

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КУРЯЧА КАТЕРИНА ОЛЕКСІЇВНА

УДК 633.15:631.5:631.673

ДИСЕРТАЦІЯ

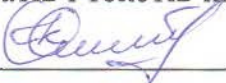
**ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ
НЕСТІЙКОГО ЗВОЛОЖЕННЯ**

Спеціальність: 201 – Агрономія

Галузь знань 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

 К. О. Куряча

Науковий керівник: Маренич Микола Миколайович,
доктор сільськогосподарських наук, професор

Дисертація є ідентичною іншим примірникам

Полтава 2026

АНОТАЦІЯ

Куряча К. О. Оптимізація технології вирощування кукурудзи в умовах нестійкого зволоження. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» (галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»). – Полтавський державний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Полтава, 2026.

Актуальність досліджень пов'язана з еколого-економічним підходом до вирощування кукурудзи, що обумовлюється світовими тенденціями в контексті зміни клімату. Наукова новизна одержаних результатів полягає в створенні математичних моделей для прогнозування урожайності, які включали екстремальні прояви погодних умов, визначення ефективності використання інгібіторів азоту, застосування стимуляторів й способів технології вирощування. На основі аналізу останніх наукових і виробничих даних оптимізовано технологію вирощування кукурудзи, враховуючи підбір гібридів для вирощування, коригування норм висіву насіння, удобрення кукурудзи та обґрунтовано ефективність використання технології вирощування по-till в умовах частого виникнення дефіциту вологи.

Програма досліджень реалізована в умовах, що значно відрізнялися між собою за просторово-часовим розподілом опадів та максимальними значеннями температур протягом вегетаційних періодів. Використання даних мережі локальних метеостанцій дало змогу встановити частку впливу цих факторів на формування урожайності й якості зерна, яка досягала 90%, окрім агротехнічних факторів, які мали також статистично істотний вплив на урожайність. Внаслідок несприятливої дії дефіциту вологи й високих температур зменшення урожайності становило 26–65 %.

Встановлені конкретні величини впливів погодних показників на формування урожайності кукурудзи. Зокрема коефіцієнти кореляції між кількістю опадів і урожайністю зерна знаходилися в межах 0,29–0,57. Максимальні температури повітря негативно впливають на формування

урожайності, особливо це стосується червня ($r = -0,48$) і вересня ($r = -0,45$), хоча такі залежності можуть змінюватися залежно від комплексу умов кожного конкретного року. Неконтрольовані фактори вирощування можуть мати частку впливу на формування урожайності близько 90 % і більше.

Встановлено, що оптимальною нормою висіву насіння гібридів кукурудзи є 75 тис./га. В середньому збільшення чи зменшення цієї норми на 10 тис./га призводило до однакового зменшення урожайності, яке може сягати майже 3 т/га недобору. Однак необхідно враховувати їхні генетичні особливості. Норми висіву насіння слід розглядати як важливий елемент збільшення урожайності кукурудзи. З метою оптимізації економічних показників технології вирощування доцільно звернути увагу на такі гібриди як ЕС Сіріус, MAS 30.K, DKC 3472, DKC 4964, PR39B76, які в разі зменшення норм висіву можуть збільшити урожайність на 0,58–0,91 т/га.

Оптимальною нормою висіву кукурудзи в умовах нестійкого зволоження виявилася норма 75 тис./га, оскільки збільшення до 85 тис./га призводило до зменшення урожайності на 2,94 т/га, а зменшення до 65 тис./га – до втрати 2,77 т/га. Дуже пластичними до норм висіву насіння виявилися гібриди з лінійки Bayer (Монсанто), хоча вони мали своєрідну й неоднакову урожайність в порівнянні між собою. В умовах нестійкого зволоження перевагу за урожайним потенціалом слід надавати середньостиглим гібридам кукурудзи. Найбільшу частку в управлінні урожайністю кукурудзи займає підбір гібридів для вирощування – за роки досліджень він досягав майже 70 %.

Встановлено, що застосування інгібіторів азоту може стати перспективним методом оптимізації азотного живлення й збільшення урожайності кукурудзи. Більший вміст NO_3^- в ґрунті фіксували в результаті використання Ultra Boost (1,5 л/га), Азотолайф (1,5 л/га) та N-Лок (1,7 л/га) – 10,1–11,6 мг/кг. На варіантах гібриду DKC4964 збереження нітратної форми було дещо нижчим – результати були отримані від застосування N-Лок і DMPP 25 г/га – вони не перевищували 5 мг/кг. Така ж тенденція

спостерігалася й у впливі цих препаратів на урожайність. Найкращі показники статистично достовірно отримані на варіантах з використанням Ultra Boost (1,5 л/га) – збільшення урожайності склало 9–18 %. Подібними за величиною впливу виявилися препарати N-Лок (1,7 л/га), НоваТек One (1,35 л/т) і Азотолайф (1,5 л/га). Найменша ефективність була в разі використання DMPP (25 г/га). В середньому застосування препаратів, що є інгібіторами нітрифікації чи уреаз, забезпечувало зростання урожайності на 3,7–13 %. Ефективність застосування інгібіторів азоту залежало від погодних факторів. За умов, які наближаються до оптимальних цей вплив може становити 22 %, але в умовах нестачі вологи й високих температур він зменшується до 3–6 %.

Висота рослин гібрида Pioneer 9241 на варіантах із застосуванням технології No-till була на 22 і 19 см більшою порівняно рослинами, вирощеними на оранці відповідно до використання стимулятора росту. Застосування стимулятора росту Zinovii grand (2 кг/га) сприяло збільшенню висоти рослин на 24 см. Застосування технології No-till сприяло довшій вегетації рослин – вони тривалий час зберігали фотосинтетичний апарат і дозрівали повільніше порівняно з оранкою.

В сприятливих умовах вибір технології вирощування забезпечував 59 % варіації показника маси зерна з одного качана. Частка впливу вибору гібрида знаходилася на рівні 13 %. У несприятливі роки вирощування частка впливу фактору підбору технології вирощування може досягати 77 %, а використання стимулятора росту – 13 %. Наявність статистично достовірного впливу взаємодії підбору технології вирощування й гібрида свідчить про можливість поєднання генетичного потенціалу з агротехнічним прийомом.

За сприятливих умов вирощування спосіб обробітку ґрунту може не бути вирішальним фактором для формування урожайності зерна. У несприятливих умовах застосування нульового обробітку збільшило урожайність кукурудзи на 0,84 й 1,24 т/га, що становило 13 і 28 % відповідно.

Застосування стимулятора росту Zinovii grand (2 кг/га) мало статистично істотний вплив на формування урожайності. В несприятливих

умовах збільшення урожайності склало 14,4 % або 0,91 т/га. Найбільший вплив на формування урожайності мали фактори обробітку ґрунту й застосування стимулятора росту. Технологія вирощування за браку вологи мала частку впливу на формування урожайності 55 %, а використання стимулятора росту, який містив великий перелік макро- і мікроелементів забезпечував частку впливу фактора на рівні 17,5–24 %. Перевага застосування технології No-till над оранкою визначалася в межах 8–9 % і була статистично достовірною.

За збільшених до 85 тис./га норм висіву, зменшення маси 1000 зерен у гібрида ЕС Конкорд становило 28 г. У гібридів MAS 33.A й DKC 3795 таке зменшення становило, відповідно 20 і 22 г, а в гібрида P9578 – 14 г порівняно з нормами висіву 75 тис./га. На варіантах з нормами висіву 65 тис./га спостерігалось зменшення маси 1000 зерен у гібридів ЕС Паролі – 13 г; MAS 33.A – 22 г; DKC 3509 – 20 г; P9578 – 17 г. Маса 1000 зерен зростала в результаті застосування норм висіву 85 тис./га, порівняно з нормами 75 тис./га, у гібридів MAS 23.K і PR39H32 – 22 г; DKC 3472 – 18 г. Помітним також було зростання цього показника якості для гібридів P8521 – 15 г і MAS 30.K та DKC 3415, яке становило відповідно 11 і 10 г.

Зменшенням натурі зерна в разі збільшення норм висіву до 85 тис./га характеризувалися гібриди MAS 37.V – 13 г; DKC 3509 і PR39H32 – 10 г. Збільшення натурі зерна в разі висіву 85 тис./га спостерігали у гібридів DKC 3415 і P8000 – 13 г. Істотним зменшенням натурі зерна, на 10–13 г, характеризувалися MAS 37.V, DKC 3509, PR39H32.

No-till дав змогу збільшити масу 1000 зерен кукурудзи на 16–19 г порівняно з оранкою. Використання стимулятора росту не мало вирішального впливу на формування маси 1000 зерен. Застосування стимулятора Zinovii grand (2 кг/га) збільшувало натуру зерна на варіантах з оранкою на 6–13 г/л, а на варіантах, де застосовували нульову технологію – на 7 г/л.

Збільшення вмісту білка спостерігалось на варіантах з гібридом Pioneer 9241, що особливо було помітним на ділянках з Ultra Boost (1,5 л/га) та Азотолайф (1,5 л/га), що також призводило до зменшення вмісту крохмалю. Статистично достовірної різниці між способами обробітку ґрунту за показниками якості, що визначалися, не відмічено.

Не встановлено достовірного впливу застосування інгібіторів азоту на формування фізичних показників якості зерна – маси 1000 зерен і натури зерна. Хімічні показники якості зерна також не реагували на використання інгібіторів азоту, перебуваючи під впливом нерегульованих факторів вирощування.

