. Сума опадів знаходилася на рівні 16,8 мм, що складає 52% при нормі 67 мм.

Липень також був теплим, особливо перша та третя декади. Середньодобова температура повітря за цей період була на рівні 21,3 °C, при багаторічному показникові 20,2°C. Опадів випало 38 мм, що складає 50% від норми 76 мм.

Середньодобова температура повітря за серпень склала 23,3°C, при багаторічній – 19,2°C. Опадів випало 40 мм, що складає 70% багаторічної норми – 57 мм.

Осінь 2019 року була помірно теплою. Перехід середньодобової температури повітря через +15°C в сторону зниження, який характеризує закінчення метеорологічного літа і характеризує початок осені відмічено 23 вересня. 30 вересня відбувся перехід середньодобової температури в бік зниження відбувся через +10°C відбувся, 6 листопада через +5°C. Стійкий перехід середньодобової температури повітря через 0°C в бік зниження, припадає на кінець осені. У звітному році він настав 12.11 2019 року.

В середньому за вересень місяць випало опадів 54 мм при середньо багаторічному показнику 50 мм. Середньодобова температура повітря становила 15,6°C, при багаторічній температурі 13,4°C. Максимальна температура повітря відмічена 33,0 °C, мінімальна 3,0°C. Середня температура ґрунту на глибині 5 см становила 18,4°C.

В жовтні переважала помірно тепла погода. Середня місячна температура повітря знаходилася на рівні 13,5°C, що на 6,5°C більше за багаторічний показник 7,0°C. Опадів за місяць випало 25 мм, тоді як середня багаторічна норма складає 44 мм.

Для листопада характерною була помірно тепла та зволожена погода. Середньодобова температура повітря за місяць знаходилася на рівні мінус 2,9°C, при багаторічному показнику 0,5°C. Сума опадів становила 39 мм,

при багаторічному показнику 45 мм. Максимальна температура повітря відмічена на рівні 12,0°C, мінімальна мінус 16,0 °C.

Перехід середньої добової температури повітря через 0°C в бік зниження було відмічено 19.11.2019 року. Відбувся початок зимового періоду. В грудні поточного року випало 26 мм опадів у вигляді дощу та снігу, що складає 57% від середньої багаторічної норми. Температура повітря становила -2°C, тоді як багаторічний показник знаходиться на рівні -3,8°C

Січень 2020 року був найбагатший на опади у вигляді снігу. В січні температурний режим був мінус 3,7°C, при багаторічній температурі мінус 6,1°C, опадів випало 66 мм при багаторічному показнику 41 мм.

В лютому середньодобова температура повітря становила -7,1°C, при багаторічному показнику мінус 5,5°C, опадів випало 20 мм, що на 15 мм менше за багаторічний показник 35 мм.

Перехід середньодобової температури повітря через 0°C в сторону підвищення відбувся 20.03 2020 року і вказує на закінчення зимового періоду та початок метеорологічної весни. Початок першого місяця весни був ще з морозами, але вже у другій половині стало істотно тепліше, температура в основному знаходилася вище нуля.

У березні температурний режим знаходився на рівні 0,7°C. Опадів майже не було, випало 1 мм – 3 % при багаторічному показнику 38 мм.

Квітень відзначився зростанням температури. Місяць почався з невеликих опадів та короткочасного похолодання. За цей місяць середньодобова температура повітря становила 8,3°C, що на 0,4°C менше багаторічної кліматичної норми – 8,7°C. Опадів випало 56 мм – 140 %, в той же час як середній показник знаходиться на рівні 40 мм. На поверхні ґрунту спостерігалися заморозки силою від мінус 3°C до 0°C.

Травень був помірно теплим, спостерігалися незначні опади, однак це не відбилося на температурі повітря яка піднімалася, відчутного потепління не було. Середньодобова температура повітря становила 15,5°C. Опадів

випало 61 мм – 113% при багаторічній 54 мм. У травні також спостерігалися заморозки на поверхні ґрунту від мінус 6°C до 0°C.

За весняний період (березень-травень) середньодобова температура повітря становила 8,2°C що вище на 0,1 °C за багаторічну температуру 8,1 °C. Опадів випало 118 мм –89% при багаторічній 132 мм.

Стійкий перехід середньодобової температури повітря через +15°C у бік підвищення, що є ознакою початку метеорологічного літа, відбувся 28.05.2020 року. Середньодобова температура повітря за літній період (червень-серпень) становила 22,9°C, що на 3,5°C вище середнього багаторічного показника. Сума опадів знаходилася на рівні 169 мм, що становить 85 % середньої кліматичної норми

Червень в цілому був теплим, але погода була нестійкою. На початку місяця спостерігалася невелика температура і майже було без опадів, зате з середини місяця часто чергувалися сонячні і ясні дні з дощами та зливами, були грози. Максимальна температура повітря цього місяця сягала позначки 36°C. Середньодобова температура повітря за червень становила 21,4°C, що на 2,6 °C вище багаторічної норми 18,8°C. Сума опадів становила 102 мм, що складає 152 % при багаторічного показника 67 мм.

Липень також був теплим та жарким, але не зовсім сухим. Середньодобова температура повітря за місяць становила 25,1°C, при багаторічній температурі 20,2°C. Опадів випало 7 мм, що складає 9% від норми 76 мм.

В серпні, середньодобова температура повітря становила 22,3°C, при багаторічній нормі 19,2 °C. Сума Опадів випало 60 мм або 105% багаторічного значення – 57 мм.

Початок метеорологічної осені, який характеризується переходом середньодобової температури повітря через +15°C в бік зниження, відбувся 11.10.2020 р., а перехід через +10°C – 28.10 2020р., перехід через +5°C в бік зниження 10.11.2020 року. Початок метеорологічної зими, при якому відбувається стійкий перехід середньодобової температури повітря через 0°C

в бік зниження, припадає на кінець осені, зокрема про це свідчать нижчі нічні температури повітря. У звітному році він настав 01.12 2020 року.

Осінь звітного року була помірно теплою та з помірними опадами. До середини вересня стояла літня погода з короткочасними періодами похолодання.

В середньому за вересень місяць випало опадів 42 мм при середньобагаторічному показнику 50 мм. Середньодобова температура повітря становила 12,8°C, при багаторічній температурі 13,4°C. Найвища температура повітря відмічена 35,0°C, мінімальна 2,0°C. Середня температура ґрунту на глибині 5 см становила 18,8°C.

В жовтні переважала помірно тепла погода. Середня місячна температура повітря знаходилася на рівні 7,8°C, що на 0,8°C вище за багаторічний показник 7,0°C. Мінімальна температура повітря становила мінус 1,0°C. Найвища температура повітря була 26,0°C. Кількість дощів була незначна. Опадів за місяць випало 6 мм, при багаторічному показнику 44 мм.

Листопад переважно теплий з незначними морозами та опадами у вигляді снігу та дощу. Місячна середньодобова температура повітря становила 3,4°C, при багаторічному показнику 0,5°C. Опадів випало 48 мм, при багаторічному показнику 45 мм. Максимальна температура повітря становила 12,0°C, мінімальна мінус 5,0°C.

Зима 2020-2021 років була помірно тепла, з температурним режимом вище від багаторічного показника. Зниження температури було нетривалим та незначним. Зимовий сезон характеризувався різкими змінами погодних умов, підвищеним температурним режимом порівняно із багаторічними значеннями.

Середньодобова температура повітря за грудень становила мінус 2,3°C, при багаторічній температурі мінус 3,8°C, опадів випало 40 мм, при багаторічному показнику 46 мм.

Січень був найбагатший на опади у вигляді снігу, та в деякі дні спостерігалось зниження температури від мінус 14°C до мінус 24°C.

В січні температурний режим був мінус 5,6°C, при багаторічній температурі мінус 6,1°C, опадів випало 63 мм при багаторічному показнику 41 мм.

В лютому середньодобова температура повітря знаходилася на рівні мінус 1,1°C, при багаторічному показнику мінус 5,5°C, опадів випало 29 мм, що на 6 мм менше за багаторічне значення 35 мм.

Початок метеорологічної весни, який супроводжується підвищенням середньодобової температури повітря вище 0°C відбувся 3.03.2021 року.

Початок першого місяця весни був ще з морозами, але вже у другій половині стало істотно тепліше, температура в основному трималася з позначкою плюс.

У березні середньодобова температура повітря становила 3,1°C. Сума опадів відповідала багаторічній нормі і складала 37 мм.

У квітні температура почала зростати, але ще спостерігалися нічні зниження, було вітряно. За цей місяць середньодобова температура повітря знаходилася на рівні 10,9°C, що на 2,2°C вище багаторічного показника 8,7°C. Опадів випало 24 мм – 60 % від багаторічного показника 40 мм.

Середньодобова температура повітря травня місяця становила 18°C. Опадів випало 41 мм при багаторічній нормі 54 мм. У травні також спостерігалися заморозки на поверхні ґрунту силою від мінус 5°C до 0°C. Таких днів з приморозками було 4.

За весняний період середньодобова температура повітря становила 10,7°C що вище на 2,6°C за багаторічну норму 8,1°C. Опадів випало 102 мм – 90% від середніх багаторічних значень 132 мм.

Початок метеорологічного літа, що відбувається при переході середньодобової температури повітря в бік підвищення через +15°C відбувся 14.05.2021 року.

Червень був теплим. Середньодобова температура повітря за місяць склала 24,5°C, що на 5,7 °C вище багаторічного показника 18,8°C. Сума

опадів була на рівні 17 мм, що складає 25 % від середнього багаторічного показника.

Липень також був теплим, особливо друга та третя декади місяця. Середньодобова температура повітря за місяць становила $21,1^{\circ}\text{C}$, при багаторічній температурі $20,2^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 57 мм або 75% від багаторічного показника 76 мм.

Середньодобова температура повітря серпня склала $21,5^{\circ}\text{C}$, при багаторічній $19,2^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 5 мм, що становить 9 % багаторічної норми – 57 мм.

Перехід середньодобової температури повітря через $+15^{\circ}\text{C}$ в бік зниження, який характеризує початок осені відбувся 15.09.2021р., через $+10^{\circ}\text{C}$ – 20.09.2021р., через $+5^{\circ}\text{C}$ – 10.11.2021 року.

Осінь 2021 року була помірно теплою та сухою. До середини вересня відмічалася літня погода з короткочасними періодами похолодання.

В середньому за вересень місяць випало опадів 18 мм при середньому багаторічному показнику 50 мм. Середньодобова температура повітря становила $17,6^{\circ}\text{C}$, тоді як багаторічна температура знаходиться на рівні $13,4^{\circ}\text{C}$. Максимальна температура повітря відмічена $28,0^{\circ}\text{C}$, мінімальна $0,0^{\circ}\text{C}$.

В жовтні переважала помірно тепла погода. Середня місячна температура повітря знаходилася на рівні $12,7^{\circ}\text{C}$, що на $5,7^{\circ}\text{C}$ вище за багаторічний показник, який для даного регіону становить $7,0^{\circ}\text{C}$. Мінімальна температура повітря становила мінус $5,0^{\circ}\text{C}$. Максимальна температура повітря була $19,0^{\circ}\text{C}$. Кількість дощів була незначна. Опадів за місяць випало 7 мм, при багаторічному показнику 44 мм. Листопад переважно теплий з незначними морозами та опадами у вигляді снігу та дощу.

Для цього місяця погода була типовою. Середньодобова температура повітря становила при цьому становила $2,5^{\circ}\text{C}$, тоді як багаторічний показник знаходиться на рівні $0,5^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 50 мм, при нормі 45 мм.

В цілому осінь була теплою, з окремими вторгненнями холодних повітряних мас, температура повітря осіннього періоду (вересень-листопад) становила 10,9 °С, опадів випало 75 мм, при багаторічній нормі 139 мм.

Початок метеорологічної зими, який фіксується при переході середньодобової температури через 0°С в сторону зниження, було відмічено 01.12.2021 року. Середньодобова температура повітря за грудень 2021 року становила мінус 2,4°С, при багаторічному значенні – 3,8°С, опадів випало 4 мм, при багаторічному показнику 46 мм.

Таким чином погодні умови в роки проведення досліджень були різними, що дало можливість оцінити їх вплив на ріст, розвиток і формування продуктивності досліджуваної культури.

2.4. Методика проведення досліджень та агротехніка вирощування культури в досліді

Виходячи із поставленої мети досліджень, вирішення намічених програмою завдань проводилось в одному трифакторному досліді, де на трьох різночаснодостигаючих гібридах кукурудзи протягом 2019-2021 років вивчалися різні способи їх удобрення, (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Схема досліді

Фактор А – гібриди кукурудзи	Фактор В – норми внесення добрив	Фактор С – форми азотних добрив
ДКС 3050 (ФАО 200) ДКС 3730 (ФАО 280) ДКС 4178 (ФАО 330)	1. Контроль 2. P ₆₀ K ₆₀ (фон) 3. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ 4. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ 5. N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀ 6. N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀ 7. N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	1. Безводний аміак 2. Карбамід 3. КАС-32

Розміри ділянок: посівна – 150 м²; облікові – 100 м², повторність триразова.

Дослідження проводилися згідно загальноприйнятих методик з наукових досліджень [57, 124, 125].

Попередником для кукурудзи була озима пшениця. Після її збирання проведено дискування стерні дисковою бороною Vaderstad Carrier 500 на глибину 6-8 см. Через два-три тижні зроблена зяблева оранка на глибину 25-27 см плугами Diamant 16 6L100. Весною при настанні фізичної стиглості ґрунту проведено закриття вологи. Після цього вносилися азотні добрива згідно схеми досліду. Безводний аміак – аплікатором Nutri PRO NP1540AA безпосередньо в ґрунт на глибину 10-12 см, КАС-32 самохідним обприскувачем John Deere 48300, карбамід – розкидачем Rauch Aero GT60.1 із наступною заробкою в ґрунт на глибину 10-12 см.

Сівба кукурудзи проводилася за рівня температурного режиму ґрунту +10°C сівалкою Vaderstad L8. В дослідах використовувалися гібриди кукурудзи компанії Монсанто ДКС 3050 (ФАО 200), ДКС 3730 (ФАО 280) та ДКС 4178 (ФАО 330).

ДКС 3050. ФАО 200. Відзначається високим потенціалом урожайності, високою початковою енергією росту та високою вологовіддачею. Висота рослин 230-250 см. Зерно зубовидного типу. Кількість рядів в качані 14-16, зерен в ряду – 35-37. Висота кріплення качана до 120 см. Стійкий до основних хвороб та кореневого і стеблового вилягання.

ДКС 3730. ФАО 280. Придатний до вирощування у різних ґрунтово-кліматичних умовах. Відзначається високим потенціалом урожайності, високою початковою енергією росту та високою вологовіддачею. Висота рослин 230-250 см. Зерно зубовидного типу. Кількість рядів в качані 14-16, зерен в ряду – 28-30. Висота кріплення качана до 110-118 см. Стійкий до основних хвороб та кореневого і стеблового вилягання. Можливе вирощування у монокультурі.

ДКС 4178 (ФАО 330). Висока адаптивність, посухостійкість, швидка енергія початкового росту. Відзначається високим потенціалом урожайності та високою вологовіддачею. Висота рослин 250-270 см. Зерно зубовидного

типу. Кількість рядів в качані 14-16, зерен в ряду – 30-32. Висота кріплення качана до 115-120 см. Можливе вирощування у монокультурі.

Норма висіву насіння на всіх варіантах дослідів становила 85 тис/га. Після сівби вносився ґрунтовий гербіцид **Харнес** (ацетохлор, 900 г/л) – 2,0 л/га. У фазі V3-5 кукурудзи вносили гербіцид **Майстер Пауер** (форамсульфурон, 31,5 г/л + йодосульфурон, 1,0 г/л + тіенкарбазон-метил, 10 г/л + ципросульфамід (антидот), 15 г/л) в нормі 1,4 л/га. У фазі V4-6 вносили **YaraVita Zintrac 700** – 0,75 л/га.

В період викидання волоті (фаза VT) проти комплексу шкідників вносили інсектицид **Ампліго** (хлорантраніпрол, 100 г/л + лябда-цигалотрин, 50 г/л) – 0,3 л/га.

В наших дослідях використовували наступні мінеральні добрива: безводний аміак з вмістом азоту 82 %, КАС-32, який містить 32% азоту, карбамід – 46% азоту, гранульований суперфосфат – 19,5% P_2O_5 та калій хлористий 60 % K_2O .

Всі удобрювальні продукти, які використовувалися в дослідях включені в «Перелік пестицидів та агрохімікатів дозволених до використання в Україні» [42].

Під час проведення досліджень із кукурудзою виконувалися такі спостереження та аналізи:

- ✓ перед початком проведення досліджень проводили відбір проб для агрохімічного дослідження ґрунту згідно ДСТУ 4287:2004 [46] і визначали агрохімічні та агрофізичні показники в лабораторії компанії Yara.
- ✓ густоту рослин в період сходів та перед збиранням – урожаю шляхом вибіркового підрахунку на всій площі ділянки [57, 124, 125];
- ✓ площу листової поверхні – розрахунковим методом [57];
- ✓ висоту рослин – шляхом вимірювання мірною лінійкою від поверхні ґрунту до верхньої точки рослини [57, 124, 125];
- ✓ вміст хлорофілу в листках кукурудзи – за допомогою приладу N-tester [233];

- ✓ накопичення біомаси NDVI – за допомогою супутникового моніторингу стану посівів Cropio [206].

- ✓ структуру урожаю – перед збиранням урожаю [57, 124, 125];

- ✓ облік урожаю зерна проводили методом суцільного збирання [57, 124, 125].

Урожайні дані обробляли методом дисперсійного аналізу згідно «Основ наукових досліджень в агрономії» [57] з використанням сучасного пакету програм («AGROSTAT», Excel, Statistica 8.0) [55];

Аналітичні дослідження проводилися згідно загальноприйнятих методик за такими показниками:

- визначення вмісту крохмалю проводили за допомогою поляриметра А (виробник CARL ZEISS JENA, Німеччина) із точністю 0,1% згідно з вимогами ГСТУ 46.045:2003 «Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості» [41];

- визначення вмісту жиру в зерні кукурудзи проводилося відповідно до ДСТУ ISO 7302:2003 Зерно і зернові продукти. Визначення загального вмісту жиру (ISO 7302:1982, IDT) [48];

- масу 1000 зерен – за ДСТУ ISO 520:2015 «Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен» [47];

Економічну оцінку здійснювали відповідно до «Економіки сільського господарства» [167] на основі прямих витрат з технологічних карт загальноприйнятої форми. Вартість насіння, добрив, пального взято по оптових цінах станом на 1.09. 2023 року.

Енергетичну оцінку технологій вирощування кукурудзи проводили за методикою О.К. Медведовського, П.І. Іваненка [122].

Оцінку конкурентоспроможності технологій вирощування лучних агрофітоценозів аналізували за методикою А.Д. Гарькавого, В.Ф. Петриченка та А.В. Спіріна [27].

3. ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

Під «ростом» науковці розуміють незворотне збільшення розмірів і маси рослин (або органів їх) з будь-якими параметрами, що пов'язане із формуванням нових органів, клітин або окремих їх елементів внаслідок проходження складних фізіологічних процесів [128].

Розвиток – це якісні зміни, що послідовно відбуваються організмі (поява квітки, розкриття бруньки, формування плодів) [129].

Процеси росту і розвитку рослин відбуваються під впливом біотичних і абіотичних чинників і застосовуючи технологічні заходи вирощування сільськогосподарських культур можна в певній мірі їх регулювати та впливати таким чином впливати на процеси формування урожаю. Особливо це важливо в критичні періоди [86].

3.1. Тривалість вегетаційного періоду кукурудзи залежно від удобрення

Серед факторів, що впливають на вибір того чи іншого гібриду кукурудзи сільськогосподарськими товаровиробниками для певної агрокліматичної зони є тривалість вегетаційного періоду, яка визначається їх біологічними особливостями [190].

Вегетація кукурудзи розпочинається від часу проростання насіння і закінчується появу так званої «чорної точки» – темного про шарку в основі зернівки, що свідчить про настання фізіологічної стиглості зерна. Після цього надходження завершується надходження асимілянтів в насінину і вона лише віддає вологу [19, 68].

Слід зазначити, що незважаючи на те, що тривалість вегетаційного періоду кукурудзи і визначається біологічними особливостями гібриду (числом ФАО), все ж можна в певній мірі впливати на цей показник за

допомогою технологічних заходів вирощування, зокрема внесенням мінеральних добрив, особливо азотних [33, 35, 199].

За дослідженнями Н.М. Рудавської, Р.М. Гука, в умовах західного регіону України, тривалість вегетаційного періоду на контрольному варіанті без добрив становила в ранньостиглій групі гібридів 130–133 доби, а в групі середньоранніх гібридів – 135–140 діб. При удобренні посівів мінеральними добривами з розрахунку $N_{90}P_{60}K_{60}$ різниця у настанні фенологічних фаз становила 1–2 доби. Збільшення норми мінерального удобрення до $N_{120}P_{90}K_{90}$ подовжувало настання фаз розвитку гібридів кукурудзи на 2–3 доби. Збільшення тривалості вегетаційного періоду у зазначених дослідках прямо корелює із урожайністю [171].

Проте, надмірне внесення азотних добрив, через високе значення їхнього сольового індексу, може негативно позначитися на рості, розвитку та формуванні зернової продуктивності кукурудзи.

За даними літературних джерел, «сольовий індекс – це міра чи величина концентрації солей, яка виникає під час застосування мінеральних добрив». Зазначений показник виражається відношенням підвищення осмотичного тиску солей певного добрива до осмотичного тиску спричиненого такою ж кількістю нітрату натрію, який прийнято за 100 відносних одиниць. Його обов'язково потрібно враховувати при розробці системи внесення добрив особливо в умовах нестачі вологи, оскільки чим вищий сольовий індекс, тим більша ймовірність токсичності добрив для рослин. Серед використовуваних в наших дослідженнях азотних добрив найбільшим його значенням відзначився карбамід (74,4), а найменшим – безводний аміак (47,1). Сольовий індекс КАС-32 був майже на рівні карбаміду і становив 71,1 [13].

Відповідно до цього, найбільш безпечним добривом є безводний аміак, ризики появи фітотоксичності від внесення якого, мінімальні, навіть при високих нормах і в посушливих умовах.

Нашими дослідженнями встановлено, що норми внесення та форми азотних добрив впливали на тривалість фенологічних фаз досліджуваних гібридів кукурудзи [132].

У ранньостиглого гібриду ДКС 3050 (ФАО 200), вегетаційний період від появи повних сходів до настання фізіологічної стиглості зерна становив 89-108 днів залежно від варіанту удобрення, (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Тривалість фенологічних фаз гібриду ДКС 3050 залежно від норм та форм внесення азотних добрив, днів (середнє за 2019-2021 рр)

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Фенологічні фази					
		сівба-VE	VE-V3	V3-V8	V8-VT	VT-R6	VE-R6
Безводний аміак	Контроль	13±0,4	10±0,6	17±0,7	10±1,1	52±0,6	89±0,7
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	13±0,4	10±1,1	18±0,5	11±0,6	52±1,0	91±0,7
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,7	10±1,1	19±0,5	14±0,5	55±1,1	98±0,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,8	10±0,9	20±0,5	14±0,7	55±1,2	99±0,4
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,7	10±0,9	20±0,9	15±0,8	57±1,2	102±0,2
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,7	10±0,7	21±0,8	15±0,8	57±1,2	103±0,3
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,4	10±0,8	21±0,7	15±0,9	60±0,7	106±0,3
Карбамід	Контроль	13±0,6	10±0,8	17±0,6	10±1,1	52±0,7	89±0,5
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	13±1,1	10±1,1	18±0,4	11±1,1	52±0,4	91±0,5
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,8	10±0,6	19±0,3	13±0,9	57±0,4	99±0,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,9	10±0,6	19±0,8	13±0,7	57±0,3	99±0,6
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,9	10±0,4	20±1,1	13±0,7	59±0,3	102±0,4
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,9	10±0,3	20±1,1	14±1,1	59±0,5	103±0,4
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,7	10±0,5	21±1,2	16±1,1	61±0,7	108±0,4
КАС-32	Контроль	13±0,7	10±0,5	17±1,0	10±0,8	52±0,7	89±0,4
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	13±0,5	10±0,7	18±1,0	11±0,8	52±0,7	91±0,6
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,4	10±0,7	23±0,8	13±0,8	53±0,8	99±0,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,4	10±0,6	23±0,8	13±0,7	53±0,6	99±0,3
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	13±1,1	10±0,6	24±0,7	13±0,7	55±0,5	102±0,6
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,3	10±0,7	24±0,6	14±0,8	55±0,6	103±,6
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,5	10±0,4	25±0,5	14±0,9	58±0,6	107±0,8

Серед досліджуваних варіантів досліду найкоротшим вегетаційним періодом гібриду ДКС 3050 відзначився контрольний варіант без добрив – 89 днів. Внесення фосфорно-калійних добрив $P_{60}K_{60}$ (фон) в незначній мірі подовжило період вегетації кукурудзи – від появи повних сходів до настання фізіологічної стиглості пройшов 91 день.

Ключову роль у подовженні вегетації кукурудзи гібриду ДКС 3050 відіграли азотні добрива. Залежно від норми їх внесення та форми нітрогену вегетаційний період становив 98-108 днів. При внесенні мінімальної норми азоту (90 кг/га д.р.) тривалість вегетації досліджуваного гібриду становила 98-99 днів і різниці між формами внесеного азоту виявлено не було. Аналогічні результати було відмічено і при застосуванні N_{120} .

Підвищення норми внесення нітрогену до 150 кг/га спричинило подовження періоду VE-R6 на 3 дні і він становив 102 дні незалежно від форми внесеного азоту. Майже такі ж самі результати (103 дні) отримано і при внесенні N_{180} .

Зростання кількості внесеного азоту до 210 кг/га спричинило подовження періоду її вегетації до 106-108 днів. Характерною особливістю вегетації кукурудзи гібриду ДКС 3050 під впливом різних форм та норм внесення мінерального азоту було те, що вони по різному впливали на проходження окремих фенологічних фаз.

Так, у період сівба-VE, VE-V3, коли рослини живилися в основному за рахунок поживних речовин, які містилися в насініні внесені мінеральні добрива не створювали жодного впливу на ріст і розвиток досліджуваної культури і як наслідок відмінностей у розвитку рослин не відмічалось.

Починаючи із фази V3-V8 уже спостерігалися деякі відмінності у тривалості фенологічних фаз досліджуваного гібриду кукурудзи залежно від форм азотних добрив. Так, на варіанті із використанням КАС-32, який містить у своєму складі нітратну, аміачну та амідну форми азоту, тривалість зазначеної фенологічної фази була найдовшою і становила 23-25 днів

залежно від норми нітрогену. Це відбулося внаслідок інтенсивного надходження в рослину найбільш мобільної форми азоту – нітратної.

В той же час, при внесенні безводного аміаку та карбаміду, рослини в меншій мірі засвоювали азот, який ще не трансформувався у нітратну форму і як наслідок тривалість фенологічних була дещо меншою, порівняно із варіантом застосування КАС-32.

У фазі V8-VT внаслідок проходження мікробіологічних процесів амідний азот карбаміду та аміачний у безводного аміаку уже перетворилися у легкодоступний нітратний. Внаслідок цього тривалість зазначеної фенологічної фази була майже однаковою на всіх формах азоту.

У генеративний період росту і розвитку кукурудзи VT-R6 нітратний азот на варіантах використання КАС-32 уже був використаний рослинами та під впливом атмосферних опадів промитий у нижні шари ґрунту і як наслідок тривалість зазначеної фенологічної фази була найкоротшою і становила 53-58 днів залежно від норми його внесення.

При використанні безводного аміаку та карбаміду внаслідок їх пролонгованої дії, у період VT-R6 відбувалося інтенсивне засвоєння найбільш доступного нітратного азоту, у який перетворилися аміачна та амонійна форми. Тривалість зазначеної фенологічної фази становила відповідно 55-60 днів та 57-61 день залежно від норми внесення азоту.

Слід зазначити, що тривалість генеративної фази була однаковою при внесенні N_{90-120} та $N_{150-180}$. Найбільш тривалою генеративною фазою відзначився варіант із внесенням N_{210} , яка становила 60 днів при внесенні безводного аміаку, 61 день при застосуванні карбаміду та 58 днів на варіанті із використанням КАС-32.

Розвиток рослин кукурудзи середньораннього гібриду кукурудзи ДКС 3730 дещо відрізнявся від ДКС 3050, що було зумовлено більш вищим показником ФАО. Вважається, що різниця на 10 одиниць за числом ФАО відповідає приблизно 1-2 доби різниці за строками дозрівання. Проте, тут

великий вплив мають погодні умови вегетаційного періоду та умови вирощування.

Нами встановлено, що норми внесення та форми азотних добрив впливали на тривалість фенологічних фаз середньостиглого гібриду ДКС 3730. Його вегетаційний період від появи повних сходів до настання фізіологічної стиглості зерна становив 95-112 днів залежно від варіанту удобрення, (табл. 3.2).

Найкоротшим вегетаційним періодом гібриду ДКС 3730 відзначився контрольний варіант без добрив – 95 днів. Майже такою ж була тривалість періоду вегетації кукурудзи і на варіанті із внесенням фосфорно-калійних добрив $P_{60}K_{60}$ (фон) – 97 днів. Слід зазначити, що внесені добрива в незначній мірі подовжили період VE-R6 – тільки на 2 дні.

Характерною особливістю розвитку рослин кукурудзи гібриду ДКС3730 було подовження вегетації кукурудзи при внесенні азотних добрив. Залежно від норми їх внесення та форми період VE-R6 становив 102-112 днів.

Серед варіантів азотного живлення, вегетаційний період кукурудзи найкоротшим був при внесенні 90 кг/га д.р. азоту і становив 102-103 дні. Різниця у його тривалості за різних форм азоту була незначною. Подібні результати було відмічено і при застосуванні N_{120} , де тривалість вегетаційного періоду становила 103-104 дні..

Підвищення норми внесення нітрогену до 150 кг/га спричинило подовження періоду VE-R6 на 3 дні і він становив 106 днів незалежно від форми внесеного азоту. Майже такі ж самі результати (107-109 днів) отримано і при внесенні N_{180} .

Найдовшою тривалістю періоду VE-R6 відзначився варіант із внесенням високої норми нітрогену – 210 кг/га. На зазначеному варіанті досліду від сходів до настання фізіологічної стиглості кукурудзи пройшло 110-112 днів.

Тривалість фенологічних фаз гібриду ДКС 3730 залежно від норм та форм внесення азотних добрив, днів (середнє за 2019-2021 рр)

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га	Фенологічні фази					
		сівба- VE	VE-V3	V3-V8	V8-VT	VT-R6	VE-R6
Безводний аміак	Контроль	14±0,6	10±0,8	18±0,9	14±0,5	53±0,7	95±0,7
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	14±0,6	10±0,9	19±0,8	15±0,6	53±0,6	97±0,7
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,6	10±0,9	20±1,0	17±0,6	56±0,6	103±0,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,8	10±0,9	20±1,0	17±0,6	56±0,7	103±0,8
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,4	10±0,8	21±0,9	18±0,8	57±0,7	106±0,8
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,4	10±0,8	21±0,9	20±0,8	57±0,9	108±0,8
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,4	10±0,6	22±0,6	20±0,9	59±0,8	111±1,0
Карбамід	Контроль	14±0,6	10±0,6	18±0,5	14±0,9	53±0,8	95±1,0
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	14±0,7	10±0,6	19±0,5	15±0,9	53±0,9	97±0,9
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,7	10±0,7	20±0,5	15±0,8	57±0,7	102±0,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,7	10±0,7	20±0,4	16±0,8	57±0,7	103±0,7
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,5	10±0,4	20±0,2	16±0,6	60±0,7	106±0,7
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,5	10±0,4	21±0,3	18±1,0	60±0,6	109±0,6
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,5	10±0,5	22±0,3	20±1,0	60±0,6	112±0,7
КАС-32	Контроль	14±0,8	10±0,8	18±0,8	14±0,9	53±0,8	95±0,5
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	14±0,8	10±0,8	19±0,7	15±0,8	53±0,8	97±0,5
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,3	10±0,8	22±0,7	17±0,7	54±0,7	103±0,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,3	10±0,7	23±0,6	17±0,6	54±0,6	104±0,7
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,4	10±0,7	24±0,6	17±0,6	55±0,6	106±0,7
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,4	10±0,5	24±0,4	18±0,9	55±0,5	107±0,5
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	14±0,5	10±0,5	24±0,5	19±0,7	57±0,5	110±0,5

Характерною особливістю вегетації кукурудзи гібриду ДКС 3730 під впливом різних форм та норм внесення мінерального азоту було те, що вони по різному впливали на проходження окремих фенологічних фаз. Так, у

початковий період її вегетації (сівба-V3), внесені добрива не створювали жодного впливу на ріст і розвиток досліджуваної культури і як наслідок відмінностей у розвитку рослин не відмічалось.

Починаючи із фази V3-V8, внесені азотні добрива стали доступними для рослин і уже впливали на процеси розвитку досліджуваного гібриду кукурудзи Так, на варіанті із використанням КАС-32, який містить у своєму складі три форми азоту (нітратну, аміачну та амідну), тривалість зазначеної фенологічної фази була найдовшою і становила 22-24 днів залежно від норми внесення.

На варіантах із внесенням безводного аміаку та карбаміду, рослини в меншій мірі засвоювали азот, який ще не трансформувався у нітратну форму і як наслідок процеси розвитку були дещо сповільнені, порівняно із варіантом застосування КАС-32.

У фазі V8-VT амідний азот карбаміду та аміачний у безводного аміаку перетворилися у легкодоступний нітратний, внаслідок чого тривалість зазначеної фенологічної фази була дещо довшою на зазначених варіантах і становила відповідно 17-20 та 15-20 днів. В той же час, варіанти досліді, на яких був внесений КАС-32 дещо відставали у тривалості зазначеної фази, яка становила 17-19 днів

Характерною особливістю генеративного періоду росту і розвитку кукурудзи (VT-R6) було те, що на варіантах із КАС-32 його тривалість становила 54-57 днів, що було найменшим показником серед досліджуваних форм внесення азоту. При використанні безводного аміаку та карбаміду внаслідок їх пролонгованої дії, тривалість періоду VT-R6 була вищою і становила відповідно 56-59 та 55-60 днів та 57-60 днів залежно від норми внесення азоту.

Слід зазначити, що тривалість генеративної фази була однаковою при внесенні N_{90-120} та $N_{150-180}$. Найбільш тривалою генеративною фазою відзначився варіант із внесенням N_{210} , яка становила 59 днів при внесенні безводного аміаку, 60 днів при застосуванні карбаміду та 57 днів на варіанті

із використанням КАС-32. Середньостиглий гібрид кукурудзи ДКС 4178 (ФАО 330) відзначився тривалішим періодом вегетації, порівняно із двома попередніми. Залежно від варіанту дослідів вона становила 99-115 днів, (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Тривалість фенологічних фаз гібриду ДКС 4178 залежно від норм та форм внесення азотних добрив, днів (середнє за 2019-2021 рр)

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту	Фенологічні фази					
		сівба-VE	VE-V3	V3-V8	V8-VT	VT- R6	VE-R6
Безводний аміак	Контроль	13±0,6	10±0,5	20±0,5	15±0,5	54±1,0	99±1,0
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	13±0,6	10±0,5	21±0,5	17±0,9	54±1,0	102±1,0
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,5	10±0,6	22±0,6	20±10	57±0,8	109±0,9
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,5	10±0,7	22±0,6	20±0,5	57±0,9	109±0,8
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,7	10±0,7	22±0,8	20±0,5	58±0,9	110±1,0
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,8	10±0,6	23±0,8	21±0,8	58±0,6	112±1,1
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,7	10±0,6	23±0,7	22±0,6	59±0,5	114±0,9
Карбамід	Контроль	13±0,8	10±0,4	20±0,6	15±0,5	54±0,2	99±1,1
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	13±0,8	10±0,4	21±0,5	17±1,0	54±0,5	102±0,6
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,7	10±0,5	21±0,4	18±1,0	59±0,6	108±0,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,9	10±0,6	22±0,6	18±0,8	59±0,7	109±1,1
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,8	10±0,9	22±0,8	19±0,6	59±0,8	110±0,5
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,8	10±0,9	22±0,9	21±0,5	61±0,9	114±0,2
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,8	10±0,8	23±0,9	21±0,5	61±0,7	115±1,0
КАС-32	Контроль	13±0,8	10±0,4	20±0,8	15±0,3	54±0,5	99±0,6
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	13±0,9	10±0,3	21±0,7	17±0,4	54±0,4	102±0,6
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,9	10±0,5	24±0,6	18±0,5	55±0,6	107±1,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,8	10±0,5	24±0,5	18±0,5	55±0,8	107±1,0
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,8	10±0,6	24±0,5	19±0,6	56±0,9	109±0,8
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,7	10±0,7	26±0,7	19±0,4	56±0,7	111±0,8
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	13±0,7	10±0,8	26±0,8	19±0,3	57±0,5	112±0,6

Як і для попередніх двох гібридів, у ДКС 4178 найкоротший вегетаційний період був на контрольному варіанті без добрив – 99 днів. Внесення фосфорно-калійних добрив $P_{60}K_{60}$ (фон) дещо подовжило період вегетації кукурудзи, який на зазначеному варіанті дослідів становив 102 дні.