Показники якості перебувають між собою у складній системі взаємозв'язків, які не дають змоги повністю вирішити проблему управління їхнім формуванням. Прояв таких взаємозв'язків може істотно змінюватися в результаті впливу умов вирощування, генетичних особливостей гібридів чи агротехнічних факторів. Зворотні кореляції спостерігалися між масою 1000 зерен і вмістом білка ($r = -0,78$), натурою і вмістом білка ($r = -0,70$), взаємозв'язок між хімічними показниками якості становив $-0,64$ – $(-0,96)$. Головною особливістю була зворотна кореляція між вмістом білка та урожайністю – $r = -0,65$, однак характер кореляцій значною мірою залежав від умов років вирощування. Не встановлено однорідної природи впливу стимуляторів на формування показників якості, оскільки вони перебували у взаємно обмежуючій залежності – коефіцієнти кореляції варіювали в межах $-0,42$ – $0,80$.

Оптимальними нормами висіву для кукурудзи в зоні нестійкого зволоження є 75 тис./га, що підтверджується економічними розрахунками, оскільки зменшення норм висіву до 65 тис./га призводило до зменшення урожайності. однак цілком реально підібрати такі гібриди, що збільшують урожайність саме за зменшених норм. Використання інгібіторів азоту може сприяти збільшенню урожайності на 10–12 %, при цьому поліпшення чистого доходу може сягати 15 %. Застосування технології No-till сприяло

поліпшенню показників економічної ефективності, зменшуючи виробничі затрати на 16 і собівартість виробництва – на 27 %.

Ключові слова: кукурудза, урожайність, гібриди, норми висіву, удобрення, інгібітори азоту, стимулятори, способи обробітку ґрунту, якість зерна, економічна ефективність.

ABSTRACT

Kuriacha K. O. Optimization of maize cultivation technology under conditions of unstable moisture supply. – Manuscript of the qualifying scientific work.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 “Agronomy” (field of knowledge 20 “Agricultural Sciences and Food”). – Poltava State Agrarian University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Poltava, 2026.

The relevance of the research is related to the ecological and economic approaches to maize cultivation, influenced by global trends in the context of climate change. The scientific novelty of the results lies in the development of mathematical models for yield forecasting that account for extreme weather conditions and evaluate the effectiveness of nitrogen inhibitors, the application of growth stimulants and cultivation techniques.

Based on the analysis of the latest scientific and production data, the maize cultivation technology was optimized, taking into account the selection of hybrids for cultivation, adjustment of seeding rates, fertilization practices as well as the effectiveness of no-till cultivation technology under conditions of frequent moisture deficiency was substantiated.

The research programme was implemented in conditions that differed significantly in terms of the spatial and temporal distribution of precipitation and maximum temperatures during the growing seasons. Using data from a network of local meteorological stations enabled the determination of the proportion of these

factors' influence on grain yield and quality, which reached 90%, in addition to agronomic factors, which also had a statistically significant impact on yield. Due to the adverse effects of moisture deficiency and high temperatures, yield decreased by 26-65%.

Specific values of the impact of weather indicators on maize yield formation were identified. In particular, the correlation coefficients between precipitation amount and grain yield ranged from 0.29 to 0.57. Maximum air temperatures negatively affect yield formation, especially in June ($r = -0.48$) and September ($r = -0.45$), although these relationships may vary depending on the combination of conditions in each year. Uncontrolled cultivation factors can affect yield formation by approximately 90% or more.

It was established that the optimal seeding rate for maize hybrids is 75 thousand seeds per hectare. On average, increasing or decreasing this rate by 10 thousand seeds per hectare resulted in an equivalent decrease in yield, which can reach almost 3 t/ha of loss. However, their genetic characteristics must be taken into account. Seeding rates should be considered an important factor in increasing maize productivity. To optimise the economic efficiency of cultivation technology, particular attention should be paid to hybrids such as ES Sirius, MAS 30.K, DKC 3472, DKC 4964, and PR39B76, which, when seeding rates are reduced, can increase yield by 0.58–0.91 t/ha.

The optimal seeding rate for maize under unstable moisture conditions was 75 thousand seeds per hectare, as increasing it to 85 thousand seeds per hectare led to a decrease in yield by 2.94 t/ha, while a decrease to 65 thousand seeds per hectare led to a yield loss of 2.77 t/ha.

Hybrids from the Bayer (Monsanto) line demonstrated high plasticity in response to seeding rates, although they showed specific and unequal yields when compared with one another. Under conditions of unstable moisture supply, mid-maturity maize hybrids should be preferred for yield potential. The selection of hybrids for cultivation plays the largest role in managing maize yield, accounting for almost 70% over the years of research.

It was found that applying nitrogen inhibitors could be a promising method for optimising nitrogen nutrition and increasing maize yields. Higher NO_3^- content in the soil was recorded following the application of Ultra Boost (1.5 l/ha), Azotolife (1.5 l/ha) and N-Lock (1.7 l/ha) – 10.1–11.6 mg/kg. In the DKC4964 hybrid variants, preservation of the nitrate form was slightly lower – the lowest results were obtained with the application of N-Lock and DMPP 25 g/ha, not exceeding 5 mg/kg. The same trend was observed in the effect of these preparations on yield. The best statistically significant results were obtained with the Ultra Boost (1.5 l/ha) variant – the yield increase was 9–18%.

The preparations N-Lock (1.7 l/ha), NovaTek One (1.35 l/t) and Azotolife (1.5 l/ha) showed similar levels of effectiveness. The lowest efficiency was observed with the use of DMPP (25 g/ha). On average, the use of nitrification or urease inhibitors increased yield by 3.7–13%. The effectiveness of nitrogen inhibitors depended on weather conditions. Under near-optimal conditions, this effect can reach 22%, whereas under moisture deficiency and high-temperature stress, it decreases to 3–6%. The height of Pioneer 9241 hybrid plants under no-till technology was 22 cm taller and 19 cm taller than plants grown under conventional ploughing, depending on the use of the growth stimulant. The use of the growth stimulant Zinovii grand (2 kg/ha) contributed to an increase in plant height by 24 cm. The use of no-till technology also promoted a longer vegetation period: plants retained their photosynthetic apparatus for longer and matured more slowly than those grown under ploughing.

Under favourable conditions, the choice of cultivation technology accounted for 59% of the variation in grain weight per ear. The share of the impact of hybrid selection was 13%. In unfavourable years, the impact of cultivation technology can reach 77%, while the use of growth stimulants accounts for 13%. The statistical significance of the interaction between cultivation technology and the hybrid indicates the potential to combine genetic potential with agrotechnical methods.

Under favourable growing conditions, the method of soil cultivation may not be a decisive factor in grain yield formation. However, under unfavourable conditions, the application of no-till technology increased maize yield by 0.84 and 1.24 t/ha, corresponding to 13% and 28%, respectively.

The use of the growth stimulant Zinovii grand (2 kg/ha) had a statistically significant effect on yield formation. Under unfavourable conditions, the yield increase amounted to 14.4% or 0.91 t/ha. Soil cultivation factor and the use of the growth stimulant had the greatest impact on yield formation.

Under moisture-deficient conditions, cultivation technology accounted for 55% of the impact on yield formation. The use of a growth stimulant containing a wide range of macro- and microelements provided an impact of 17.5–24%. The advantage of using no-till technology over conventional ploughing ranged from 8 to 9% and was statistically significant.

Increasing the seeding rate to 85 thousand seeds per hectare decreased the 1000-grain weight of the EC Concord hybrid by 28 g. For the MAS 33.A and DKC 3795 hybrids, this decrease amounted to 20 g and 22 g, respectively, while for the P9578 hybrid it was 14 g compared to the seeding rates of 75 thousand seeds per hectare. In variants with seeding rates of 65 thousand seeds per hectare, a decrease in the weight of 1000 grains was observed for several hybrids: EC Paroli – 13 g; MAS 33.A – 22 g; DKC 3509 – 20 g; P9578 – 17 g. The 1000-grain weight increased as a result of applying seeding rates of 85 thousand per hectare compared to rates of 75 thousand seeds per hectare in hybrids MAS 23.K and PR39H32 – 22 g; DKC 3472 – 18 g. A significant increase in this quality indicator was also observed for hybrids P8521 – 15 g and MAS 30.K and DKC 3415, which amounted to 11 and 10 g, respectively.

A decrease in grain test weight and an increase in seeding rate to 85 thousand/ha were characteristic of the hybrids MAS 37.V (by 13 g); DKC 3509 and PR39H32 (by 10 g). An increase in grain test weight at a seeding rate of 85 thousand/ha was recorded for the hybrids DKC 3415 and P8000 (by 13 g). A

significant decrease in grain test weight, by 10–13 g, was characteristic of the hybrids MAS 37.V, DKC 3509 and PR39H32.

No-till cultivation increased the 1000-grain weight by 16–19 g compared to conventional ploughing. The use of a growth stimulant did not have a decisive effect on the formation of the 1000-grain weight. However, the use of the growth stimulant Zinovii grand (2 kg/ha) increased grain test weight by 6–13 g/l in the ploughing variants and by 7 g/l in the variants where no-till technology was applied.

The hybrid Pioneer 9241 showed an increase in protein content, especially in the variants with Ultra Boost (1.5 l/ha) and Azotolife (1.5 l/ha), accompanied by a decrease in starch content. No statistically significant differences between the soil cultivation methods were found for the analysed grain quality indicators.

No reliable effect of nitrogen inhibitors on the formation of physical indicators of grain quality namely 1000-grain weight and grain test weight, was established. The chemical indicators of grain quality also did not respond to nitrogen inhibitors, remaining mainly influenced by uncontrolled growing conditions.

Quality indicators are interrelated within a complex system of relationships that does not allow for complete control over their formation. The manifestation of such relationships may vary significantly depending on growing conditions, hybrid genetic characteristics, or agrotechnical factors. Inverse correlations were observed between the 1000-grain weight and protein content ($r = -0.78$), as well as between grain test weight and protein content ($r = -0.70$). The relationships between the chemical quality indicators ranged from -0.64 to -0.96 . The main feature was a negative correlation between protein content and yield ($r = -0.65$), but the nature of these correlations depended strongly on the environmental conditions of the growing years. No uniform influence of stimulants on the formation of quality indicators was found, as these traits were in a mutually restrictive relationship – the correlation coefficients ranged from -0.42 to 0.80 .

The optimal seeding rate for maize in zones with unstable moisture conditions is 75 thousand seeds per hectare, as confirmed by economic calculations, since reducing the seeding rate to 65 thousand seeds per hectare resulted in lower grain yield. However, it is quite possible to select hybrids that increase yield even at reduced seeding rates. Using nitrogen inhibitors can increase yield by 10–12%, while net income can increase by up to 15%. The use of no-till technology has improved economic efficiency by reducing production costs by 16% and the per-unit production cost by 27%.

Key words: *maize, yield, hybrids, seeding rates, fertilisation, nitrogen inhibitors, stimulants, soil cultivation methods, grain quality, economic efficiency.*

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

I. Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:

1. Статті у міжнародних наукових базах (Scopus):

1. Marenych, M., Kuriacha, K., Semenov, A., Yurchenko, S., Mishchenko, O., Bahan, A., Shakalii, S., Olepir, R. & Yeleussinov, B. (2026). Nitrogen Inhibitors as a tool for improving soil nitrogen retention and maize yield under unstable moisture. *Journal of Ecological Engineering*, 27(7). <https://doi.org/10.12911/22998993/218291>.

2. Статті в наукових фахових виданнях України:

1. Маренич, М. М., & Куряча, К. О. (2025). Формування урожайності кукурудзи залежно від підбору гібридів в умовах нестійкого зволоження. *Scientific Progress & Innovations*, 28(2), 63–67. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.10>.
2. Kuriacha, K. (2025). Prospects for nitrogen fertilization management of corn crops: a review of modern concepts. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 80–86. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.11>.
3. Куряча К. О., Маренич М. М. Перспективи використання методів агроскаутингу в прогнозуванні урожайності кукурудзи. *Scientific Progress & Innovations*. 2026. № 29 (1). С. 13–18. <https://doi.org/10.31210/spi2026.29.01.02>.

II. Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Куряча К. О. Особливості підбору гібридів кукурудзи для вирощування в умовах нестійкого зволоження. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели: матеріали Міжнар. наук.- практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 30 вересня 2024 р.)*. Полтава: ПДАУ, 2024. С. 161–163.
2. Куряча К. О. Значення адаптивних властивостей гібридів кукурудзи. *Сільськогосподарська наука від «українського Ротамстеду» до сьогодення*

(до 140-річчя від дня заснування Полтавського дослідного поля) : зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. (31 жовт. 2024 р., м. Полтава, Україна) [Електронне видання] / НААН, Інститут свинарства і АПВ НААН, Полтав. держ. с.-г. досл. станція ім. М. І. Вавилова, Ін-т біології, Поморський ун-т у Слупську, Природничий ун-т у Любліні, Шведський ун-т с.-г. наук, Латвійський ун-т наук про життя та технологій. Полтава, 2024. URL: <https://www.svinarstvo.com/index.php/ua/library/materiali-konferentsij/751-silskogospodarska-nauka-vid-ukrajinskogo-rotamstedu-do-sogodennya>. С. 112–113.

3. Маренич М. М., Куряча К. О. Вплив підбору гібридів кукурудзи на урожайність в умовах нестійкого зволоження. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур*: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (31 березня 2025 року) / Редкол.: М.М. Маренич (відп. ред.) та ін. Полтава: ПДАУ, 2025. С. 27–28.

4. Kuriacha K. O. The influence of soil tillage practices on yield development. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 30 вересня 2025 р.). Полтава : ПДАУ, 2025. С. 96–98. <https://www.pdau.edu.ua/content/naukovi-konferenciyi-kafedry>.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	17
ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ПРОДУКТИВНІСТЮ АГРОЦЕНОЗІВ КУКУРУДЗИ (огляд літератури)	24
1.1. Особливості підбору гібридів для вирощування	24
1.2. Роль способів обробітку у формуванні урожайності	27
1.3. Управління азотним живленням і перспективи використання інгібіторів нітрифікації	35
Висновки до розділу 1	45
РОЗДІЛ 2. УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	47
2.1. Характеристика погодних умов років досліджень	47
2.2. Агрохімічна характеристика ґрунтів в локаціях проведення дослідів	56
2.3. Матеріал та методика досліджень	58
Висновки до розділу 2	63
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ПІДБОРУ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ НЕСТІЙКОГО ЗВОЛОЖЕННЯ	65
3.1. Особливості впливу погодних умов на формування урожайності виробничих посівів	65
3.2. Урожайність кукурудзи залежно від скоростиглості гібридів	78
Висновки до розділу 3	82
РОЗДІЛ 4. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ІНГІБІТОРІВ АЗОТУ	84
4.1. Вплив інгібіторів на вміст азоту в ґрунті	84
4.2. Урожайність кукурудзи залежно від використання інгібіторів азоту	89

Висновки до розділу 4	96
РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА УРОЖАЙНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ	97
5.1. Особливості формування елементів структури урожаю кукурудзи	97
5.2. Порівняльний аналіз технологій вирощування кукурудзи	103
5.3. Ефективність і перспективи застосування стимуляторів росту	106
Висновки до розділу 5	110
РОЗДІЛ 6. ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ	111
6.1. Вплив агротехнічних засобів на формування фізичних показників якості зерна кукурудзи	111
6.2. Характеристика хімічних показників якості зерна кукурудзи залежно від елементів технології вирощування	117
6.3. Взаємозалежності показників й можливість управління якістю зерна	122
Висновки до розділу 6	125
РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ	127
7.1. Економічна ефективність норм висіву насіння кукурудзи	127
7.2. Економічна ефективність застосування інгібіторів азоту	129
7.3. Економічна ефективність способів обробітку ґрунту	131
Висновки до розділу 7	133
ВИСНОВКИ	135
РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА	139
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	141
ДОДАТКИ	167

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

КАС – карбамідно-аміачна суміш

DMPP – 1H-піразол, 3,4-диметил-фосфат

ЦГМ – центр гідрометеорології

°C – температура в градусах Цельсія

ФАО – індекс скоростиглості кукурудзи

V, % - коефіцієнт варіації

r – коефіцієнт кореляції

$p \leq 0,05$ – рівень значущості

NP₀₅ – найменша істотна різниця

± st – арифметична різниця з контрольним варіантом

ВСТУП

Проблема стабільності урожайності сільськогосподарських культур займає центральне місце в науковому світогляді, оскільки епоха гонитви за рекордними врожаями поступово відходить в минуле. На її місце приходить інше бачення, яке пов'язане з економічною доцільністю, збереженням довкілля, здоров'я споживачів тощо. Такий підхід виявляється поки що найраціональнішим, особливо коли світ переживає не лише великі економічні й політичні зміни, а намагається зробити виробництво продуктів харчування достатнім під час глобальних і, здається, незворотних змін клімату.

Глобальна зміна клімату загрожує виробництву всіх культур, включаючи й таку стійку до багатьох стресів кукурудзу. Деякі сценарії припускають, що протягом вегетаційного періоду умови в Європі стануть ще теплішими, а на півдні – посушливішими, це призведе також до міграції за посівами кукурудзи шкідливих організмів [1].

Основною проблемою сучасного рослинництва в багатьох регіонах планети є водний стрес на фоні високих температур. До вирішення цієї проблеми існує два основних підходи – селекційний і агротехнічний. Ретроспективний огляд досягнень селекції кукурудзи показує, що вона виявилася чи не головним чинником, який забезпечив збільшення урожайності в умовах недостатнього чи нестійкого зволоження [2, 3].

Роль агротехнічних чинників в умовах нестійкого зволоження стала особливо відчутною в середовищі виробників, які почали активно оцінювати економічну ефективність і, таким чином, звертати увагу на технології вирощування в контексті управління урожайністю.

Актуальність напряду досліджень. Полтавська область в історичному плані завжди була потужним і відомим виробником зерна. Під дією економічних факторів її спеціалізація поступово змістилася з виробництва зерна пшениці на виробництво кукурудзи. У 2022 році посівні

площі кукурудзи на Полтавщині становили 529,3 тис. га, у 2023 році в регіоні було посіяно 528,3 тис. га, у 2024-му цей показник дещо зменшився – до 498,4 тис. га. Однак за висновками експертів зберігатиметься стійка тенденція до зростання площ кукурудзи.

На фоні такої тенденції гостро постає питання стабільного рівня урожайності, оскільки диференціація цього показника досить значна й спричиняється причинами економічного характеру, рівнем технологій вирощування, який залежить від технологічного стану підприємств, кваліфікації кадрів та багатьох інших факторів.

Полтавські аграрії все частіше звертають увагу на економічну доцільність вирощування кукурудзи, але досягнення високих економічних показників повинне поєднуватися з найменшим негативним впливом на навколишнє середовище, що вимагає комплексного підходу до вирішення проблематики досліджень, спробою якого і є представлена робота.