Азот, як ключовий елемент, який відповідає за лінійний ріст рослин, подовжив вегетацію кукурудзи до 107-115 днів.

Мінімальна норма внесення азоту (90 кг/га д.р.), яка вивчалася в досліді, забезпечила найкоротшу тривалість періоду VE-R6 серед зазначених варіантів. Так, при внесенні безводного аміаку він становив 109 днів, карбаміду – 108 днів і КАС-32 – 107 днів. Різниця у його тривалості за різних форм азоту була незначною. Подібні результати було відмічено і при застосуванні N_{120} , де тривалість вегетаційного періоду становила 107-109 днів.

Підвищення норми внесення нітрогену до 150 кг/га спричинило подовження періоду VE-R6 до 109-110 днів.

Подальше зростання норми внесення азоту до 180 кг/га д.р. зумовило подовження вегетації досліджуваної культури. Так, внесенні безводного аміаку він становив 112 днів, карбаміду – 114 днів і КАС-32 – 111 днів. Найдовшою тривалістю періоду VE-R6 відзначився варіант із внесенням високої норми азоту – 210 кг/га. На зазначеному варіанті дослідів від сходів до настання фізіологічної стиглості кукурудзи пройшло 112-115 днів.

Слід зазначити, що як і для гібридів ДКС 3050 та ДКС 3730, так і для ДКС 4178 спільним було те, що тривалість їх фенологічних фаз залежала від форм та норм внесення мінерального азоту. Так, у початковий період її вегетації (сівба-V3), внесені добрива не створювали жодного впливу на ріст і розвиток досліджуваної культури і як наслідок відмінностей у розвитку рослин не відмічалось.

У період від 3 до 8 листка уже простежуються відмінності у розвитку рослин кукурудзи. На варіанті із використанням КАС-32, який містить у своєму складі три форми азоту, тривалість зазначеної фенологічної фази була

найдовшою і становила 24-26 днів залежно від норми внесення. При цьому, на варіантах із внесенням безводного аміаку та карбаміду, рослини в меншій мірі засвоювали азот і як наслідок процеси розвитку були дещо сповільнені, порівняно із варіантом застосування КАС-32. Тривалість зазначеного періоду при внесенні безводного аміаку та карбаміду становила 22-23 дні.

Фаза 8 листка-викидання волоті (V8-VT) характеризується тим, що при внесенні безводного аміаку її тривалість становила 20-22 дні, карбаміду та КАС-32 – 18-19 днів.

Вплив внесених азотних добрив відмічено і на наступних фанологічних фазах розвитку кукурудзи – VT-R6. Так, при внесенні безводного аміаку тривалість генеративного періоду становила 57-59 днів, карбаміду – 59-61 день та КАС-32 – 55-57 днів. Нашими дослідженнями встановлено, що тривалість періоду VT-R6 при внесенні 90 та 120 кг/га д.р. азоту була однаковою за всіх досліджуваних форм азотних добрив і становила 57 днів для безводного аміаку, 59 днів для карбаміду та 55 днів для КАС-32.

Зростання норми внесення нітрогену до N_{150} та N_{180} в незначній мірі вплинуло на тривалість генеративної фази розвитку кукурудзи, продовживши її на 1 день. Найбільш тривалою генеративною фазою відзначився варіант із внесенням N_{210} , яка становила 59 днів при внесенні безводного аміаку, 61 днів при застосуванні карбаміду та 57 днів на варіанті із використанням КАС-32.

3.2. Біометричні показники фітоценозів різностиглих гібридів кукурудзи залежно від норм та форм внесення азотних добрив

Серед елементів структури урожаю кукурудзи ключова роль належить густоті посіву, оскільки як зрідженість, так і загушення знижують урожай. Тому в сучасній інтенсивній технології вирощування цієї культури надзвичайно роль належить оптимальній кількості рослин на одиниці площі. Вона суттєво впливає на умови вирощування гібридів кукурудзи, і

позначається в свою чергу на темпах їх росту, строках настання основних фаз розвитку і, тривалості вегетаційного періоду [2, 73].

Слід зазначити, що як повідомляють С.П. Заїка, С.І. Капустін, М.В. Ковтун, С. В. Капустін, С.В. Маслійов, Н.М. Асанішвілі, В.М. Юла, С.П. Шляхтурова, в агрофітоценозах кукурудзи, як і в будь-якій рослинницькій системі, зміна величини одних елементів структури урожаю впливає на зміну інших, шляхом мінливостікомпенсаторні здатності [10, 60, 80, 119].

Нашими дослідженнями встановлено, що реакція різностиглих агрофітоценозів кукурудзи на внесені мінеральні добрива в плані формування густоти посівів була неоднаковою [131].

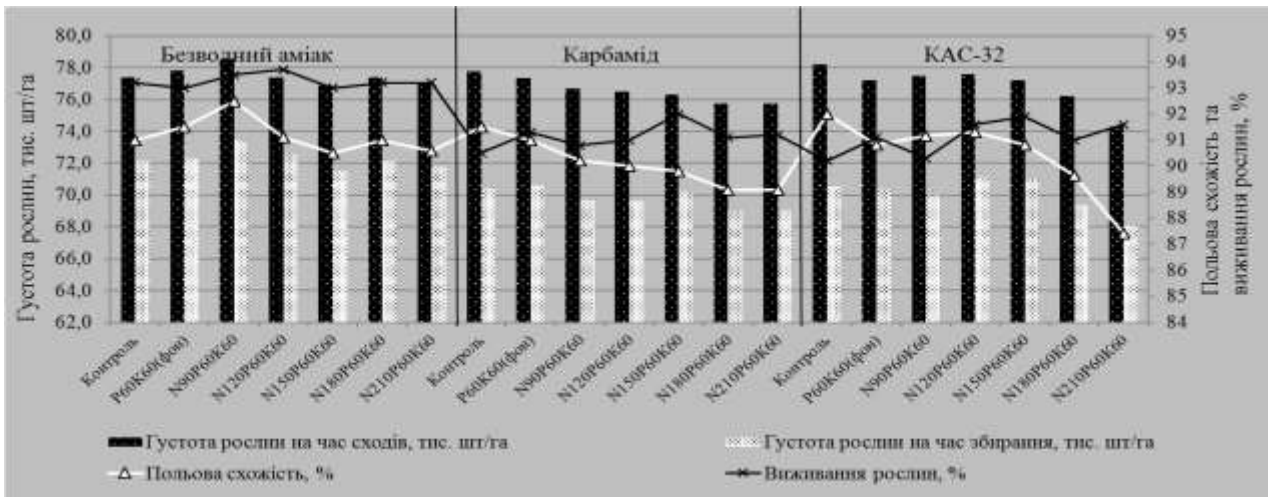
Так, на варіанті із внесенням безводного аміаку, при нормі висіву 85 тис/га схожих насінин, ранньостиглого гібриду ДКС3050 густота рослин в період сходів становила 76,9-77,8 тис./га, а на час збирання – 71,5-72,6 тис/га. Польова схожість та виживання рослин відповідно знаходилися на рівні відповідно 90,6-92,5% та 93,0-93,7%. Значного впливу досліджуваних норм внесених азотних добрив на зазначені показники не виявлено, (рис. 3.1), (додатки В.1. – В.3).

При внесенні карбаміду густота рослин в період сходів становила 75,7-76,8 тис./га, а на час збирання – 69,0-70,3 тис/га. Польова схожість та виживання рослин відповідно знаходилися на рівні відповідно 89,1-90,0% та 90,9-91,5%.

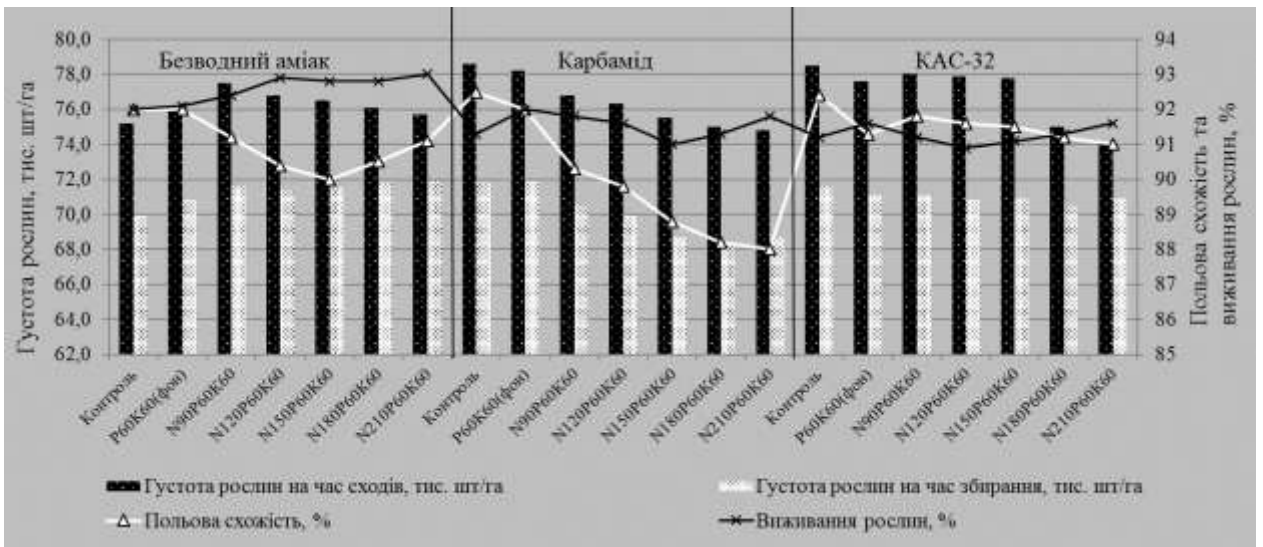
А на варіантах, де було використано КАС-32 на час сходів нараховувалося 76,2-77,6 тис. рослин, в період збирання урожаю – 69,3-70,7 тис.

Показники польової схожості та виживання рослин знаходилося на рівні 89,8-91,3% та 69,3-70,7%.

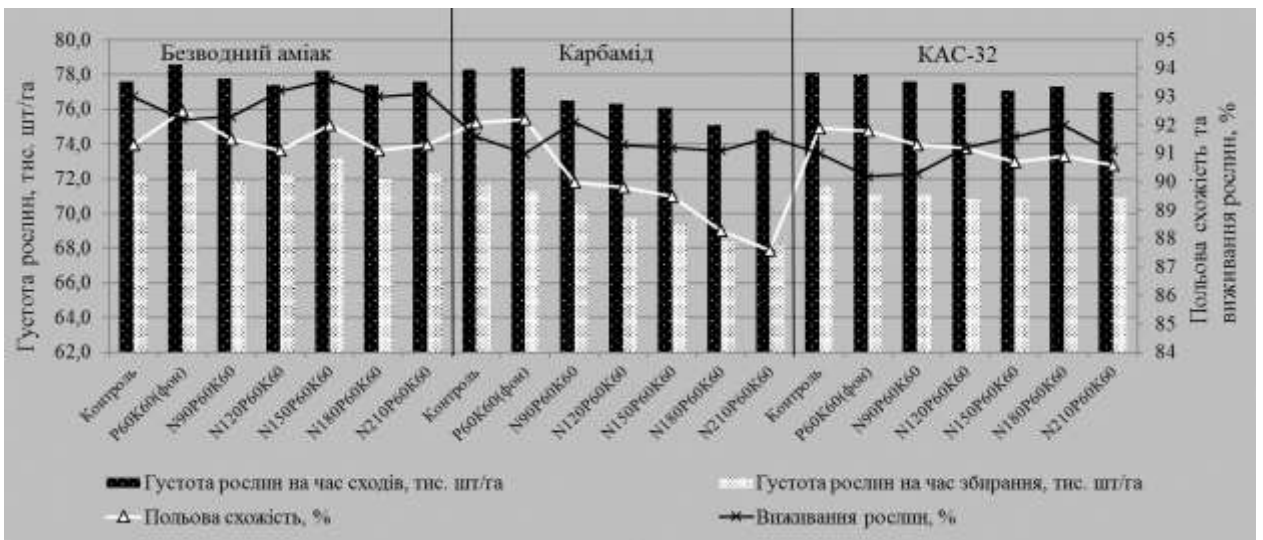
Подібні результати впливу азотних добрив на формування густоти посівів отримано і для гібридів ДКС 3730 та ДКС 4178



ДКС 3050



ДКС 3730



ДКС 4178

Рис. 3.1. Густота рослин кукурудзи гібридів різних груп стиглості залежно від удобрення, середнє за 2019-2021 рр.

Зокрема на варіанті із внесенням безводного аміаку, в середньораннього гібриду ДКС 3730 густота рослин в період сходів становила 76,5-78,2 тис./га, а на час збирання – 71,4-72,8 тис/га.

Польова схожість та виживання рослин відповідно знаходилися на рівні відповідно 90,0-92,0% та 92,4-93,5%.

При внесенні карбаміду густота рослин в період сходів становила 74,8-78,6 тис./га, а на час збирання – 68,2-71,8 тис/га. Польова схожість та виживання рослин відповідно знаходилися на рівні відповідно 88,0-92,5% та 91,0-92,0%.

Внесення в якості азотного добрива карбамідно-аміачної суміші (КАС-32) забезпечило густоту рослин кукурудзи в період сходів на рівні 74,1-78,5 тис. рослин, в період збирання урожаю – 70,5-71,6 тис. При цьому, польова схожість насіння кукурудзи становила 91,0-92,4%, а виживання рослин під час вегетації було на рівні 90,9-91,6%.

У середньостиглого гібриду кукурудзи ДКС 4178 спостерігалася аналогічна закономірність. Так, на варіанті із внесенням безводного аміаку, густота рослин в період сходів становила 77,4-78,6 тис./га, а на час збирання – 71,8-73,2 тис/га. Польова схожість та виживання рослин відповідно знаходилися на рівні відповідно 91,1-92,5% та 92,2-93,6%.

На варіантах із внесенням амідної форми азоту, яка міститься у карбаміді, в період сходів на одному гектарі налічувалося 75,1-78,4 тис. рослин, а на час збирання – 68,2-71,7 тис/га. Показники польової схожості та виживання рослин відповідно знаходилися на рівні відповідно 87,6-92,2% та 91,0-92,1%.

Азотне добриво, в якому містилося три форми нітрогену (КАС-32) забезпечило густоту рослин кукурудзи в період сходів на рівні 77,0-78,1 тис. рослин, в період збирання урожаю – 70,1-71,1 тис. При цьому, польова схожість насіння кукурудзи становила 90,6-91,9%, а виживання рослин під час вегетації було на рівні 90,2-92,0%.

Вивчення впливу досліджуваних норм та форм азотних на гібриди кукурудзи різних груп стиглості, підтвердило наукові твердження та практичний досвід використання мінеральних добрив в системі живлення кукурудзи. Так, зокрема, при внесенні безводного аміаку, виживання рослин кукурудзи було значно вищим, порівняно із внесенням карбаміду та КАС-32. Причиною цього ймовірно є те, що внесений в ґрунт газоподібний азот створює фумігантну дію на фітофаги, які живуть в кореневмісному шарі і як наслідок відбувається їх загибель. Це в свою чергу забезпечує кращу збереженість рослин під час вегетації. Спостерігається тенденція щодо зростання виживання рослин із внесенням безводного аміаку [189].

На варіанті де вносили карбамід, відмічається зниження польової схожості насіння порівняно із внесенням безводного аміаку та КАС-32. Слід зазначити, що спостерігається тенденція щодо зниження польової схожості насіння кукурудзи із зростанням норм внесення азотних добрив. Причиною цього ймовірно є фітотоксичний вплив біурету, який міститься в карбаміді, оскільки відомо, що міст біурету в добриві знижує схожість насіння, пригнічує ріст і розвиток рослин [4].

Лінійні розміри рослин або їх висота є одним з важливих біометричних показників росту кукурудзи. Слід зазначити, що між висотою стебла і тривалістю вегетаційного періоду гібридів кукурудзи існує від'ємна кореляція – чим вище ФАО – тим більша висота рослин. В той же час, на параметри кожного із зазначених показників в значній мірі впливають умови зовнішнього середовища [102].

Слід зазначити, що за твердженням С.С. Носова, Г.І. Петрини, Н.М. Рудавської, В.В. Гливи, Я.Я. Гавриляка, В.В. Федака, висота рослин є одним із важливих біометричних показників, що характеризують ріст рослин та реакцію на умови навколишнього середовища. Зазвичай вона визначається біологічними особливостями гібриду та його реакцією на технологічні заходи вирощування [135, 153, 181].

Нашими дослідженнями встановлено, що азотні добрива, які вносилися в досліді впливали на лінійні розміри рослин кукурудзи протягом всього вегетаційного періоду. Це зумовлено тим, що саме азот, найбільше впливає на динаміку лінійного росту рослин [33, 35]. Подібні результати висвітлено і в наукових працях багатьох вчених-кукурудзоводів.

Так, як повідомляють Н. М. Рудавська та В. В. Глива, при вивченні норм добрив встановлено, що забезпечення елементами живлення під час вегетації кукурудзи має суттєвий вплив на лінійні розміри рослин кукурудзи. Так внесення добрив в нормі $N_{120}P_{90}K_{90}$ сприяло збільшенню висоти рослин від 16 до 25,5 см, або на 7,2–11,3% порівняно із неудобренным контролем залежно від досліджуваного гібриду [167].

В умовах Центральної України, як повідомляє В.Т. Маткевич, при нормі внесення мінерального азоту 60 кг/га д.р. висота рослин становила 212 см, а при зростанні норми нітрогену до 240 кг/га д.р. – 232 см. Порівняно із контролем, лінійні розміри рослин зросли на 26 см [120].

Нашими дослідженнями встановлено, що на початку вегетації не було виявлено суттєвого впливу внесених азотних добрив [178], (табл. 3.4)

Так, у ранньостиглого гібриду ДКС 3050 висота рослин становила 5,52–6,15 см залежно від норм та форм внесених азотних добрив. У середньораннього (ДКС 3730) та середньостиглого (ДКС 4178) гібридів зазначені показники були на рівні 5,41–6,10 см та 5,59–6,25 см.

Вважається, що до фази трьох листків, рослини кукурудзи розвиваються за рахунок запасних поживних речовин які містяться у насініні і тільки пізніше зазначеної фази рослини переходять на автотрофне живлення. Цим і пояснюється відсутність різниці між варіантами дослід у фазу V3.

Слід зазначити, що серед досліджуваних варіантів дослід, де вивчалися різні форми мінерального азоту, найменшою висотою, хоча і статистично не доведеною, відзначилися ділянки де використовувався карбамід. Причиною цього може бути наявність біурету в зазначеному

добриві, який ймовірно в незначній мірі сповільнював ріст рослин на початкових етапах їх вегетації.

Таблиця 3.4

Висота рослин кукурудзи у фазу V3 залежно від удобрення, см (середнє за 2019-2021 рр.)

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Гібриди		
		ДКС 3050	ДКС 3730	ДКС 4178
Безводний аміак	Контроль	5,52±0,9	5,46±1,1	5,59±0,6
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	5,60±0,3	5,55±1,3	5,63±0,8
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	5,85±0,7	5,79±0,8	5,81±1,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	5,91±0,5	5,85±1,1	6,05±0,7
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	5,95±0,6	5,91±0,5	6,06±0,3
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	6,02±0,2	5,96±1,2	6,11±0,5
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	6,12±0,5	6,01±0,9	6,12±1,0
Карбамід	Контроль	5,55±0,6	5,41±0,3	5,60±0,4
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	5,66±0,6	5,62±0,3	5,65±0,4
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	5,72±0,3	5,75±0,5	5,70±0,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	5,82±1,0	5,82±0,8	5,81±0,7
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	5,86±1,2	5,90±0,3	5,85±1,0
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	5,95±0,6	5,95±1,0	5,92±0,9
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	6,01±0,4	5,98±0,9	6,01±0,4
КАС-32	Контроль	5,53±0,5	5,45±0,7	5,65±1,0
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	5,62±0,5	5,65±0,8	5,69±0,8
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	6,01±0,3	5,92±0,3	6,12±1,1
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	6,01±0,4	5,95±0,5	6,15±0,9
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	6,10±0,6	6,05±0,6	6,15±1,1
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	6,13±0,8	6,05±0,4	6,22±0,9
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	6,15±0,8	6,10±0,5	6,25±0,6

Після появи третього листка у рослин кукурудзи починає інтенсивно розвиватися коренева система і вона починає поглинати самотійно поживні речовини. У цей період уже проявився вплив внесених мінеральних добрив на лінійний ріст рослин, (табл. 3.5).

**Висота рослин кукурудзи у фазу V8 залежно від удобрення, см
(середнє за 2019-2021 рр.)**

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Гібриди		
		ДКС 3050	ДКС 3730	ДКС 4178
Безводний аміак	Контроль	70,6±0,5	68,5±1,3	71,0±0,9
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	72,3±1,1	69,9±0,6	72,5±1,1
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	78,0±1,2	75,3±1,1	78,5±1,1
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	82,3±1,5	76±0,8	82,9±1,6
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	85,1±1,0	76,4±0,8	86,2±1,6
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	85,6±1,2	79,2±1,4	86,6±0,9
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	86,1±1,2	80,3±1,2	87,1±0,7
Карбамід	Контроль	70,2±0,8	68,4±0,7	69,8±1,3
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	72,6±0,9	69,5±0,9	72,0±1,5
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	75,5±1,1	72,6±0,6	76,3±1,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	79,5±0,8	74,4±0,5	80,5±1,4
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	81,2±1,3	75,1±1,1	81,6±1,5
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	83,6±1,3	77,7±1,2	84,3±1,2
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	85,0±0,5	79,9±1,0	86,6±1,0
КАС-32	Контроль	70,5±0,8	68,4±1,9	71,2±0,9
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	73,1±1,1	70,1±1,7	72,6±1,4
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	79,0±1,2	76,0±1,5	79,9±1,1
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	83,5±0,5	80,2±0,9	82,9±1,5
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	86,9±0,9	83,1±1,1	86,5±0,9
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	87,0±1,1	85,5±1,4	86,9±1,1
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	87,4±0,9	86,9±1,1	87,5±0,8

Найбільшою висотою рослин у фазі V8 відзначилися варіанти, на яких було внесено карбамідно-аміачну суміш (КАС-32). Вона становила 79,0-87,4 см у гібриду ДКС 3050, 76,0-86,9 см у гібриду ДКС 3730 та 79,9-87,5 см у гібриду ДКС 4178 залежно від норми внесення мінерального азоту.

На контрольному варіанті без добрив висота рослин становила відповідно 70,5; 68,4 та 71,2 см.

Причиною того, що КАС-32 забезпечив кращі результати висоти рослин є наявність в ньому швидкодіючого нітратного азоту, який рослини першочергово використовують.

На варіантах із внесенням карбаміду рослини кукурудзи були дещо нижчими і їх висота становила 75,5-85,0 см у гібриду ДКС 3050; 72,6-79,9 см у гібриду ДКС 3730 та 76,3-86,6 см у гібриду ДКС 4178. На контролі без добрив зазначені показники були на рівні 70,6 см, 68,5 см та 71,0 см.

На варіантах із внесенням безводного аміаку рослини кукурудзи були дещо нижчими і їх висота становила 78,0-86,1 см у гібриду ДКС 3050; 75,3-80,3 см у гібриду ДКС 3730 та 78,5-87,1 см у гібриду ДКС 4178. На контролі без добрив зазначені показники були на рівні 70,2 см, 68,4 см та 69,8 см.

Серед досліджуваних норм внесення мінерального азоту, найбільшою висотою рослин відзначився варіант із внесенням його максимальних норм – 210 кг/га. Так, у гібриду ДКС 3050 вона становила 86,1 см при використанні безводного аміаку, 85,0 см на варіантах із внесенням карбаміду та 86,9 см при застосуванні КАС-32.

У середньораннього гібриду ДКС 3730 зазначені показники становили відповідно 80,3 см; 79,9 см та 86,9 см.

При внесенні 210 кг/га д.р. азоту у формі безводного аміаку, висота рослин середньостиглого гібриду кукурудзи ДКС 4178 становила 87,1 см, на варіанті із карбамідом – 86,6 см, а на варіанті із КАС-32 – 87,5 см.

Зменшення норми внесення азоту спричинило зменшення висоти рослин кукурудзи. На варіанті із внесенням мінімальної норми нітрогену лінійні розміри рослин були найменшими і становили 78,0 см у гібриду ДКС 3050, 75,3 см у гібриду ДКС 3730 та 78,5 см у гібриду ДКС 4178 при внесенні безводного аміаку.

При використанні в якості азотного добрива карбаміду зазначені показники знаходилися на рівні 75,5 см, 72,6 см та 76,3 см.

Сумісне використання нітрогену в трьох формах (нітратна, амонійна та амідна) забезпечили висоту рослин кукурудзи 79,0 см у гібриду ДКС 3050, 76,0 см у гібриду ДКС 3130 та 79,9 см у ДКС 4178.

Використовуючи метод кореляційно-регресійного аналізу нами виявлено залежності висоти рослин кукурудзи від кількості внесених азотних добрив, (табл. 3.6)

Таблиця 3.6

Кореляційні зв'язки та рівняння регресії між нормою внесення азотних добрив та висотою рослин кукурудзи у фазі V8

Гібриди	Форми азотних добрив	Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції (r)	Ймовірність нульової гіпотези (p)
ДКС 3050	Безводний аміак	$Y=69,41+0,0770 \cdot X$	0,9824	0,0028
	Карбамід	$Y=66,99+0,0597 \cdot X$	0,9852	0,0022
	КАС-32	$Y=69,66+0,9859 \cdot X$	0,9859	0,0020
ДКС 3730	Безводний аміак	$Y=73,37+0,065 \cdot X$	0,9153	0,0292
	Карбамід	$Y=70,84+0,044 \cdot X$	0,9573	0,0105
	КАС-32	$Y=73,81+0,0697 \cdot X$	0,9136	0,0301
ДКС 4178	Безводний аміак	$Y=74,61+0,0677 \cdot X$	0,8960	0,0396
	Карбамід	$Y=68,79+0,0903 \cdot X$	0,9822	0,0029
	КАС-32	$Y=75,14+0,064 \cdot X$	0,9347	0,0198

Встановлено, що у всіх досліджуваних гібридів кукурудзи існує тісна пряма кореляційна залежність між кількістю внесеного азоту та висотою рослин у фазі V8. Коефіцієнти кореляції на всіх варіантах дослідження знаходяться вище рівня 0,9. Рівняння регресії достовірно описують зазначені залежності, оскільки ймовірність нульової гіпотези (p) менше 0,05.

Як свідчать літературні джерела, максимальні темпи лінійного росту рослин припадають на період до викидання волотей. Як і у фазу V8 так і у фазу VT, в наших дослідженнях було відмічено різницю лінійних розмірів рослин за варіантами дослідження, (табл. 3.7).

Висота рослин ранньостиглого гібриду кукурудзи ДКС 3050 у фазі VT на варіантах внесення КАС-32 становила 239,5-246,6 см, середньораннього

гібриду ДКС 3730 – 241,9-247,8 см, середньостиглого ДКС 4178 – 242,5-249,3 см залежно від норми внесення азоту.

Таблиця 3.7

**Висота рослин кукурудзи у фазу VT залежно від удобрення, см
(середнє за 2019-2021 рр.)**

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту	Гібриди		
		ДКС 3050	ДКС 3730	ДКС 4178
Безводний аміак	Контроль	233,6±1,9	232,2±2,0	237,3±2,2
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	235,9±2,0	235,9±2,5	239,9±2,5
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	242,6±2,1	247,8±2,4	250,0±2,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	247,8±2,5	249,9±2,9	254,3±2,6
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	249,2±3,0	253,3±1,9	257,2±1,3
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	253,3±1,9	255,1±1,6	259,9±1,4
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	255,8±1,7	256,0±1,4	266,1±1,5
Карбамід	Контроль	234,2±1,4	231,3±1,5	236,6±1,4
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	236,4±1,4	235,5±1,4	239,3±1,3
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	240,3±1,3	244,6±1,6	248,8±1,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	245,5±1,5	247,9±1,6	252,1±1,0
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	247,3±1,2	249,9±1,0	255,9±1,5
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	250,1±1,4	250,8±1,1	257,6±1,5
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	252,2±1,4	253,4±0,9	263,3±1,4
КАС-32	Контроль	233,5±2,0	231,9±1,3	237,6±1,4
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	236,3±1,6	234,3±1,2	239,5±1,5
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	239,5±1,3	241,9±1,6	242,5±1,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	241,2±1,1	243,9±1,5	245,6±1,3
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	242,6±1,2	244,5±1,9	246,2±0,9
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	245,3±1,2	245,8±1,7	247,0±0,7
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	246,6±1,0	247,8±1,7	249,3±1,1

Найбільші лінійні розміри рослин кукурудзи у фазі VT відмічено при використанні безводного аміаку – 242,6-255,8 см у гібриду ДКС 3050, 247,8-256,0 см у гібриду ДКС 3730 та 250,0-266,1 см у гібриду ДКС 4178.

Дещо меншою висотою рослин відзначилися варіанти із внесенням карбаміду – відповідно 240,3-252,2 см, 244,6-253,4 та 248,8-263,3 см.

Найменші лінійні розміри рослин кукурудзи відмічено при використанні КАС-32. Залежно від норми внесення азоту висота рослин становила 239,5-246,6 см у гібриду ДКС 3050, 241,9-247,8 см у ДКС 3730 та 242,5-249,3 см у гібриду ДКС 4178.

Причиною цього є те, що нітратний азот, який є в КАС-32, відзначається високою мобільністю в ґрунті і до часу викидання волотей кукурудзи уже може стає недоступним для рослин

У фазі VT збереглася така ж закономірність, яка була і у фазі V8, коли найбільшою висотою рослин відзначився варіант із внесенням максимальних норм азоту– 210 кг/га. Так, у гібриду ДКС 3050 вона становила 255,8 см при використанні безводного аміаку, 252,2 см на варіантах із внесенням карбаміду та 246,6 см при застосуванні КАС-32.

У середньораннього гібриду ДКС 3730 зазначені показники становили відповідно 256,0 см; 253,4 см та 247,8 см.

При внесенні 210 кг/га д.р. азоту у формі безводного аміаку, висота рослин середньостиглого гібриду кукурудзи ДКС 4178 становила 266,1 см, на варіанті із карбамідом – 263,3 см, а на варіанті із КАС-32 – 249,3 см.

Зменшення норми внесення азоту спричинило зменшення висоти рослин кукурудзи. На варіанті із внесенням мінімальної норми нітрогену лінійні розміри рослин були найменшими і становили 242,6 см у гібриду ДКС 3050, 247,8 см у гібриду ДКС 3730 та 250,0 см у гібриду ДКС 4178 при внесенні безводного аміаку.

При використанні в якості азотного добрива карбаміду зазначені показники знаходилися на рівні 240,3 см, 244,6 см та 248,8 см.

Сумісне використання нітрогену в трьох формах (нітратна, амонійна та амідна) забезпечили висоту рослин кукурудзи 239,5 см у гібриду ДКС 3050, 241,9 см у гібриду ДКС 3130 та 242,5 см у ДКС 4178.

Використовуючи метод кореляційно-регресійного аналізу нами виявлено залежності висоти рослин кукурудзи від кількості внесених мінеральних добрив, (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Кореляційні зв'язки та рівняння регресії між нормою внесення азотних добрив та висотою рослин кукурудзи у фазі VT

Гібриди	Форми азотних добрив	Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції (r)	Ймовірність нульової гіпотези (p)
ДКС 3050	Безводний аміак	$Y=233,79+0,1063 \cdot X$	0,9871	0,0017
	Карбамід	$Y=241,61+0,072 \cdot X$	0,9811	0,0031
	КАС-32	$Y=238,6+0,126 \cdot X$	0,9883	0,0015
ДКС 3730	Безводний аміак	$Y=232,88+0,0947 \cdot X$	0,9808	0,0032
	Карбамід	$Y=239,07+0,0683 \cdot X$	0,9833	0,0026
	КАС-32	$Y=238,29+0,115 \cdot X$	0,9883	0,0015
ДКС 4178	Безводний аміак	$Y=233,89+0,061 \cdot X$	0,9940	0,0006
	Карбамід	$Y=237,93+0,0457 \cdot X$	0,9859	0,0020
	КАС-32	$Y=238,62+0,051 \cdot X$	0,9629	0,0085

Нашими дослідженнями встановлено, що у всіх досліджуваних гібридів кукурудзи існує тісна пряма кореляційна залежність між кількістю внесеного азоту та висотою рослин у фазі VT. Коефіцієнти кореляції на всіх варіантах дослідження знаходяться вище рівня 0,9. Рівняння регресії достовірно описують зазначені залежності, оскільки ймовірність нульової гіпотези (p) менше 0,05.

Після викидання волотей (фаза VT) ріст рослин у висоту майже не відбувається. Це підтверджено і нашими дослідженнями, згідно яких, висота рослин у фазі R6 в незначній мірі відрізнялася від фази VT, (табл. 3.9).

Серед досліджуваних форм внесення мінерального азоту найбільші лінійні розміри рослин кукурудзи були відмічені на варіантах із використанням безводного аміаку – 244,3-258,5 см у гібриду ДКС 3050, 249,3-258,9 см у ДКС 3730 та 251,8-268,9 см у ДКС 4178.

Висота рослин кукурудзи у фазу R6 залежно від удобрення, (середнє за 2019-2021 рр.

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га	Гібриди		
		ДКС 3050	ДКС 3730	ДКС 4178
Безводний аміак	Контроль	234,7±2,2	233,1±1,1	236,3±1,1
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	236,4±1,5	236,2±1,5	239,5±1,3
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	244,3±1,6	249,3±1,2	251,8±2,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	249,7±2,2	252,3±1,3	256,3±1,1
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	251,4±1,3	255,8±1,0	259,5±1,6
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	255,7±1,1	257,7±1,0	262,4±1,4
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	258,5±2,2	258,9±1,4	268,9±1,5
Карбамід	Контроль	234,1±1,5	232,9±1,5	236,1±1,1
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	236,7±1,2	236,5±1,4	239,1±1,2
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	241,9±1,2	245,7±1,4	250,1±1,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	247,4±1,7	249,9±1,1	253,5±1,0
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	249,3±1,4	252,1±1,2	257,6±1,0
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	252,4±1,4	253,3±1,1	259,8±1,6
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	254,7±1,9	256,1±1,4	266,0±1,4
КАС-32	Контроль	234,0±2,0	233,5±1,2	236,5±1,2
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	236,2±0,6	236,9±1,0	239,4±1,1
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	239,8±1,1	242,8±1,0	243,6±1,5
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	242,5±2,1	245,5±1,4	246,8±2,0
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	244,2±2,3	246,3±1,2	247,5±1,9
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	247,2±1,0	247,9±1,6	248,9±1,2
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	248,8±1,5	250,1±1,4	251,5±1,0

При внесенні карбаміду висота рослин була дещо меншою і становила відповідно 241,9-254,7 см, 245,7-256,1 та 250,1-266,0 см.

Залежно від норми внесення азоту висота рослин кукурудзи при використанні КАС-32 становила 239,8-246,8 см у гібриду ДКС 3050, 242,8-250,1 см у ДКС 3730 та 243,6-251,5 см у гібриду ДКС 4178, що виявилось найменшим показником серед досліджуваних форм азотних добрив.

У фазі R1 збереглася така ж закономірність, яка була і у фазі V8 та VT, коли найбільшою висотою рослин відзначилися варіанти із внесенням максимальних норм азоту – 210 кг/га. Залежно від форми внесеного нітрогену, лінійні розміри рослин кукурудзи становили 248,8-258,5 см у гібриду ДКС 3050, 250,1-258,9 см у ДКС 3730 та 251,5-268,9 см у гібриду ДКС 4178.

Відмічено закономірне зменшення висоти рослин досліджуваних гібридів кукурудзи із зниженням норм внесення азотних добрив. Так, при внесенні безводного аміаку, на варіанті з застосуванням 90 кг/га д.р. лінійні розміри рослин гібриду ДКС 3050 становили 244,3см, ДКС 3730 – 249,3 см, ДКС 4178 – 251,8 см. При використанні в якості азотного добрива карбаміду зазначені показники знаходилися на рівні 241,9 см, 245,7 см та 250,1 см.

Сумісне використання нітрогену в трьох формах (нітратна, амонійна та амідна) забезпечили висоту рослин кукурудзи 239,8 см у гібриду ДКС 3050, 242,8 см у гібриду ДКС 3130 та 243,6 см у ДКС 4178.

Використовуючи метод кореляційно-регресійного аналізу нами виявлено залежності висоти рослин кукурудзи від кількості внесених мінеральних добрив, (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Кореляційні зв'язки та рівняння регресії між нормою внесення азотних добрив та висотою рослин кукурудзи у фазі R6

Гібриди	Форми азотних добрив	Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції (r)	Ймовірність нульової гіпотези (p)
ДКС 3050	Безводний аміак	$Y=234,72+0,1147 \cdot X$	0,9896	0,0013
	Карбамід	$Y=242,5+0,0082 \cdot X$	0,9823	0,0028
	КАС-32	$Y=239,6+0,1343 \cdot X$	0,9894	0,0013
ДКС 3730	Безводний аміак	$Y=233,84+0,102 \cdot X$	0,9824	0,0028
	Карбамід	$Y=239,32+0,0807 \cdot X$	0,9804	0,0033
	КАС-32	$Y=238,35+0,127 \cdot X$	0,9895	0,0013
ДКС 4178	Безводний аміак	$Y=233,15+0,075 \cdot X$	0,9985	0,0003
	Карбамід	$Y=238,02+0,056 \cdot X$	0,9873	0,0017
	КАС-32	$Y=238,71+0,0597 \cdot X$	0,9775	0,0040

Встановлено, що у всіх досліджуваних гібридів кукурудзи існує тісна пряма кореляційна залежність між кількістю внесеного азоту та висотою рослин у фазі VT. Коефіцієнти кореляції на всіх варіантах досліджування знаходяться вище рівня 0,9. Рівняння регресії достовірно описують зазначені залежності, оскільки ймовірність нульової гіпотези (p) менше 0,05.