Аналіз останніх тенденцій розвитку агротехнологій вимагає методологічних підходів, які б поєднували застосування кращих селекційних досягнень і оптимізації існуючих агротехнічних прийомів, та забезпечили зменшення внесення мінеральних добрив, застосування великої кількості технологічних операцій, зменшили викиди в атмосферу парникових газів.

Таким чином, враховуючи фактори зміни клімату, потреби населення, взявши до уваги аналіз останніх наукових досягнень і кращих виробничих практик, можна зробити висновок про актуальність обраної тематики досліджень і перспективи подальшої оптимізації технологій вирощування кукурудзи.

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

Дисертаційна робота виконувалася згідно завдань науково-технічних програм: «Інноваційні прийоми підвищення продуктивності та поліпшення якості врожаю сільськогосподарських культур для цільового використання» – №0120U101840 від 03.04.2020 року; «Ефективність гумінових речовин та інгібіторів азоту в технологіях вирощування сільськогосподарських

культур», №0123U102826 від 07.06.2023 року. Отримані результати знайшли своє продовження в наукових програмах: «Розробити систему ефективних заходів управління продуктивністю агроценозів кукурудзи» (№0124U002868); «Удосконалити технологію вирощування кукурудзи, на основі інноваційних підходів щодо забезпечення реалізації біологічного потенціалу продуктивності в умовах Лівобережного Лісостепу» (№0124U002875).

Мета і завдання досліджень. *Метою досліджень* було визначення впливу комплексу регульованих і нерегульованих факторів вирощування на формування урожайності кукурудзи і якості її зерна та оптимізацію підбору гібридів для вирощування, удобрення посівів, оцінити ефективність технологій вирощування. Відповідно до цього були окреслені наступні завдання:

- опрацювати актуальний теоретичний матеріал, що ґрунтується на останніх наукових досягненнях та впроваджених результатах; проаналізувати вітчизняний і закордонний досвід;

- встановити особливості впливу агрометеорологічних факторів на формування урожайності культури, використовуючи дані мережі локальних метеостанцій;

- визначити продуктивний потенціал гібридів кукурудзи різних груп стиглості та встановити їхню реакцію на застосування норм висіву;

- дослідити ефективність використання інгібіторів азоту різного напрямку дії на вміст доступних форм азоту в ґрунті та на формування урожайності;

- встановити ефективність застосування технології вирощування з аспектами використання стимуляторів росту в умовах нестійкого зволоження;

- сформулювати математичні моделі формування урожайності і якості зерна кукурудзи залежно від оптимізації агротехнічних факторів;

- зробити економічну оцінку застосування різних норм висіву, використання інгібіторів азоту і стимуляторів росту та технології вирощування.

Об'єкт досліджень: гібриди кукурудзи, норми висіву насіння, інгібітори азоту, способи обробітку ґрунту, стимулятори росту.

Предмет дослідження: особливості впливу нерегульованих і регульованих факторів на формування урожайності й якості зерна, економічна ефективність оптимізованих агротехнічних прийомів.

Методи дослідження. Використовувалися загальнонаукові методи – аналіз, синтез, індукція, моделювання, системний аналіз; емпіричні методи – спостереження, порівняння, вимірювання; спеціальні – польовий багатофакторний дослід; лабораторні – визначення агрохімічних показників ґрунту й якості зерна. Обробку результатів експерименту проводили методами дисперсійного й регресійного аналізу з використанням програмного забезпечення Excel та STATISTICA 12.0.

Наукова новизна одержаних результатів досліджень

Вперше:

- для побудови математичних моделей формування урожайності й визначення впливу погодних факторів було використано метеодані, отримані з мережі локальних метеорологічних станцій, розміщених в різних географічних точках регіону з використанням методики агроскаутингу;

- встановлено вплив максимальних температур протягом вегетаційного періоду на формування урожайності кукурудзи;

- побудовано математичні моделі формування урожайності залежно від факторів вирощування для конкретно взятих господарств;

- встановлена ефективність використання інгібіторів різного напрямку дії на вміст доступних форм азоту й побудовані моделі формування урожайності;

- встановлена ефективність сумісного використання технології обробітку ґрунту й використання стимулятора росту.

Удосконалено:

технологію вирощування кукурудзи в контексті визначення норм висіву насіння, оптимізації азотного живлення посівів та формування урожайності і якості зерна;

Набули подальшого розвитку:

методичні підходи до підбору гібридів кукурудзи для вирощування в конкретних умовах господарств, побудови прогностичних моделей урожайності.

Практичне значення результатів полягає у оцінці урожайності гібридів кукурудзи залежно від груп стиглості (ФАО) та аналізуванні норм висіву насіння та рекомендовані оптимальні для використання кожного гібрида в умовах конкретного підприємства. Виокремлені гібриди кукурудзи, які мають найбільшу продуктивність за рекомендованих норм висіву і такі, що позитивно реагують на зменшення норм висіву. Встановлені особливості використання інгібіторів азоту різного походження й напряду дії на вміст доступних форм азоту в ґрунті та рекомендовані до використання препарати. Встановлені показники економічної ефективності застосування оптимізованих елементів технології вирощування.

Результати наукових досліджень з використання інгібіторів азоту та стимулятора росту впроваджені у ФГ «Туран Агро» Харківської області на площі 60 га; в підприємствах Полтавської області – ФГ «Колос 2000» на площі 88 га та ФГ «Мегаурожай» на площі 70 га, а також КСП «Зелений гай» - площа впровадження становила 115 га.

Теоретичні та методологічні аспекти результатів дисертаційної роботи впроваджено в освітній процес підготовки агрономів Полтавського державного аграрного університету, Дніпровського державного аграрно-економічного університету, а також Державного біотехнологічного університету.

Особистий внесок здобувача. Дисертанткою самостійно підібрано й систематизовано теоретичний матеріал, проаналізовано актуальні напрями досліджень, складена програма проведення експериментів, проведено

спостереження й обліки. Дослідження гібридів і норм висіву проводились на виробничих дослідах ТОВ «Агрофірма ім. Довженка», однак всі спостереження та обліки проводилися особисто, оцінка результатів мала власну індивідуальну наукову концепцію. Також самостійно було здійснено статистичний аналіз результатів досліджень, зроблена їхня інтерпретація й підготовка до презентацій. На основі цього були сформульовані висновки та пропозиції виробництву. Безпосередньо авторкою були сформульовані й обґрунтовані основні наукові й методологічні положення дисертаційної роботи.

Апробація результатів дисертації. Результати проведених досліджень щорічно доповідалися під час складання звітів на кафедрі селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету. Тезисні матеріали дисертацій заслуховувалися та опубліковані в матеріалах Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели» у 2024 і 2025 роках (Полтава, Полтавський ДАУ); Міжнародної науково-практичної конференції «Сільськогосподарська наука від «українського Ротамстеду» до сьогодення (до 140-річчя від дня заснування Полтавського дослідного поля)» (31 жовт. 2024 р., м. Полтава); III Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур» (31 березня 2025 року, Полтава).

Публікації. За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 4 наукові праці, серед яких 3 статті у наукових фахових виданнях, 1 стаття у виданні, яке індексується наукометричною базою Scopus, 4 матеріалах і тезах конференцій. Частка авторства здобувача складає 50–100 %

Структура і обсяг роботи. Дисертація містить вступ, сім розділів, висновки та рекомендації виробництву, які розміщені на 140 сторінках основного тексту комп'ютерного набору. Робота містить 17 таблиць та ілюстрована 25 рисунками, включає 9 додатків. Список літературних джерел складається з 204 найменувань, серед яких 166 іноземною мовою.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ПРОДУКТИВНІСТЮ АГРОЦЕНОЗІВ КУКУРУДЗИ

(огляд літератури)

1.1. Особливості підбору гібридів для вирощування

Вітчизняні й зарубіжні науковці зазначають, що головним фактором, який визначав і тривалий час визначатиме підвищення урожайності всіх сільськогосподарських культур є селекція. Для кукурудзи саме нові гібриди є найголовнішою інновацією виробництва [4]. За даними ретроспективного аналізу, який був зроблений Ю. Лавриненком та ін. за 130 років історії спостережень, приріст урожайності кукурудзи становив 31 ц/га в рік саме за рахунок впровадження нових сортів і гібридів [5]!

Головним аспектом підбору гібридів чи сортів кукурудзи для вирощування виступають не тільки, власне, їхні генетичні особливості загалом, а саме адаптивні властивості, які можна описати за формулою генотип $\times$ середовище та взаємодії цих двох глобальних факторів, тому створення стійких і пластичних гібридів може стати основою стабільного виробництва важливої сільськогосподарської культури, якою є кукурудза [6]. До екологічної складової слід віднести й такі, на перший погляд, незначущі фактори як, наприклад, місце розташування посівів. Проте середовище вирощування може мати найбільш непередбачувані умови, таким чином, визначення урожайності вимагає високої точності [7].

Для правильного підбору гібридів для вирощування необхідно розуміти закономірності кліматичних змінних і далеко не завжди погодні показники можуть служити надійним критерієм для цього процесу. Особливо це актуально зараз, коли ці фактори є непередбачуваними й поки що не систематизовані. Їхня систематизація навряд чим відбудеться швидко й зможе використовуватися для управління продуктивністю посівів. Таким чином, логічним є включення до переліку факторів впливу умов року, які потім доцільно деталізувати відносно

особливостей системи взаємодії генотип $\times$ мегасередовище $\times$ рік. Отже, формулювання тверджень за результатами короткотривалих дослідів може дати неправильну оцінку, однак короткотривалі дослідження в різних локаціях можуть дати первинні матеріали для накопичення даних. Для отримання об'єктивних показників потрібно враховувати багато факторів та їхніх взаємодій [8, 9]. У зв'язку з цим формується необхідність створення гібридів або пластичних до широкого спектру умов середовища, або ж для конкретних умов вирощування [10, 11].

Слід також розуміти, що стабільність урожайності й адаптивність до широкого спектру умов середовища вирощування далеко не завжди можуть бути пов'язані й поєднані між собою [12]. Для прикладу наведемо лише деякі з цих факторів, які визначені українськими вченими: суми ефективних температур ($\geq +10$ °C) за період травня-вересня, суми опадів, отриманих посівами протягом вегетаційного періоду, характеристика гібридів за скоростиглістю, тривалість спекотного періоду тощо відповідно мають коефіцієнт кореляції $-0,62$; $-0,51$; $0,59$; $0,39$) [13, 14].

Таким чином, підбираючи гібриди для вирощування доцільно враховувати характеристики груп гібридів: *інтенсивних* – які потребують максимально сприятливих умов для формування урожайності; *пластичних*, що характеризуються стабільністю урожайності в різних ґрунтово-кліматичних умовах; *гомеостатичних*, які мають незначну реакцію на умови вирощування й придатні для вирощування на низькому агрофоні.

Для характеристик екологічної пластичності можна використовувати не лише показник урожайності, а й елементи структури – довжину качана, кількість зерен та кількість їхніх рядів у ньому, його масу тощо [15–17]. Саме фенотипічна мінливість компонентів урожайності свідчить про стабільність чи варіювання результативної ознаки – урожайності. Одними з найголовніших ознак, за якими необхідно досягати стабільності прояву є кількість зерен і маса зерна [18]. В умовах посухи досить інформативною про екологічну пластичність може виявитися тривалість періоду цвітіння шовку [19].

Доцільно зауважити, що також повинна бути оцінка генотипу на вплив умов середовища, у якому він буде вирощуватися [2, 6]. В умовах водного стресу ранньостиглі гібриди можуть давати урожайність на 31–74 % вищу порівняно з більш пізньостиглими [3], що особливо може бути актуальним для зони Лівобережного Лісостепу. Тут потрібно зазначити, що це підтверджується спонтанними емпіричними враженнями виробників.

Створені високопродуктивні і високоадаптивні гібриди повинні забезпечуватися належним рівнем агротехнологій, інакше вони не зможуть повністю реалізувати свій генетичний продуктивний потенціал. Так, наприклад, багато сучасних гібридів досить раціонально використовують поживні речовини й запаси вологи, що дає можливість збільшити кількість рослин на одиницю площі [6]. Цінними ознаками є також кут розміщення листка відносно стебла, ширина й довжина листової пластинки, площа листової поверхні однієї рослини. Це ті параметри, які характеризують здатність рослин кукурудзи засвоювати сонячне світло. Важливою ознакою також виступає маса кореневої системи [20].

Цінною характеристикою, яка використовується селекціонерами й може бути застосованою для оптимізації технології вирощування в сенсі підбору гібридів є багатокачанність. Багатокачанні гібриди краще пристосовані до посушливих умов [21]. В середовищі українських аграріїв існує широкий плюралізм думок стосовно цієї точки зору до цього дня.

Підбираючи гібрид для вирощування, треба оцінювати також його комплексну стійкість до хвороб [1], оскільки останнім часом спостерігається підвищення температури повітря і поширюваність хвороб зростає – особливо *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus* [22]. Така тенденція створює потенційну загрозу для виробництва зерна кукурудзи в Україні, адже територія нашої держави, практично, вже стала придатною для вирощування цієї культури.

За деякими оцінками постійне зростання урожайності кукурудзи буде пов'язане зі збільшенням густоти рослин [23], але при цьому, очевидно, слід враховувати певні особливості залежності урожайності від

агрометеорологічних факторів в умовах посухи. Наприклад, за даними Urechean V. та ін. позитивною кореляцією характеризувався зв'язок між урожайністю та середньгеометричною продуктивністю, індексом урожайності та індексом стабільності урожайності. В сприятливих умовах урожайність корелювала лише з першим показником з перелічених [24]. Вчені зазначають, що високопродуктивні гібриди можуть мати кращий рівень урожайності в разі загущення стояння рослин до 90 тис./га [25].

Загалом для добору гібридів в умовах конкретного господарства треба брати до уваги його географічне розташування, організаційні, економічні фінансові показники та рівень технологій вирощування [4], особливо з урахуванням тенденцій зміни клімату, які спричиняють фактично нове зонування території України [26]. В цьому сенсі слід звернути увагу на встановлення строків сівби – в умовах Полтавщини пізні строки сівби призводили до зниження урожайності на 0,62–1,22 т/га [27]. Власний досвід спілкування з аграріями Полтавщини засвідчує їхнє випробування ранніх способів сівби, що може датуватися останньою декадою березня.

Сучасне рослинництво насичене, здебільшого, високопродуктивними гібридами зарубіжної селекції, однак, як зазначають українські вчені, українські гібриди можуть бути цілком конкурентоздатними. Такими називають Черкаський 227 МВ, який може мати перспективу для вирощування в посушливих умовах [28]. Позитивний досвід використання гібридів вітчизняної селекції мають невеликі господарства регіону, їх рекомендують до вирощування авторитетні виробники насіння кукурудзи Полтавщини.

1.2. Роль способів обробітку у формуванні урожайності

На теренах Полтавщини особливості впливу способів обробітку ґрунту на урожайність сільськогосподарських культур розглядалися ще за радянських часів. Провідником і популяризатором інноваційної безвідвальної технології у цій сфері був Ф. Моргун. На той час українські аграрії не мали такого великого досвіду та й великого вибору в знаряддях, численні невдачі

були невірно оцінювані командно-адміністративною машиною тодішньої державної економіки. Останнім часом значна кількість фермерів звертає увагу на новіші й ощадливіші в еколого-економічному плані технології вирощування. Пов'язано це із зростаючою поінформованістю виробничників, можливостями вивчити й запозичити кращий досвід за кордоном. Треба також зазначити, що порівняно з колгоспними часами зросла й зацікавленість господарів, їхня кваліфікація й кваліфікація персоналу, енергетична й технологічна озброєність підприємств та вмотивованість.

Традиційним способом обробітку ґрунту під кукурудзу, навіть за розвитку різноманітних технологій вважається оранка. Однак саме цей спосіб досить часто вважають причиною втрати родючого верхнього шару ґрунтів та 15 %-ої втрати органічного вуглецю [29, 30].

Часово-просторовий аналіз показує, що протягом 1998–2008 рр. в кукурудзяно-соєвому поясі США застосування no-till зросло з 16,9 до 28,9 млн. га, а площі під застосуванням звичайного і консерваційного обробітку ґрунту зменшилися майже на 4 млн. га, однак в наступний період 2008–2016 рр. площа нульового обробітку вже скоротилася на 2,6 млн. га [30]. Таким чином, існує постійна зміна вподобань фермерів щодо застосування різних способів обробітку ґрунту.

За даними М. С. Ramos et al. нульовий обробіток досить ефективний для покращення фізичних властивостей ґрунтів, збільшення урожайності сільськогосподарських культур, особливо на ґрунтах, які сприйнятливі до ущільнення, причому збільшення надземної біомаси знаходилося в межах 30–45 % [31]. Однак бразильські вчені зауважують, що в умовах достатнього зволоження застосування no-till може призвести до стратифікації поживних речовин і концентрації кореневої системи у верхніх шарах. Це може виявитися стримуючим фактором для збільшення урожайності [32].

Blanco-Canqui H., Ruis S. J. також вказують, що вплив no-till на фізичні властивості ґрунту не можна об'єктивно оцінити через брак і різноманітність даних [33]. Однак, за їхніми даними, ця технологія забезпечує збільшення вологи до 44 %. Окрім того, цей спосіб обробітку може збільшити теплопровідність ґрунту, а його переваги слід оцінювати за результатами

довгострокового застосування, оскільки за рік він не зможе продемонструвати зміни в структурі ґрунту. Існують розбіжності в оцінці ефективності оранки й нульового обробітку залежно від умов років вирощування в посушливих зонах [34].

Досліджуючи багаторічні дані з вивчення способів обробітку A. L. M. Daigh et al. пишуть про справжній брак емпіричних даних щодо їхньої ефективності і роблять висновок про неістотну різницю в багаторічній урожайності за винятком окремих років [35]. В разі використання беззмінних посівів кукурудзи нульовий обробіток давав урожайність на 15,2 % вище порівняно з чизельним. Однак у сівозміні ситуація була протилежною і різниця становила 18,7 %. В помірному кліматі довгострокове застосування по-till сприяло покращенню стану ґрунтів та зростанню урожайності за даними M. R. Nunes et al. [36]. В цьому дослідженні були зафіксовані найсприятливіші властивості ґрунту: біологічні, фізичні й хімічні, запаси поживних речовин, кількість органічної речовини.

Такі різні результати пояснюються результатами досліджень польських вчених, які отримали наступні показники впливу факторів вирощування за результатами 12-річного аналізу: 57,06 % варіабельності урожайності пояснюється умовами років вирощування; 2,39 % припадає на вплив способів обробітку і 8,71 % – на взаємодію цих факторів [37]. Застосування безоранкових способів обробітку ґрунту разом з використанням покривних культур, наприклад райграсом (*Lolium multiflorum* Lam.), може значно зменшити варіювання урожайності за роками, втрати ґрунту та поживних речовин [38].