Ще одним важливим біометричним показником кукурудзи є висота прикріплення качана, що є показником технологічності та придатності гібридів до механізованого збирання. Вона, як свідчать наукові дослідження, залежить від біологічних особливостей гібриду та умов вирощування [75, 139, 141, 181].

Багаторічними дослідженнями та практичним досвідом встановлено, що зернозбиральні комбайни, які використовуються для збирання кукурудзи, здатні якісно без втрат збирати урожай з рослин, в яких качани, розташовані не нижче ніж 50 см від поверхні ґрунту. Якщо ж висота менша, то спостерігаються значні втрати урожаю кукурудзи в процесі збирання, оскільки агрегати не можуть їх ефективно захопити та спрямувати в молотильний апарат, втрати урожаю при цьому становлять (15–20% і більше). Тому таку висоту слід вважати мінімально необхідною для ефективного механізованого збирання [21, 98, 144, 145, 180, 216].

Проте, надто високе прикріплення вище 130 см може спричинити вилягання рослин кукурудзи, що також є негативним явищем [99, 114].

Слід зазначити, що застосування добрив впливає як на лінійні розміри самих рослин так і на висоту прикріплення качана. Так, у дослідженнях Н. М. Рудавської та В.В. Гливи залежно від гібриду за удобрення $N_{90}P_{60}K_{60}$ цей показник зріс на 1,6–6,3 %, а при $N_{120}P_{90}K_{90}$ – на 7,9–13,5 % порівняно із неудобреним контролем [170].

Подібні результати отримано і в дослідженнях О.П. Волощук, О. Ф. Стасів, В.В. Глива, Г.С. Герешко, М.О. Пащак, в яких спостерігається збільшення висоти прикріплення качана із зростанням норми внесення

добрих. При чому із зростанням величини ФАО зростає зазначений показник [22].

Нашими дослідженнями встановлено, що висота прикріплення качана кукурудзи залежала від генетичних особливостей досліджуваних гібридів та від системи їх удобрення, (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Висота прикріплення качана у гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від удобрення, см (середнє за 2019-2021 рр.)

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га	Гібриди		
		ДКС 3050	ДКС 3730	ДКС 4178
Безводний аміак	Контроль	115,2±1,1	114,8±1,8	115,1±1,1
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	115,9±1,2	115,0±1,9	115,8±0,8
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	116,9±1,6	115,9±1,0	117,3±0,5
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	117,3±1,9	116,4±1,5	118,0±0,9
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	117,8±0,7	116,9±1,3	118,5±1,1
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	118,5±0,9	117,6±0,8	118,7±1,1
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	118,9±1,5	118,2±0,8	119,3±0,7
Карбамід	Контроль	115,0±0,5	115,2±0,7	115,0±0,8
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	115,5±0,9	115,4±0,9	115,3±1,2
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	116,7±0,8	116,0±0,8	116,1±1,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	117,2±0,7	116,5±0,7	116,6±0,9
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	118,0±0,8	117,4±1,1	117,3±0,6
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	118,6±1,1	118,0±0,8	118,0±1,5
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	119,8±1,2	119,2±0,7	119,8±1,0
КАС-32	Контроль	115,2±1,5	115,0±1,1	115,3±0,8
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	115,4±1,6	115,2±0,9	115,5±1,1
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	117,2±1,8	118,1±1,3	117,8±0,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	117,9±1,9	118,9±1,5	118,3±0,5
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	118,4±0,8	119,5±1,6	119,0±1,1
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	119,5±0,7	120,4±0,9	120,2±1,0
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	120,2±1,2	120,9±1,3	120,6±0,9

Найменшою висотою прикріплення качана відзначилися варіанти без добрив (контроль) та із внесенням фосфорно-калійний добрив, так як різниця між зазначеними варіантами була незначною і знаходилася в межах похибки.

Так, на контролі без добрив зазначений показник знаходився на рівні 115,0-115,2 см у гібриду ДКС 3050, 114,8-115,2 у гібриду ДКС 3730 та 115,0-115,3 см у гібриду ДКС 4178. На варіантах фосфорно-калійного удобрення $P_{60}K_{60}$ зазначені показники знаходилися на рівні відповідно 115,4-115,9 см, 115,0-115,4 см та 115,3-115,8 см.

Внесення різних форм та норм мінерального азоту зумовило зростання висоти прикріплення качана кукурудзи. Залежно від кількості нітрогену та його форми зазначений показник знаходився на рівні 116,7-120,2 см у гібриду ДКС 3050, 115,9-120,9 см у ДКС 3730 та 116,1-120,6 см у гібриду ДКС 4178.

Порівняльна оцінка норма внесення мінерального азоту вказує на те, що зростання її кількості зумовлює збільшення відстані від поверхні ґрунту до місця прикріплення качана. Найвищою вона була при внесенні максимальних норм нітрогену – 210 кг/га д.р. і становила 118,9-120,2 см у гібриду ДКС 3050; 118,2-120,9 см у гібриду ДКС 3730 та 119,3-120,6 см у гібриду ДКС 4178. Найнижче ж, кріплення качана на рослинах зафіксовано на варіанті із внесенням мінімальної кількості азоту (90 кг/га д.р.) – відповідно 116,7-117,2 см, 115,9-118,1 см та 116,3-117,8 см.

Серед досліджуваних форм внесення азоту, висота прикріплення качана найвищою була на варіантах із внесенням КАС-32 – 117,2-120,2 см у гібриду ДКС 3050; 118,1-120,9 см у гібриду ДКС 3730 та 117,8-120,6 см у гібриду ДКС 4178.

3.3. Фотосинтетична діяльність посівів кукурудзи різних груп стиглості залежно від удобрення

Площа листової поверхні є одним із найважливіших показників, які характеризують стан посівів сільськогосподарських культур в цілому, так і кукурудзи зокрема, і від якого значною мірою залежить їх продуктивність.

Завдяки процесу фотосинтезу утворюється 90–95 % всієї сухої маси врожаю [128, 129].

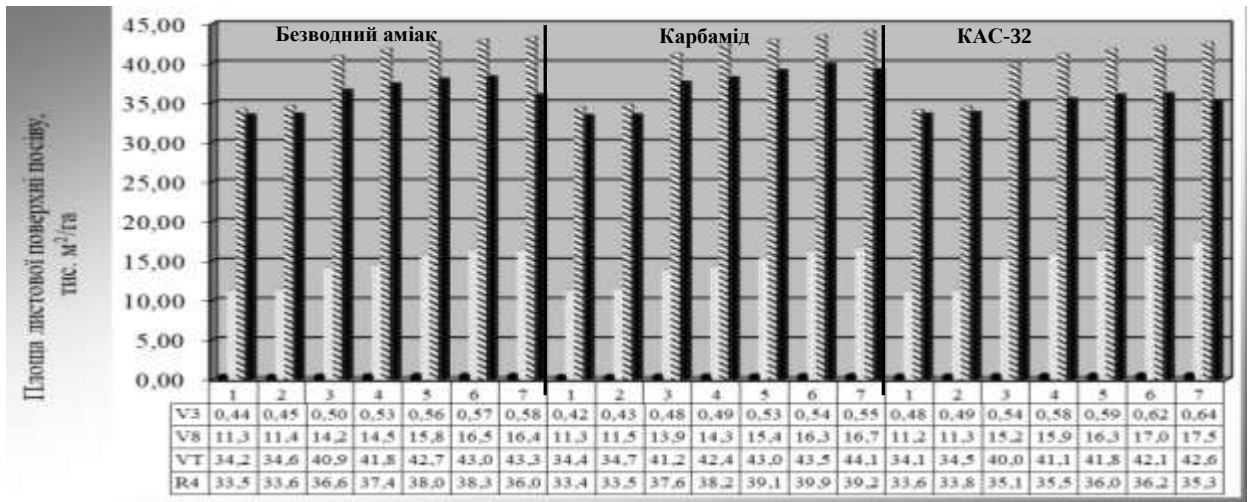
Важливість фотосинтетично-активної поверхні для кукурудзи зумовлена тим, що в неї накопичення органічних речовин, проходить, як і в інших тропічних рослин циклу C_4 . У зв'язку з цим, її фотосинтетична продуктивність на одиницю листової поверхні і на одиницю часу в 2-3 рази вище, ніж в інших культур, в яких фотосинтез проходить по циклу C_3 [194].

Одним із найбільш дієвих шляхів збільшення ефективності фотосинтезу у рослин кукурудзи є збільшення площі листової поверхні, чого можна досягти внесенням добрив [66, 112, 145, 147]. Проте, як свідчать літературні джерела, найбільш ефективна фотосинтетична діяльність посівів досягається при певних параметрах листового індексу, який являє собою відношення листової поверхні до площі ґрунту. Для кукурудзи на зерно він знаходиться в межах 3,0-4,0 [32, 140, 150, 182].

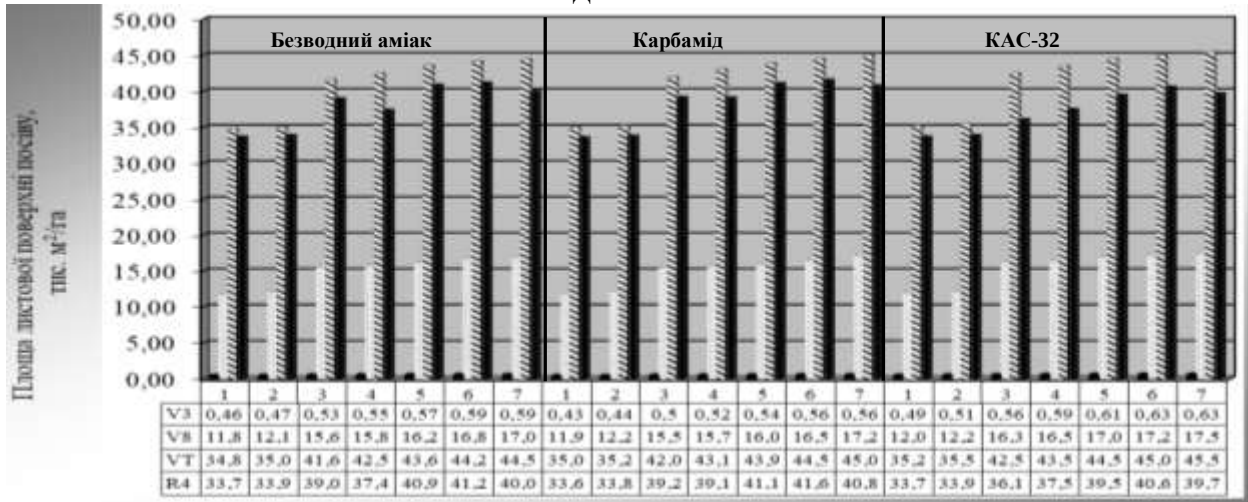
Нашими дослідженнями встановлено, що площа листової поверхні посівів кукурудзи залежала від біологічних особливостей гібридів та їх удобрення, (рис. 3.2). У фазу трьох розвинутих листків (V3), не зафіксовано суттєвої різниці між досліджуваними гібридами та варіантами удобрення і вона становила 0,42-0,66 тис. $m^2/га$ у ранньостиглого гібриду ДКС 3050, 0,46-0,68 тис. $m^2/га$ у ДКС 3730 та 0,48-0,69 тис. $m^2/га$ у середньостиглого гібриду ДКС 4178.

На час проведення спостережень та обліків у фазі V8 уже відмічено вплив досліджуваних технологічних заходів вирощування на площу листової поверхні кукурудзи. Так при внесенні безводного аміаку сумарна площа листків на 1 га становила 14,2-16,7 тис. $m^2/га$ у ранньостиглого гібриду ДКС 3050, 15,6-17,1 тис. $m^2/га$ у ДКС 3730 та 15,9-18,0 тис. $m^2/га$ у ДКС 4178 залежно від норми внесення мінерального азоту.

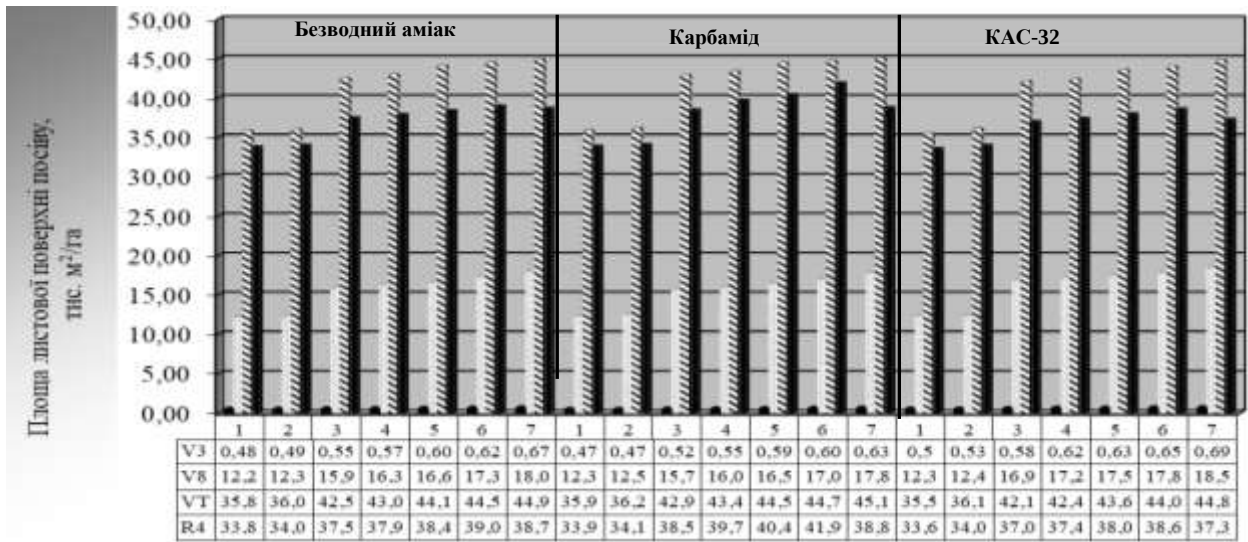
На аналогічних варіантах із використанням карбаміду зазначені показники знаходилися на рівні відповідно 13,9-17,0 тис. $m^2/га$, 15,5-16,9 тис. $m^2/га$ та 15,7-17,8 тис. $m^2/га$.



ДКС 3050



ДКС 3730



ДКС 4178

Рис. 3.2. Площа листової поверхні гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від удобрення, тис. м²/га (середнє за 2019-2021 рр.)

Примітка: 1 – Контроль; 2 – P₆₀K₆₀(фон); 3 – N₉₀P₆₀K₆₀; 4 – N₁₂₀P₆₀K₆₀; 5. N₁₅₀P₆₀K₆₀; 6. N₁₈₀P₆₀K₆₀; 7. N₂₁₀P₆₀K₆₀.

Найбільшою ж площею фітосинтетичної поверхні посівів відзначилися варіанти із використанням КАС-32, завдяки наявності в ньому швидкодіючого нітратного азоту. Так, у ранньостиглого гібриду ДКС 3050 на 1 га функціонувало 15,2-17,5 тис. м² листків, у середньораннього ДКС 3730 – 16,3-17,5 тис. м² та у гібриду ДКС 4178 – 16,9-18,5 тис. м² листків.

Максимальна площа фотосинтетично активної листової поверхні відмічена у фазу викидання волотей (VT) на всіх варіантах дослідів. Так, при використанні в якості джерела мінерального азоту безводного аміаку, її величина становила 40,9-44,0 тис. м²/га у ДКС 3050, 41,6-44,5 тис. м²/га у гібриду ДКС 3730 та 42,5-45,0 тис. м²/га у ДКС 4178.

На такому ж рівні зазначені показники були і при використанні карбаміду – 41,2-44,4 тис. м²/га у ДКС 3050, 42,0-45,0 тис. м²/га у ДКС 3730 та 42,9-45,8 тис. м²/га у гібриду ДКС 4178 залежно від норми внесення азоту.

Дещо по іншому відбувалося формування площ листової поверхні у при використанні КАС-32. На зазначених варіантах дослідів, площа листків у фазі викидання волотей була значно меншою, ніж при використанні безводного аміаку та КАС-32. Так, зокрема, у ранньостиглого гібриду ДКС 3050 фотосинтетично-активна поверхня посівів становила 40,0-43,0 тис. м²/га, у ДКС 3730 – 40,2-44,0 тис. м²/га та у ДКС 4178 – 42,0-44,8 тис. м²/га залежно від норми мінерального нітрогену.

Причиною меншої площі листової поверхні посівів у фазі VT на варіантах із використанням КАС-32 є те, що швидкодіючий нітратний азот, який міститься в ньому уже використався рослинами або промився в нижні шари ґрунту і таким чином рослини кукурудзи відчували певний дефіцит зазначеного елемента живлення.

Генеративний період розвитку рослин кукурудзи відзначився зменшенням площі листової поверхні посівів внаслідок відмирання нижніх листків. У цей період було відмічено вплив внесених добрив та біологічних особливостей досліджуваних гібридів на величину зазначеного показника. Так, у ранньостиглого гібриду ДКС 3050 у період молочно-воскової

стиглості (VT) площа листової поверхні посівів становила 33,4-40,4 тис. м²/га, у середньораннього ДКС 3730 – 33,1-38,1 тис. м²/га та у середньостиглого ДКС 4178 – 33,6-42,5 тис. м²/га залежно від форми та норми внесеного мінерального азоту.

Характерною особливістю формування площі фотосинтетично-активної поверхні гібридів кукурудзи різних груп стиглості під впливом мінеральних добрив, було те, що зазначений процес залежав як від форми, так і від норми внесеного азоту.

Так, в період вегетативного росту рослин (фаза V8), листовий апарат у всіх досліджуваних гібридів найбільш розвинутим був на варіантах із використанням швидкодіючого нітратного азоту, який вносився у формі КАС-32 – 15,2-18,5 тис. м²/га, тоді ж як пролонгована дія аміачного та амідного азоту стала помітною у фазі VT, коли площа листової поверхні посівів була найбільшою на варіантах із їх використанням.

Із досліджуваних норм внесення мінерального азоту у фазі V3 ще не спостерігалось різниці між варіантами, оскільки живлення рослин відбувалося в основному за рахунок запасних поживних речовин, які містяться в насінні. У фазі V8 збільшення норми внесення нітрогену від 0 до 210 кг/га д.р. зумовило зростання площі листової поверхні від 11,2-12,3 тис. м²/га на контролі до 16,7-18,5 тис. м²/га при його застосуванні 210 кг/га д.р. У період викидання волотей (VT) зазначена закономірність збереглася і показники були на рівні відповідно 34,1-35,9 тис. м²/га та 38,1-42,5 тис. м²/га.

У період молочно-воскової стиглості зерна кукурудзи (R4) формування площі листків посівів кукурудзи проходило дещо по іншому і відображалось параболічною кривою. Зростання розмірів листової поверхні відбувалося до рівня внесення мінерального 180 кг/га д.р. Високі норми застосування азотних добрив (210 кг/га д.р.) спричинили незначне її зменшення, що може бути зумовлене нестачею вологи у цей період і як наслідок прояву так званого «вигоряння» рослин на зазначених варіантах дослідів.

Аграрне виробництво XXI століття характеризується всестороннім використанням елементів точного землеробства при вирощуванні всіх сільськогосподарських культур, в тому числі і кукурудзи. При цьому обов'язковим є проведення супутникового моніторингу стану посівів із використанням показника NDVI [177].

NDVI (Normalized difference vegetation index, нормалізований вегетаційний індекс) – являє собою своєрідний показник здоров'я рослини. Він визначається за тим, як рослина відбиває і поглинає різні світлові хвилі [15, 28], тобто (NDVI) вимірює густоту зеленої маси рослинності, зафіксованої на супутниковому знімку. Він відображає цю величину у вигляді числа від -1 до 1. У сільськогосподарському виробництві показник NDVI широко використовується для визначення стану посівів вирощуваних аграріями культур, в тому числі і для оцінки забезпечення рослин поживними речовинами, перш за все нітрогеном, оскільки зазначений елемент живлення відповідає за інтенсивність зеленого забарвлення рослин [15, 28, 225].

Враховуючи цей факт та досить велику площу дослідних ділянок кукурудзи, нами було проведено супутниковий моніторинг стану досліджуваних гібридів залежно від удобрення. Нашими дослідженнями встановлено, що величина показника NDVI залежала від норм і форм внесення мінерального азоту в досліді [15]. Так, на початкових етапах росту і розвитку кукурудзи (V3), коли біомаса рослин була невеликою і NDVI посівів знаходився на рівні 0,29-0,35 залежно від варіанту досліді і значної різниці між способами удобрення виявлено не було, (табл. 3.12).

У фазу повністю розвинутих 8 листків кукурудзи (V8) відмічається зростання показника NDVI посівів до рівня 0,37-0,53 і в цей час уже проявилися відмінності між варіантами удобрення.

При супутниковому моніторингу стану посівів найчастіше використовують зв'язок відбивної здатності окремих спектрів в певних діапазонах електромагнітного випромінювання із станом агроценозу. На основі цього розраховуються вегетаційні індекси, за допомогою яких, можна

оцінювати стан рослинного покриву та процеси росту і розвитку сільськогосподарських культур [212, 213, 223, 224].

Величина показника NDVI знаходилася на рівні 0,29-0,34 у гібриду ДКС 3050, 0,29-0,33 у ДКС 3730 та 0,30-0,35 у гібриду ДКС 4178.

Таблиця 3.12

NDVI посівів кукурудзи у фазу V3 залежно від удобрення, (середнє за 2019-2021 рр.)

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Гібриди		
		ДКС 3050	ДКС 3730	ДКС 4178
Безводний аміак	Контроль	0,30±0,05	0,29±0,05	0,31±0,05
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,30±0,06	0,29±0,07	0,31±0,06
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,30±0,05	0,29±0,05	0,32±0,07
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	0,31±0,04	0,30±0,05	0,32±0,08
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	0,33±0,02	0,31±0,06	0,34±0,08
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	0,33±0,50	0,31±0,06	0,34±0,04
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	0,32±0,75	0,30±0,06	0,33±0,05
Карбамід	Контроль	0,29±0,05	0,29±0,04	0,30±0,04
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,29±0,06	0,29±0,04	0,30±0,04
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,30±0,04	0,30±0,03	0,31±0,03
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	0,31±0,03	0,30±0,03	0,31±0,02
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	0,32±0,08	0,31±0,05	0,33±0,05
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	0,32±0,07	0,31±0,05	0,33±0,06
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	0,31±0,05	0,30±0,07	0,32±0,05
КАС-32	Контроль	0,29±0,07	0,28±0,08	0,30±0,02
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,30±0,08	0,29±0,08	0,30±0,03
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,30±0,05	0,29±0,05	0,30±0,03
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	0,32±0,05	0,30±0,05	0,33±0,04
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	0,34±0,04	0,33±0,03	0,35±0,05
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	0,34±0,02	0,33±0,03	0,35±0,02
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	0,33±0,03	0,32±0,02	0,33±0,02

Слід зазначити, що в період V3, рослини кукурудзи в основному живляться за рахунок поживних речовин, які є в насініні і тільки пізніше

переходять на повністю автотрофне живлення. Крім цього коренева система рослин кукурудзи ще не достатньо розвинута, щоб в повній мірі засвоювати поживні речовини з мінеральних добрив. Це і було причиною незначних відмінностей у показниках NDVI за варіантами дослідів.

Так, на контролі без добрив та при внесенні $P_{60}K_{60}$ величина NDVI була однаковою і становила 0,41-0,42 у гібриду ДКС 3050, 0,37-0,38 у гібриду ДКС 3730 та 0,37-0,39 у гібриду ДКС 4178, (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

NDVI посівів кукурудзи у фазу V8 залежно від удобрення, (середнє за 2019-2021 рр.)

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Гібриди		
		ДКС 3050	ДКС 3730	ДКС 4178
Безводний аміак	Контроль	0,42±0,05	0,37±0,06	0,38±0,08
	$P_{60}K_{60}$ (фон)	0,42±0,06	0,37±0,05	0,38±0,08
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	0,45±0,08	0,40±0,04	0,43±0,04
	$N_{120}P_{60}K_{60}$	0,47±0,02	0,41±0,03	0,45±0,03
	$N_{150}P_{60}K_{60}$	0,50±0,09	0,46±0,02	0,53±0,03
	$N_{180}P_{60}K_{60}$	0,51±0,09	0,46±0,10	0,53±0,06
	$N_{210}P_{60}K_{60}$	0,48±0,04	0,43±0,09	0,51±0,05
Карбамід	Контроль	0,41±0,07	0,37±0,08	0,37±0,07
	$P_{60}K_{60}$ (фон)	0,41±0,05	0,37±0,08	0,37±0,08
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	0,44±0,05	0,41±0,07	0,40±0,02
	$N_{120}P_{60}K_{60}$	0,44±0,07	0,41±0,10	0,42±0,05
	$N_{150}P_{60}K_{60}$	0,50±0,06	0,44±0,10	0,48±0,03
	$N_{180}P_{60}K_{60}$	0,50±0,08	0,44±0,15	0,48±0,04
	$N_{210}P_{60}K_{60}$	0,48±0,04	0,42±0,10	0,46±0,05
КАС-32	Контроль	0,42±0,02	0,37±0,05	0,38±0,05
	$P_{60}K_{60}$ (фон)	0,42±0,05	0,38±0,03	0,39±0,10
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	0,46±0,08	0,44±0,04	0,45±0,05
	$N_{120}P_{60}K_{60}$	0,48±0,04	0,46±0,04	0,48±0,06
	$N_{150}P_{60}K_{60}$	0,52±0,07	0,50±0,05	0,52±0,05
	$N_{180}P_{60}K_{60}$	0,52±0,07	0,50±0,02	0,52±0,08
	$N_{210}P_{60}K_{60}$	0,50±0,05	0,48±0,09	0,50±0,10

Внесення азотних добрив спричинило зростання величини вегетаційного індексу від 0,44 до 0,52 у гібриду ДКС 3050, від 0,40 до 0,50 у гібриду ДКС 3730 та із 0,40 до 0,52 у гібриду ДКС 4178 залежно від форми внесеного нітрогену.

Найвищі показники вегетаційного індексу зафіксовано на варіантах із внесенням 150 та 180 кг/га д.р. азоту. При подальшому зростанні норми нітрогену спостерігається тенденція щодо незначного зниження показника NDVI.

Слід відмітити, що серед досліджуваних форм внесеного азоту найвищий вегетаційний індекс відмічений при використанні КАС-32 та безводного аміаку відповідно – 0,44-0,52 та 0,40-0,53. В той же час, при внесенні карбаміду зазначений показник становив 0,41-0,50 залежно від норми його внесення.

Ріст і розвиток рослин кукурудзи в наших дослідах супроводжувався подальшим зростанням NDVI [15]. Так, у фазу викидання волотей (VT) відмічено найвищі значення даного показника, який залежно від варіанту досліду становив 0,62-0,78, (табл. 3.14). Так, на контрольному варіанті без добрив, показник NDVI знаходився на рівні 0,63-0,66 у гібриду ДКС 3050, 0,62 у ДКС 3730 та 0,65-0,66 у гібриду ДКС 4178.

Такі ж показники величини вегетаційного індексу відмічено при внесенні фосфорно-калійних добрив ($P_{60}K_{60}$) – відповідно 0,67-0,69; 0,62 та 0,65-0,67.

Найбільший вплив на зростання показника NDVI зафіксовано при внесенні азотних добрив. Залежно від досліджуваного гібриду, норми та форми внесеного нітрогену він знаходився на рівні 0,67-0,78.

Слід відмітити, що спостерігається зростання величини індексу біомаси посівів при збільшенні норми азоту. Так, при застосуванні мінімальної норми нітрогену (90 кг/га д.р.) NDVI становив 0,67-0,72, а при внесенні 150 та 180 кг/га д.р. – 0,72-0,78.

NDVI посівів кукурудзи у фазу VT залежно від удобрення, (середнє за 2019-2021 рр.)

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Гібриди		
		ДКС 3050	ДКС 3730	ДКС 4178
Безводний аміак	Контроль	0,65±0,08	0,62±0,08	0,65±0,02
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,67±0,09	0,62±0,06	0,65±0,02
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,70±0,06	0,69±0,02	0,71±0,05
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	0,72±0,05	0,72±0,03	0,73±0,05
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	0,74±0,06	0,75±0,03	0,76±0,04
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	0,75±0,05	0,75±0,05	0,76±0,05
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	0,73±0,10	0,74±0,05	0,74±0,05
Карбамід	Контроль	0,66±0,06	0,62±0,04	0,66±0,08
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,67±0,09	0,62±0,05	0,66±0,04
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,72±0,10	0,72±0,06	0,72±0,04
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	0,73±0,10	0,73±0,07	0,73±0,05
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	0,78±0,05	0,76±0,03	0,75±0,03
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	0,78±0,05	0,76±0,02	0,75±0,05
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	0,75±0,03	0,74±0,05	0,73±0,05
КАС-32	Контроль	0,63±0,04	0,62±0,05	0,66±0,04
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,63±0,04	0,62±0,05	0,67±0,04
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,69±0,08	0,67±0,06	0,69±0,03
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	0,70±0,08	0,69±0,04	0,70±0,06
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	0,74±0,06	0,72±0,05	0,74±0,06
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	0,74±0,05	0,72±0,05	0,74±0,06
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	0,72±0,04	0,70±0,03	0,72±0,06

Подальше зростання норми внесення нітрогену зумовило тенденцію до незначного зменшення показника вегетаційного індексу – 0,70-0,74.

Серед досліджуваних форм внесення мінерального азоту у фазу викидання волотей найвищі показники NDVI вімічено при застосуванні карбаміду 0,72-0,78, а найнижчі при застосуванні КАС-32 – 0,69-0,74.

Після цвітіння кукурудзи відбувся природний процес відмирання листків і відповідно величина біомаси зменшувалася. Так у фазі (R4) NDVI посіву становив 0,54-0,67 залежно від удобрення, (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

NDVI посівів кукурудзи у фазу R4 залежно від удобрення, (середнє за 2019-2021 рр.)

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Гібриди		
		ДКС 3050	ДКС 3730	ДКС 4178
Безводний аміак	Контроль	0,55±0,06	0,54±0,02	0,56±0,04
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,55±0,05	0,54±0,02	0,56±0,04
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,60±0,04	0,56±0,02	0,57±0,03
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	0,62±0,04	0,56±0,03	0,61±0,04
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	0,65±0,04	0,57±0,03	0,65±0,02
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	0,65±0,04	0,58±0,05	0,65±0,02
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	0,60±0,05	0,56±0,09	0,63±0,02
Карбамід	Контроль	0,55±0,03	0,54±0,02	0,56±0,03
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,56±0,03	0,54±0,03	0,56±0,03
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,61±0,03	0,57±0,03	0,58±0,02
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	0,63±0,04	0,58±0,03	0,62±0,04
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	0,67±0,02	0,60±0,04	0,67±0,03
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	0,67±0,02	0,60±0,09	0,67±0,04
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	0,65±0,04	0,59±0,07	0,65±0,02
КАС-32	Контроль	0,55±0,04	0,54±0,07	0,55±0,03
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	0,55±0,03	0,54±0,05	0,56±0,03
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,58±0,03	0,56±0,04	0,57±0,04
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	0,58±0,02	0,56±0,02	0,59±0,04
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	0,60±0,03	0,57±0,03	0,62±0,05
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	0,60±0,04	0,58±0,05	0,62±0,05
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	0,59±0,02	0,56±0,04	0,60±0,03

На контрольному варіанті без добрив, показник NDVI знаходився на рівні 0,55 у гібриду ДКС 3050, 0,54 у ДКС 3730 та 0,55-0,56 у гібриду ДКС 4178.

Подібні показники величини вегетаційного індексу відмічено при внесенні фосфорно-калійних добрив ($P_{60}K_{60}$) – відповідно 0,55-0,56; 0,54 та 0,56.

Як і в попередні періоди росту і розвитку рослин кукурудзи, найбільший вплив на зростання показника NDVI зафіксовано при внесенні азотних добрив. Залежно від досліджуваного гібриду, норми та форми внесеного нітрогену він знаходився на рівні 0,56-0,67.

Нашими дослідженнями встановлено, що динаміка вегетаційного індексу змінювалася за параболічною кривою – відмічалось його зростання при збільшенні норми азоту до 150–180 кг/га д.р. – 0,57-0,67. Подальше зростання норми внесення нітрогену зумовило тенденцію до незначного зменшення показника вегетаційного індексу – 0,56-0,65.

Серед досліджуваних форм внесення мінерального азоту у фазу молочно-воскової стиглості найвищі показники NDVI відмічено при застосуванні карбаміду 0,57-0,67, а найнижчі при використанні КАС-32 – 0,56-0,62.

Як свідчать наукові дані про особливості функціонування і взаємозв'язки донорноакцепторної системи у рослині, то основними фізіолого-біохімічними процесами від яких залежить забезпечення величини продукційного процесу, є інтенсивність процесів фотосинтезу, синтезу і транспорту метаболітів. Чим більша їх інтенсивність тим в краще реалізується генетичний потенціал сортів та гібридів [59]

Сам процес фотосинтезу є основою біопродуктивності природних екосистем і формування величини врожаю польових культур [128, 129].

Основою зазначеного біохімічного процесу є рослинні пігменти зеленого забарвлення – хлорофіли а і b, які найяскравіше відображають стан рослинного організму та є найважливішими компонентами фотосинтетичного апарату [24, 128, 224].

Рослинні пігменти, зокрема хлорофіл, відіграють ключову роль у фотохімічних та біохімічних реакціях, що супроводжуються акумулюванням

енергії сонячного світла та перетворенням її в енергію органічних речовин [129].

Необхідно зазначити, що вміст хлорофілу в рослинному організмі є неоднаковий і змінюється в процесі росту і розвитку рослин. Ця динаміка є характерною ознакою потужності фотосинтетичного апарату агроценозів, однією із провідних характеристик фотосинтетичної активності та майбутнього потенціалу продуктивності сільськогосподарських культур. Вміст хлорофілу може змінюватися залежно від біотичних та абіотичних факторів, у тому числі й агротехнічних заходів, зокрема застосування органічних та мінеральних добрив [142].

Процес визначення вмісту пігментів в рослинах є досить трудомістким та займає багато часу [39].

На сьогоднішній день про рівень хлорофілу в листках сільськогосподарських культур можна судити за показниками приладу Yara N-Tester BT. Зазначений прилад є розробкою компанії Yara та використовується для миттєвого вимірювання вмісту хлорофілу в рослині. Значення N-Tester BT автоматично надсилаються на мобільний пристрій через з'єднання Bluetooth [233].

Нашими дослідженнями встановлено, що норми та форми внесення мінеральних добрив впливали на інтенсивність зеленого забарвлення рослин кукурудзи, що підтверджувалося показниками приладу Yara N-Tester BT

Так, у фазі V3 показники приладу Yara N-Tester BT становили 330-690 одиниць у гібриду ДКС 3050, 342-625 у гібриду ДКС 3730 та 338-719 у середньостиглого гібриду ДКС 4178, (табл. 3.16).

Це вказує на різну інтенсивність зеленого забарвлення листків у гібридів кукурудзи.

Серед досліджуваних форм внесення азотних добрив, найвищі показники N-Tester BT були відмічені на варіантах із використанням КАС-32 – 430-719 одиниць. Це зумовлено наявністю в ньому швидкодіючого нітратного азоту. При використанні безводного аміаку та карбаміду вони

виявилися значно нижчими і становили відповідно 410-650 та 380-695 залежно від норми нітрогену.

Таблиця 3.16

Показники N-тестера посівів кукурудзи у фазу V3 залежно від удобрення, (середнє за 2019-2021 рр.), одиниць

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Гібриди		
		ДКС 3050	ДКС 3730	ДКС 4178
Безводний аміак	Контроль	330±5,20	342±5,60	338±12,6
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	340±4,30	352±5,23	361±20,2
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	410±10,2	415±5,53	460±10,5
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	485±8,20	490±7,52	490±12,3
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	510±7,50	515±7,80	510±15,0
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	610±10,3	619±10,2	650±10,2
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	560±11,3	570±10,3	610±12,6
Карбамід	Контроль	331±5,60	341±5,80	344±10,2
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	342±8,11	350±5,63	355±11,3
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	380±10,3	401±10,5	430±15,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	410±12,5	430±10,6	520±10,3
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	450±12,3	599±4,65	560±20,5
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	530±10,2	575±5,86	695±20,6
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	491±8,23	520±4,63	642±13,2
КАС-32	Контроль	336±5,60	340±5,23	445±15,8
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	339±6,10	362±4,56	449±16,8
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	490±5,12	430±5,50	612±12,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	530±8,13	455±10,2	623±10,5
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	570±11,2	486±11,3	635±20,0
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	690±11,5	625±11,8	719±21,3
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	610±10,3	551±20,2	705±22,8

Внесені мінеральні добрив позитивно позначилися на вмісті хлорофілу в рослинах кукурудзи, зумовивши його зростання, порівняно із контрольним варіантом, на якому показники N-Tester ВТ знаходилися на рівні 3340-345 одиниць.

Внесення фосфорно-калійних добрив в незначній мірі вплинуло на зміну вмісту хлорофілу в листках. Так, на зазначених варіантах дослідження приладу N-Tester ВТ були на рівні 340-449 одиниць.

Найбільший вплив на зростання інтенсивності зеленого забарвлення листків мали азотні добрива. Залежно від норми внесення мінерального азоту показники приладу становили 380-719 одиниць. Найнижчими вони були при внесенні мінімальних норма нітрогену – 380-612 одиниць, а найвищими – на варіантах із застосуванням N_{180} на фосфорно-калійному фоні ($P_{60}K_{60}$) – 530-719. Подальше зростання норми внесення азоту до 210 кг/га д.р. зумовило зниження показників N-Tester ВТ до рівня 491-705 одиниць.

У фазу восьми листків кукурудзи (V8) відмічається зміна показників вмісту хлорофілу в сторону зростання. Так, залежно від варіанту дослідження вони становили 406-739 одиниць, (табл. 3.17). Серед досліджуваних гібридів кукурудзи найвищі показники приладу N-Tester ВТ були відмічені на варіантах середньостиглого гібриду ДКС 4178 – 444-739 одиниць, тоді як у ДКС 3050 та ДКС 3730 вони становили відповідно 406-731 та 414-712 одиниць.

Внесені мінеральні добрива впливали на накопичення хлорофілу в листках досліджуваної культури, зумовивши його зростання. Так, на контролі без добрив показники приладу N-Tester ВТ були найнижчими і становили 406-450 одиниць, що вивилося найнижчим показником серед досліджуваних варіантів. Найбільш інтенсивне забарвлення листків кукурудзи зафіксовано на варіантах із внесенням N_{180} на фосфорно-калійному фоні ($P_{60}K_{60}$) – 680-739 одиниць.

Серед досліджуваних форм мінерального азоту вміст хлорофілу найвищим виявився на варіантах із використанням КАС-32 – 552-739 одиниць, тоді як при внесенні карбаміду та безводного аміаку зазначені показники становили відповідно 533-712 та 521-711 одиниць.

Зазначена динаміка зумовлена різною швидкістю засвоєння мінерального азоту. Так, нітратний азот, який міститься у КАС-32 є найбільш

швидкодіючим, тому при його внесення забезпечує в фазі V8 найвищий вміст хлорофілу в листках кукурудзи.

Таблиця 3.17

**Показники N-тестера посівів кукурудзи у фазу V8 залежно від удобрення,
(середнє за 2019-2021 рр.)**

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Гібриди		
		ДКС 3050	ДКС 3730	ДКС 4178
Безводний аміак	Контроль	406±12,3	415±20,5	450±20,3
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	412±20,5	426±12,4	456±20,4
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	521±15,6	563±30,5	590±10,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	550±20,0	575±20,2	601±10,5
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	572±20,3	619±18,5	636±12,0
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	680±20,0	695±14,3	711±11,3
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	640±18,3	640±20,0	681±30,0
Карбамід	Контроль	409±18,5	414±10,3	444±40,0
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	411±5,9	428±20,1	451±31,2
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	533±20,2	570±20,8	599±20,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	578±20,5	579±22,3	583±10,2
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	599±21,3	620±30,5	615±20,0
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	699±22,2	679±20,9	712±8,6
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	631±14,5	655±10,5	689±8,20
КАС-32	Контроль	408±15,2	411±8,40	448±12,3
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	413±13,0	422±12,6	453±13,6
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	552±22,2	599±10,4	612±15,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	595±22,4	583±11,3	623±20,0
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	620±20,4	615±12,4	635±15,3
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	731±20,6	712±20,0	739±16,1
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	667±20,4	689±14,6	705±10,3

В той же час, аміачний та амідний азот є більш пролонгованими, і в зазначений період в меншій мірі впливають на вміст хлорофілу в рослинах досліджуваної культури.

Дещо по іншому відбувалося накопичення вмісту хлорофілу в листках кукурудзи у фазі викидання волотей (VT), (табл. 3.18).

Таблиця 3.18

**Показники N-тестера посівів кукурудзи у фазу VT залежно від
удобрення, (середнє за 2019-2021 рр.), одиниць**

Фактор А – форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Гібриди		
		ДКС 3050	ДКС 3730	ДКС 4178
Безводний аміак	Контроль	461±25,1	430±10,4	435±21,0
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	465±30,2	458±18,2	462±10,3
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	610±10,5	605±30,0	613±15,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	650±8,60	626±12,5	640±16,0
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	745±20,2	738±20,1	715±12,1
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	750±10,1	745±10,4	720±20,0
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	708±20,5	730±11,3	689±13,5
Карбамід	Контроль	460±10,3	432±10,2	436±10,3
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	469±10,5	461±12,0	464±14,2
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	632±11,5	620±20,0	640±12,1
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	651±20,0	645±13,6	676±14,0
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	715±20,3	755±14,2	751±20,0
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	721±20,4	760±11,8	759±21,1
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	691±8,91	746±20,0	703±10,3
КАС-32	Контроль	462±10,4	435±11,2	439±20,0
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	466±10,3	460±10,3	465±14,1
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	545±20,1	585±12,6	601±20,9
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	590±10,4	601±20,1	621±21,3
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	720±8,40	729±15,0	699±15,8
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	725±5,62	738±15,6	703±16,2
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	663±20,3	718±13,2	670±14,2

Так, у зазначений період, найвищі показники приладу N-Tester VT, а відповідно і найвищий вміст хлорофілу в листках було відмічено на варіантах із внесенням карбаміду – 620-760 одиниць. Дещо меншими вони були при застосуванні безводного аміаку – 605-750 і найменшими при використанні КАС-32 – 545-738.

Зазначена динаміка зумовлена тим, що в цей період пролонгований амідний та аміачний азот карбаміду та безводного аміаку перетворився у нітратний і рослини почали його інтенсивно використовувати. В той же час, нітратний азот із КАС-32 уже був або використаний або промився в нижні шари ґрунту і став недоступним для рослин кукурудзи.

Серед досліджуваних норм внесення мінерального азоту найвищий вміст хлорофілу було відмічено при застосуванні N_{180} на фосфорно-калійному фоні ($P_{60}K_{60}$) – 721-750 у гібриду ДКС 3050, 738-760 у гібриду ДКС 3730 та 703-759 у гібриду ДКС 4178.

Слід відмітити, що різниця у вмісті хлорофілу в листках кукурудзи на варіантах із внесенням 180 та 150 кг/га д.р. азоту була незначною і становила відповідно 715-745 одиниць у ДКС 3050, 729-755 одиниць у гібриду ДКС 3730 та 699-751 у ДКС 4178.

Таким чином, вміст хлорофілу в листках досліджуваних гібридів кукурудзи в наших дослідках залежав від їх біологічних особливостей та форм і норм внесення мінерального азоту.

4. ФОРМУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ДОСЛІДЖУВАНИХ ФАКТОРІВ

4.1. Вплив удобрення на структуру урожаю кукурудзи.

Загальновідомою аксіомою при вирощуванні сільськогосподарських культур, в тому числі і кукурудзи є те, що їх урожайність є похідною величиною від елементів її структури. Впливаючи на них агротехнічними заходами можна оптимізувати їх параметри та отримати найвищу продуктивність посівів [84, 111, 194].

Слід зазначити, що структура урожаю кукурудзи на зерно є незмінною і складається з кількості продуктивних рослин на одиницю площі та індивідуальної продуктивності однієї рослини [173].

В свою чергу продуктивність кожної рослини формується на основі таких показників як кількість рядів в качані, кількість зерен в ряду, маса 1000 насінин. Всі вони взаємозв'язані між собою і за недостатнього розвитку одного структурного елемента майбутня зернова продуктивність може бути компенсована за рахунок інших складників [1, 135, 226].

Враховуючи той факт, що окремі елементи структури урожаю формуються на різних етапах органогенезу, то для успішного їх розвитку потрібно створити оптимальні умови [17, 25]

Це вказує на те, що управляючи процесами реалізації генетично зумовленого потенціалу можна сформувати високопродуктивні агрофітоценози кукурудзи і цим самим зменшити розрив між потенційною та реальною виробничою урожайністю [173].

Для кукурудзи, найбільш дієвим способом зростання показників елементів структури урожаю є добрива, особливо азотні [10, 30, 31, 69, 143, 145, 149, 171].

Нашими дослідженнями встановлено, що досліджувані елементи технології вирощування кукурудзи впливали на структуру її урожаю, змінюючи кількість рядів в качані, кількість зерен в ряду качана, масу 1000

насінин. У ранньостиглого гібриду кукурудзи ДКС 3050 кількість рядів в качані становила 14-16 шт, залежно від варіанту удобрення, (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Елементи структури урожаю гібриду кукурудзи ДКС3050 залежно від удобрення, (середнє за 2019-2021 рр)

Фактор А - форма азотних добрив	Фактор В – норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Показники				
		Кількість рядів в качані, шт	Кількість зерен в ряду, шт	Кількість зерен в качані, шт	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 насінин, г
Безводний аміак	Контроль	14	23±1,6	322±12,2	85,3±5,31	265±3,3
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	14	24±2,2	336±15,2	90,7±5,01	270±6,0
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	16	28±1,3	448±20,0	132,2±10,2	295±5,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	16	30±2,6	480±16,3	144,5±5,60	301±3,6
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	16	31±1,0	496±14,2	156,2±8,31	315±3,5
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	16	30±2,1	480±8,12	148,8±7,51	310±2,8
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	16	30±1,6	480±14,5	146,4±9,20	305±5,1
Карбамід	Контроль	14	23±2,1	322±20,0	84,7±8,00	263±5,5
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	14	25±0,9	350±21,3	93,8±9,32	268±4,2
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	16	29±1,6	464±11,5	130,4±9,15	281±4,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	16	31±1,5	496±14,8	143,8±10,0	290±5,6
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	16	32±1,9	512±14,5	156,2±10,0	305±5,4
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	16	31±2,1	496±12,3	150,3±8,61	303±5,0
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	16	30±1,6	480±15,6	141,6±4,63	295±5,0
КАС-32	Контроль	14	24±1,4	336±17,8	87,4±5,23	260±4,1
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	14	25±1,8	350±16,9	92,8±4,22	265±3,2
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	16	29±1,3	464±20,0	125,3±3,26	270±2,5
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	16	31±1,0	496±21,3	139,9±10,1	282±3,6
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	16	33±1,0	528±21,2	153,6±4,99	291±5,4
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	16	30±2,1	480±24,1	136,8±5,16	285±3,5
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	16	30±1,1	480±20,1	133,9±7,85	279±2,0

На контрольному та фоновому варіантах (при внесенні $P_{60}K_{60}$) вона становила 14 шт, а за внесення азотних добрив – 16. Слід відмітити, що норми та форми азотних добрив не впливали на кількість рядів в качані і на зазначених варіантах вона була одаковою.

Кількість зерен в ряду становила 23-33 залежно від форми мінерального нітрогену та норми його внесення.

Найменшим зазначений показник був на контрольному варіанті без добрив – 23-24 шт. На фосфорно-калійному фоні $P_{60}K_{60}$ кількість зерен в ряду становила 24-25 шт, що було на рівні контрольного варіанта та може свідчити на незначний вплив та роль фосфорних і калійних добрив на величину зазначеного показника. Внесення мінерального нітрогену суттєво вплинуло на кількість зарен в ряду. При застосуванні 90 кг/га д.р. азоту кількість зерен в ряду становила 28-29 шт, при 120 кг/га д.р. – 30-31 шт, при 150, 180 та 210 кг/га д.р. – відповідно 31-32, 30-31 та 30 шт.

Слід відмітити, що між формами внесеного азоту не відмічається суттєвої різниці щодо формування кількості зерен в ряду і вона була однаковою на всіх варіантах дослідів.

Характерною особливістю формування кількості зерен в ряду є те, що вона відбувалася за параболічною кривою – спостерігалось зростання зазначеного показника до 150 кг/га д.р. Подальше збільшення норми внесення мінерального азоту спричинило зменшення кількості зерен в ряду качана.

Озерненість качана є похідною величиною від кількості рядів в качані та кількості зерен в ряду.

Залежно від варіанту кількість зерен в качані становила 322-528 шт. Найменш озерненими качани виявилися на контрольному варіанті, на яких вищезазначений показник знаходився на рівні 322-336 шт. Внесення фосфорних та калійних добрив в незначній мірі збільшило чисельність зерен в качані і на зазначених варіантах дослідів він становив 336-350 шт.

Внесення азотних добрив, як уже відмічалось, збільшило кількість рядів в качані та кількість зерен в ряду, і відповідно це зумовило зростання озерненості качана. Так, при внесенні 90 кг/га нітрогену в качані нараховувалося 448-464 зернини, 120 кг/га забезпечило формування – 480-496 зерен, 150 кг/га – відповідно 496-528, 180 кг/га – 480-496 та 210 кг/га д.р. азоту – 480 зерен.

Характерною особливістю формування елементів структури урожаю кукурудзи було те, що форми та норми внесення мінерального азоту найбільше вплинули на масу 1000 насінин.

Так, на контролі без добрив маса 1000 насінин була найменшою і становила 263-265 г. Внесення осфорних та калійних добрив в незнаній мірі зумовило зростання зазначеного показника до рівня 265-270 г.

На варіанті із внесенням азоту спостерігалось суттєве зростання величини насіння досліджуваної культури. Так, при застосуванні 90 кг/га д.р. маса 1000 насінин становила – 270-295 г, на варіанті із внесенням 120 кг/га – 282-301 г, при використанні 150 кг/га д.р. нітрогену – 291-315 г. Подальше збільшення норми азоту спричинило зниження маси 1000 насінин кукурудзи до рівня 285-310 г при внесенні 180 кг/га та 279-305 г при застосуванні 210 кг/га д.р. азоту.

Слід зазначити, що найбільша маса 1000 насінин кукурудзи серед досліджуваних форм нітрогену була відмічена на варіантах із використанням безводного аміаку – 295-315 г, дещо меншою вона була при застосуванні карбаміду – 281-305 і найменшою при внесенні КАС-32 – 270-291 г.

Маса зерна з качана є похідною величиною від кількості зерен в качані та маси 1000 насінин. Залежно від варіанту дослідження вона становила 84,7-156,2 г. Найменшим зазначений показник був на контролі без добрив – 84,7-87,4 г, а найбільшим на варіантах з внесенням 150 кг/га д.р. азоту на фосфорно-калійному фоні – 153,6-156,2 г.

У середньораннього гібриду кукурудзи ДКС 3730 формування елементів структури урожаю відбувалося за подібним принципом. Так, кількість рядів в качані становила 14-16 шт, залежно від варіанту удобрення, (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Елементи структури урожаю гібриду кукурудзи ДКС3730 залежно від удобрення, (середнє за 2019-2021 рр.)

Форма азотних добрив	Норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Показники				
		Кількість рядів в качані, шт	Кількість зерен в ряду, шт	Кількість зерен в качані, шт	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 насінин, г
Безводний аміак	Контроль	14	23±1,2	322±11,2	86,9±9,61	270±2,1
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	14	26±1,3	364±20,0	99,4±10,1	273±3,0
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	16	27±2,0	432±20,5	131,8±12,0	305±3,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	16	29±2,2	464±21,3	143,4±11,3	309±5,5
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	16	32±1,2	512±8,45	162,8±6,56	318±5,9
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	16	30±1,1	480±4,56	151,2±7,20	315±5,6
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	16	30±0,9	480±11,3	149,8±7,31	312±6,3
Карбамід	Контроль	14	23±1,2	322±21,1	87,6±6,45	272±6,5
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	14	25±1,5	350±20,4	95,9±6,23	274±2,3
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	16	29±2,0	464±14,6	130,4±5,56	281±2,5
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	16	31±2,1	496±12,6	145,8±6,20	294±2,5
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	16	33±1,7	528±20,4	162,6±6,12	308±3,1
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	16	31±1,7	496±21,2	152,3±6,45	307±3,4
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	16	30±1,6	480±22,4	144,5±7,11	301±3,2
КАС-32	Контроль	14	23±1,3	322±18,4	86,9±7,20	270±2,5
	P ₆₀ K ₆₀ (фон)	14	27±1,0	378±15,6	104,3±7,32	276±3,3
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	16	29±1,2	464±16,0	129,0±6,52	278±2,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	16	31±1,5	496±12,2	141,4±6,10	285±2,8
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	16	33±1,4	528±13,4	154,7±6,12	293±2,9
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	16	31±1,2	496±15,0	144,3±6,30	291±2,9
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	16	29±1,0	464±14,3	131,8±6,20	284±4,2

На варіантах без азотного удобрення (контрольному та фоновому) вона становила 14 шт, а за внесення азотних добрив – 16.

Кількість зерен в ряду качана гібриду ДКС 3730 становила 23-33 залежно від варіанта досліду. Найменшим зазначений показник був на контрольному варіанті без добрив – 23 шт. На фосфорно-калійному фоні $P_{60}K_{60}$ кількість зерен в ряду становила 25-27 шт, що було дещо вище контрольного варіанта.

Найбільший вплив на кількість зерен в ряду створювали внесені азотні добрива. Так, при застосуванні 90 кг/га д.р. азоту кількість зерен в ряду становила 27-29 шт, при 120 кг/га д.р. – 29-31 шт, при 150, 180 та 210 кг/га д.р. – відповідно 33-33, 30-31 та 29-30 шт. Характерною особливістю формування кількості зерен в ряду є те, що між формами внесеного азоту не відмічається суттєвої різниці і вона була однаковою на всіх варіантах досліду.

Як і для гібриду ДКС 3050, так і для ДКС 3730, характерним є те, формування кількості зерен в ряду відбувалося за параболічною кривою – спостерігалось зростання зазначеного показника до 150 кг/га д.р. Подальше збільшення норми внесення мінерального азоту спричинило зменшення кількості зерен в ряду качана.

Залежно від варіанту кількість зерен в качані становила 322-528 шт. Найменш озерненими качани виявилися на контрольному варіанті, на яких вищезазначений показник знаходився на рівні 322 шт. Внесення фосфорних та калійних добрив в незначній мірі збільшило чисельність зерен в качані і на зазначених варіантах досліду він становив 350-378 шт.

Застосування мінерального нітрогену сприяло зростанню кількості рядів в качані та кількості зерен в ряду, і відповідно це зумовило зростання озерненості качана. Так, при внесенні 90 кг/га нітрогену в качані нараховувалося 432-464 зернини, 120 кг/га забезпечило формування – 464-496 зерен, 150 кг/га – відповідно 512-528, 180 кг/га – 480-496 та 210 кг/га д.р. азоту – 464-480 зерен.

Поряд із кількістю зерен в ряду та кількістю рядів в качані не менш важливим показником є маса 1000 насінин. В наших дослідках, внесені мінеральні добрива найбільше впливали на її величину. Так, на контролі без добрив маса 1000 насінин була найменшою і становила 270-272 г. Внесення осфорних та калійних добрив в незначній мірі зумовило зростання зазначеного показника до рівня 273-276 г.

На варіанті із внесенням мінерального нітрогену спостерігалось суттєве зростання величини насіння досліджуваної культури. Так, при застосуванні 90 кг/га д.р. маса 1000 насінин становила – 278-305 г, на варіанті із внесенням 120 кг/га – 285-309 г, при використанні 150 кг/га д.р. азоту – 293-318 г. Подальше збільшення норми нітрогену спричинило зниження маси 1000 насінин кукурудзи до рівня 291-315 г при внесенні 180 кг/га та 284-312 г при застосуванні 210 кг/га д.р. азоту.

Як і для гібриду ДКС 3050, так і для гібриду ДКС 3730, найбільша маса 1000 насінин кукурудзи серед досліджуваних форм мінерального азоту була відмічена на варіантах із використанням безводного аміаку – 305-318 г, дещо меншою вона була при застосуванні карбаміду – 281-308 і найменшою при внесенні КАС-32 – 278-293 г.

Маса зерна з качана, залежно від варіанту дослідження становила 86,9-162,8 г. Найменшим зазначений показник був на контролі без добрив – 86,9-87,6 г, а найбільшим на варіантах з внесенням 150 кг/га д.р. азоту на фосфорно-калійному фоні – 154,7-162,8 г.

У середньостиглого гібриду кукурудзи ДКС 4178 кількість рядів в качані була на рівні 14-16 шт, залежно від варіанту удобрення, (табл. 4.3). Як і в ранньостиглого та середньостиглого гібридів на варіантах без азотного удобрення (контрольному та фоновому) вона становила 14 шт, а за внесення азотних добрив – 16.

Кількість зерен в ряду качана гібриду ДКС 4178 становила 22-33. Серед досліджуваних варіантів, найменшою кількістю зерен в ряду відзначився контрольний варіант без добрив – 22-23 шт. Внесення фосфорно-калійних

добрих $P_{60}K_{60}$ в незначній мірі вплинуло на кількість зерен в ряду і вона при цьому становила 24-25 шт, що було дещо вище неудобреного контролю.

Таблиця 4.3

**Елементи структури урожаю гібриду кукурудзи ДКС4178 залежно від
удобрення, (середнє за 2019-2021 рр)**

Форма азотних добрив	Норма внесення мінерального азоту, кг/га д.р.	Показники				
		Кількість рядів в качані, шт	Кількість зерен в ряду, шт	Кількість зерен в качані, шт	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 насінин, г
Безводний аміак	Контроль	14	22±0,9	308±11,3	84,7±3,51	275±1,9
	$P_{60}K_{60}$ (фон)	14	24±1,1	336±20,0	94,4±5,12	281±2,2
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	16	27±1,2	432±14,5	133,5±4,10	309±2,5
	$N_{120}P_{60}K_{60}$	16	28±2,3	448±12,6	141,1±2,11	315±2,5
	$N_{150}P_{60}K_{60}$	16	33±0,8	528±9,12	167,9±2,56	318±2,3
	$N_{180}P_{60}K_{60}$	16	30±1,5	480±8,15	151,2±2,11	315±2,2
	$N_{210}P_{60}K_{60}$	16	30±1,2	480±12,6	150,7±4,13	314±2,0
Карбамід	Контроль	14	23±1,0	322±14,3	88,9±4,44	276±3,1
	$P_{60}K_{60}$ (фон)	14	24±1,0	336±12,5	95,1±5,19	283±3,1
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	16	29±1,3	464±20,0	136,9±5,69	295±3,6
	$N_{120}P_{60}K_{60}$	16	30±1,4	480±19,3	146,9±4,85	306±3,5
	$N_{150}P_{60}K_{60}$	16	33±1,4	528±18,6	164,2±6,23	311±4,0
	$N_{180}P_{60}K_{60}$	16	33±1,2	528±17,4	160,5±7,01	304±3,2
	$N_{210}P_{60}K_{60}$	16	32±1,5	512±14,6	151,6±7,13	296±2,1
КАС-32	Контроль	14	23±1,5	322±13,2	88,2±4,52	274±2,1
	$P_{60}K_{60}$ (фон)	14	25±1,2	350±12,0	97,7±4,63	279±2,0
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	16	28±1,1	448±21,1	127,2±5,12	284±1,9
	$N_{120}P_{60}K_{60}$	16	31±1,4	496±19,2	145,8±5,19	294±1,4
	$N_{150}P_{60}K_{60}$	16	33±1,5	528±11,4	160,0±5,21	303±1,5
	$N_{180}P_{60}K_{60}$	16	32±1,5	512±12,0	151,6±3,11	296±1,2
	$N_{210}P_{60}K_{60}$	16	32±1,3	512±13,3	148,0±3,22	289±2,0

Багатьма науковцями встановлено, що азот – ключовий елемент, який впливає на урожайність зерна кукурудзи. В наших дослідях підтверджено результати зазначених публікацій, оскільки найбільший вплив на кількість зерен в ряду створювали внесені азотні добрива. Так, при внесенні 90 кг/га д.р. азоту кількість зерен в ряду становила 27-29 шт, при 120 кг/га д.р. – 28-31 шт, при 150, 180 та 210 кг/га д.р. – відповідно 33, 30-33 та 30-32 шт.

Нашими дослідженнями встановлено, що між формами внесеного азоту не відмічається суттєвої різниці по їхньому впливу на формування кількості зерен в ряду, оскільки вона була однаковою на всіх варіантах дослідів.

Слід зазначити, що зростання кількості зерен в ряду досліджуваного гібриду ДКС 4178 відмічалось до норми внесення мінерального азоту 150 кг/га. При цьому, кількість зерен в ряду становила 33 шт. Подальше збільшення норми внесення мінерального азоту спричинило зменшення кількості зерен в ряду качана.

Залежно від варіанту кількість зерен в качані становила 308-528 шт. Найменш озерненими качани виявилися на контрольному варіанті, на яких вищезазначений показник знаходився на рівні 308-322 шт. Внесення фосфорних та калійних добрив в незначній мірі збільшило чисельність зерен в качані і на зазначених варіантах дослідів він становив 336-350 шт.

Азотні добрива сприяли зростанню кількості рядів в качані та кількості зерен в ряду, і відповідно це зумовило зростання озерненості качана. На варіанті із внесенням 90 кг/га нітрогену в качані нараховувалося 432-464 зернини, 120 кг/га забезпечило формування – 448-496 зерен, 150 кг/га – відповідно 528 шт, 180 кг/га – 480-528 та 210 кг/га д.р. азоту – 480-512 зерен.

Важливим елементом структури урожаю кукурудзи є маса 1000 насінин. Нашими дослідженнями встановлено, що внесені азотні добрива суттєво впливали на зазначену величину. Так, на контролі без добрив маса

1000 насінин була найменшою і становила 274-276 г. Внесення осфорних та калійних добрив в незначній мірі зумовило зростання зазначеного показника до рівня 279-283 г.

На варіантах із внесенням мінерального нітрогену спостерігалось значне зростання величини насіння досліджуваної культури. Так, при застосуванні 90 кг/га д.р. маса 1000 насінин становила – 284-309 г, на варіанті із внесенням 120 кг/га – 294-315 г, при використанні 150 кг/га д.р. азоту – 303-318 г.

Подальше збільшення норми нітрогену спричинило зниження маси 1000 насінин кукурудзи до рівня 296-315 г при внесенні 180 кг/га та 289-314 г при застосуванні 210 кг/га д.р. азоту.

Характерною особливістю формування насіння гібриду ДКС 4178, як і для гібридів ДКС 3050 та ДКС 3730 є те, що найбільша маса 1000 насінин кукурудзи серед досліджуваних форм мінерального азоту була відмічена на варіантах із використанням безводного аміаку – 309-318 г, дещо меншою вона була при застосуванні карбаміду – 295-311 і найменшою при внесенні КАС-32 – 284-303 г.

Маса зерна з качана, залежно від варіанту дослідження становила 84,7-167,9 г. Найменшим зазначений показник був на контролі без добрив – 84,7-88,9 г, а найбільшим на варіантах з внесенням 150 кг/га д.р. азоту на фосфорно-калійному фоні – 160,0-167,9 г.

Методом кореляційно-регресійного аналізу результатів досліджень визначено взаємозалежності між складовими структури урожаю і на їх основі побудовано кореляційну плеяду (рис. 4.1).

Встановлено, що між усіма елементами існує прямий тісний кореляційний зв'язок, оскільки коефіцієнт кореляції становить більше 0,7. Це свідчить про те, що впливаючи, за допомогою технологічних заходів вирощування кукурудзи, на один показник ми одночасно прямо чи опосередковано впливаємо на інший.

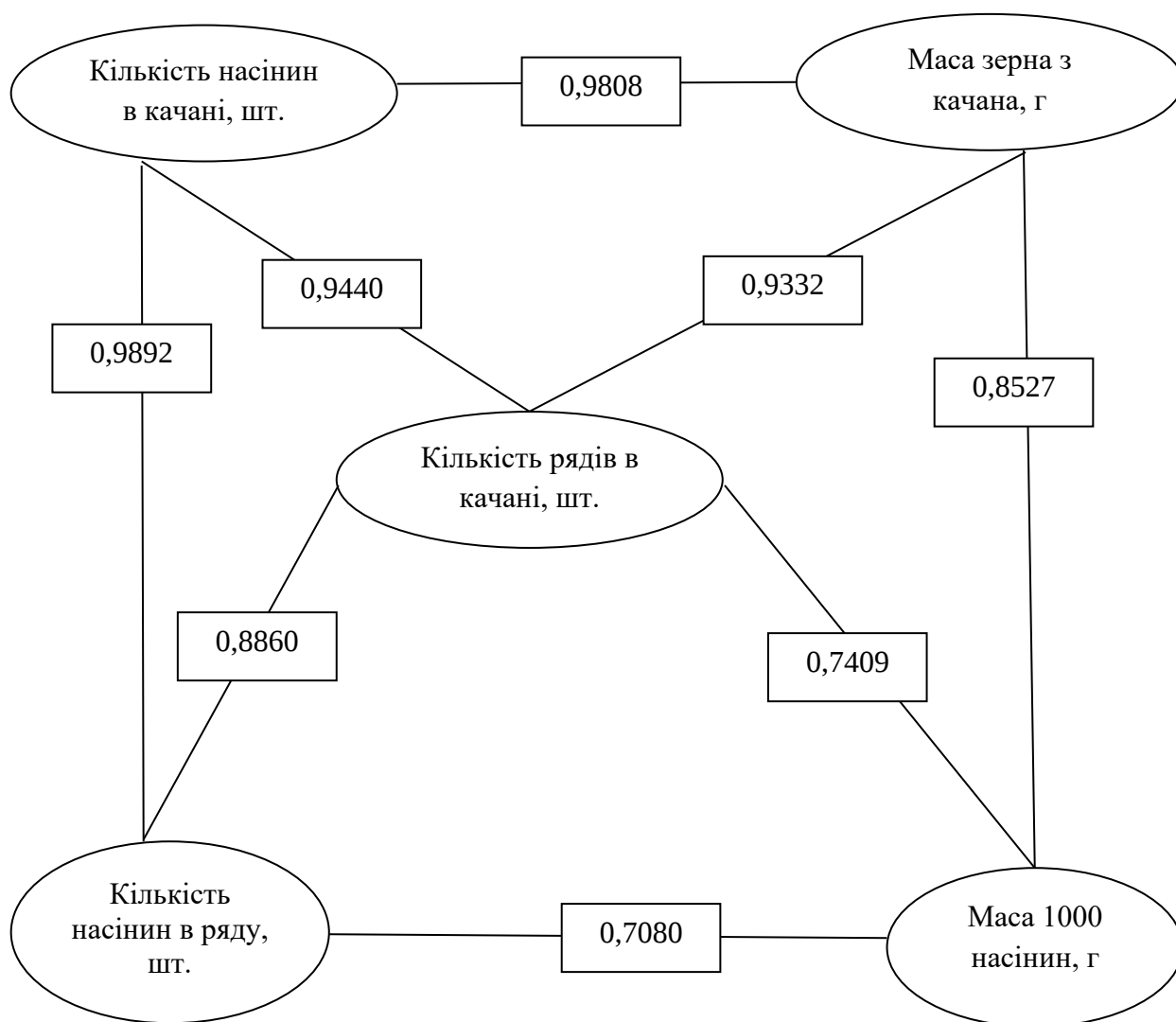


Рис. 4.3. Кореляційна плеяда взаємозалежності складових структури врожаю кукурудзи, середнє за 2019–2021 рр.

Тому зазначений факт є особливо важливим моментом при розробці заходів управління продукційним процесом зернової кукурудзи.

4.2. Урожайність різностиглих гібридів кукурудзи залежно від рівня азотного живлення.

Одним із найважливішим показників, які характеризують ефективність вирощування сільськогосподарських культур, в тому числі і кукурудзи, є їх урожайність [143, 145].

Багатьма дослідниками встановлено, що такі елементи технології, як азотне удобрення відіграє важливу роль у формуванні її зернової продуктивності [29, 31, 70, 71, 81, 171, 186].

Нами встановлено, що урожайність досліджуваних гібридів кукурудзи залежала від їх біологічних особливостей та форм і норм внесення азотних добрив [136], (табл. 4.4).

Залежно від варіанту удобрення середня урожайність зерна кукурудзи за роки досліджень знаходилася в межах 5,21 – 10,30 т/га.

Найнижчою зерновою продуктивністю в середньому за роками проведення експерименту, відзначилися контрольні варіанти без внесення добрив, на яких з одиниці площі одержано 5,21 – 6,02 т зерна.

Внесення фосфорних та калійних добрив $P_{60}K_{60}$ (фон) сприяло зростанню урожайності кукурудзи до 5,96 – 6,50 т/га. Середній приріст урожайності порівняно із неудобреним контролем становив 0,39–0,92 т/га або 6,5 – 17,3 %.

Нами підтверджено результати попередніх досліджень науковців-аграріїв, які акцентували увагу на тому, що ключовим елементом, який визначає урожайність усіх сільськогосподарських культур і кукурудзи зокрема є азот. На варіантах азотного живлення отримано найвищі показники урожайності та найбільші прирости порівняно із неудобреним контролем.

Так, при внесенні 90 кг/га мінерального нітрогену середній збір зерна кукурудзи становив 7,31 – 8,55 т/га, що перевищує контрольний варіант без добрив на 2,10 – 3,16 т/га або 40,3 – 58,6 %.

Серед досліджуваних форм внесення азоту найбільшою продуктивністю відзначився варіант із використанням безводного аміаку.

На зазначеному варіанті досліду вихід зерна з 1 га становив 8,35-8,55 т залежно від біологічних особливостей гібридів кукурудзи. При внесенні карбаміду та КАС-32 зазначені показники були дещо нижчими і становили відповідно 7,84-8,51 та 7,31-7,53 т/га.

**Урожайність зерна кукурудзи залежно від форм і норм внесення
азотних добрив, т/га**

Фактор А - гібриди	Фактор В – норми азотних добрив	Фактор С - форми азотних добрив											
		безводний аміак				карбамід				КАС-32			
		Роки											
		2019	2020	2021	середнє 2019-2021	2019	2020	2021	середнє 2019-2021	2019	2020	2021	середнє 2019-2021
ДКС 3050	1	5,39	5,91	4,59	5,30	5,30	5,85	4,65	5,27	5,25	5,78	4,59	5,21
	2	6,01	6,85	5,79	6,22	5,94	6,71	5,56	6,07	5,89	6,77	5,63	6,10
	3	8,12	9,23	7,69	8,35	7,29	8,88	7,35	7,84	7,01	7,96	6,96	7,31
	4	9,33	10,2	8,03	9,19	8,85	9,63	7,83	8,77	7,91	9,86	7,20	8,32
	5	10,2	11,5	8,28	9,99	9,34	11,2	8,10	9,55	8,65	10,2	7,85	8,90
	6	9,89	10,1	7,81	9,27	9,01	10,4	7,51	8,97	8,33	9,32	7,54	8,40
	7	9,12	10,7	7,54	9,12	8,54	10,1	7,10	8,58	8,02	8,91	6,95	7,96
ДКС 3730	1	5,56	5,96	4,65	5,39	5,61	6,01	4,58	5,40	5,70	5,89	4,74	5,44
	2	6,45	6,92	5,36	6,24	6,39	6,26	5,23	5,96	6,62	6,96	4,92	6,17
	3	8,61	9,85	7,20	8,55	7,59	9,42	6,91	7,97	7,34	8,21	6,65	7,40
	4	9,69	10,9	7,84	9,48	9,03	10,4	7,44	8,96	8,15	9,29	7,11	8,18
	5	10,6	11,8	8,11	10,20	9,91	11,3	7,90	9,70	8,92	10,9	7,63	9,15
	6	10,0	11,1	7,61	9,57	9,52	10,9	7,25	9,22	8,44	9,7	7,06	8,40
	7	9,31	10,1	7,15	8,85	9,18	9,95	7,03	8,72	8,05	9,2	6,89	8,05
ДКС 4178	1	6,52	6,98	4,55	6,02	6,61	6,84	4,42	5,96	6,55	6,81	4,62	5,99
	2	6,84	7,56	5,09	6,50	6,70	7,4	4,95	6,35	6,76	7,6	4,86	6,41
	3	9,03	9,1	6,95	8,36	9,16	9,93	6,44	8,51	7,99	8,61	5,98	7,53
	4	10,1	11,2	7,52	9,61	9,65	10,7	6,96	9,10	8,69	9,5	6,30	8,16
	5	10,9	12,1	7,98	10,30	10,10	11,8	7,65	9,85	9,21	11,4	6,92	9,18
	6	10,5	11,8	7,44	9,91	9,81	11,5	7,15	9,49	8,75	10,6	6,59	8,65
	7	10,3	11,4	7,06	9,59	9,36	10,8	6,93	9,03	8,44	9,82	6,42	8,23
НІР ₀₅ , т/га	2019	А – 0,13; В – 0,15; С – 0,13; АВ – 0,19; АС – 0,26; ВС – 0,19; АВС – 0,25											
	2020	А – 0,18; В – 0,20; С – 0,18; АВ – 0,25; АС – 0,30; ВС – 0,25; АВС – 0,31											
	2021	А – 0,22; В – 0,23; С – 0,22; АВ – 0,26; АС – 0,33; ВС – 0,26; АВС – 0,32											

Примітка: 1. Контроль; 2. P₆₀K₆₀(фон); 3. N₉₀P₆₀K₆₀; 4. N₁₂₀P₆₀K₆₀; 5. N₁₅₀P₆₀K₆₀; 6. N₁₈₀P₆₀K₆₀; 7. N₂₁₀P₆₀K₆₀

Кукурудза як відомо, є нітрофільною культурою і позитивно відгукується на азотне живлення, тому зростання норм внесення мінерального азоту зумовило подальше зростання її урожайності. Так, на варіантах із внесенням N_{120} на фоні $P_{60}K_{60}$ збір зерна з одиниці площі становив 8,16 – 9,61 т/га залежно від форми азотних добрив.