Застосування нульової технології може мати позитивний вплив на управління азотним живленням і економія азотних добрив може становити 12 % порівняно з нормами на інших технологіях [39]. Дійсно, обробіток ґрунту разом з сівозміною може вплинути на вміст азоту внаслідок зміни мікробного середовища й пов'язану з цим зміну вмісту органічної речовини. Порівняно з чизельним обробітком вміст азоту на «нульових» варіантах був більшим на 7–9 % [40].

Методи no-till можуть бути використаними для управління азотним живленням в разі використання органічних добрив – гною. Як показали дослідження в поєднанні з нульовим обробітком, в цьому випадку зменшуються втрати азоту і вуглекислого газу, що призводить до збільшення урожайності й поліпшення якості зерна кукурудзи [41]. Подібними результатами характеризується також застосування сидератів, яке також забезпечило збільшення вмісту вологи в ґрунті, одночасно знижуючи температуру і, таким чином, забезпечило формування кращої його структури [42].

Тут слід відмітити й інші результати. За даними 14-літнього експерименту D. W. Sweeney et al. урожайність кукурудзи в разі використання нульового обробітку була на 25 % меншою ніж на оранці. Застосування азотних добрив компенсувало цю різницю лише на 10 %, а органічна речовина просто перерозподілялася без збільшення в загальному [43]. В умовах достатнього зволоження вплив способів обробітку може бути майже однаковим, не перевищуючи 5 % в загальній дисперсії урожайності [44].

Азотне живлення хоч і є найголовнішим для виробництва кукурудзи, однак інші макроелементи також відіграють першорядну роль. У дослідженнях M. Yuan et al. наголошується на коригуванні фосфорного і калійного живлення. Дослідження, які проводилися протягом восьми років, показали, що постійне застосування no-till призводило до зниження урожайності (4,5–6,2 %) порівняно з іншим мінімалізованим способом – strip-till і використання фосфору і калію було ефективніше саме на цьому способі обробітку ґрунту [45].

Для кукурудзи важлива боротьба з бур'янами в агроценозах. В разі вибору способу обробітку ґрунту потрібно враховувати особливості його впливу на склад забур'яненості. За даними Chovancova S., Illek F., Winkler J. найбільша забур'яненість, переважно багаторічними видами, спостерігалася саме в разі застосування нульової технології, а найбільша видова різноманітність спостерігалася в разі мінімального обробітку порівняно з оранкою. Таким чином постає питання цілеспрямованого вибору гербіцидів

для захисту посівів [46]. Тим більше, що дослідження зв'язку між способом обробітком ґрунту та рівнем забур'яненості потребує надійного моніторингу кількісного складу і динаміки розвитку бур'янів [47]. Поряд з цим вирішення цього може бути досягнуто за рахунок чергування культур, особливо у напівпосушливих умовах [48].

Результати, отримані в зоні Мексиканського нагір'я показали, що густота бур'янів на нульовому обробітку може бути значно меншою порівняно з оранкою на 81–91 %, але це за умови досить ретельного контролю небажаної рослинності за допомогою гербіцидів. Таким чином, в разі застосування такої технології обробітку ґрунту необхідно досягти максимального контролю за бур'янами в перші роки застосування [49]. З цієї точки зору може виникнути думка про збільшені норми використання гербіцидів. До речі, вона часто побутує серед противників нульового обробітку.

В умовах Чехії також були отримані подібні результати з певною часткою впливу регіональних умов – за висновком J. Winkler et al. технології обробітку ґрунту мають обмежений вплив на видовий і кількісний склад бур'янів, проте також його слід розглядати як частину еволюції агроландшафту [50].

Дослідженнями вчених Техаського університету також встановлено, що порівняно з оранкою в системі нульового обробітку спостерігалася більша щільність цілого ряду бур'янів, таких як сорго алепське (*Sorghum halepense*), молочаю звичайного (*Chamaesyce humistrata*), щириці горбкуватої (*Amaranthus tuberculatus*) та кропиви стеблообгорнутої (*Lamium amplexicaule*). За результатами 36-річного експерименту було визначено, що 61 % життєздатного насіння бур'янів знаходилася в 5-ти сантиметровому шарі ґрунту. В той самий час як на оранці цей показник становив 46 %. Таким чином, переходячи на нульовий обробіток ґрунту необхідно враховувати зміну видового складу бур'янів, оскільки навіть застосування гербіцидів не завжди допомагає в ефективному контролі бур'янів [51, 52].

В Європі на «нульових» варіантах обробітку може переважати фарбувальниця звичайна (*Chrozophora tinctoria* L.), щириця лободова

(*Amaranthus blitoides* L.), мальва дрібноквіткова (*Malva parviflora* L.), курячі очка польові (*Anagallis arvensis* L.) чи гірчанка синякова (*Picris echioides* L.) або портулак городній (*Portulaca oleracea* L.), пажитниця багатоквіткова (*Lolium multiflorum* L.) [53–55].

Якщо застосовувати смуговий обробіток то, наприклад, забур'яненість посівів лободою білою (*Chenopodium album* L.) на такому обробітку була більшою порівняно з нульовим. Близько 75 % цих рослин знаходилася в міжрядній зоні обробки [56]. Хоча в загальному перевагу дослідники віддавали нульовій технології. Враховуючи таку ситуацію на двох континентах, потрібно зробити висновок про необхідність тривалого спостереження і контролю за бур'янами, які мають тенденції до непередбачуваного поширення в умовах зміни клімату.

Майже аналогічною є проблема з поширенням шкідників та хвороб. Через брак систематизованих результатів досліджень залишається невизначеним питання поширення таких шкідників як ковалики (*Elateridae*), особливо таких як ковалик посівний (*Agriotes sputator* L.) та його різновидностей. Однак, впливу способу обробітку ґрунту на поширення шкідників виявлено не було [57]. Щодо мікроорганізмів, зокрема ооміцетів, то встановлено, що застосування нульового обробітку значно пригнічує їхній розвиток [58].

Важливим екологічним аспектом з точки зору вибору способу обробітку ґрунту вважається зменшення викиду в атмосферу парникових газів, в першу чергу, CO₂, CH₄ і N₂O. Однак, за даними G. D. Behnke et al., використання сівозміни здатне збільшити урожайність на 20 %, скоротивши одночасно викиди закису азоту на 35 % незалежно від застосування способів обробітку ґрунту [59]. В той же час іншими дослідженнями встановлено, що в результаті застосування нульового обробітку було зафіксовано на 27 % більший вміст вуглецю і на 24 % більше азоту порівняно з варіантами оранки [60]. Аналіз багаторічних даних, проведених A. Laamrani et al. також, швидше, підтверджує екологічну прерогативу застосування так званих консерваційних способів обробітку ґрунту [61].

Уже на третій рік застосування нульового обробітку в ґрунті збільшується кількість представників макрофауни, в першу чергу, дощових черв'яків (у п'ять разів), покращуються показники агрегатної стабільності, яка закономірно пов'язана з чисельністю черв'яків. Таким чином, значно зростають практично всі показники біологічної активності ґрунтів [62].

Окрім зазначеного до переваг консерваційних обробітків ґрунту включають не лише збільшення органічного вуглецю в ньому, а й збільшення мікробної біомаси, покращення обігу поживних речовин та зменшення ризиків ерозії. Однак, велика кількість рослинних решток, які залишаються на поверхні можуть сприяти й виникненню хвороб збільшення витрат на купівлю хімічних засобів захисту і, навіть призвести до зменшення урожайності [63]. Хоча існують і майже протилежні дані – коли система обробітку не впливала на агрохімічні показники вміст форм вуглецю, гідравлічної провідності та об'ємної щільності ґрунту [64].

До того ж є свідчення про те, що застосування якогось одного способу обробітку ґрунту може мати негативні наслідки для нього, а застосування «ротаційного» обробітку сприяє покращенню як властивостей ґрунтів так і може збільшувати накопичення органічного вуглецю [65].

В умовах достатнього зволоження нульовий обробіток може поступатися іншим способам, наприклад плужному чи дискування [66], однак при цьому роль сівозміни могла досягати 28 %, а в посушливі роки урожайність кукурудзи на варіантах застосування no-till фіксувалася на 17 % більшою. Треба враховувати, що помічена й така тенденція: позитивний вплив на урожайність нульового обробітку проявлявся у 15 % випадків, зменшення спостерігалось у 5 % і було незмінним у 80 %. Такий стан речей говорить також про актуальність довгострокових досліджень [67].

Таким чином в науковій літературі є суперечності щодо впливу підбору способів обробітку ґрунту на урожайність. В мета-аналізі J. Sun et al., який поєднував 551 дослідження і 5191 порівняння вказано, що загалом зберігаючи обробітки ґрунту призводять до помірному зменшенню урожайності – 1,35 %. Причому негативні результати спостерігалися вже в разі надходження опадів у кількості більше 400 мм. А застосування no-till понад 20 років взагалі

призводило до істотного зменшення урожайності. Серйозне ущільнення ґрунту може призвести до ущільнення й перешкоджання через це проникності коренів углиб, поширення коренових хвороб тощо [68, 69].

Українські вчені також досить широко досліджують ефективність застосування різних способів обробітку ґрунту як за допомогою результатів власних досліджень так і узагальнюючи дані виробництва. В українських аграрних реаліях застосування no-till набуває все більшої популярності, хоча також відзначається суперечливість даних і окремий підхід для умов конкретного господарства [70].