Приріст урожаю порівняно із неудобреним контролем становив 2,17 – 3,59 т/га або 36,3 – 59,6 %. Як і в попередньому варіанті найбільша урожайність зерна зафіксована на варіанті із використанням в якості азотного добрива безводного аміаку – 9,61 т/га. При цьому зростання урожайності становило 3,59 т або 59,6 %. Найменш ефективним добривом виявилася карбамідно-аміачна суміш із вмістом діючої речовини нітрогену 32 %. Яка забезпечила рівень урожайності 8,16 т/га та приріст порівняно із контролем на рівні 2,17 т або 36,3 %.

Покращення азотного живлення шляхом збільшення норми внесення нітрогену до рівня 150 кг/га сприяло подальшому зростанню урожайності зерна кукурудзи. Так, залежно від форми азотного добрива зернова продуктивність посіву кукурудзи становила 9,99-10,3 т/га на варіанті із використанням безводного аміаку, 9,55-9,85 т/га при використанні карбаміду та 8,90-9,18 т/га на варіанті із застосуванням КАС-32. Слід відмітити, що така ж закономірність відмічена також щодо приростів урожаю порівняно із контрольним варіантом без добрив, оскільки найбільше зростання додатково отриманого урожаю було при внесенні безводного аміаку, а найменше – при застосуванні КАС-32. Так, зокрема, газоподібне азотне добриво, яким є безводний аміак збільшило урожайність зерна на 4,28-4,81 т/га або 71,1-89,2 %, гранульоване азотне добриво карбамід забезпечив приріст урожаю зерна кукурудзи 3,89-4,30 т/га або 65,3-81,2 %, а рідкий КАС-32 – відповідно на 3,19-3,71 т/га або 53,2-70,8 %.

Подальше збільшення норми внесення азоту не забезпечило подальшого зростання урожайності зерна кукурудзи, так як відмічалася зниження зернової продуктивності на всіх варіантах дослідів. Так, 180 кг/га

д.р. азоту забезпечило збір з одиниці площі 8,40-9,91 т зерна досліджуваної культури. Як і в попередніх варіантах найбільш ефективною формою азотних добрив виявився безводний аміак, рівень урожайності при його використанні становив 9,27-9,91 т/га. Приріст урожайності порівняно із контрольним варіантом без удобрення при цьому становив 3,89-4,18 т/га або 64,7-77,6 %. Дещо нижчі показники отримано на варіанті із використанням в якості азотного добрива карбаміду – відповідно 8,97-9,49 т/га, 3,53-3,82 т/га та 59,2-70,7 %. Найменш ефективною формою азотного добрива виявився КАС-32, так як при його використанні збір зерна кукурудзи становив 8,40-8,65 т/га, а приріст порівняно з контролем знаходився на рівні 2,66-3,19 т/га та 44,4-61,2 %.

Подальше збільшення норми внесення нітрогену (210 кг/га) на фосфорно-калійному фоні зумовило зниження урожайності кукурудзи. Так, залежно від форми азотного добрива, вихід зерна становив 7,96 – 9,59 т/га. Найменш ефективною формою азотного добрива виявився, як і в попередніх випадках КАС-32, який забезпечив урожайність зерна 7,96-8,23 т/га, а приріст порівняно із контролем без внесення добрив становив 2,24-3,82 т/га або 37,3-72,1 %. Дещо кращі результати урожайності та її приростів отримано на варіантах із карбамідом – відповідно 8,58-9,03 т/га, 3,07-3,32 т/га та 51,5-62,8 %. Найбільш ефективною формою азотних добрив при зазначених нормах їх внесення виявився безводний аміак. При цьому урожайність зерна кукурудзи становила 8,85-9,59 т/га, приріст урожайності порівняно із контролем становив 3,46-3,82 т/га або 59,2-72,1 %.

Нашими дослідженнями встановлено, що частка впливу досліджуваних факторів на урожай зерна кукурудзи була неоднаковою, (рис. 4.4).

Із досліджуваних факторів величина урожаю зерна кукурудзи найбільше залежала від норми внесення добрив, частка впливу яких становила 52%. Дещо менший вплив відмічений від погодних умов років досліджень – 19% і ще менший – від біологічних особливостей гібриду – 14%. Частка впливу форм мінеральних добрив становила всього 8%.

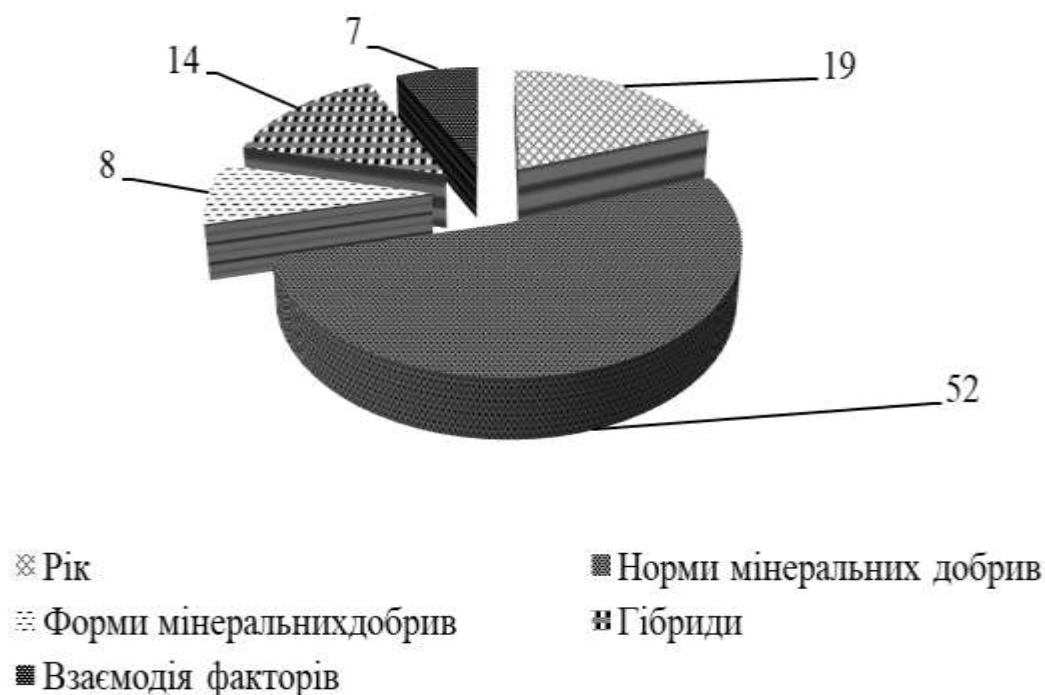


Рис. 4.4. Частка впливу факторів на формування урожаю кукурудзи

Характерною особливістю кукурудзи, на відміну від інших зернових культур, є її висока вологість в період збирання, яка може становити 30% і більше. В той же час, Державним стандартом України ДСТУ-4525:2006 «Кукурудза. Технічні умови», встановлено, що максимальна вологість зерна кукурудзи повинна становити не більше 15% [49].

Різниця між фактичною збиральною та базовою вологістю усувається шляхом висушування кукурудзи. Проте необхідно зазначити, що це енергозатратний процес, який потребує суттєвих затрат енергії. Так, зокрема, у 2023 році вартість сушіння зерна становила 160-200 грн за тоннопроцент, що складає значну частку у собівартості вирощеної продукції та вимагає спрямування технологічних заходів вирощування кукурудзи у напрямку зменшення вологості зерна [113, 145].

Нашими дослідженнями встановлено, що збиральна вологість зерна кукурудзи залежала як від досліджуваних факторів, так і від погодних умов в роки проведення досліджень, (рис. 4.5), (додатки Г.1 – Г.3).

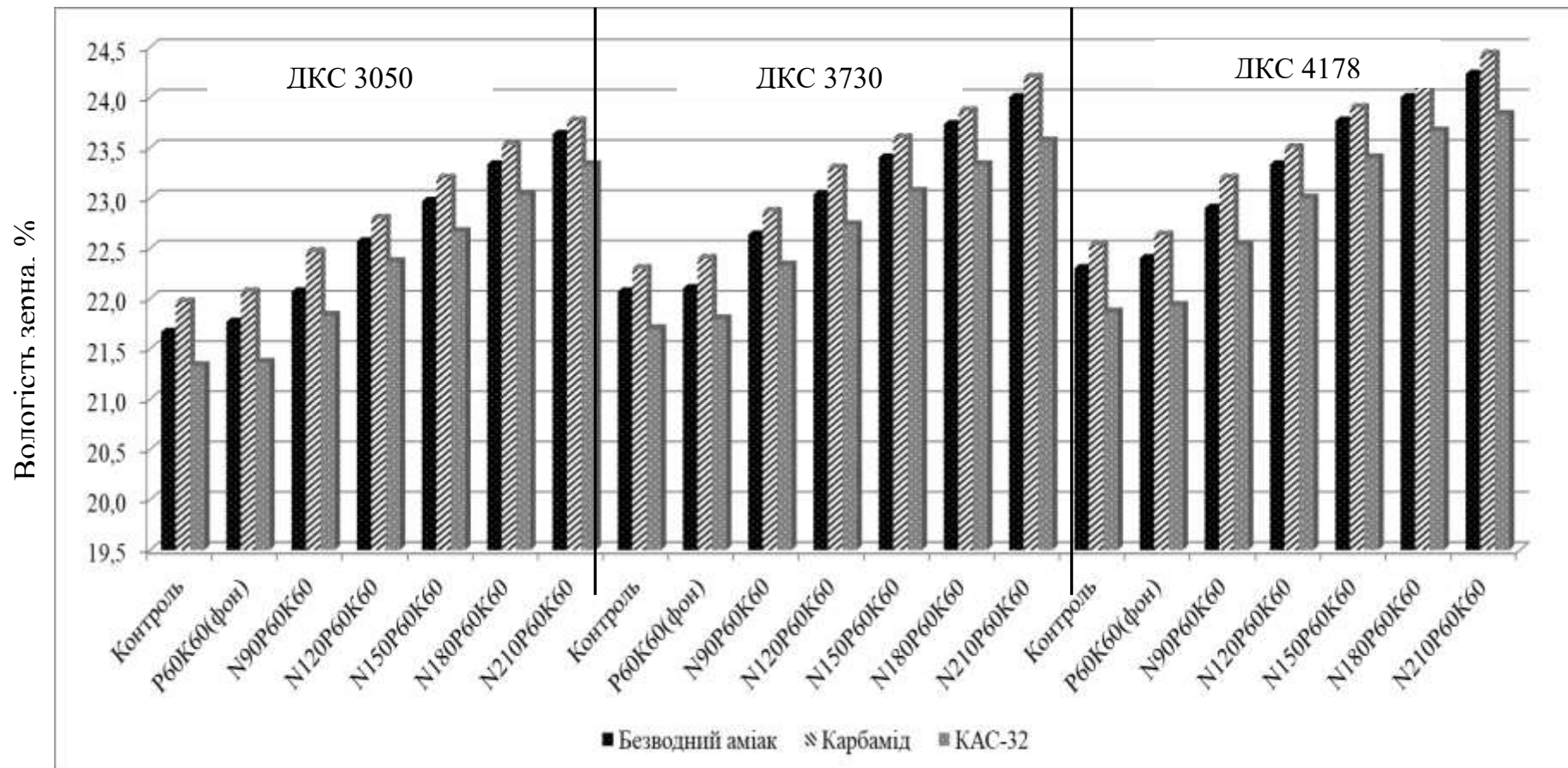


Рис. 4.5. Вологість зерна кукурудзи гібридів різних груп стиглості залежно від удобрення

Характерною особливістю гібридів кукурудзи бренду Dekalb є їх висока вологовіддача, завдяки чому вміст води в зерні був порівняно невисоким і становив 21,3-24,4% залежно від удобрення та біологічних особливостей гібрида. Серед досліджуваних гібридів ДКС 3050, ДКС 3730 та ДКС 4178 найменшою вологстю зерна відзначився ДКС 3050 – 21,3-23,8%. В той же час у двох інших гібридів зазначені показники знаходилися на рівні 21,7-24,2 та 21,9-24,4% залежно від удобрення.

Порівняльна оцінка форм мінерального азоту вказує на зростання вологості зерна в період збирання при внесенні карбаміду, в якому нітроген міститься виключно в амідній і найбільш повільно засвоюваній формі. На зазначених варіантах дослідів вона становила 22,0-24,4%, в той же час при використанні КАС-32 та безводного аміаку зазначені показники становили відповідно 21,3-23,8 та 21,4-24,2%.

Щодо впливу норм внесення мінерального азоту на передзбиральну вологість зерна, то спостерігається закономірність, щодо її зростання із збільшенням кількості внесеного нітрогену. Так, на контролі без добрив передзбиральна вологість зерна була найменшою і становила 21,3-22,5%. Майже такою ж вона була і на варіанті із використанням фосфорно-калійних добрив – 21,4-22,6%. Із збільшенням норми азоту вологість зерна підвищувалася і найбільшою вона була на варіанті із застосуванням 210 кг/га – 23,8-24,4%.

Аналізуючи вологість зерна кукурудзи за роками досліджень, слід зазначити, що найбільший вплив на її величину створювали погодні умови. Так, у 2019 році, який відзначався сухими і теплими осінніми місяцями (вересень, жовтень) вологість зерна була найменшою і становила 19,2-22,%, залежно від варіанту дослідів. В той же час, у 2021 році, який відзначався дощовою та прохолодною погодою у період досягання кукурудзи зазначений показник був найбільшим і становив 23,5-26,2%.

В умовах високої вартості оборотних засобів виробництва, зокрема азотних добрив, важливим є проведення оцінки ефективності їх

використання через такі показники як кількість азоту мінеральних добрив, який витрачається на формування 1 т урожаю та маса зерна, яка може сформуватися посівами на 1 кг внесеного мінерального азоту, (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Ефективність використання азотних добрив

Фактор А - гібриди	Фактор В – норми азотних добрив	Фактор С - форми азотних добрив						Ефективність використання азоту гібридами кукурудзи	
		безводний аміак		Карбамід		КАС-32			
		показники ефективності використання добрив							
		Кількість сформованого зерна кукурудзи на 1 кг мінерального азоту, кг	Кількість витраченого мінерального азоту на 1 т урожаю зерна, кг	Кількість сформованого зерна кукурудзи на 1 кг мінерального азоту, кг	Кількість витраченого мінерального азоту на 1 т урожаю зерна, кг	Кількість сформованого зерна кукурудзи на 1 кг мінерального азоту, кг	Кількість витраченого мінерального азоту на 1 т урожаю зерна, кг	Кількість сформованого зерна кукурудзи на 1 кг мінерального азоту, кг	Кількість витраченого мінерального азоту на 1 т урожаю зерна, кг
ДКС 3050	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	92,7	10,8	87,1	11,5	81,2	12,3	62,7	17,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	76,6	13,1	73,1	13,7	69,4	14,4		
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	66,6	15,0	63,6	15,7	59,3	16,9		
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	51,5	19,4	49,9	20,1	46,6	21,4		
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	43,4	23,0	40,9	24,5	37,9	26,4		
x̄		66,2	16,3	62,9	17,1	58,9	18,3		
ДКС 3730	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	95,0	10,5	88,6	11,3	82,2	12,2	63,6	17,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	79,0	12,7	74,6	13,4	68,2	14,7		
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	68,0	14,7	64,7	15,5	61,0	16,4		
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	53,2	18,8	51,2	19,5	46,7	21,4		
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	42,2	23,7	41,5	24,1	38,3	26,1		
x̄		67,5	16,1	64,1	16,8	59,3	18,2		
ДКС 4178	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	92,9	10,8	94,6	10,6	83,6	12,0	65,0	16,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	80,1	12,5	75,9	13,2	68,0	14,7		
	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	68,7	14,6	65,7	15,2	61,2	16,3		
	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	55,1	18,2	52,7	19,0	48,0	20,8		
	N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	45,7	21,9	43,0	23,3	39,2	25,5		
x̄		68,5	15,6	66,4	16,3	60,0	17,9		

Нашими дослідженнями встановлено, що в середньому на формування 1 т зерна кукурудзи витрачається 15,6-18,3 кг мінерального азоту залежно від

форми та норми його внесення. Характерною особливістю усіх досліджуваних варіантів було те, що спостерігається зростання кількості витраченого азоту на одиницю сформованого урожаю із зростанням норми його внесення. Використовуючи метод кореляційно-регресійного аналізу нами встановлено, що між зазначеними величинами спостерігається тісна пряма кореляційна залежність, (рис. 4.2), оскільки коефіцієнт кореляції становить 0,9623.

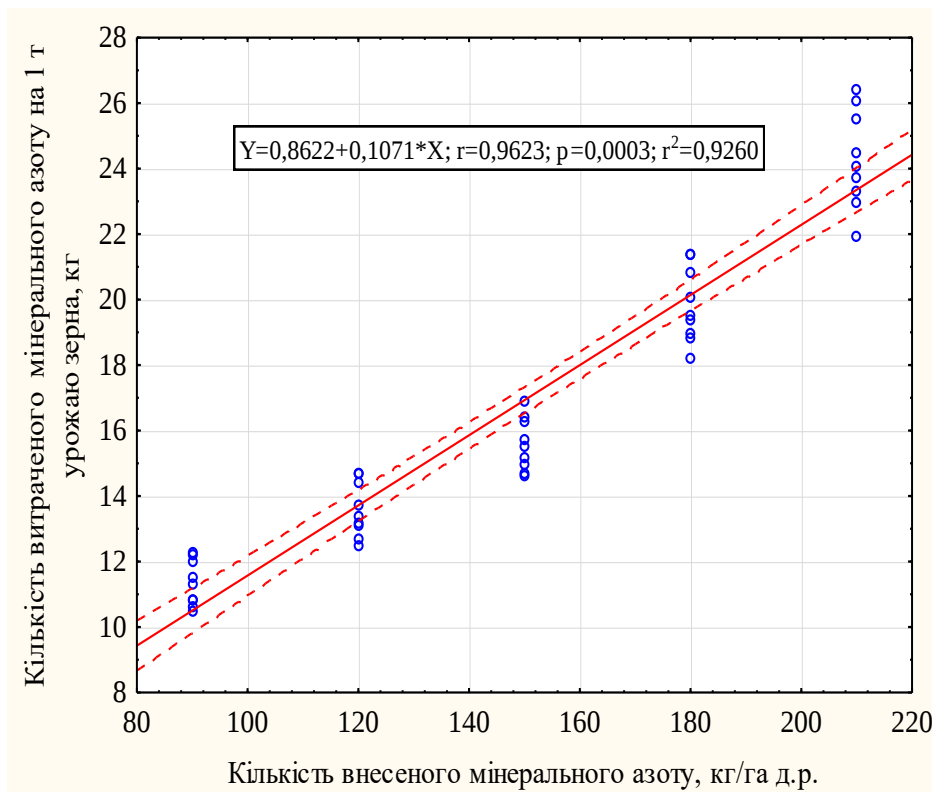


Рис. 4.2. Кореляційні зв'язки та рівняння регресії між нормами внесення та кількістю витраченого мінерального азоту на 1 т урожаю зерна, кг

Рівняння регресії $Y=0,8622+0,1071 \cdot X$ достовірно описує зазначені взаємозв'язки, оскільки ймовірність нульової гіпотези (p) становить 0,0003.

В той же час, кожна внесена одиниця мінерального азоту у формі безводного аміаку забезпечує формування 66,2-68,5 кг зерна кукурудзи, карбаміду – 62,9-66,4 кг та КАС-32 – 58,9-60,0 кг. Слід відмітити, що на усіх досліджуваних варіантах спостерігається зниження кількості сформованого

зерна кукурудзи на одиницю внесених азотних добрив при зростанні норми їх використання

Використовуючи метод кореляційно-регресійного аналізу нами виявлено тісну зворотну кореляційну залежність, (рис. 4.3), оскільки коефіцієнт кореляції становить -0,9738.

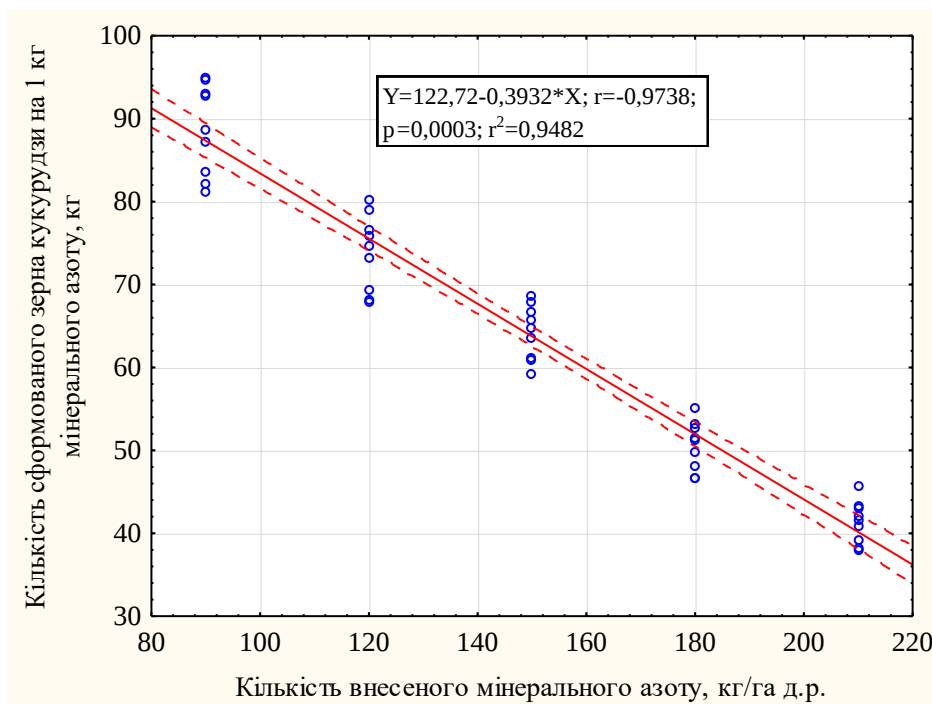


Рис. 4.3. Кореляційні зв'язки та рівняння регресії між нормами внесення та кількістю сформованого зерна кукурудзи на одиницю витраченого мінерального азоту, кг/кг.

Рівняння регресії $Y=122,72-0,3932 \cdot X$ достовірно описує зазначені взаємозв'язки, оскільки ймовірність нульової гіпотези (p) становить 0,0003.

Аналізуючи динаміку урожайності кукурудзи за роками досліджень, слід відмітити, що вона коливалася в досить широкому діапазоні, що було зумовлено погодними умовами вегетаційного періоду та нормою реакції кукурудзи на внесені азотні добрива за різних умов зволоження та температурного режиму. Так, в перший рік проведення досліджень (2019), коли сума опадів за вегетаційний період становила 208 мм, а середньодобова температура повітря $+18,9^{\circ}\text{C}$ (при середніх багаторічних значеннях відповідно 17,4 $^{\circ}\text{C}$ та 304 мм) урожайність зерна кукурудзи становила 5,25-

10,9 т/га залежно від варіанту дослід. Найменшою зерною продуктивністю відзначилися контрольні варіанти – 5,25-6,52 т/га. Внесення фосфорних та калійних добрив позитивно позначилося на урожайності досліджуваної культури, забезпечивши її зростання до рівня 5,52-6,84 т/га. Азотні добрива, залежно від норми та форми їх внесення, найбільше вплинули на зернову продуктивність кукурудзи. При цьому вихід зерна з одиниці площі становив 7,01-10,9 т/га.

Серед досліджуваних форм нітрогену найбільш ефективним виявилось застосування безводного аміаку, що забезпечило урожайність зерна на рівні 8,12-10,9 т/га. Дещо менш ефективним виявилось внесення карбаміду, при якому зернова продуктивність становила 7,29-10,1 т/га. Найменшою ж ефективністю відзначилися варіанти на яких в якості джерела мінерального азоту використовувався КАС-32 – 7,01-9,21 т/га зерна.

Найбільш сприятливі умови для максимальної реалізації генетичного потенціалу досліджуваних гібридів склалися на варіантах із внесенням 150 кг/га д.р. азоту. При цьому вихід зерна з 1 га становив 8,65-10,9 т. Зменшення або збільшення норми використання мінерального нітрогену зменшувало урожайність зерна досліджуваної культури.

На другий рік досліджень, в який сума опадів становила 272 мм, а середньодобова температура вегетаційного періоду знаходилася на рівні 19,4°C, зернова продуктивність досліджуваних гібридів кукурудзи становила 5,78-12,1 т/га залежно від варіанту дослід. Найменшою урожайністю відзначилися контрольні варіанти – 5,78-6,98 т/га. Внесення фосфорних та калійних добрив позитивно позначилося на виході зерна з 1 га, забезпечивши його збільшення до рівня 6,1-7,56 т/га. Азотні добрива, залежно від норми та форми їх внесення, найбільше вплинули на зернову продуктивність кукурудзи, забезпечивши її зростання до рівня 7,96-12,1 т/га.

Серед досліджуваних форм мінерального азоту, як і в попередній рік, найбільш ефективним виявилось застосування безводного аміаку, що забезпечило урожайність зерна на рівні 9,1-12,1 т/га. Дещо менш ефективним

виявилося внесення карбаміду, при якому зернова продуктивність становила 8,88-11,8 т/га. Найменшою ж ефективністю відзначилися варіанти на яких в якості джерела мінерального азоту використовувався КАС-32 – 7,96-11,4 т/га зерна.

Порівняльна оцінка норм внесення нітрогену, засвідчила перевагу 150 кг/га д.р., так як при цьому вихід зерна з 1 га становив 10,2-12,1 т. Зменшення або збільшення норми використання мінерального нітрогену зменшувало урожайність зерна досліджуваної культури.

Погодні умови 2021 року проведення досліджень виявилися найменш сприятливими для росту, розвитку та формування зернової продуктивності досліджуваних гібридів кукурудзи на всіх варіантах удобрення. При цьому сума опадів за вегетаційний період становила 138 мм, а середньодобова температура повітря +20,5°C. При цьому, зернова продуктивність досліджуваних гібридів кукурудзи була найменшою і становила 4,10-8,28 т/га залежно від варіанту досліду. Найменшою урожайністю відзначилися контрольні варіанти – 4,10-4,65 т/га. Статистично підтверджене зростання урожайності відмічено при внесенні фосфорних та калійних добрив. Вихід зерна з 1 га при цьому становив 4,56-5,79 т/га. Азотні добрива, залежно від норми та форми їх внесення, найбільше вплинули на зернову продуктивність кукурудзи, забезпечивши її зростання до рівня 5,98-8,28 т/га.

Серед досліджуваних форм мінерального азоту, як і в попередній рік, найбільш ефективним виявилося застосування безводного аміаку, що забезпечило урожайність зерна на рівні 7,06-8,28 т/га. Дещо менш ефективним виявилося внесення карбаміду, при якому зернова продуктивність становила 6,44-8,1 т/га. Найменшою ж ефективністю відзначилися варіанти на яких в якості джерела мінерального азоту використовувався КАС-32 – 6,30-7,85 т/га зерна.

Порівняльна оцінка норм внесення нітрогену, засвідчила перевагу 150 кг/га д.р., так як при цьому вихід зерна з 1 га становив 6,92-8,28 т.

Зменшення або збільшення норми використання мінерального нітрогену зменшувало урожайність зерна досліджуваної культури.

Використовуючи метод кореляційно-регресійного аналізу, нами побудовано графічну та математичну моделі залежності урожайності кукурудзи від суми опадів та температури повітря за вегетаційний період, (рис. 4.4).

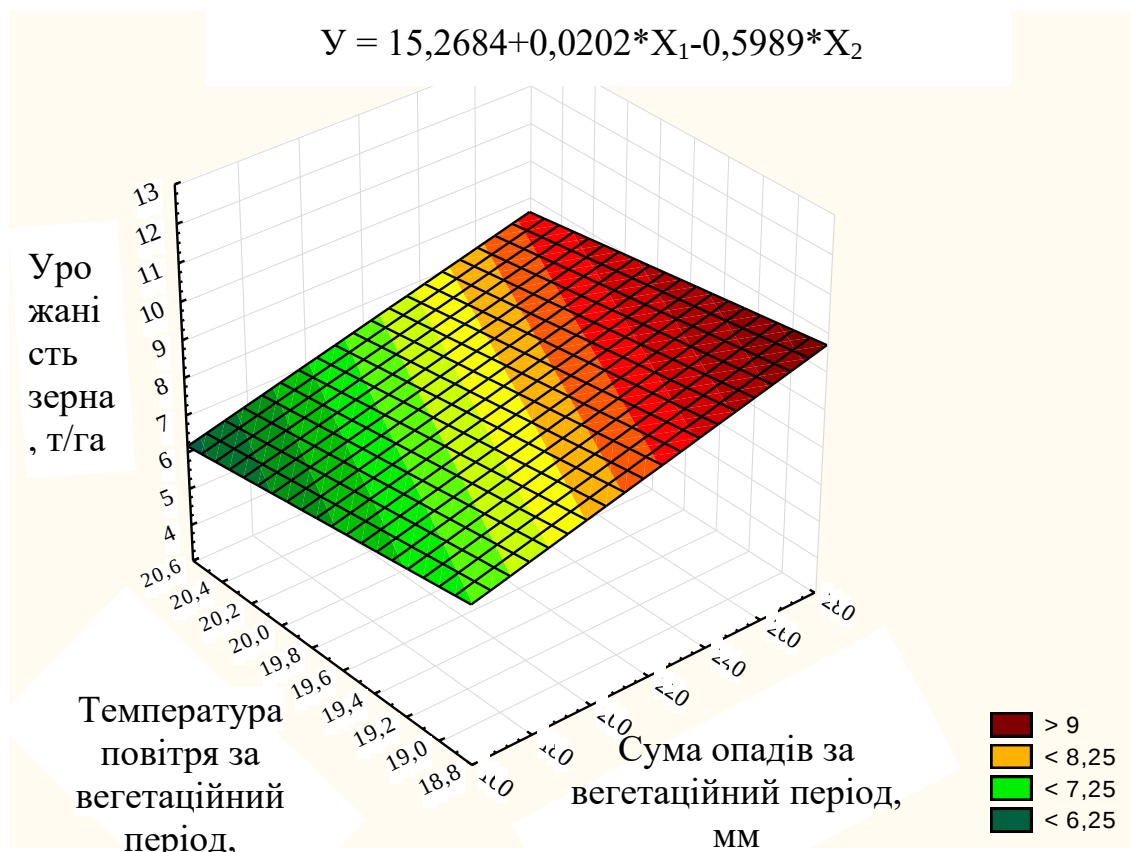


Рис. 4.4. Графічна та математична моделі залежності урожайності зерна кукурудзи від суми опадів та температури повітря за вегетаційний період

Рівняння регресії $Y = 15,2684 + 0,0202 * X_1 - 0,5989 * X_2$, де Y – урожайність зерна кукурудзи, т/га; X_1 – сума опадів за вегетаційний період, мм; X_2 – температура повітря за вегетаційний період, °C, достовірно описує залежність зернової продуктивності кукурудзи від метеорологічних чинників, оскільки ймовірність нульової гіпотези (p) становить 0,0006.

Нашими дослідженнями встановлено, що урожайність зерна кукурудзи залежала від біометричних показників агроценозу. Так, між площею листової поверхні посівів кукурудзи та її урожайністю існує тісна пряма кореляційна залежність, (рис. 4.5).

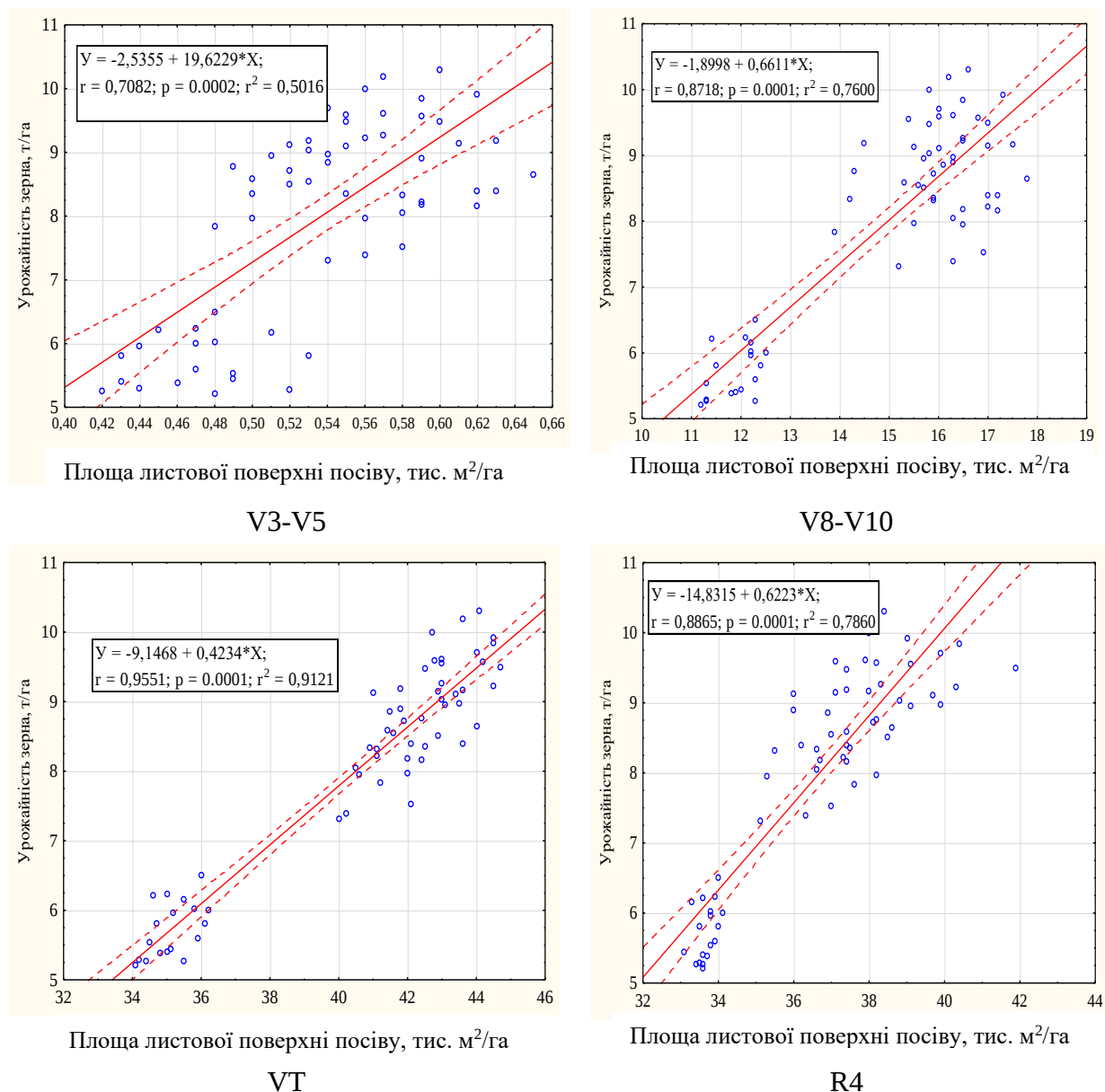
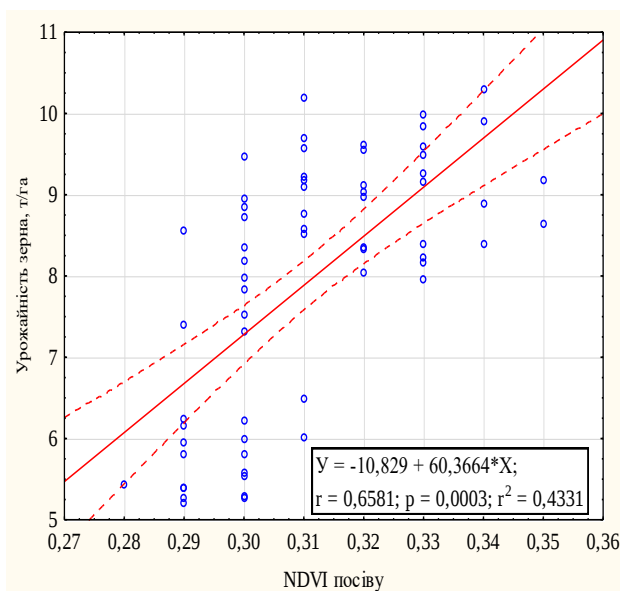


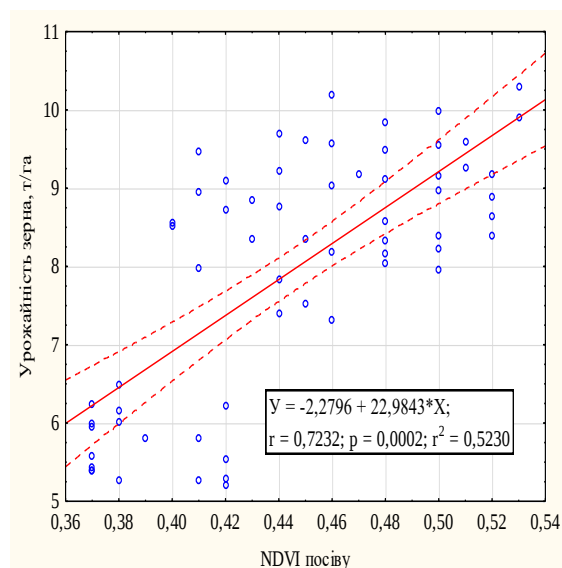
Рис. 4.5. Кореляційні зв'язки та рівняння регресії між площею листової поверхні посівів кукурудзи та її урожайністю

Коефіцієнти кореляції знаходяться на рівні 0,7082-0,9551 залежно від фенологічної фази. Рівняння регресії достовірно описують зазначені залежності, оскільки ймовірність нульової гіпотези (р) менше 0,05.

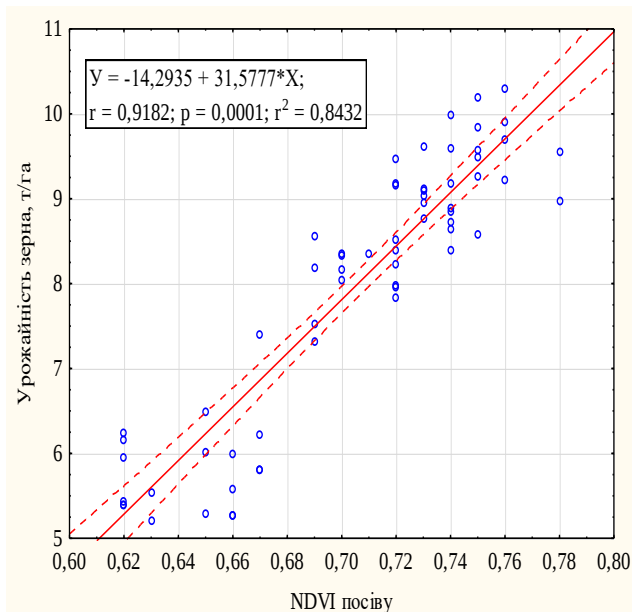
Подібна ситуація спостерігається і між величиною показника NDVI посівів кукурудзи та її урожайністю, (рис. 4.6).



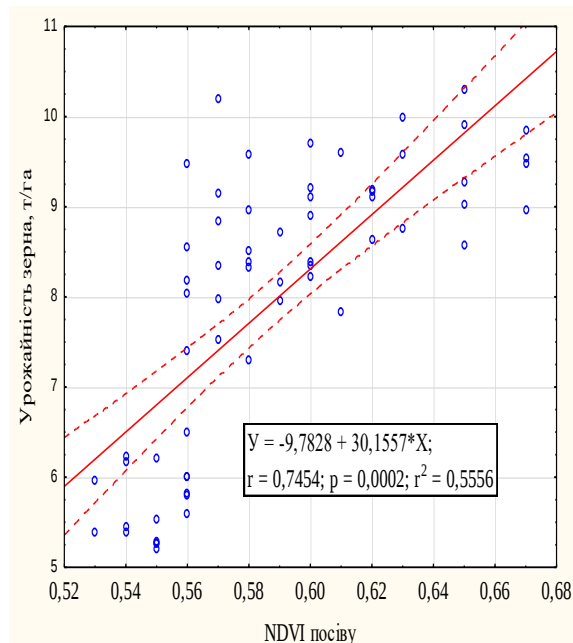
V3-V5



V8-V10



VT



R4

Рис. 4.6. Кореляційні зв'язки та рівняння регресії між величиною показника NDVI посівів кукурудзи та її урожайністю

Коефіцієнти кореляції знаходяться на рівні 0,6581-0,99182 залежно від фенологічної фази. Рівняння регресії достовірно описують зазначені залежності, оскільки ймовірність нульової гіпотези (p) менше 0,05.

Нашими дослідженнями доведено, що для формування високої урожайності зерна кукурудзи важливим є забезпечення азотом протягом

усього вегетаційного періоду, оскільки відмічається тісна пряма кореляційна залежність між вмістом хлорофілу в рослинах виміряного приладом N-тестер та зерновою продуктивністю досліджуваної культури, (рис. 4.7)

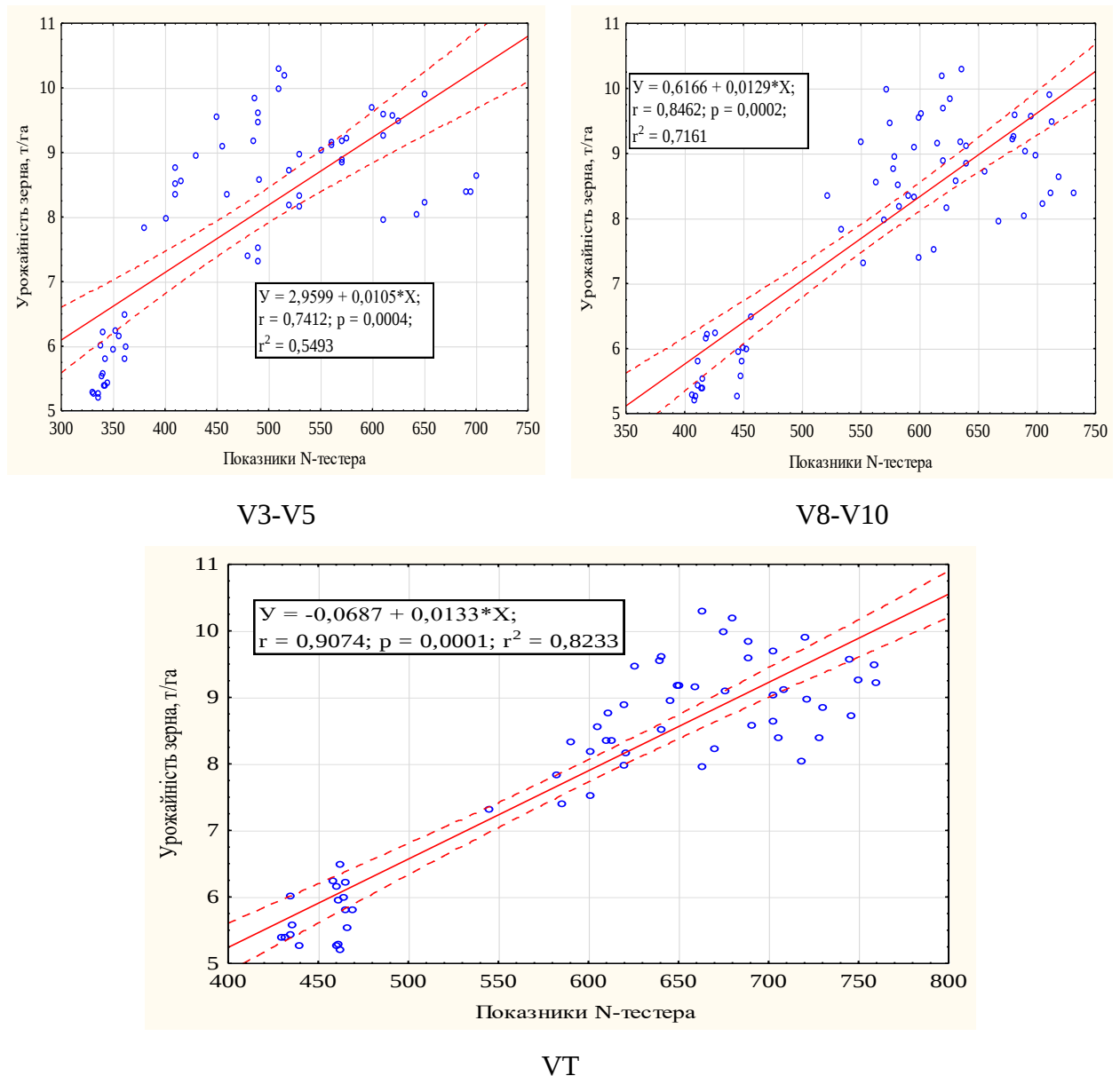


Рис. 4.7. Кореляційні зв'язки та рівняння регресії між величиною показника N-тестер (вміст хлорофілу в листках) та урожайністю кукурудзи

На початкових етапах росту і розвитку кукурудзи (V3-V5) коефіцієнт кореляції між вмістом хлорофілу в листках та урожайністю зерна кукурудзи становив 0,7412, у фазу V8-V10 – 0,8462 і у період викидання волотей – 0,9074. Це вказує на доцільність забезпечення азотом рослин кукурудзи від

фази сходів до початку генеративного періоду та доцільність використання форм нітрогену із пролонгованою дією.

Рівняння регресії достовірно описують зазначені залежності, оскільки ймовірність нульової гіпотези (p) менше 0,05.

Відомо, що продуктивність будь-якої культури формується на основі елементів структури її урожаю. Для агрофітоценозів кукурудзи такими показниками є густота посівів на час збирання, кількість рядів в качані, кількість насінин в ряду та маса 1000 насінин.

Використовуючи метод кореляційно-регресійного аналізу нами встановлено що коефіцієнт множинної кореляції, який характеризує тісноту лінійного зв'язку між залежною та всіма незалежними змінними становить 0,9994.

Рівняння регресії $Y = -21,952 + 0,106 \cdot X_1 + 0,395 \cdot X_2 + 0,275 \cdot X_3 + 0,029 \cdot X_4$, де Y – урожайність зерна кукурудзи, т/га, X_1 – густота посівів на час збирання, тис./га, X_2 – кількість рядів в качані, шт, X_3 – кількість насінин в ряду, шт. та маса 1000 насінин, г, достовірно описує вищезазначену залежність, оскільки всі коефіцієнти значимі на 5% рівні ($p\text{-level} < 0,05$). Це рівняння пояснює 99,8% ($R^2 = 0,998$) варіації залежної змінної.

4.3. Якість зерна кукурудзи залежно від удобрення та гібридного складу.

Враховуючи багатоцільове призначення зерна кукурудзи (годівля тварин, виробництво спирту та біоетанолу, використання у харчовій промисловості) поряд із урожайністю важливе значення приділяється якісним показникам вирощеного урожаю. Ключовими з них є вміст протеїну, крохмалю та жиру, які впливають цільове призначення отриманого врожаю [82, 155, 194]. Якісні показники зерна кукурудзи в свою чергу залежать від багатьох факторів, зокрема біологічних особливостей гібриду, екологічних умов вирощування та удобрення. Так, зокрема при підвищених нормах

внесення азотних добрив збільшується вміст протеїну в зерні кукурудзи, проте спостерігається тенденція до зниження вмісту крохмалю та жиру [20, 158, 210, 211, 218, 228, 231].

Слід зазначити, що хоча державним стандартом ДСТУ-4525:2006 «Кукурудза. Технічні умови» [49] не регламентуються вимоги до якісних показників вирощеного урожаю кукурудзи залежно від цільового призначення, проте, на думку В.Ф. Петриченка та О.В.Томашука, при використанні зерна на кормові цілі важливим є вміст протеїну, в той же час для переробки зерна на біоетанол – вміст крохмалю має становити не менше 65 %, а вміст азотистих речовин має не перевищувати 10 % [155].

Нашими дослідженнями встановлено, що технологічні заходи, які вивчалися в досліді, впливали на хімічний склад зерна кукурудзи, (табл. 4.6).

Так, залежно від варіанту досліду вміст протеїну в зерні кукурудзи становив 8,95-12,2%, крохмалю 50,6-56,3%, жиру 3,20-4,60%. Характерною особливістю формування хімічного складу вирощеної продукції було те, що внесені мінеральні добрива впливали на вміст протеїну та крохмалю в зерні кукурудзи і майже не впливали на вміст жиру.

На контрольному варіанті без добрив азотовмісних сполук містилося 9,95-10,2% у гібриду ДКС 3050; у середньораннього ДКС 3730 – 8,95-9,11% і середньостиглого – 9,95-10,2%. Внесення фосфорних та калійних добрив в незначній мірі сприяло зростанню вмісту протеїну в зерні і його вміст знаходився на рівні 9,11-10,5%.

Найбільший вміст сирого протеїну відмічено на варіантах із використанням мінерального нітрогену – 9,29-12,2% залежно від норми та форми його внесення та досліджуваних гібридів. Порівняльна оцінка норм внесення азоту засвідчила перевагу високих його норм (210 кг/га д.р.), які забезпечили найбільший вміст азотовмісних сполук в зерні 10,5-12,2%.

Серед досліджуваних форм внесення азоту найкращі показники зафіксовано при використанні добрив пролонгованої безводного аміаку та карбаміду – відповідно 10,7-12,2% та 10,5-12,2%.

Хімічний склад зерна кукурудзи залежно від форм і норм внесення азотних добрив, %, (середнє за 2019-2021 рр)

Фактор А - гібриди	Фактор В – норми азотних добрив, (кг/га д.р.)*	Фактор С - форми азотних добрив								
		безводний аміак			карбамід			КАС-32		
		показники								
		протеїн	жир	крохмаль	протеїн	жир	крохмаль	протеїн	жир	крохмаль
ДКС 3050	1	10,2	4,20	52,6	10,1	4,20	52,2	9,95	4,30	52,5
	2	10,5	4,30	55,1	10,5	4,50	55,5	10,1	4,60	55,3
	3	11,0	3,80	53,9	10,9	4,00	54,6	10,2	4,20	55,2
	4	11,3	3,80	53,8	11,2	4,00	54,1	10,2	4,10	55,1
	5	11,8	3,20	53,1	11,9	4,00	53,6	11,3	3,90	54,6
	6	12,0	3,20	52,8	12,2	3,80	53,2	11,5	3,90	54,2
	7	12,1	3,10	52,0	12,2	3,80	52,5	11,5	3,90	53,9
ДКС 3730	1	9,01	3,90	53,5	9,11	4,00	52,8	8,95	4,10	53,4
	2	9,11	4,30	56	9,19	4,30	56,3	9,15	4,50	56,3
	3	10,7	3,80	54,1	10,5	3,90	55,0	9,29	4,20	55,2
	4	11,0	3,80	53,5	10,8	3,80	54,2	9,51	4,00	54,8
	5	11,5	3,80	53,1	11,2	3,80	53,8	9,86	4,00	54,2
	6	11,8	3,40	52,7	11,5	3,60	53,4	10,2	3,80	53,8
	7	11,9	3,40	52,3	11,8	3,60	53	10,5	3,80	53,6
ДКС 4178	1	10,1	4,30	51,9	9,95	4,20	51,6	10,2	4,40	52,1
	2	10,5	4,40	55,2	10,3	4,40	55,1	10,31	4,60	55,4
	3	10,9	4,20	53,8	10,6	4,00	54,5	9,55	4,20	55,0
	4	11,2	4,20	53,5	11,1	4,00	54,1	9,97	4,20	55,1
	5	11,5	3,50	52,7	11,5	3,80	53,5	10,5	4,10	54,8
	6	11,7	3,50	52,2	11,8	3,80	53,1	10,6	4,10	54,0
	7	12,2	3,50	51,8	12,0	3,60	52,8	11,1	4,10	53,7

*Примітка: 1. Контроль; 2. P₆₀K₆₀(фон); 3. N₉₀P₆₀K₆₀; 4. N₁₂₀P₆₀K₆₀; 5. N₁₅₀P₆₀K₆₀; 6. N₁₈₀P₆₀K₆₀; 7. N₂₁₀P₆₀K₆₀

Карбамідно-аміачна суміш (КАС-32), яка містить нітроген у трьох формах виявилася менш ефективною щодо впливу на вміст протеїну в зерні, так як азотовмісних сполук при цьому містилося 9,51-11,1%.

Щодо вмісту крохмалю, то ситуація цілком протилежна – оскільки із зростанням протеїну зменшується його накопичення.

Так, серед варіантів азотного живлення, найвищий вміст крохмалю в зерні відмічено на варіантах із внесенням КАС-32 – 53,6-55,2%, тоді як при застосуванні безводного аміаку та карбаміду зазначені показники знаходилися на рівні відповідно 51,8-54,1% та 52,5-55,0%.

Проте, серед варіантів дослідів, оптимальні умови для накопичення вуглеводів в зерні кукурудзи склалися при фосфорно-калійному живленні, так як їх вміст становив 55,1-56,3%.

Серед досліджуваних гібридів кукурудзи найвищим вмістом крохмалю відзначився середньоранній гібрид ДКС 3730 – 53,4-56,3%, тоді як у ранньостиглого та середньостиглого гібридів ДКС 3050 та ДКС 4178 зазначені показники знаходилися на рівні 52,5-55,5 та 51,8-55,4%.

Щодо вмісту жиру в зерні кукурудзи, то тут не спостерігається чіткої закономірності впливу досліджуваних технологічних заходів вирощування на його вміст. Залежно від варіанту дослідів зазначений показник знаходився на рівні 3,40-4,60% і відмічається лише тенденція щодо його зменшення при зростанні норм внесення мінерального нітрогену. Так, на контролі без добрив зазначений показник знаходився на рівні 3,90-4,40%, при внесенні фосфорних та калійних добрив – 4,30-4,60, а на варіантах азотного живлення – 3,10-4,20% залежно від норми та форми нітрогену. Найменший вміст жиру в зерні кукурудзи відмічено при внесенні максимальних норм азоту (210 кг/га) – 3,10-4,10% залежно від досліджуваного гібриду.

Значна кількість варіантів у досліді і відповідно значна кількість отриманих показників, дає змогу виявити подібні варіанти у досліді за допомогою кластерного аналізу (рис. 4.6).

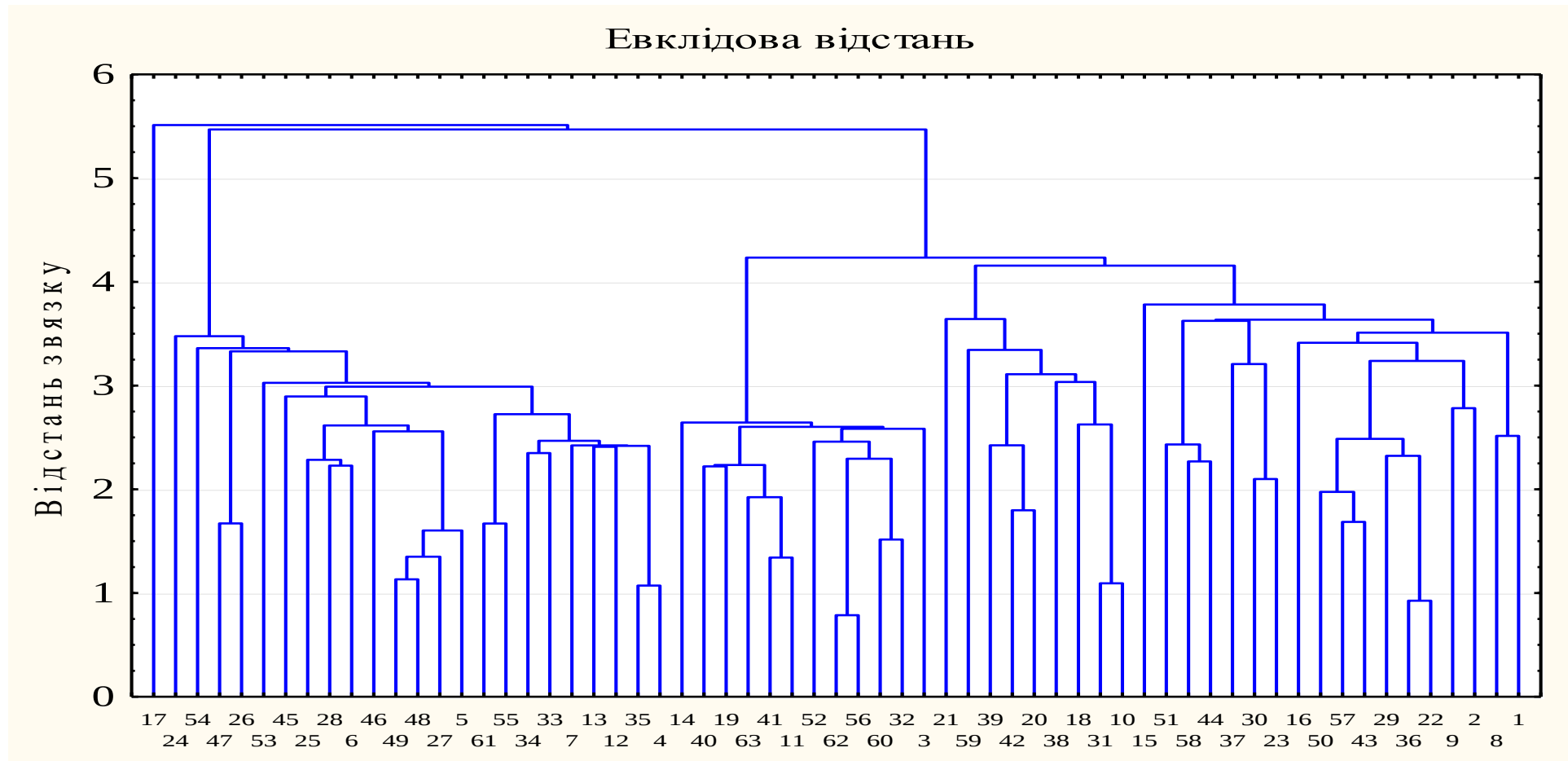


Рис. 4.6. Дендрограма кластерного аналізу досліджуваних технологічних заходів вирощування кукурудзи (2019–2021 рр.)

1–21 ДКС 3050; 22–42 – ДКС 3730; 43–63 – ДКС 4178; 1–7; 22–28; 43–49 – безводний аміак; 8–14; 29–35; 50–56 – карбамід, 15–21; 36–42; 57–63 – КАС-32; 1, 8, 15, 22, 29, 36, 43, 50, 57 – контроль; 2, 9, 16, 23, 30, 37, 44, 51, 58 – фон $P_{60}K_{60}$; 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45, 52, 59 – N_{90} ; 4, 11, 18, 25, 32, 39, 46, 53, 60 – N_{120} ; 5, 12, 19, 26, 33, 40, 47, 54, 61 – N_{150} ; 6, 13, 20, 27, 34, 41, 48, 55, 62 – N_{180} ; 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 – N_{210} .

Для цього використано дані про кількість рядів в качані, кількість зерен в ряду, масу 1000 насінин, урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості, вміст в зерні протеїну, жиру та крохмалю.

Проведеними розрахунками встановлено, що за комплексним оцінюванням досліджуваних варіантів технологічних заходів вирощування кукурудзи найбільш близькими за структурою були контрольні варіанти без внесення добрив у гібриду ДКС 3730. Серед способів удобрення кукурудзи найбільш подібними за комплексом ознак були варіанти 56 та 62 – відповідно гібрид ДКС 4178, на якому вносилися карбамід та КАС-32 в нормі 210 кг/га.

Всі інші способи удобрення кукурудзи були менш подібними між собою.

5. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

5.1. Економічний аналіз технологічних заходів вирощування кукурудзи.

Підсумковим етапом розробки технології вирощування будь-якої сільськогосподарської культури в тому числі і кукурудзи є її економічна оцінка. Вона також служить передумовою для подальшого впровадження у виробництво [9, 11, 78, 79, 96, 148].

На основі розроблених нами технологічних карт на вирощування кукурудзи, були розраховані витрати необхідні для отримання урожаю зерна.

Розрахунки економічної ефективності вирощування досліджуваної культури були проведені на основі цін на засоби виробництва та вирощену продукцію, які склалися в Україні станом на 1 жовтня 2023 року.

Економічна оцінка технологій вирощування кукурудзи здійснювалися на основі таких показників, як урожайність і собівартість зерна та його ринкова ціна, вартість вирощеної продукції, умовно чистий дохід, рівень рентабельності виробництва [167].

Станом на 1.10.2023 року ціна 1 т зерна кукурудзи становила 4000 грн.

Нашими дослідженнями встановлено, що технологічні заходи, які вивчалися в досліді впливали на показники економічної ефективності вирощування кукурудзи [133], (табл. 5.1).

Виробничі витрати на вирощування гібриду кукурудзи ДКС 3050 становили 11200-25546 при використанні безводного аміаку, 11200-30357 грн./га та 11200-30556 грн./га.

Вартість вирощеної продукції, при реалізаційній ціні 1 т зерна 4000 грн. становила 20840-39960 грн. залежно від варіанту досліді.

**Основні показники економічної ефективності вирощування гібриду кукурудзи ДКС 3050,
(середнє за 2019-2021 рр)**

Норми азотних добрив, кг/га д.р.*	Форми азотних добрив														
	безводний аміак					Карбамід					КАС-32				
	Показники														
	Урожайність, т/га	Виробничі затрати, грн/га	Вартість вирощеної продукції	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %	Урожайність, т/га	Виробничі затрати, грн/га	Вартість вирощеної продукції	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %	Урожайність, т/га	Виробничі затрати, грн/га	Вартість вирощеної продукції	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
1	5,30	11200	21200	10000	89,3	5,27	11200	21080	9880	88,2	5,21	11200	20840	9640	86,1
2	6,22	19400	24880	5480	28,2	6,07	19400	24280	4880	25,2	6,10	19400	24400	5000	25,8
3	8,35	22034	33400	11366	51,6	7,84	24096	31360	7264	30,1	7,31	24180	29240	5060	20,9
4	9,19	22912	36760	13848	60,4	8,77	25661	35080	9419	36,7	8,32	25775	33280	7505	29,1
5	9,99	23790	39960	16170	68,0	9,55	27226	38200	10974	40,3	8,90	27369	35600	8231	30,1
6	9,27	24668	37080	12412	50,3	8,97	28791	35880	7089	24,6	8,40	28963	33600	4638	16,0
7	9,12	25546	36480	10934	42,8	8,58	30357	34320	3963	13,1	7,96	30556	31840	1284	4,21

* Примітка: 1. Контроль; 2. P₆₀K₆₀(фон); 3. N₉₀P₆₀K₆₀; 4. N₁₂₀P₆₀K₆₀; 5. N₁₅₀P₆₀K₆₀; 6. N₁₈₀P₆₀K₆₀; 7. N₂₁₀P₆₀K₆₀

Величина умовно-чистого доходу залежала від урожайності кукурудзи та виробничих витрат на її вирощування. Так, при застосуванні КАС-32 зазначений показник був на рівні 1284-9640 грн/га, на варіантах із внесенням карбаміду – 3963-10974 грн/га та 5480-16170 грн/га при використанні безводного аміаку.

Рівень рентабельності вирощування кукурудзи знаходився на рівні 4,21-89,3% залежно від способу удобрення.

Серед досліджуваних форм мінерального нітрогену найвищою рентабельністю вирощування відзначився варіант із внесенням безводного аміаку – 42,8-68,0%. Дещо менш економічно доцільним було застосування карбаміду, оскільки рівень рентабельності виробництва становив 13,1-40,3%. Найменш вигідним для агровиробників було використання КАС-32, при якому рентабельність вирощування знаходилася на рівні 4,21-30,1%.

Порівняльна оцінка способів удобрення кукурудзи вказує на доцільність використання середніх норм мінерального нітрогену – 150 кг/га при всіх формах його внесення. На зазначеному варіанті дослідів рівень рентабельності вирощування досліджуваної культури становив 68% за внесення безводного аміаку, 40,3% за використання карбаміду та 30,1% при застосуванні КАС-32.

Менші норми внесення азоту (90 та 120 кг/га д.р.) так і більші його норми (180 та 210 кг/га виявилися менш ефективними, оскільки рівень рентабельності вирощування досліджуваної культури знаходився на рівні 20,9-51,6% і 29,1-60,4% та 16,0-50,3 та 4,21-42,8% залежно від форми нітрогену.

В цілому ж серед варіантів удобрення ранньостиглого гібриду кукурудзи ДКС 3050 найкращим виявилось внесення 150 кг/га д.р. азоту на фосфорно-калійному фоні ($P_{60}K_{60}$). При цьому рівень рентабельності становив 68,0%, а величина умовно-чистого прибутку 16170 грн/га.

Виробничі витрати на вирощування гібриду кукурудзи ДКС 3730 становили 12700-27046 при використанні безводного аміаку,

12700-31557 грн./га на варіантах із внесенням карбаміду та 12700-31756 грн./га при удобренні кукурудзи КАС-32.

Вартість вирощеної продукції, при діючій реалізаційній ціні 1 т зерна 4000 грн. становила 21560-40800 грн. залежно від варіанту дослідів.

Величина умовно-чистого доходу залежала від урожайності кукурудзи та виробничих витрат на її вирощування. Так, при застосуванні КАС-32 зазначений показник був на рівні 444-9060 грн/га, на варіантах із внесенням карбаміду – 3223-10374 грн/га та 4060-15510 грн/га при використанні безводного аміаку.

Рівень рентабельності вирощування кукурудзи знаходився на рівні 1,42-71,3% залежно від способу удобрення.

Серед досліджуваних форм мінерального нітрогену найвищою рентабельністю вирощування відзначився варіант із внесенням безводного аміаку – 30,9-61,3%. Дещо менш економічно доцільним було застосування карбаміду, оскільки рівень рентабельності виробництва становив 10,5-36,5%. Найменш вигідним для агровиробників було використання КАС-32, при якому рентабельність вирощування знаходилася на рівні 1,42-28,1%.

Порівняльна оцінка способів удобрення кукурудзи вказує на доцільність використання середніх норм мінерального нітрогену – 150 кг/га при всіх формах його внесення. На зазначеному варіанті дослідів рівень рентабельності вирощування досліджуваної культури становив 61,3% за внесення безводного аміаку, 36,5% за використання карбаміду та 28,1% при застосуванні КАС-32.

Менші норми внесення азоту (90 та 120 кг/га д.р.) так і більші його норми (180 та 210 кг/га виявилися менш ефективними, оскільки рівень рентабельності вирощування досліджуваної культури знаходився на рівні 14,1-19,4% і 16,6-45,3% та 11,4-46,3 та 1,42-30,9% залежно від форми нітрогену.

**Основні показники економічної ефективності вирощування гібриду кукурудзи ДКС 3730,
(середнє за 2019-2021 рр)**

Норми азотних добрив, кг/га д.р.*	Форми азотних добрив														
	безводний аміак					Карбамід					КАС-32				
	Показники														
	Урожайність, т/га	Виробничі затрати, грн/га	Вартість виращеної продукції	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %	Урожайність, т/г	Виробничі затрати, грн/га	Вартість виращеної продукції	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %	Урожайність, т/г	Виробничі затрати, грн/га	Вартість виращеної продукції	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
1	5,39	12700	21560	8860	69,8	5,40	12700	21600	8900	70,1	5,44	12700	21760	9060	71,3
2	6,24	20900	24960	4060	19,4	5,96	20900	23840	2940	14,1	6,17	20900	24680	3780	18,1
3	8,55	23534	34200	10666	45,3	7,97	25296	31880	6584	26,0	7,40	25380	29600	4220	16,6
4	9,48	24412	37920	13508	55,3	8,96	26861	35840	8979	33,4	8,18	26975	32720	5745	21,3
5	10,2	25290	40800	15510	61,3	9,7	28426	38800	10374	36,5	9,15	28569	36600	8031	28,1
6	9,57	26168	38280	12112	46,3	9,22	29991	36880	6889	23,0	8,40	30163	33600	3438	11,4
7	8,85	27046	35400	8354	30,9	8,72	31557	34880	3323	10,5	8,05	31756	32200	444	1,42

* Примітка: 1. Контроль; 2. P₆₀K₆₀(фон); 3. N₉₀P₆₀K₆₀; 4. N₁₂₀P₆₀K₆₀; 5. N₁₅₀P₆₀K₆₀; 6. N₁₈₀P₆₀K₆₀; 7. N₂₁₀P₆₀K₆₀

В цілому ж, серед варіантів удобрення середньораннього гібриду кукурудзи ДКС 3730, найвищі показники економічної ефективності виявилось при застосуванні 150 кг/га д.р. азоту на фосфорно-калійному фоні ($P_{60}K_{60}$). При цьому рівень рентабельності становив 61,3%, а величина умовно-чистого прибутку 15510 грн/га.

Виробничі витрати на вирощування гібриду кукурудзи ДКС 4178 становили 12800-27146 при використанні безводного аміаку, 12800-31957 грн./га на варіантах із внесенням карбаміду та 12800-32156 грн./га при удобренні кукурудзи КАС-32. Вартість вирощеної продукції, при діючій реалізаційній ціні 1 т зерна 4000 грн. становила 23840-41200 грн. залежно від варіанту досліджу. Величина умовно-чистого прибутку, як важливий економічний показник, залежала від урожайності кукурудзи та виробничих витрат на її вирощування. Так, при застосуванні КАС-32 зазначений показник був на рівні 764-11160 грн/га, на варіантах із внесенням карбаміду – 4163-11040 грн/га та 5000-15810 грн/га при використанні безводного аміаку. Рівень рентабельності вирощування кукурудзи знаходився на рівні 2,40-62,3% залежно від способу удобрення.

Серед досліджуваних форм мінерального нітрогену найвищою рентабельністю вирощування відзначився варіант із внесенням безводного аміаку – 41,3-62,3%. Дещо менш економічно доцільним було застосування карбаміду, оскільки рівень рентабельності виробництва становив 13,5-36,7%. Найменш вигідним для агровиробників було використання КАС-32, при якому рентабельність вирощування знаходилася на рівні 2,40-26,8%.

Порівняльна оцінка способів удобрення кукурудзи вказує на доцільність використання середніх норм мінерального нітрогену – 150 кг/га при всіх формах його внесення. На зазначеному варіанті досліджу рівень рентабельності вирощування досліджуваної культури становив 62,3% за внесення безводного аміаку, 36,7% за використання карбаміду та 26,8% при застосуванні КАС-32.

**Основні показники економічної ефективності вирощування гібриду кукурудзи ДКС 4178,
(середнє за 2019-2021 рр).**

Норми азотних добрив, кг/га д.р.*	Форми азотних добрив														
	безводний аміак					Карбамід					КАС-32				
	Показники														
	Урожайність, т/г	Виробничі затрати, грн/га	Вартість виращеної продукції	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %	Урожайність, т/г	Виробничі затрати, грн/га	Вартість виращеної продукції	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %	Урожайність, т/г	Виробничі затрати, грн/га	Вартість виращеної продукції	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
1	6,02	12800	24080	11280	88,1	5,96	12800	23840	11040	86,3	5,99	12800	23960	11160	87,2
2	6,50	21000	26000	5000	23,8	6,35	21000	25400	4400	21,0	6,41	21000	25640	4640	22,1
3	8,36	23634	33440	9806	41,5	8,51	25696	34040	8344	32,5	7,53	25780	30120	4340	16,8
4	9,61	24512	38440	13928	56,8	9,10	27261	36400	9139	33,5	8,16	27375	32640	5265	19,2
5	10,3	25390	41200	15810	62,3	9,85	28826	39400	10574	36,7	9,18	28969	36720	7751	26,8
6	9,91	26268	39640	13372	50,9	9,49	30391	37960	7569	24,9	8,65	30563	34600	4038	13,2
7	9,59	27146	38360	11214	41,3	9,03	31957	36120	4163	13,0	8,23	32156	32920	764	2,40

* Примітка: 1. Контроль; 2. P₆₀K₆₀(фон); 3. N₉₀P₆₀K₆₀; 4. N₁₂₀P₆₀K₆₀; 5. N₁₅₀P₆₀K₆₀; 6. N₁₈₀P₆₀K₆₀; 7. N₂₁₀P₆₀K₆₀

Менші норми внесення азоту (90 та 120 кг/га д.р.) так і більші його норми (180 та 210 кг/га виявилися менш ефективними, оскільки рівень рентабельності вирощування досліджуваної культури знаходився на рівні 16,8-41,5% і 19,2-56,8% та 13,2-50,9 та 2,40-41,3,9% залежно від форми нітрогену.

В цілому ж серед варіантів удобрення середньораннього гібриду кукурудзи ДКС 4178 найкраще зарекомендувало себе внесення 150 кг/га д.р. азоту на фосфорно-калійному фоні ($P_{60}K_{60}$). При цьому рівень рентабельності становив 62,3%, а величина умовно-чистого прибутку 15810 грн/га.

5.2. Енергетична оцінка способів удобрення різночаснодосягаючих гібридів кукурудзи

В умовах високої вартості енергоресурсів та пошуку сільськогосподарськими товаровиробниками напрямів здешевлення виробництва, пріоритетним є вирощування сільськогосподарських культур за інтенсивними ресурсо- та енергозберігаючими технологіями, ефективність яких завжди більша, ніж існуючих. Передумовою впровадження нової технології у виробництво є її енергетична оцінка [122].

Алгоритм розрахунків енергетичних затрат передбачає врахування прямих затрат енергії, уречевлених затрат енергії, які були витрачені на виробництво добрив, пестицидів і отрутохімікатів, енергетичні затрати живої праці та енергоємність засобів механізації [27].

Енергетичні затрати на вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості проводилися на основі складених енергетичних карт з врахуванням розмірів щорічного відрахування енергоємності на оброблювану площу та накладних витрат. Вихід валової енергії з урожаєм проводився на натуральну вологу зерна.