В умовах зрошення позитивні результати стосовно зменшення забур'яненості посівів отримані в разі застосування чизельного обробітку, оскільки кількість бур'янів була меншою на 40 %, вегетативна їхня маса – на 19,7 % порівняно з оранкою. А на варіантах з нульовим обробітком кількість бур'янів була більшою на 78,6 %, а вегетативна маса – у 7,82 рази. Урожайність кукурудзи також зменшилась на 16,3 % [71]. В разі використання різноглибинного полицевого обробітку урожайність кукурудзи була на 1,02 т/га більшою порівняно з мілким дисковим обробітком [72].

Якщо застосовувати досить високі норми внесення органічних добрив (30 т/га) та мінеральних ($N_{90}P_{60}K_{60}$) то можна уникнути впливу багатьох небажаних факторів, у тому числі відсутності сівозміни [73]. На зрошенні, яке стає актуальним і для зони недостатнього зволоження, заміна оранки призводила до зменшення урожайності кукурудзи і погіршення фітосанітарного стану посівів [74]. Це говорить про важливість підбору способу обробітку ґрунту для богарних умов.

Значну роль у контролі бур'янів у разі застосування мінімізованих способів обробітку ґрунту відіграє використання сидератів. Так найбільшу урожайність отримали в результаті використання зеленої маси редьки олійної як сидерального добрива в нормі 7,7 т/га і безполицевого обробітку на глибину 25–27 см [75].

За даними М. С. Шевченка найкращим контролем бур'янів характеризується система обробітку ґрунту, в якій оранка займає 20 %, а комбінований мілкий обробіток 75 і no-till – 10–15 % [76]. Також

встановлено, що полицева та диференційована система забезпечує знищення збудників хвороб та шкідників – коренових гнилей, пухирчатої сажки, дротяників, стеблових метелика та бавовняної совки [77]. В умовах браку вологи частка впливу способу обробітку ґрунту може становити 41 %, але перевагу мала оранка [78]. В умовах короткої сівозміни ефективність чизельного розпушування називають інколи рівноцінним оранці за ефективністю [79].

Для повного розуміння вибору способу обробітку ґрунту слід враховувати економічний аспект, який все частіше застосовують аграрії як основний критерій. Дослідженнями Е. Б. Медведєва встановлено, що безполіцевий обробіток обумовлює економію виробничих затрат, зокрема пального на 36,8 % [80]. Аналіз економічної ефективності показує, що рентабельність мінімізованих способів, особливо no-till, є істотно вищою порівняно з іншими обробітками ґрунту [38, 56, 63, 64].

Аналіз літературних джерел, у якому авторка намагалася опрацювати найновіші наукові публікації, свідчить, що не зважаючи на доволі великий термін досліджень і виробничий досвід не вдалося встановити переконливі докази переваги застосування одного способу обробітку над іншим. Це свідчить про те, що вибір цієї операції повинен ґрунтуватися на конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, оснащеності підприємства і кваліфікації агрономів. На результати застосування значною мірою впливає мінливість умов років вирощування.

1.3.Управління азотним живленням і перспективи використання інгібіторів нітрифікації

Роль азотного живлення у формуванні урожайності кукурудзи загальновідома. В сучасній агрономії звертається увага на оптимізацію застосування добрив з метою поліпшення ефективності використання високовартісних азотних добрив посівами кукурудзи й зменшення шкідливого впливу азоту на навколишнє середовище.

Загальновідомо також, що для вирощування кукурудзи доцільно використовувати диференційоване внесення азоту або використовувати

комплексні добрива. За даними С. М. Каленської й Р. В. Говенька пластичні гібриди кукурудзи були здатні збільшити урожайність майже на 16 % в разі застосування діамофоски у нормі $N_{22}P_{57}K_{57}$, а додаткове внесення азоту сприяло подальшому зростанню урожайності на 8–18,6 % [81].

Досить перспективним є використання комплексних органо-мінеральних добрив, у склад яких вводять гумінові сполуки, олію німу (*Azadirachta indica*), морінги (*Moringa oleifera*), листя граната (*Punica granatum*) тощо [82, 83]. В останньому випадку покриття гранул карбаміду цими речовинами затримувало нітрифікацію до 30 днів, що значно зменшило втрати азоту й сприяло кращій продуктивності рослин. Втрати азоту при цьому скоротилися з 48 до 2 %.

Найбільше занепокоєння вчених викликає зростаючий парниковий ефект, який провокують викиди в атмосферу парникові гази, в тому числі N_2O та NH_3 . Основними джерелами викидів, в агрономічному аспекті, є саме використання азотних добрив, які до того ж не повністю засвоюються рослинами і, таким чином, зменшують економічний ефект для самого виробництва. Для зменшення цих негативних процесів пропонується використання інгібіторів нітрифікації та інгібіторів уреаз. В якості інгібіторів можуть використовувати не лише згадані рослинні компоненти чи продукти.

Пригнічення процесів нітрифікації може бути досягнуто як хімічними так і природними речовинами, а також біологічними препаратами. Серед хімічних речовин, які використовуються в якості інгібіторів нітрифікації є 3,4-диметилпіразолфосфат. Використання цього інгібітора сумісно з КАС-32 в нормі 300 кг/га на фоні $N_{32}P_{30}K_{42}$ дало збільшення урожайності на 17–19,8 %, тобто на 1,11–1,68 ц/га, що досить переконливо демонструвала діагностика поля за допомогою НДВІ. Урожайність при цьому також значною мірою залежала від суми активних температур [84–86].

Як зазначають J. Muller et al. використання сечовини, покритою 3,4-диметилпіразолфосфатом в меншій на 20 % нормі, зменшило викиди N_2O на 51 % без зменшення урожайності [87]. Застосування 3,4-диметилпіразолфосфату протягом двох років вже на другий рік дало змогу зменшити норму азотних добрив на 23 %, що дає перспективу застосування цієї речовини для зменшення норм азотних добрив [88].

Однак існують і менш оптимістичні сценарії дії 3,4-диметилпіразолфосфату. Так в дослідженнях X.-L. Wang et al. застосування цього інгібітора зменшувало швидкість нітрифікації ризосфери ґрунту, що негативно позначилося на рості рослин кукурудзи й вплинуло негативно на ефективність споживання води ними [89]. А в дослідженнях X. Li et al. застосування інгібіторів хоч і зменшило викиди NH_3 на 13,0%, але на таку саму величину збільшило викиди в атмосферу N_2O .

В цих дослідженнях було також відмічене збільшення урожайності кукурудзи на 8,1–21,2 %. В цілому ж можна було говорити про ефективність використання інгібіторів азоту – 3,4- диметилпіразолфосфату та тіофосфорного триаміду з економічної та екологічної точок зору [90]. Тіофосфорний триамід забезпечував порівняно кращі результати за вмістом азоту в ґрунті й збільшенням урожайності [91]. Використання 3,4-диметилпіразолфосфату разом з дигестатом збільшило біомасу рослин майже на половину – 49 % у дослідях, проведених для визначення ефективності сумісного застосування інгібіторів з органічними добривами [92].

Обидва згаданих інгібітори нітрифікації можуть зменшити викиди азоту в атмосферу й збільшити урожайність кукурудзи, однак їхня дія значною мірою може залежати від умов року, агрохімічної характеристики ґрунтів локації внесення, строку та багатьох інших факторів [93]. Збільшення урожайності кукурудзи можливе було на 1,85 ц/га, проте за умови високих температур застосування таких інгібіторів може виявитися взагалі малопомітним, які не перевищували 4–7 % [94, 95].

Подібні дані отримані і в дослідженнях з 3,4-диметил-піразол-бурштиновою кислотою. В більшості випадків спостерігалися менші втрати азоту на 25 % внаслідок вимивання, але різниці у розвитку рослин між варіантами не відмічали [96]. В разі використання речовини цієї ж групи 2-(3,4-диметил-1H-піразол-1-іл) ізомерної суміші бурштинової кислоти помічено суттєве зменшення залишкового азоту в добривах, хоча й спостерігався значний приріст кореневої маси – до 64 % [97]. В інших дослідженнях ефективність використання інгібіторів значною мірою залежала від способу обробітку ґрунту

– після оранки викиди NH_3 зменшилися до 64%, а в разі застосування no-till – до 53 % і більше [98, 99].

Досить поширеними є дослідження з визначення впливу нітрапірину або пронітридину в якості інгібітора нітрифікації, що також значно пом'якшує екологічні наслідки [100, 101], які вважаються деякими авторами майже рівноцінними за ефективністю. У сприятливі роки для отримання урожайності на рівні з застосуванням інгібіторів норму добрив у вигляді КАС треба було збільшити на 14–19 %. Застосування інгібіторів нітрифікації цієї групи пригнічує активність мікробних ферментів, які каталізують перший етап переходу перетворення амонію в нітрит. З екологічної точки зору ще не досліджено впливу нітрапірину на навколишнє середовище й цілком можливо, що застосування інгібіторів має лише економічну вигоду [102, 103].

Застосування цих препаратів вважають однією з найефективніших стратегій використання азотних добрив через можливість їхньої економії та зменшення викидів азоту в атмосферу. За результатами досліджень В. Ren et al. та ін. застосування нітрапірину збільшило урожайність на 3,4–5,7 % й компенсувало диференційоване внесення азотних добрив, а інколи й збільшувало її на 19 % [104–107].