Досліджувані елементи технології вирощування кукурудзи забезпечили різну енергетичну ефективність, (табл. 4.4)

**Енергетична ефективність способів удобрення гібридів кукурудзи
різних груп стиглості, (середнє за 2019-2021 рр)**

Фактор А - гібриди	Фактор В – норми азотних добрив*	Фактор С - форми азотних добрив								
		безводний аміак			карбамід			КАС-32		
		Роки								
		Вміст валової енергії в урожаї, ГДж/га	Затрати енергії на отримання урожаю, ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт	Вміст валової енергії в урожаї, ГДж/га	Затрати енергії на отримання урожаю, ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт	Вміст валової енергії в урожаї, ГДж/га	Затрати енергії на отримання урожаю, ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт
ДКС 3050	1	99,1	25,3	3,92	98,5	25,3	3,90	97,4	25,2	3,87
	2	116,3	25,7	4,53	113,5	25,6	4,43	114,1	25,6	4,46
	3	156,1	28,0	5,58	146,6	27,6	5,31	136,7	26,7	5,12
	4	171,9	28,8	5,97	164,0	28,6	5,73	155,6	28,0	5,56
	5	186,8	29,6	6,31	178,6	29,1	6,14	166,4	28,8	5,78
	6	173,3	30,4	5,70	167,7	30,2	5,55	157,1	29,2	5,38
	7	170,5	31,2	5,47	160,4	31,1	5,16	148,9	29,9	4,98
ДКС 3730	1	100,8	25,4	3,97	101,0	25,4	3,98	101,7	25,5	3,99
	2	116,7	25,7	4,54	111,5	25,6	4,35	115,4	25,6	4,51
	3	159,9	28,5	5,61	149,0	27,8	5,36	138,4	27	5,13
	4	177,3	29,1	6,09	167,6	28,9	5,80	153,0	27,9	5,48
	5	190,7	29,5	6,47	181,4	30,0	6,05	171,1	28,9	5,92
	6	179,0	30,2	5,93	172,4	30,5	5,65	157,1	30,2	5,20
	7	165,5	30,8	5,37	163,1	30,8	5,29	150,5	30,5	4,94
ДКС 4178	1	112,6	25,4	4,43	111,5	25,4	4,39	112,0	25,4	4,41
	2	121,6	25,9	4,69	118,7	25,8	4,60	119,9	25,8	4,65
	3	156,3	28,0	5,58	159,1	28,5	5,58	140,8	27,3	5,16
	4	179,7	29,2	6,15	170,2	28,7	5,93	152,6	27,9	5,47
	5	192,6	29,8	6,46	184,2	29,8	6,18	171,7	28,9	5,94
	6	185,3	30,5	6,08	177,5	30,0	5,92	161,8	30,6	5,29
	7	179,3	30,7	5,84	168,9	30,4	5,55	153,9	30,9	4,98

* Примітка: 1. Контроль; 2. P₆₀K₆₀(фон); 3. N₉₀P₆₀K₆₀; 4. N₁₂₀P₆₀K₆₀; 5. N₁₅₀P₆₀K₆₀; 6. N₁₈₀P₆₀K₆₀; 7. N₂₁₀P₆₀K₆₀

Нашими дослідженнями встановлено, що вихід валової енергії з одиниці площі визначався в основному зерною продуктивністю кукурудзи і знаходився на рівні 97,4-192,6 ГДж/га. Найменшим в вмістом енергії в урожаї відзначився контрольний варіант ранньостиглого гібриду ДКС 3050 – 97,4 ГДж/га. В той же час при внесенні 150 кг/га д.р. азоту у формі безводного аміаку на ділянці середньостиглого гібриду ДКС 4178 відмічено найвищий вміст енергії в урожаї кукурудзи – 192,6 ГДж/га.

Енергетичні затрати на вирощування урожаю кукурудзи, як невідємна складова частина енергетичної оцінки становили 25,2-31,2 ГДж/га залежно від варіанту досліду і залежали від багатьох чинників, зокрема норми внесення мінеральних добрив, урожайності досліджуваної культури, вологості зерна і відповідно затрат на досушування.

Найменш енергоємним виявився контрольний варіант ранньостиглого гібриду ДКС 3050, затрати енергії на вирощування якого становили 25,2 ГДж/га. В той же час, варіант досліду, на якому вирощувався той же гібрид, проте вносилося 210 кг/га д.р. нітрогену був найбільш енергоємним, так як затрати енергії на вирощування урожаю становили 31,2 ГДж/га. Слід відмітити, що закономірно спостерігається зростання енергетичних затрат на вирощування кукурудзи із зростанням норм внесення азотних добрив. Це вказує на те, що саме оптимізація азотного живлення є основою енергоощадних технологій.

Основним показником енергетичної ефективності вирощування будь-якої культури, в тому числі і кукурудзи є енергетичний коефіцієнт. Чим більше його значення, тим вища доцільність технології.

Нашими дослідженнями встановлено, що енергетичний коефіцієнт знаходився на рівні 3,87-6,47 залежно від варіанту досліду. Найнижчим він був на контрольних варіантах – 3,87-4,47, що вказує на недоцільність вирощування кукурудзи без застосування добрив.

В той же час, варіант досліду, на якому вирощувався середньоранній гібрид ДКС 3730, вносилося 150 кг/га д.р. азоту у формі безводного аміаку на

фосфорно-калійному фоні, забезпечив найвище значення показника енергетичної ефективності – 6,47. На такому ж рівні (6,46) був варіант досліду аналогічного удобрення із вирощуванням гібриду ДКС 4178.

Як вище так і нижчі норми внесення мінерального азоту спричинили зниження енергетичної ефективності вирощування кукурудзи.

5.3. Конкурентоспроможність технологій вирощування кукурудзи

Характерною особливістю господарювання у ринкових умовах є те, що основна увага акцентується на конкурентоспроможності того чи іншого товару. Аналогічна ситуація спостерігається і у сільському господарстві, зокрема при оцінці перспектив впровадження технологій вирощування [166].

У зв'язку з інноваційними складовими технологічних процесів, які поширилися і на аграрне виробництво, існуючі технології вирощування сільськогосподарських культур, в тому числі і кукурудзи, потребують детального аналізу з метою їх удосконалення та/або заміни в цілому на більш перспективні. Це зумовлено тим, що технологія та її елементи, що не задовільняють вимог споживача, не може конкурувати з більш досконалими [27].

З метою виявлення найбільш адаптованих до складних реалійв сьогодення технологій вирощування сільськогосподарських культур або окремих їх елементів проводиться оцінка їх на конкурентоспроможність. Вона поєднує в собі показники енергетичної та інтегральної (економічної) оцінки. Якщо коефіцієнти оцінювання нової технології більші за 1,0 така технологія є кращою порівняно з базовою, якщо менші 1,0 – то нова технологія гірша від базової, а якщо ж рівний 1,0, то вона рівнозначна базовій. Результатами досліджень встановлено, що досліджувані способи удобрення кукурудзи різних груп стиглості відзначилися неоднаковими коефіцієнти енергетичної оцінки, інтегральної оцінки та конкурентоспроможності, (табл. 4.5).

**Конкурентоспроможність способів удобрення кукурудзи, (середнє за
2019-2021 рр)**

Фактор А - гібриди	Фактор В – норми азотних добрив*	Фактор С - форми азотних добрив								
		безводний аміак			карбамід			КАС-32		
		Показники								
		Коефіцієнт енергетичної оцінки	Коефіцієнт інтегральної оцінки	Комплексний коефіцієнт конкурентоспроможності	Коефіцієнт енергетичної оцінки	Коефіцієнт інтегральної оцінки	Комплексний коефіцієнт конкурентоспроможності	Коефіцієнт енергетичної оцінки	Коефіцієнт інтегральної оцінки	Комплексний коефіцієнт конкурентоспроможності
ДКС 3050	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	2	1,07	0,68	0,87	1,06	0,66	0,86	1,07	0,68	0,87
	3	1,16	0,80	0,98	1,14	0,69	0,92	1,13	0,65	0,89
	4	1,20	0,85	1,02	1,18	0,73	0,95	1,17	0,69	0,93
	5	1,23	0,89	1,06	1,22	0,75	0,98	1,18	0,70	0,94
	6	1,14	0,79	0,97	1,13	0,66	0,90	1,13	0,62	0,88
	7	1,10	0,75	0,93	1,07	0,60	0,83	1,06	0,56	0,81
ДКС 3730	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	2	1,07	0,70	0,88	1,04	0,67	0,86	1,06	0,69	0,88
	3	1,15	0,86	1,00	1,13	0,74	0,94	1,12	0,68	0,90
	4	1,20	0,91	1,06	1,17	0,78	0,98	1,14	0,71	0,93
	5	1,25	0,95	1,10	1,18	0,80	0,99	1,18	0,75	0,97
	6	1,17	0,86	1,01	1,13	0,72	0,92	1,07	0,65	0,86
	7	1,09	0,77	0,93	1,08	0,65	0,86	1,04	0,59	0,81
ДКС 4178	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	2	1,02	0,66	0,84	1,02	0,65	0,83	1,02	0,65	0,84
	3	1,08	0,75	0,92	1,08	0,71	0,90	1,05	0,62	0,84
	4	1,13	0,83	0,98	1,12	0,72	0,92	1,08	0,64	0,86
	5	1,16	0,86	1,01	1,13	0,73	0,93	1,11	0,68	0,90
	6	1,10	0,80	0,95	1,10	0,67	0,88	1,01	0,60	0,81
	7	1,07	0,75	0,91	1,05	0,61	0,83	0,98	0,55	0,76

* Примітка: 1. Контроль; 2. P₆₀K₆₀(фон); 3. N₉₀P₆₀K₆₀; 4. N₁₂₀P₆₀K₆₀; 5. N₁₅₀P₆₀K₆₀; 6. N₁₈₀P₆₀K₆₀; 7. N₂₁₀P₆₀K₆₀

Так, серед варіантів досліду, коефіцієнт енергетичної оцінки знаходився на рівні 0,98-1,25 залежно від способу удобрення. Найвищим (1,25) він був на варіанті де середньоранній гібрид ДКС 3730 удобрювався азотом в нормі 150 кг/га д.р. у формі безводного аміаку.

За коефіцієнтом інтегральної оцінки всі варіанти досліду поступалися контрольному без внесення добрив, оскільки вони були меншими за 1,00.

Комплексний коефіцієнт конкурентоспроможності дозволяє всебічно оцінити технологію вирощування досліджуваної культури. Встановлено, що найвищим він був на варіанті де середньоранній гібрид ДКС 3730 удобрювався азотом в нормі 150 кг/га д.р. у формі безводного аміаку на фосфорно-калійному фоні – 1,10. Це вказує на перевагу зазначеного способу удобрення кукурудзи над контрольним варіантом за сукупністю показників енергетичної та економічної оцінки. Подібні результати отримано і при аналогічному удобренні у гібриду ДКС 3050 та ДКС 4178 – відповідно 1,06 та 1,01.

Варіанти із внесенням карбаміду та КАС-32 за сукупністю показників економічної та енергетичної оцінки виявилися менш ефективними порівняно із безводним аміаком.

Таким чином, серед досліджуваних способів удобрення кукурудзи найоптимальнішим є внесення 150 кг/га д.р. азоту у формі безводного аміаку на фосфорно-калійному фоні в гібридів різних груп стиглості.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичний аналіз і узагальнення наукових розробок та результатів польових досліджень, на підставі яких запропоновано нове вирішення наукової задачі, яка полягає у встановленні закономірностей росту і розвитку та формування зернової продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від способів удобрення в умовах північно-східного Лісостепу України.

1. Встановлено, що тривалість вегетаційного періоду досліджуваних гібридів кукурудзи залежала від їх біологічних особливостей та способів удобрення. У ранньостиглого гібриду ДКС 3050 від появи сходів до настання фізіологічної стиглості пройшло 89-108 днів; середньораннього ДКС 3730 – 95-112 днів і середньостиглого ДКС 4178- 99-115 днів. Внесення азотних добрив подовжувало вегетацію рослин кукурудзи на 10-17 днів залежно від норми та форми внесення.

2. Виявлено вплив форм мінерального азоту на формування посівів кукурудзи. Найвищі показники густоти рослин на час збирання зафіксовано при внесенні безводного аміаку 71,5-72,6 тис/га у гібриду ДКС 3050; 71,4-72,8 тис/га у гібриду ДКС 3730 та 71,8-73,2 у середньостиглого гібриду ДКС 4178. Варіанти із використанням карбаміду та КАС-32 поступалися безводному аміаку за вказаним показником.

3. Досліджено особливості лінійного росту рослин кукурудзи під впливом норм і норм мінерального азоту. На початкових етапах вегетації VE-V5 значного впливу удобрення на ріст рослин не спостерігається. У фазі V8 відмічено збільшення лінійних розмірів кукурудзи, при цьому на варіантах із внесенням КАС-32 та безводного аміаку висота рослин становила відповідно 76,0-87,5 та 75,3-87,1 см, тоді як при застосуванні карбаміду – 72,6-86,6 см. У фазу викидання волотей VT найбільша висота рослин відмічена при застосуванні карбаміду 240,3-263,3 см, дещо меншою вона була на варіантах

із внесенням безводного аміаку – 242,6-259,9 см і найменшою із КАС-32 – 239,5-249,3 см.

4. Встановлено тісну пряму кореляційну залежність між висотою рослин та нормою внесення мінерального азоту. Коефіцієнт кореляції становить 0,8960-0,9985.

5. Виявлено вплив способів удобрення кукурудзи на формування фотосинтетично-активного листового апарату. Максимальна площа листків у посівах кукурудзи відмічена у фазу викидання волотей (VT) і становила 40,9-45,0 тис. м²/га при внесенні безводного аміаку, 41,2-45,8 тис. м²/га на варіантах із застосуванням карбаміду та 40,0-44,8 тис. м²/га при використанні КАС-32.

6. Продемонстровано залежність показника NDVI посівів кукурудзи гібридів різних груп стиглості від способів удобрення. Найбільші значення вегетаційного індексу зафіксовано у період викидання волотей (VT) – 0,62-0,78.

7. Зафіксовано, що максимум хлорофілу в рослинах за даними приладу N-Tester VT відмічається у фазу викидання волотей (VT) – 430-760. Варіанти із внесенням форм азоту пролонгованої дії (безводний аміак та карбамід) відзначаються кращою інтенсивністю зеленого забарвлення (вищим вмістом хлорофілу), порівняно із КАС-32.

8. Встановлено, що в гібридів кукурудзи різних груп стиглості кількість рядів в качані та кількість зерен в ряду не залежить від норм і форм внесення мінерального азоту, а визначається азотним живленням в цілому. Проте, формування маси 1000 насінин залежить від особливостей використаного нітрогену – найвищі показники були при внесенні 150 кг/га д.р. – 291-318 г. Серед форм мінерального азоту перевага була у безводного аміаку – 293-318 г залежно від норми внесення.

9. Продемонстровано вплив способів удобрення кукурудзи на формування зернової продуктивності посівів. Найвищою урожайністю за

роки досліджень відзначилися варіанти із внесенням 150 кг/га д.р. азоту – 8,90-10,3 т/га залежно від форми нітрогену та досліджуваного гбриду.

10. Встановлено, що вміст протеїну в зерні кукурудзи визначався азотним живленням – із збільшенням норми внесенного азоту спостерігалось його зростання. Найвищі показники були на варіантах із використанням безводного аміаку (10,7-12,2%) та карбаміду (10,5-12,2%), тоді як на варіантах із КАС-32 його вміст становив 9,29-11,5%.

11. Виявлено кращі варіанти дослідів за показниками економічної ефективності. Найвищі показники рівня рентабельності 26,8-68,0% відмічено при використанні середніх норм мінерального азоту (150 кг/га). Серед досліджуваних форм нітрогену кращим виявився безводний аміак, рівень рентабельності якого становив 61,3-68,0%.

12. Кращі показники енергетичної ефективності способів удобрення кукурудзи зафіксовано на варіантах дослідів із використанням безводного аміаку 5,58-6,47, а серед досліджуваних норм внесення мінерального азоту – при 150 кг/га д.р. – 5,92-6,47 залежно від форми нітрогену.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. В умовах природного зволоження північно-східного Лісостепу, для отримання 9,99-10,3 т/га конкурентоздатного зерна кукурудзи, вносити азотні добрива в нормі 150 кг/га д.р. на фосфорно-калійному фоні $P_{60}K_{60}$ у формі безводного аміаку

2. Для нівелювання ризиків зумовлених погодними чинниками та ефективнішого використання сільськогосподарської техніки, агроформуванням різних форм власності висівати гібриди кукурудзи різних груп стиглості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аверчев О.В., Іванів М.О., Лавриненко Ю.О. Індекси врожайності та ефективної продуктивності у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різних способів поливу та вологозабезпеченості в посушливому степу України. Таврійський науковий вісник. 2020. № 114. С. 3–12. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.1> (дата звернення: 05.09.2023).]
2. Авраменко Р.А., Кірсанова Г.В.. Визначення біологічного врожаю основних сільськогосподарських культур: Навчальний посібник /Дніпропетр. держ. агр. ун-т. Дніпропетровськ, 2004. 84с.
3. Азотні добрива: як і коли вносити в технології Ноу-тілл. URL: <http://blog.agromir-notill.com/ua/azotni-dobryva-yak-i-koli-vnositi-v-texnologii-nou-till/>. (Дата звернення: 13.07.2023).
4. Амідні добрива. Велика Українська Енциклопедія. https://vue.gov.ua/%D0%90%D0%BC%D1%96%D0%B4%D0%BD%D1%96_%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%B0
5. Андрієнко А., Дергачов Д., Кузьмич В., Токар Б. Гібриди кукурудзи – такі схожі, такі різні. Агроном. 2015. №1(47), лютий. С. 130–138.
6. Андрущенко В. Визначення фази розвитку кукурудзи https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Ukraine_Intl/agronomy/staging-corn-growth.pdf (Дата звернення 3.09.2023).
7. Анішин Л.П. Особливості кукурудзи. Агроперспектива. 2007. №5. С. 16–18.
8. Артım М. Кукурудза: цікаві факти про одну з найдавніших культур. URL: <https://agroelita.info/kukurudza-tsikavi-fakty-pro-odnu-z-najdavnishyh-kultur/> (Дата звернення 25.09.2023).
9. Асанішвілі Н.М. Оптимізація мінерального живлення гібридів кукурудзи на основі рослинної діагностики. Рослинництво та ґрунтознавство. Том 11. № 3. 2020.С. 22- 32

10. Асанішвілі Н. М., Юла В. М., Шляхтурова С. П. Формування елементів структури врожаю кукурудзи під впливом технології вирощування в Лісостепу. Збірник наукових праць УНУС. Вип. 96 (1). 2020. С. 663-676
11. Асанішвілі Н.М. Ефективність елементів технології вирощування кукурудзи в умовах північної частини Лісостепу. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України. Вип. 3-4. 2013. С. 68–74.
12. Бикін А.В., Тарасенко О.В. Вплив удобрення на урожайність кукурудзи на зерно за прямої сівби. Наукові доповіді НУБіП. URL: https://nd.nubip.edu.ua/2014_3/19.pdf. (Дата звернення: 03.07.2023)
13. Білера Н. «Сіль» у добривах. Коли варто контролювати. <https://www.agronom.com.ua/sil-u-dobryvah-koly-varto-kontrolyuvaty>
14. Бойко П., Коваленко Н. Традиційно й по «нулю». Farmer (the Ukrainian). 2017. №3(87), березень. С. 14–16.
15. Болтик Н., Чернищенко О., Наумов Є. Вплив удобрення на зміну показника NDVI посівів кукурудзи в умовах Північного Сходу України. Матеріали XV Міжнародної наукової конференції «Корми і кормовий білок» (19-20 вересня 2023 року). С. 65-68.
16. Бомба М. Я., Бомба М. І. Використаємо кукурудзу сповна. Пропозиція. 2001. № 3. С. 40–43.
17. Бомба М., Дудар І., Литвин О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від площі живлення. Вісник Львівського нац. аграр. ун-ту. Серія «Агрономія». 2013. № 17 (2). С. 64–67.
18. Ващенко І. В. Теоретичні засади та сучасний стан розвитку ринку кукурудзи. Економіка АПК. 2017. № 2. С. 88–92.
19. Вісім ключових стадій розвитку кукурудзи. URL: <https://www.masseeds.ua/nashi-publikatsiyi/visim-klyuchovykh-stadiy-rozvytku-kukurudzy>
20. Вожегова Р.А., Дробіт, О.С., Шебанін В. С. Дробітько А.В. Вплив агротехнічних прийомів на продуктивність та якісні показники зерна

кукурудзи. Науково практичні основи формування інноваційних агротехнологій – новітні підходи молодих вчених : зб. матер. міжнар. наук.-практ. online конф. молодих вчених, м. Херсон : ІЗЗ НААН, 2020. 48–49 с.

21. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю., Пілрська О.О., Забара П.П., Сахацький Г.І. Морфологічні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від елементів технології за умов зрошення. Аграрні інновації. Вип. 8. 2021. С. 99-99.

22. Волощук О. П., Стасів О. Ф., Глива В. В., Герешко Г. С., Пащак М. О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від різних норм внесення мінеральних добрив у західному Лісостепу України. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2020. Вип. 68 (І). С. 51–66.

23. Всі фази розвитку кукурудзи. URL: <https://superagronom.com/multimedia/photo/47-vsi-fzi-rozvitku-kukurudzi> (Дата звернення 3.09.2023).

24. Гавій В.М., Кучменко О.Б., Терещенко О.О. Вплив препарату Поліміксобактерин та імунопротектора BAI-SI на вміст фотосинтетичних пігментів і урожайність кукурудзи. Збірник наукових праць УНУС. Вип. 95(1). С.65-75

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

26. Гангур В. В. Вплив мінеральних та органічних добрив на урожайність кукурудзи на зерно. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2002. № 1. С. 21–22.

27. Гарькавий А. Д., Петриченко В. Ф., Спірін А. В. Конкурентоспроможність технологій і машин. Вінниця: ВДАУ «Тирас», 2006. 73 с.

28. Генін В. Індекс NDVI: як він робить життя агронома простішим. URL: <https://www.agronom.com.ua/indeks-ndvi-yak-vin-robyt-zhyttya-agronoma-prostishym/>

29. Гень С. П. Урожайність зерна кукурудзи залежно від систем удобрення і обробітку ґрунту. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2011. № 1. С. 117–124.

30. Говенько Р. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи. Збірник наукових праць “Агробіологія”. 2022. №2 (174). С. 112–121.

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

32. Говенько Р. В., Каленська С. М., Антал Т. В. Застосування різних видів рідких азотних добрив на посівах кукурудзи в умовах ФГ «Богатирівське». Органічне агровиробництво: освіта і наука: Всеукраїнська науково-практична конференція, м Київ, 31 жовтня 2019 року: тези доповіді. Київ, 2019. С. 6–9.

33. Городній М.М. Агрохімія: Підручник. К.: Арістей. 2008. 933 с.

34. Городній М.М. Присташ І.В., Скрипка О.С., Овчинка В.В. Оптимізація живлення та удобрення кукурудзи на зерно. Науковий вісник національного аграрного університету. Київ, 2005. №84. С. 207–212.

35. Господаренко Г.М. Агрохімія: підручник. К.: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2015. 476с.

36. Господаренко Г.М. Удобрення кукурудзи. Агробізнес сьогодні. 2010. №10(185), травень. С. 18–19.

37. Господаренко Г.М., Любич В.В., Леонова К.П., Стоцький В.В. Вплив вапнування чорнозему опідзоленого та удобрення на врожайність кукурудзи. Аграрні інновації. №13. 2022. ВД Гельветика. С. 35–40.

38. 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.

39. Грицаєнко З.М. та ін. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 425 с
40. Грищенко В. Критерії підбору гібридів кукурудзи. URL: <https://www.eridon.ua/kriteriyi-pidboru-gibridiv-kukurudzi>. (Дата звернення 18.06.2023).
41. ГСТУ 46.045.2003 Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості. Чинний від 01.01.2004. Вид. Офіц. Держспоживстандарт України. 2004. 23 с.
42. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні. URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-do-vykorystannya-v-ukrayini/>. (Дата звернення: 15.09. 2019.
43. Державний реєстр сортів рослин придатних до поширення в Україні. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin> (Дата звернення 01.10.2023.
44. Джура Ю., Марченко О. Посухостійкість та регіональне позиціонування гібридів кукурудзи URL: <http://www.dekalb.ua/posuhostijkist-taregional-ne-pozicionuvanna-gibridiv-kukurudzi>.
45. Димов О.М. Вплив системи удобрення на врожай і якість кукурудзи в умовах зрошення півдня України. Зрошуване землеробство. 1993. №38. С. 23–25.
46. ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. Чинний від 01.07.2005. Вид. Офіц. Держспоживстандарт України. 2005. 9 с.
47. ДСТУ ISO 520:2015 Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен (ISO 520:2010, IDT) Чинний від 01.01.2016. Вид. Офіц. Держспоживстандарт України. 2015. 10 с.
48. ДСТУ ISO 7302:2003 Зерно і зернові продукти. Визначення загального вмісту жиру. Чинний від 01.07.2005. Вид. Офіц. Держспоживстандарт України. 2005. 9 с.

49. ДСТУ-4525:2006 «Кукурудза. Технічні умови» Чинний від 01.04.2007. Вид. Офіц. Держспоживстандарт України. 2007. 33 с.
50. Дубровін В.О., Гжибек А. та Любарський В.М. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад. Науково-методичні рекомендації щодо впровадження передового досвіду аграрних підприємств Польщі, Литви та України зі створення новітніх об'єктів біоенергетики, ефективного виробництва і використання біопалив. Київ, 2009. 117 с.
51. Дубровін В.О., Корченський М.О., Масло І.П. та ін. Біопалива. К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. 256 с.
52. Дудка М., Черчель В. Позакореневе підживлення: необхідність чи альтернатива? Пропозиція (інформаційний щомісячник). 2014. №6. С. 64–69.
53. Дудка М.І., Якунін О.П., Пустовий С.І. Вплив позакореневого підживлення на формування зернової продуктивності кукурудзи за вирощування її після соняшнику.. Таврійський науковий вісник № 115. 2020. С. 42–48.
54. Дудка Т.В. Доцільність отримання біоетанолу із зерна кукурудзи. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2012. №1. С. 44–47.
55. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с;
56. Євтушенко В. Як обрати гібрид кукурудзи. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/702-yak-obrati-gibrid-kukurudzi>. (Дата звернення 5.07.2023).
57. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Дія. 2005. 288 с.
58. Живлення культур URL: <https://www.yara.ua/contentassets/8a10f4595ada415ea79281515423e823/catalog-2023.pdf>. (Дата звернення: 13.09.2023)
59. Заболотна А.В., Заболотний О.І., Розборська Р.В., Жиляк І.Д., Даценко А.А. Вміст пігментів і чиста продуктивність фотосинтезу кукурудзи

за використання регуляторів росту рослин. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія», випуск 4 (46), 2021. С. 9-15.

60. Заїка С. П. Скоростигла кукурудза (селекція, особливості насінництва та інтенсивної технології). Київ: Урожай, 1987. 200 с

61. Заставний Ф.Д. Економічні райони України. Реалії та перспективи. Львів: Апріорі, 2010. 222 с

62. Зінченко О. І. Кормовиробництво: Навчальне видання. 2-е вид., доп. і перероб. К.: Вища освіта, 2005. 448 с.: іл..

63. Зінченко О. І., Салатенко В. Н. Рослинництво Білоножко М. А. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.

64. Зовнішня торгівля. Державна служба статистики України. URL.: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/zd/e_iovt/arh_iovt2022.htm. (Дата звернення: 10.05.2023)

65. Зубрейчук М.С., Газінська Т.В., Ткаченко І.С. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від гідротермічних умов вегетації. Насінництво. 2012. №3. С. 7-12.

66. Іванишин О.С. Площа асиміляційної поверхні листків та урожайність гібридів кукурудзи залежно від удобрення в умовах Лісостепу Західного. Таврійський науковий вісник № 112. 2020. С. 77-82.

67. Іващенко О.О. Перспективи вирощування кукурудзи і сорго. Хімія. Агрономія. Сервіс. 2011. № 12. С. 38-41.

68. Кабанець В. М., Собко М. Г. та ін Особливості вирощування кукурудзи на зерно в північно-східному Лісостепу. Сад: Інститут сільського господарства Північного Сходу, 2023. 44 с

69. Каленська С. М., Говенько Р. В. Особливості формування рослин кукурудзи залежно від удобрення, гібриду та метеорологічних чинників. Рослинництво ХХІ століття: виклики та інновації. До 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБіП України: III Міжнародна науково-практична

конференція, м. Київ, 25–26 вересня 2019 року: тези доповіді. Київ, 2019. С. 84–85.

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

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

72. 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

73. Каленська С.М., Мокрієнко В.А., Дмитришак М.Я., Гарбар Л.А., Антал Т.В., Гончар Л.М. Методичні вказівки до виконання розрахунків дисципліни Прогнозування і програмування врожаїв сільськогосподарських культур для студентів спеціальності Агрономія. К.: ЦП Компринт, 2014. 49 с.

74. Каленська С.М., Шевчук О.Я., Дмитришак М.Я., Козяр О.М., Демидає Г.І. Рослинництво: Підручник К.: НАУ, 2005. 502 с..

75. Каменщук Б. Д. Агроекологічний вплив умов вирощування на зернову продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Стан та перспективи розвитку рослинницької галузі в умовах змін клімату: 4-а Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, 1-3 липня 2009 р.: тези доповідей. Харків, ІР ім. В.Я. Юр'єва УААН, 2009. С. 125–126.

76. Каменщук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу. Вісник аграрної науки. 2012. №12. С. 26–28.

77. Каменщук Б.Д. Оцінка ефективності гібридів кукурудзи багатофакторним методом. Вісник аграрної науки причорномор'я. Спеціальний випуск. 4 (37). Том 1 Матеріали Міжнародної науково-

практичної конференції “Аспекти сучасного розвитку аграрного виробництва в ринкових умовах України.” 22-24 листопада 2006 року. С. 91–96.

78. Каменщук Б.Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно. Корми і кормовиробництво. 2020. № 89. С. 85–92.

79. Камінський В.Ф., Асанішвілі Н.М. Економічна ефективність технології вирощування кукурудзи різного рівня інтенсивності. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 3. С. 27-34.

80. Капустін А.С. Вплив мінеральних добрив на урожайні показники нових простих гібридів кукурудзи. Зб. наук. пр. Луганського національного аграрного університету. 2009. №100. С. 76–79.

81. Капустін С. І., Ковтун М. В., Капустін А. С. та ін. Вплив строків сівби на урожайність кукурудзи, структурні показники рослин та її водоспоживання. Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: «Сільськогосподарські науки». 2009. № 11. С. 22–29.

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

83. Ківер В.Х., Пікуш Г.Р., Куниця В.М., Демішев Л. Ф. Програмування врожаю кукурудзи та озимої пшениці на зрошуваних землях. К.: Урожай. 1990. 136 с.

84. Климчук О. В. Ефективність комплексного використання кукурудзи в біоенергетиці. Наукові пр. Ін-ту біоенергет. культур і цукрових буряків НААН. Київ, 2013. Вип. 19. С. 150–154.

85. Клімова О. Є. Діагностика на стійкість до посухи ліній цукрової кукурудзи. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2013. №4. С.64–70.

86. Кліщенко С.В., Зозуля О.Л., Єрмакова Л.М., Івановська Р.Т. Особливості сучасних світових технологій вирощування кукурудзи. Наукововиробниче видання. Київ: ЕНЕМ, 2006. 120 с

87. Коваленко О., Поляничников С.П., Ковбель А.І. Шляхи підвищення коефіцієнту засвоєння поживних елементів. Агроном. 2015. №1(47), лютий. С. 28–29.
88. Ковальчук І., Лук'янченко А. Гібриди кукурудзи та система захисту від компанії «Сингента» для різних ґрунтово-кліматичних зон України. Farmer the Ukrainian. 2016. №1(73) січень. С. 36–39.
89. Колісник О.М. Принципи підбору батьківських пар для створення гібридів кукурудзи стійких до хвороб і шкідників. Сільське господарство та лісівництво. 2018. №11. С.79–88.
90. Колісник О.М. Стійкість самозапилених ліній кукурудзи до *ustilagozeae*. Органічне виробництво і продовольча безпека (друковані тези). Житомир: Видво «Полісся», 2015. С. 437–442.
91. Колодка А.В., Твердохліб О.В. Механізм посухостійкості у рослин.. П'ята міжнародна конференція молодих учених: Харківський природничий форум (19-20 травня 2022 р., м. Харків): збірник тез. Харків: ХНПУ імені Г.С. Сковороди, 2022. С. 50-54.
92. Корнус А.О. Географія Сумської області: особливості природи, соціальноекономічного розвитку та раціонального природокористування : колективна монографія Суми: СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2021. 212 с.
93. Корчагіна І. Польовий раціон для кукурудзи. Agroexpert: практичний посібник аграрія. 2011. № 5. С. 14–17,
94. Котельников Д. І. 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.
95. Котченко М.В., Румбах М.Ю. Вплив елементів технології на урожайність зерна кукурудзи. Бюлетень інституту зернового господарства УААН. Дніпропетровськ, 2008. №33-34. С. 164-167,
96. Крестьянінов Є.В., Єрмакова Л.М., Антал Т.В. Економічна та енергетична ефективність вирощування кукурудзи залежно від мінеральних

добрих та позакореневого підживлення посівів. Наукові доповіді НУБіП України. 2020. № 5 (87).

97. Кукурудза – Баланс поживних речовин. URL: <https://www.yara.ua/crop-nutrition/maize/key-facts/nutritional-summary/> (Дата звернення: 05.09.2023)

98. Лавриненко Ю.О., Плоткін С.Я. та ін. Адаптивна характеристика нових гібридів кукурудзи. Таврійський науковий вісник: збірник наукових праць ХДАУ. Херсон : Айлант, 2007. Вип. 52. С. 76–82.

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

100. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. Вісник Полтавської державної аграрної академії. № 2 (2021). С. 52–58.

101. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ «Укр. технології», 2006. 730 с

102. Лихочвор В. В., Проць Р. Р. Кукурудза : навч.-практ. вид. Львів : Українські технології, 2002. 48 с.

103. Лихочвор В., Демчишин А. У сучасних технологіях – особлива увага Магнію. Зерно. 2015. №12(117). С. 112–116.

104. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.

105. Лихочвор В.В. Рослинництво. К.: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с

106. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерновиробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.,

107. Лихочвор В.В., Петриченко В. Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та системи удобрення польових культур. Підручник. 3-тє видання, перероблене. Львів: Українські технології, 2021. 284 с.
108. Лук'янченко А. Люмакс – найкраще рішення для захисту кукурудзи з перших днів до збору врожаю. Farmer, 2015. №4(64), квітень. С. 48-49.
109. Любар В. Органогенез кукурудзи як технологічна складова. Зерно. 2015. № 3 (108). С. 98–102.
110. 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.
111. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування якісних показників зерна кукурудзи. Сільське господарство і лісівництво. Вінниця, 2017. №6, т. 1. С. 7–14
112. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Формування площі листової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. Біоресурси і природокористування. Том 10, №1-2, 2018. С. 108-115.
113. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві: Підручник. Вінниця, 2017. 588 с
114. Мазур О. В. Кореляційні зв'язки ознак, що впливають на придатність до механізованого обмолоту самозапилених ліній кукурудзи. Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан і перспективи: зб. мат. II міжвуз. наук-практич. конф. аспірантів, Вінниця, 27–28 лютого 2002 р..Вінниця, 2002. С. 52–53.
115. Мазур В.А., Поліщук І.С., Телекало Н.В., Мордванюк М.О. Рослинництво: навчальний посібник (Частина I). Вінниця. ТОВ. «Друк», 2020. 352 с.
116. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин. Підручник. Вінниця: Нова Книга, 2006. 416 с

117. Марчук І. Живлення та оптимальне удобрення кукурудзи. Пропозиція. 2010. №4. С. 74–77.,
118. Маслак О. Ринок кукурудзи врожаю 2016 року. Агробізнес сьогодні. 2016. URL: <http://www.agro-business.com.ua/agro/item/7945-rynok-kukurudzyvrozhaiu-2016-roku.html>. (Дата звернення 15.08.2023).
119. 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.
120. Маткевич В.Т., Коровіна М .О., Коломієць Л.В., Рудак Ю.О. та інших Вплив різних доз мінеральних азотних добрив на формування екологічно чистої продукції при вирощуванні кукурудзи на зерно. Корми і кормовиробництво, 2005. № 55. С. 73–79.
121. Маткевич В.Т., Коровіна М .О., Коломієць Л.В., Рудак Ю.О., Резніченко В.П., Нікіфоров Д.О., Глазкова М.С., Савранчук В.В., Андрощук С.Т., Семеняка І.М., Смалиус В.М. Вплив різних доз мінеральних азотних добрив на формування екологічно чистої продукції при вирощуванні кукурудзи на зерно. Корми і кормовиробництво, 2005. № 55. С. 73–79.
122. Медведовський О.К., Іванченко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 120 с.
123. Мерко І. Т. Моргун В. А.. Наукові основи технології зберігання і переробки зерна. Одеса, 2001. 207 с.
124. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Український Інститут експертизи сортів рослин.. 2016. 81 с. <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf>. (Дата звернення: 15.10.2019).
125. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Вища школа, 1994. 334 с.

126. Мокрієнко В.А. Мінеральне живлення кукурудзи. Агроном. 2009. №2. С. 102-104.
127. Молдован В.Г., Галиш Ф.С., Молдован Ж.А., Войтов О.Д. Рекомендації по вирощуванню кукурудзи на зерно в агроформуваннях Хмельницької області. УААН, Хмельниц. держ. с-г. дослід. ст. Самчаки. 2008. 18 с.
128. Мусієнко М. М. Фотосинтез Фотосинтез: навч. посібник для студ. вузів, що вивч. дисципліну "Фотосинтез" К.: Вища шк., 1995. 247 с.:].
129. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин: підручник.«Либідь». 2005. 808с.
130. Надь Янош. Кукурудза. Вінниця : Корзун Д. Ю., 2012. 580 с.
131. Наумов Є., Болтик Н., Чернищенко О. Вплив удобрення на зміну густоти посівів кукурудзи в умовах Північного Сходу України. Матеріали XV Міжнародної наукової конференції «Корми і кормовий білок» (19-20 вересня 2023 року). С. 74-77.
132. Наумов Є.О. Тривалість вегетаційного періоду гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норм і форм внесення азотних добрив. *Таврійський вісник*. Випуск 132. 2023. С. 161-167.
133. Наумов Є.О. Техніко-економічна оцінка способів удобрення кукурудзи в умовах північного сходу України. *Вісник Сумського національного університету*. Серія «Агрономія і біологія». Випуск 3 (53), 2023. С. 52-58.
134. Носко Б. С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. Київ : Урожай, 1990. 220 с.
135. Носов С. С. Біометричні показники та зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від строків сівби і густоти стояння рослин у північній підзоні Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2014. №. 2. С. 86–90.
136. Оничко В.І., Наумов Є.О., Сеник І.І. Урожайність кукурудзи на зерно залежно від форм і норм азотних добрив в умовах північного сходу

України. *Вісник Сумського національного університету. Серія «Агрономія і біологія»*, випуск 2 (52), 2023. С. 72-77.

137. Олійник Я. Б., Шищенко П. Г., Степаненко А. В., Масляк П. О. *Географія: Україна і світ*. К.: Т-во «Знання», 2007. 456 с.

138. Осокіна Н.М., Костецька К.В., Євчук Я.В. Технологічні властивості зерна гібриду ПР39Б58 Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2014. Вип. 86 (1) С. 37–43.

139. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Каленська С. М., Єрмакова Л. М. *Біологія та екологія сільськогосподарських рослин*. Вінниця, 2013. 636 с.

140. Паламарчук В. Д., Коваленко О. А. Вплив позакореневих підживлень на формування площі листової поверхні гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 2. С. 32-38.

141. Паламарчук В. Д., Паламарчук О. Д., Колісник О. М. Селекція та створення гібридів кукурудзи, придатних до механізованого вирощування та виробництва альтернативних джерел енергії. *Хранение и переработка зерна. Научно-практический журнал*. No 2(128). 2010. С. 23–25.

142. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на вміст хлорофілу у гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво. Збірник наукових праць ВНАУ*. Вип. 14. 2019. С. 43-53.

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

144. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Формування висоти закладання качанів у гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник* № 100 Т. 2. С.26-32.

145. Паламарчук В.Д., Мазур В.А., Зозуля О.Л. *Кукурудза – селекція та вирощування гібридів: моногр.* Вінниця. 2009. 199 с

146. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М.. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. ФОП Рогальська І.О. 2013. 636 с.
147. Паламарчук В.Д., Соломон А.М. Дослідження формування площі асиміляційної поверхні кукурудзи залежно від позакоренових підживлень. Корми і кормовиробництво. 2021. Випуск 92. С. 82-94.
148. Пархомець М.К., Уніят Л.М. Інноваційні методи управління виробництва зерна кукурудзи у сільськогосподарських підприємствах. Економічний аналіз. 2018. Т. 28. № 3. С. 176–183
149. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкін О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи : монографія. Д. : АРТ-ПРЕС, 2009. 224 с
150. Пащенко Ю. М., Кордін О. І. Вплив інкрустації насіння і строків сівби на формування продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Бюл. інту зерн. госп-ва УААН. Дніпропетровськ, 2005. № 26–27. С. 78–82.
151. Пащенко Ю.М., Андрієнко А.Л., Пащенко О.Ю. Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи залежно від строків. Бюлетень інституту зернового господарства УААН (науково-методичний центр з проблем зернового господарства). Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 65-67.
152. Пащенко Ю.М., Кордін О.І. Вплив строків сівби на урожайність та показники якості зерна кукурудзи різних груп стиглості. Хранение и переработка зерна. 2010. №6(132), июнь. С. 47–48.
153. Петрина Г. І., Рудавська Н. М., Глива В. В., Гавриляк Я. Я., Федак В. В. Особливості росту й розвитку нових гібридів кукурудзи в умовах Західного Лісостепу. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2013. №. 55 (2). С. 93–98.
154. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підруч. Львів : НВФ "Українські технології", 2020. 806 с.

155. Петриченко В. Ф., Томашук О. В. Особливості формування показників якості зерна кукурудзи за різних технологій вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство». 2019. Т. 10. №. 2. С. 29–37.

156. Позняк В. Кукурудза починається із насіння. ІнтерАгро (7 міжнародна виставка рентабельного сільського господарства). 2011. №2-4, лютого. С. 30-31.

157. Полішкевич О.Р. Ефективність використання кукурудзи для виробництва альтернативних палив. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв, 2011. Вип. 3(60). С. 76–80.

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

159. Попович І.А., Навроцька Н.Б. Довідник кукурудзівника. Ужгород, видавництво «Карпати», 1986. 168 с.

160. Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року. Постанова Кабінету Міністрів України №179 від 3 березня 2021 р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179>. (Дата звернення: 21.11.2022).

161. Програма розвитку агропромислового комплексу Сумської області на період до 2027 року. URL: https://www.apk.sm.gov.ua/images/docs/programa_apk_2027/program_2027.pdf

162. Рекомендації щодо вибору гібридів кукурудзи. URL: <https://www.syngenta.ua/news/kukurudza/rekomendaciyi-shchodo-viboru-gibridiv>. (Дата звернення: 20.09.2020)

163. Рибалка О.І., Червоніс М.В., Моргун Б.В., Починок В.М., Поліщук С.С. Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спирто-дистилятного напрямку технологічного використання зерна. Физиология и биохимия культ. растений. 2013., Т. 45. № 1. С. 3–20.

164. Рибка В.С. Кулик А.О., Романенко О.Л. Витрати енергоресурсів і коштів на вирощування різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи в умовах Південного регіону Запорізького Степу. Агроном. 2008. № 2. С. 144-146.
165. Рибка В.С. та ін. Які гібриди кукурудзи вигідніше вирощувати в умовах зони Степу України. Агроном. 2007. № 4. С. 50–54.
166. Рогач О.І., Намонюк В.Є. Світова економіка: Навчальний посібник. Київ: "Книга", 2018. 200 с.
167. Рогач С. М., Суліма Н. М., Гуцул Т. А., Ярема Л. В. Економіка сільського господарства: Навчальний посібник. Київ: ЦП "Компринт", 2018. 517 с.
168. Романенко М. Технологія вирощування кукурудзи. Рекомендації. KWS 150-річний досвід в селекції і насінництві с.-г. культур. 2010. 58 с.
169. Рослинництво України. Державна служба статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2022/zb/05/zb_rosl_2021.pdf (дата звернення: 18.05.2023).
170. Рудавська Н. М., Глива В. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу Західного. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2018. №. 64. С. 120–132.
171. Рудавська Н. М., Гук Р. М. Вплив удобрення на формування врожаю гібридів кукурудзи. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2017. Вип. 61. С. 123–134
172. Русан В. Аграрний сектор економіки: підсумки 2022 та прогноз на 2023 рік. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/ahramnyy-sektor-ekonomiky-pidsumky-2022-ta-prohnoz-na-2023-rik>
173. Сайко В.Ф., Лобас М.Г., Яновський І.В., Малієнко А.М. та ін. Наукові основи ведення зернового господарства. К. : Урожай, 1994. 336 с.).
174. Санін В. Позакореневе підживлення кукурудзи мікродобривами. Пропозиція (інформаційний щомісячник). 2011. № 5. С. 62–63.

175. Санін Ю.В. Вітаміни для рослин! Максимальне розкриття потенціалу гібридів кукурудзи компанії «Монсанто» завдяки застосуванню позакореневого підживлення добривами «Басфоліар» компанії «Адоб». Агроном. 2011. №4(34). С. 28–29.

176. Свидинюк І. М., Асанішвілі Н. М., Величко В. П. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від технологічних факторів у північному Лісостепу. Землеробство. 2006. №. 78. С. 40–46

177. Семенова І.Г. Використання вегетаційних індексів для моніторингу посух в Україні. Український гідрометеорологічний журнал, 2014, №14. С. 43-52.

178. Сенік І.І., Оничко В.І., Наумов Є.О. Динаміка висоти рослин кукурудзи залежно від форм і норм внесення азотних добрив в умовах північного сходу України. *Аграрні інновації*. Випуск № 20, 2023. С. 69-76

179. Сенік І.І., Сидорук Г.П.,Шувар А.М., Гументик М.Я., Панькевич В.С., Пиріг Г.І., Горун М.В. Кормовиробництво Тернопільщини в умовах кліматичних та господарсько-економічних змін. Тернопіль: ФОП Осадца. 2023. 178 с.

180. Сікалова О. В., Івлева Т. В., Деркач І. Б., Чернобай Л. М. Новий вихідний матеріал кукурудзи з комплексом цінних селекційних ознак та властивостей. Генетичні ресурси рослин. 2011. № 9. С. 131–137

181. Сіроха О.Л. Вплив удобрення на біометричні показники та показники вирівняності рослин кукурудзи різної групи стиглості. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки. Вінниця. 2014. Вип. 5(82). С. 37–47.

182. Танчик С. П., Мокрієнко В. А. Формування оптимальної площі асиміляційної поверхні – запорука високих врожаїв зерна кукурудзи. Хімія. Агрономія. Сервіс. 2008. № 4. С. 12.

183. Танчик С.П., Центило Л. В. Особливості удобрення кукурудзи за її вирощування на чорноземі типовому в Лісостепу України. Науковий вісник

Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. №. 269. С. 74–83

184. Тимофійчук О.Б. Продуктивність кукурудзи на зерно в умовах західного Лісостепу України при застосуванні біорегуляторів нового покоління. Агробіологія. Збірник наукових праць. Біла Церква, 2012. Вип. 7(91). С. 76–79.

185. Трибель С.О., Стригун О.О., Ретьман С.В. Вдосконалена система захисту посівів кукурудзи, вирощуваних на зерно та насіння. Насінництво. 2011. № 5. С. 14–20.

186. Трубілов О. В. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від способів обробітку ґрунту і мінерального живлення. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2012. № 3. С. 114–117.

187. Філіп'єв І.Д. Лінійна залежність врожаю зерна озимої пшениці та кукурудзи від доз і співвідношень мінеральних добрив. Зрошуване землеробство. 1981. № 26. С. 31–34.

188. Хацевич О.М., Джус Р.Р. Мінеральні добрива: класифікація, властивості, застосування (Навчально-методичний посібник). Факультет природничих наук; Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника. Івано-Франківськ. 2018. 80 с.

189. Черкас В. Переваги й недоліки застосування безводного аміаку як основного азотного добрива. Агробізнес сьогодні. 2022. <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/23182-perevahy-i-nedoliky-zastosuvannia-bezvodnoho-amiaku-iak-osnovnoho-azotnoho-dobryva.html>

190. Чернобай Л. ФАО кукурудзи: на що впливає та як обирати. Пропозиція. №1. 2020. URL: <https://propozitsiya.com/ua/fao-kukurudzy-na-shcho-vplyvaye-ta-yak-obyraty>.

191. Чорний Л., Брашован В., Вовк С. Правила розрахунку норм висіву кукурудзи в різних ґрунтово-кліматичних зонах. URL:

<https://www.lnz.com.ua/news/pravila-rozrahunku-norm-visivu-kukurudzi-v-riznih-gruntovo-klimaticnih-zonah>. (Дата звернення 08.09.2023).

192. Шевченко М., Шевченко О., Шевченко С. Епоха потепління і кукурудза. Farmer. 2014. №3(51), березень. С. 42–44.

193. Шимкова М. Світовий ринок кукурудзи та місце України в ньому. Електронний ресурс: <https://pricereview.com.ua/articles/svitovij-rinok-kukurudzi-tamiscze-ukra%D1%97ni-na-nomu> (Дата звернення 11.09.2023).

194. Шпаар Д. та ін. Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання. К. : Альфастевія ЛТД., 2009. 396 с.

195. Штукін М. О., Оничко В. І. Особливості підбору гібридів кукурудзи для умов північно-східного Лісостепу України. Вісн. Сум. нац. аграр. ун-ту. Серія: Агрономія і біологія. 2013. Вип. 11. С. 212–217.

196. Шульц Пьотр Стратегія азотного живлення гібридів кукурудзи. URL: <https://www.agronom.com.ua/strategiya-azotnogo-zhyvlennya-gibrydiv-kukurudzy/>. (Дата звернення: 03.08.2023).

197. Щоткін В. Цариця полів. Зерно. 2013. № 4. С. 160–163.

198. Якунін О.П., Румбах М.Ю. Економічна і біоенергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи в умовах північної підзони Степу України. Вісник Дніпропетровського державного аграрного ун-ту. 2010. №1. С. 7-10.

199. Ярошко М. Значення фосфору у живленні сільськогосподарських культур. Агроном. 2013. № 3. С. 30–32.

200. Ярошко М. Перетворення азоту у ґрунті і його значення для росту рослин. Агроном. 2013. <https://www.agronom.com.ua/peretvorennya-azotu-u-grunti-i-jogo-zna/>, Агрохімія.

201. 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. Т. 6. №. 4. Р. 441–446.

202. Aslam M., Maqbool M.A., Cengiz R. Mechanisms of Drought Resistance. Drought Stress in Maize (*Zea mays* L.). 2015. pp.19-36. URL: https://www.researchgate.net/publication/318027018_Mechanisms_of_Drought_Resistance (Дата звернення 19.06.2023).

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

204. Bennetzen J.L., Hake S.C. Handbook of Maize: Its Biology: Springer Science + Business Media, LLC 2009. P. 145–344.

205. Bruno Maia, Abdo Rahmen Cassim, Marcos Renan Besen and at. Nitrogen Fertilizers Technologies for Corn in Two Yield Environments in South Brazil. *Plants* 2022, 11, 1890. URL: <https://www.mdpi.com/journal/plants>. (Дата звернення 13.06.2023)

206. Cropwise Operations. Cropio. URL: <https://operations.cropwise.com/>. (Дата звернення: 18.09.2021)

207. Dilip K. Biswas, Bao-Luo Ma. Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn Canadian Journal of Plant Science. 15 June 2016 URL: https://www.researchgate.net/publication/304005637_Effect_of_nitrogen_rate_and_fertilizer_nitrogen_source_on_physiology_yield_grain_quality_and_nitrogen_use_efficiency_in_corn. (Дата звернення: 01.09.2023)

208. Eckert D.J. Ridge planting for row crops on a poorly drained soil. 2. Anhydrous ammonia and UAN management for maize following soybean Soil and Tillage Research Volume 18. Issues 2–3 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/016719879090059M#!> (Дата звернення: 03.09.2023).

209. FAO підвищила оцінку світового виробництва зернових у 2023 році. URL: <https://www.apk.inform.com/uk/news/1537033#:~:text=09%3A39%20%7C%209%20%D0%B6%D0%BE%D0%B2%D1%82.,%D0%B2%D0%B8%D1%89>

[%D0%B5%20%D0%B7%D0%B0%20%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%BF%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D1%8C%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83](#)(Дата звернення 10.09.2023).

210. 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. T. 5. C. 1013–1021.

211. Iqbal A., Hidayat Z. Potassium management for improving growth and grain yield of maize (*Zea mays* L.) under moisture stress condition. *Scientific reports*. 2016. T. 6. №. 1. P. 1–12.

212. Karnieli A., Agam N., Pinker R. T., Anderson M., Imhoff M. L., Gutman G. G., Panov N., Goldberg A. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations. *J. Climate*. 2010. Vol. 23. P. 618–633.

213. Kogan F.N. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar orbiting satellite data. *Bull. Amer. Met. Soc.* 1995. Vol. 76, №. 5. P. 655-668.

214. Kruczek A. Wpływ dawek azotu i sposobów stosowania nawozów azotowych i nawozu wieloskładnikowego na plonowanie kukurydzy. *Pamiętnik Puławski*. 2005. T. 140. S. 129–138,

215. Księżak J., Bojarszczuk J., Staniak M. Produkcyjność kukurydzy i sorga w zależności od poziomu nawożenia azotem. *Polish Journal of Agronomy*. 2012. T. 8. S. 20–28.

216. Marchenko T. Yu. Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation . *Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph* Lviv-Torun: Liha-Pres, 2019. P. 137–153. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-154-4/135-152>

217. Maslak O. The 2016 corn market. *Ahrobiznes sohodni*. 2016. No. 20 (339). P. 5–6.

218. Miao Y., Mulla D. J., Robert P. C., Hernandez J. A. Within-field variation in corn yield and grain quality responses to nitrogen fertilization and hybrid selection. *Agronomy Journal*. 2006. T. 98. №. 1. C. 129–140.

219. Nitrogen Levels on Grain Yield and Some Attributes of Some Hybrid Maize Cultivars (*Zea mays indentata* Sturt.) Grown for Silage as Second Crop . *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18 (№ 1) 2012, 42–48. URL: <https://www.agrojournal.org/18/01-05-12.pdf>. (Дата звернення: 01.09.2023)

220. Omar S., Abd Ghani R., Khaeim H., Sghaier A.H., Jolánkai M. The effect of nitrogen fertilisation on yield and quality of maize (*Zea mays* L.). *Acta Alimentaria* 51 (2022) 2, 249–258. URL: <https://akjournals.com/view/journals/066/51/2/article-p249.xml><https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0186> (Дата звернення: 01.09.2023)

221. Parkhomenko M.M., Lychuk A.I., Butenko A.O., Karpenko O.Yu., Rozhko V.M., Tsyz O.M., Chernega T.O., Tymoshenko O.P., Chmel O.P. Nitrogen balance in short crop rotations under various systems for restoring sod-podzolic soil fertility. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. 11(2). C. 67-71.

222. Pellerin Sylvain, Mollier Alain, Plinet Daniel. Phosphorus Deficiency Affects the rate of Emergence and Number of Corn Adventitious Nodal Roots. *Agronomy Journal*. 2000. Vol. 92. P. 690–697

223. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J. A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-3511973. Vol. 1. P. 309–317.

224. Scheer H. Chlorophylls and carotenoids in: *Encyclopedia of Biological Chemistry*, 2004. P. 430–437.

225. Singh R.P., Roy S., Kogan F. Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India. *Int. J. Remote Sensing*. 2003. Vol. 24. №. 22. P. 4393–4402.

226. Schnable P.S., Swanson-Wagner R.A. Heterosis. *Handbook of maize: Its biology*. N.Y : Springer Science+Business Media, 2009. P. 457–467.].

227. Stehouwer R.C., Johnson J. W. Urea and Anhydrous Ammonia Management for Conventional Tillage Corn Production. Journal of Production Agriculture. URL:

<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jpa1990.0507> (Дата

звернення: 03.09.2023).

228. Szulc P., Bocianowski J., Kruczek A., Szymańska G., Roszkiewicz R. Response of two cultivar types of maize (*Zea mays* L.) expressed in protein content and its yield to varied soil resources of N and Mg and a form of nitrogen fertilizer. Polish Journal of Environmental Studies. 2013. T. 22. №. 6. P. 1845–1853.

229. 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. T. 65. №. 1. P. 39–43

230. Szulc Piotr, Bocianowski Jan, Nowosad Kamila. Evaluation of the effect of nitrogen fertilizers on nitrogen use efficiency in grain maize. Maydica electronic publication. 2021. . URL: <https://core.ac.uk/reader/524886540>

231. Wang X., Liu S., Yin X., Bellaloui N., Winings J. H., Agyin-Birikorang S., Singh U., Sanabria J., Mengistu, Maize Grain Composition with Additions of NPK Briquette and Organically Enhanced N Fertilizer. Agronomy. 2020. T. 10. №. 6. C. 852

232. World Agricultural Supply and Demand Estimates. URL: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde> (Дата звернення 13.09.2023).

233. Yara N-Tester <https://www.yara.ua/crop-nutrition/tools-and-services-landing-page/n-tester/> (Дата звернення: 18.07.2021)

ДОДАТКИ

*Додаток А.1.***Акт****впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво**

даним актом стверджується що результати дисертаційної роботи на тему: «Оптимізація азотного живлення посівів кукурудзи різних груп стиглості в умовах північно-східного Лісостепу України», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія, виконаної Наумовим Євгенієм Олександровичем впроваджені у ФГ Шайденко Т.О. Білопільського району, Сумської області.

Обсяг впровадження: 154 га.

Період впровадження: 2022 рік.

Результати впровадження: при вирощуванні гібриду кукурудзи ДКС 3050, внесенні мінерального азоту у формі безводного аміаку 150 кг/га д.р. урожайність зерна на базову вологість становила 8,2 т/га, рівень рентабельності 49,3%

Керівник господарства



Шайденко Т.О.

Аспірант

Є.О. Наумов

Додаток А.2

Акт

впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво

даним актом стверджується що результати дисертаційної роботи на тему: «Оптимізація азотного живлення посівів кукурудзи різних груп стиглості в умовах північно-східного Лісостепу України», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія, виконаної Наумовим Євгенієм Олександровичем впроваджені у ФГ Шайденко Т.О. Білопільського району, Сумської області.

Обсяг впровадження: 139 га.

Період впровадження: 2022 рік.

Результати впровадження: при вирощуванні гібриду кукурудзи ДКС 4178, внесенні мінерального азоту у формі безводного аміаку 150 кг/га д.р. урожайність зерна на базову вологість становила 8,9 т/га, рівень рентабельності 51,7%

Керівник господарства



Шайденко Т.О.

Аспірант

Є.О. Наумов

Додаток А.3

Акт

впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво

даним актом стверджується що результати дисертаційної роботи на тему: «Оптимізація азотного живлення посівів кукурудзи різних груп стиглості в умовах північно-східного Лісостепу України», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія, виконаної Наумовим Євгенієм Олександровичем впроваджені у ТОВ “Білопільля Агросвіт” Білопільського району, Сумської області.

Обсяг впровадження: 127 га.

Період впровадження: 2022 рік.

Результати впровадження: при вирощуванні гібриду кукурудзи ДКС 4178, внесенні мінерального азоту у формі безводного аміаку 150 кг/га д.р. урожайність зерна на базову вологість становила 9,2 т/га, рівень рентабельності 54,2%



Керівник господарства

К.О. Левчак

Аспірант

Є.О. Наумов

Додаток А.4

Акт

впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво

даним актом стверджується що результати дисертаційної роботи на тему: «Оптимізація азотного живлення посівів кукурудзи різних груп стиглості в умовах північно-східного Лісостепу України», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія, виконаної Наумовим Євгенієм Олександровичем впроваджені у ФГ Шайденко Т.О. Білопільського району, Сумської області.

Обсяг впровадження: 147 га.

Період впровадження: 2022 рік.

Результати впровадження: при вирощуванні гібриду кукурудзи ДКС 3730, внесенні мінерального азоту у формі безводного аміаку 150 кг/га д.р. урожайність зерна на базову вологість становила 9,5 т/га, рівень рентабельності 54,8%

Керівник господарства



Шайденко Т.О.

Аспірант

Є.О. Наумов

Додаток А.5

Акт

впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво

даним актом стверджується що результати дисертаційної роботи на тему: «Оптимізація азотного живлення посівів кукурудзи різних груп стиглості в умовах північно-східного Лісостепу України», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія, виконаної Наумовим Євгенієм Олександровичем впроваджені у ТОВ "Білопілля Агросвіт" Білопільського району, Сумської області.

Обсяг впровадження: 134 га.

Період впровадження: 2022 рік.

Результати впровадження: при вирощуванні гібриду кукурудзи ДКС 3730, внесенні мінерального азоту у формі безводного аміаку 150 кг/га д.р. урожайність зерна на базову вологість становила 9,5 т/га, рівень рентабельності 60,2%



Керівник господарства

Аспірант

К.О. Левчак

Є.О. Наумов

Додаток А.6

Акт

впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво

даним актом стверджується що результати дисертаційної роботи на тему: «Оптимізація азотного живлення посівів кукурудзи різних груп стиглості в умовах північно-східного Лісостепу України», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія, виконаної Наумовим Євгенієм Олександровичем впроваджені у ТОВ "Білопілья Агросвіт" Білопільського району, Сумської області.

Обсяг впровадження: 95 га.

Період впровадження: 2022 рік.

Результати впровадження: при вирощуванні гібриду кукурудзи ДКС 3050, внесенні мінерального азоту у формі безводного аміаку 150 кг/га д.р. урожайність зерна на базову вологість становила 9,2 т/га, рівень рентабельності 58,9%



Керівник господарства

Аспірант

К.О. Левчак

Є.О. Наумов

Додаток А.7.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної та
навчальної роботи Сумського НАУ

Ігор КОВАЛЕНКО

« _____ » _____ 2023 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
аспіранта кафедри селекції та насінництва імені професора
М. Д. Гончарова Сумського національного аграрного університету
Наумова Євгенія Олександровича
на тему «Оптимізація азотного живлення посівів гібридів кукурудзи
різних груп стиглості в умовах північно східного Лісостепу України»

Даним актом стверджується, що результати дисертаційного дослідження Наумова Євгенія Олександровича на тему «Оптимізація азотного живлення посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах північно східного Лісостепу України», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 201 Агрономія, впроваджено у навчальну програму викладання дисциплін «Інноваційні підходи до управління сортовими ресурсами», «Технологія виробництва і контролю кості агропродукції», «Системи агротехнологій з основами ґрунтознавства та агрохімії».

Результати дисертаційної роботи Наумова Євгенія Олександровича щодо формування врожайності та якості зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від удобрення використовуються співробітниками кафедри селекції та насінництва імені професора М. Д. Гончарова при підготовці і викладанні курсів лекцій, проведенні лабораторних та практичних занять, наукових досліджень для підготовки фахівців СВО «Бакалавр» спеціальностей 201 Агрономія і 208 «Агроінженерія».

Впровадження отриманих за дисертаційною роботою Наумова Є. О. результатів дослідження в навчальний процес підвищує якість підготовки студентів за спеціальностями 201 Агрономія і 208 Агроінженерія.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри селекції та насінництва імені професора М. Д. Гончарова Сумського національного аграрного університету (протокол №12 від 11 грудня 2023 р.).

Завідувач кафедри селекції та насінництва
імені проф. М.Д. Гончарова,
кандидат с.-г., доцент

 Віктор ОНИЧКО

Додаток А.8

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАТИКИ, ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА
ІНФРАСТРУКТУРИ
м. Тернопіль, Майдан Перемоги, 3, тел. (0352)47-50-66

№ 34« 17 » 11 2023р.

АКТ
впровадження результатів дисертаційної роботи
у навчальний процес

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи Наумова Євгенія Олександровича, представленої на здобуття наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 201 – Агрономія, впроваджені у навчальний процес студентам Навчально-наукового інституту інноватики, природокористування та інфраструктури Західноукраїнського національного університету.

Отримані результати досліджень стали складовою частиною лекційного курсу дисциплін «Рослинництво» та «Агрохімія і системи живлення рослин».

Директор
Навчально-наукового інституту
інноватики, природокористування
та інфраструктури



Додаток Б.1

Температурний режим в роки проведення досліджень, °С

Роки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	В середньому за рік
2019	-5,6	-1,1	3,1	10,9	18	24,5	21,1	21,5	17,6	12,7	2,5	-2,4	10,2
2020	-3,7	-7,1	0,7	8,3	15,5	21,4	25,1	22,3	12,8	7,8	3,4	-2,3	8,7
2021	-5,9	0,2	0,5	8,3	13,3	21	21,3	23,3	15,6	13,5	2,9	-2	9,3
середня	-6,1	-5,5	-0,1	8,7	15,6	18,8	20,2	19,2	13,4	7	0,5	-3,8	7,3

Додаток Б.2

Кількість опадів в роки проведення досліджень, °С

Роки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	В сумі за рік, мм
2019	63	29	37	24	41	17	57	5	18	7	50	4	352
2020	66	20	1	56	61	102	7	60	42	6	48	40	509
2021	50	44	45	46	41	35	38	40	54	25	39	26	483
середня	41	35	38	40	54	67	76	57	50	44	45	46	593

Додаток В.1

Густота рослин кукурудзи гібриду ДКС 3050

Варіанти удобрення	Форми азотних добрив														
	Безводний аміак					Карбамід					КАС-32				
	Норма висіву насіння, тис/га	Густота рослин в період сходів, тис./га	Польова схожість насіння, %	Густота на час збирання, тис/га	Вживання рослин, %	Норма висіву насіння, тис/га	Густота рослин в період сходів, тис./га	Польова схожість насіння, %	Густота на час збирання, тис/га	Вживання рослин, %	Норма висіву насіння, тис/га	Густота рослин в період сходів, тис./га	Польова схожість насіння, %	Густота на час збирання, тис/га	Вживання рослин, %
Контроль	85	74,9	88,1	69,1	92,2	85	77,8	91,5	70,4	90,5	85	78,2	92,0	70,5	90,2
P ₆₀ K ₆₀ (фон)	85	75,2	88,5	69,2	92	85	77,4	91,0	70,6	91,3	85	77,2	90,8	70,3	91,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	85	76,1	89,5	70,4	92,5	85	76,7	90,2	69,6	90,8	85	77,5	91,2	70,0	90,3
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	85	75,7	89,1	70,2	92,7	85	76,5	90,0	69,6	91	85	77,6	91,3	71,1	91,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	85	75,2	88,5	70,0	93	85	76,3	89,8	70,2	92	85	77,2	90,8	70,9	91,9
N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	85	74,8	88,0	69,7	93,2	85	75,7	89,1	69,0	91,1	85	76,2	89,6	69,3	91
N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	85	74,5	87,6	69,4	93,2	85	75,7	89,1	69,1	91,2	85	74,3	87,4	68,1	91,6

Додаток В.2.

Густота рослин кукурудзи гібриду ДКС 3730

Варіанти удобрєння	Форми азотних добрив														
	Безводний аміак					Карбамід					КАС-32				
	Норма висіву насіння, тис/га	Густота рослин в період сходів, тис./га	Польова схожість насіння, %	Густота на час збирання, тис/га	Вживання рослин, %	Норма висіву насіння, тис/га	Густота рослин в період сходів, тис./га	Польова схожість насіння, %	Густота на час збирання, тис/га	Вживання рослин, %	Норма висіву насіння, тис/га	Густота рослин в період сходів, тис./га	Польова схожість насіння, %	Густота на час збирання, тис/га	Вживання рослин, %
1. Контроль	85	75,2	92,0	69,2	92	85	78,6	92,5	71,8	91,3	85	78,5	92,4	71,6	91,2
2. P ₆₀ K ₆₀ (фон)	85	76,1	92,0	70,1	92,1	85	78,2	92,0	71,9	92	85	77,6	91,3	71,1	91,6
3. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	85	75,8	89,2	70,1	92,4	85	76,8	90,3	70,5	91,8	85	78	91,8	71,1	91,2
4. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	85	75,1	88,4	69,8	92,9	85	76,3	89,8	69,9	91,6	85	77,9	91,6	70,8	90,9
5. N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	85	74,8	88,0	69,9	93,4	85	75,5	88,8	68,7	91	85	77,8	91,5	70,9	91,1
6. N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	85	74,4	87,5	69,5	93,5	85	75,0	88,2	68,4	91,3	85	75	88,2	68,5	91,3
7. N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	85	74,0	87,1	69,2	93,5	85	74,8	88,0	68,7	91,8	85	74,1	87,2	67,9	91,6

Додаток В.3.

Густота рослин кукурудзи гібриду ДКС 4178

Варіанти удобрення	Форми азотних добрив														
	Безводний аміак					Карбамід					КАС-32				
	Норма висіву насіння, тис/га	Густота рослин в період сходів, тис./га	Польова схожість насіння, %	Густота на час збирання, тис/га	Вживання рослин, %	Норма висіву насіння, тис/га	Густота рослин в період сходів, тис./га	Польова схожість насіння, %	Густота на час збирання, тис/га	Вживання рослин, %	Норма висіву насіння, тис/га	Густота рослин в період сходів, тис./га	Польова схожість насіння, %	Густота на час збирання, тис/га	Вживання рослин, %
1. Контроль	85	78,5	92,3	71,4	91	85	78,3	92,1	71,7	91,6	85	78,1	91,9	71,1	91,0
2. P ₆₀ K ₆₀ (фон)	85	78,6	92,5	70,9	90,2	85	78,4	92,2	71,3	91	85	78,0	91,8	70,4	90,2
3. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	85	76,1	89,5	68,7	90,3	85	76,5	90,0	70,5	92,1	85	77,6	91,3	70,1	90,3
4. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	85	75,7	89,1	69,1	91,2	85	76,3	89,8	69,7	91,3	85	77,5	91,2	70,7	91,2
5. N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	85	75,1	88,4	68,8	91,6	85	76,1	89,5	69,4	91,2	85	77,1	90,7	70,6	91,6
6. N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	85	74,9	88,1	68,9	92	85	75,1	88,3	68,4	91,1	85	75,3	88,6	69,3	92,0
7. N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	85	74,2	87,3	67,6	91,1	85	74,8	88,0	68,5	91,6	85	73,6	86,6	67,0	91,1

Додаток Г. 1.

Збиральна вологість зерна кукурудзи гбриду ДКС 3050

Варіанти удобрєння	Форми азотних добрив											
	Безводний аміак				Карбамід				КАС-32			
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє
Контроль	19,5	21,6	23,9	21,7	20,0	22,0	23,9	22,0	19,2	21,3	23,5	21,3
P ₆₀ K ₆₀ (фон)	19,6	21,7	24,0	21,8	20,1	22,1	24,0	22,1	19,2	21,4	23,5	21,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	19,7	22,0	24,5	22,1	20,5	22,4	24,5	22,5	19,5	21,8	24,2	21,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	20,2	22,6	24,9	22,6	20,8	22,7	24,9	22,8	19,9	22,5	24,7	22,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	20,6	23,0	25,3	23,0	21,0	23,3	25,3	23,2	20,3	22,7	25,0	22,7
N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	20,9	23,4	25,7	23,3	21,2	23,7	25,7	23,5	20,6	23,1	25,4	23,0
N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	21,3	23,7	25,9	23,6	21,5	23,9	25,9	23,8	20,9	23,5	25,6	23,3

Додаток Г. 2.

Збиральна вологість зерна кукурудзи гбриду ДКС 3730

Варіанти удобрєння	Форми азотних добрив											
	Безводний аміак				Карбамід				КАС-32			
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє
1. Контроль	20,2	21,8	24,2	22,1	20,5	22,2	24,2	22,3	19,9	21,5	23,7	21,7
2. P ₆₀ K ₆₀ (фон)	20,3	21,8	24,2	22,1	20,7	22,3	24,2	22,4	20,0	21,6	23,8	21,8
3. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	20,5	22,7	24,7	22,6	20,9	23,0	24,7	22,9	20,5	22,0	24,5	22,3
4. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	20,9	23,1	25,1	23,0	21,4	23,4	25,1	23,3	20,9	22,4	24,9	22,7
5. N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	21,2	23,5	25,5	23,4	21,6	23,7	25,5	23,6	21,3	22,6	25,3	23,1
6. N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	21,5	23,7	26,0	23,7	21,7	23,9	26,0	23,9	21,5	22,9	25,6	23,3
7. N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	22,0	23,9	26,1	24,0	22,3	24,2	26,1	24,2	21,7	23,1	25,9	23,6

Додаток Г. 3.

Збиральна вологість зерна кукурудзи гбриду ДКС 4178

Варіанти удобрєння	Форми азотних добрив											
	Безводний аміак				Карбамід				КАС-32			
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє
1. Контроль	20,5	22,0	24,4	22,3	20,9	22,3	24,4	22,5	20,1	21,6	23,9	21,9
2. P ₆₀ K ₆₀ (фон)	20,6	22,1	24,5	22,4	21,0	22,4	24,5	22,6	20,1	21,6	24,1	21,9
3. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	20,9	22,9	24,9	22,9	21,4	23,3	24,9	23,2	20,7	22,2	24,7	22,5
4. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	21,4	23,2	25,4	23,3	21,6	23,5	25,4	23,5	21,0	22,7	25,3	23,0
5. N ₁₅₀ P ₆₀ K ₆₀	21,9	23,7	25,7	23,8	22,0	24,0	25,7	23,9	21,5	23,0	25,7	23,4
6. N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	22,2	23,8	26,0	24,0	22,4	24,2	26,0	24,2	21,8	23,3	25,9	23,7
7. N ₂₁₀ P ₆₀ K ₆₀	22,5	24,0	26,2	24,2	22,7	24,4	26,2	24,4	22,0	23,4	26,1	23,8