Додавання інгібіторів до органічних добрив також має свої перспективи, оскільки значно зменшувало викиди аміаку з ґрунту на 46 %, якщо використовували гній великої рогатої худоби або солому. Додавання соломи було важливим елементом управління азотним живленням [108–111]. Є також дані про позитивний вплив застосування інгібіторів сумісно з пташиним послідом на управління живлення рослин фосфором [112].

Пакистанські вчені фіксували дані коли обробка карбаміду пронітридином зменшувала викиди азоту в атмосферу N_2O на 39–43 %. При цьому біомаса рослин, урожайність зерна та загальне поглинання азоту відповідно зросли на 23, 17 і 15 % [113].

У досліджах Singh G., Nelson K. A. Використання пронітридину з осені збільшувало урожайність кукурудзи на 7 % в умовах неурожайного року [114]. Інші результати досліджень свідчать про однаковість ефекту застосування і під час весни [115], хоча існують дані про необхідність збільшення норм внесення

азоту з осені [116]. Осіннє застосування нітрапірину збільшило вміст NH_4N на 21–63 % і забезпечило більший вміст загального мінерального азоту навесні на 10–19 %, в той час як весняне – на 25 % [117]. Слід також зазначити, що інгібітори нітрифікації можуть проявити позитивний ефект у роки з великою кількістю опадів [118, 119].

Разом з тим існують і альтернативні наведеним результати, які свідчать про відсутність позитивного впливу застосування інгібіторів нітрифікації на формування урожайності та на формування його якості [120–123]. На основі 1248 спостережень R. Cook et al. встановили, що на ефективність застосування інгібіторів можуть вплинути ґрунтово-кліматичні фактори, методи ведення технологій вирощування та багато інших, що, втім, не заперечує перспектив використання інгібіторів [124]. За даними Omonode R. A., Vyn T. J., нітрапірин не збільшував урожайність кукурудзи, але зменшував кумулятивні сезонні викиди N_2O [125].

Важливу роль у застосуванні інгібіторів нітрифікації відіграють погодні фактори, які також впливають на строки проведення технологічних операцій, в т. ч. сівби і застосування інгібіторів. Пізня обробка нітрапірином сприяла збільшенню таких показників як довжина і діаметр качана, кількість рядків у ньому, зерен, але не впливала на формування маси 1000 зерен [126, 127]. За даними G. Guardia et al. інгібітори азоту не впливали на урожайність зерна у випадку дощових умов, але можуть вплинути на вміст азоту [128].

Недостатньо інформації про особливості поведінки речовин інгібіторів нітрифікації залежно від властивостей ґрунтів, хоча на чорноземах встановлено позитивний вплив на зменшення випаровування NH_3 і N_2O , позитивні результати були також отримані на погано дренованих глинистих ґрунтах [129, 130]. Застосування нітрапірину виявилось ефективним у фазу розвитку кукурудзи V5, збільшуючи урожайність кукурудзи на 1,5 т/га, одночасно зменшуючи викиди N_2O [131]. Подібні результати також отримані в результаті дослідження дії нітропірину. Зменшення викидів N_2O спостерігалось на 43 %, а протягом трьох років цей показник мав значення 15 % без помітного впливу на урожайність [132].

В роботах українських вчених відзначено, що застосування інгібітора Stabiluren 30 з добривами Aminomax та Айдамін та деструктором СтимОрганік» 2 л/га сприяло збільшенню площі листків, застосованими для позакореневого внесення у період 15 листків – цвітіння. Застосування цього прийому у фазі молочної стиглості не дало позитивних результатів. Не помічено впливу інгібітора азоту на показники якості зерна, зокрема вміст білка [133, 134].

В умовах Полтавської області використання інгібітора нітрифікації на основі 1Н-піразол, 3,4-диметил-фосфата (DMPP) відтермінувало вивільнення азоту, що сприяло зменшенню використання техніки, позитивно впливало на розподіл азоту в ґрунті – вміст амонійного азоту перевищував контрольний варіант на 38–85 % [135]!

В дослідженнях С. F. Drury et al., В. Ren et al. з карбамідом на варіантах із застосуванням інгібіторів уреазини втрати аміаку були зменшені на 64 %, але на 30 % зросли викиди N_2O . Таким чином було зроблено висновок про одночасне застосування двох стратегій – використання інгібітора уреазини та інгібітора нітрифікації. В цьому випадку урожайність кукурудзи зростала на 19 %, значно зменшуючи викиди парникових газів [136–138]. Так звана подвійна стратегія може виявитися ефективною і в разі використання гною з-під великої рогатої худоби [139].

Застосування інгібітора нітрифікації диціандіаміду та 1,2,4-триазолу зменшило вміст у ґрунті нітратного азоту на 7–32 % та збільшило вміст амонійного на 10–59 % [140]. Застосування диціандіаміду сприяло збільшенню вмісту мінерального азоту в ґрунті через 30 днів після сівби [141]. Використання цієї речовини сумісно з гноєм свиней не підвищувало урожайність кукурудзи в разі нульового обробітку ґрунту на відміну від ефекту на пшениці. Очевидно, це було пов'язано зі строком внесення добрива [142]. Якщо ж використовували цю речовину в якості покриття для гранул сечовини то викиди в атмосферу N_2O-N зменшилися на 75 % [143].

В умовах теплого вологого клімату використання диціандіаміду може бути дуже ефективним для зменшення викидів азоту в атмосферу та кращого управління фосфорним живленням рослин та разом з свинячим гноєм [144–147]. Застосування в якості органічного компонента живлення рослин

дигестату теж потребує застосування інгібіторів, які зможуть зменшити втрати азоту у два–чотири рази й стати повноцінною заміною мінеральним добривам [148, 149].

Диціандіамід не значно впливає на формування урожайності і його використання мало, швидше за все, екологічні переваги, однак у вологих умовах викиди азоту можуть бути великими, не зважаючи на застосування речовини й вплив препарату на величину урожайності не спостерігався [150]. Як видно, це дещо суперечить попередньо викладеному матеріалу про доцільність використання диціандіаміду у вологих умовах.

За даними М. Ahmed et al. застосування диціандіаміду сприяло кращій ефективності засвоєння азоту та збільшенню урожайності кукурудзи на 15–20 % порівняно з варіантами, в яких використовувалася необроблена сечовина [151]. В дослідженнях бразильських вчених було помічено, що додавання інгібітора нітрифікації до карбаміду збільшило втрати азоту внаслідок випаровування $\text{NH}_3\text{-N}$ до 46 %, хоча у разі використання сульфату амонію чи амонійної селітри з додаванням інгібітора ці втрати зменшуються на 54–80 % [152].

Використання N-(n-бутил) тіофосфорного триаміду з карбамідом у концентраціях 20, 26,7 і 30 % зменшувало загальну втрату аміаку за рахунок випаровування 35,4–81,9%, 77,3–87,4% та 59,1–83,3% протягом 20 днів після внесення азоту, урожайність при цьому зросла на 12,9–34,8 %, 18,7–19,9 % і 14,6–41,1 % відповідно. Зазначається, що використання інгібіторів ефективно в технологіях коли добрива вносяться поверхнево. Використання цього інгібітора з КАС сприяло зростанню урожайності кукурудзи на 16,6 % [153].

Застосування інгібіторів є перспективним методом для зменшення викиду в атмосферу парникових газів і сприяє підвищенню урожайності [154, 155], однак, як зазначають А. А. Pawlick et al., жодні добрива, які вносилися з інгібіторами уреаз не зменшували вимивання NO_3^-N [156]. Таким чином, для встановлення закономірностей і механізмів дії інгібіторів азоту потрібно проводити тривалі й масштабні дослідження [157].

Важливу роль відіграють строки внесення азотних добрив. В разі застосування інгібіторів уреаз з добривами перед сівбою, втрати аміаку були

зменшені на 34–99 % і це збільшувало урожайність зерна на 83 % порівняно з неудобреним контролем, а в інших дослідженнях втрати $\text{NH}_3\text{--N}$ зменшилися на 46–80 % [158–160].

Як уже зазначалося раніше, використання інгібіторів азоту може сприяти зменшенню кратності внесення азотних добрив, оскільки одноразове внесення азотно-сірчаного добрива з інгібіторами азоту сприяло зростанню урожайності кукурудзи на 21,8 % [161, 162]. Також помічено, що інгібітори азоту працюють ефективніше коли застосовуються для менших норм внесення азотних добрив [163].

Для поліпшення ефективності управління азотним живленням використовують також різного роду органічні речовини – біовугілля, гумінові кислоти та їхні солі чи, наприклад, деякі рослини (*Brassica juncea*), грубу підстилку для худоби тощо. Застосування біовугілля ефективно для покращення фізичних властивостей ґрунту – гідравлічної провідності, структури, об'ємної щільності, шпаруватості та електропровідності [164–166].

Ефект інгібітора можуть справляти навіть гербіциди, які створені на основі гліфосату [167]. Потрібно враховувати, що правильне застосування різноманітних органічних добрив сприяє зростанню в ґрунті кількості корисних мікроорганізмів, здатних утримувати різні форми азоту і без застосування хімічних інгібіторів [168].

Застосування карбаміду сумісно з гуматом калію здатні були збільшити урожайність зерна кукурудзи на 7–30,5 %, а також сприяли накопиченню вегетативної маси, на основі чого були зроблені висновки про високу ефективність карбаміду, обробленого гуматом калію [169]. Суспензії гумінових і фульвових кислот давали змогу отримати збільшення урожайності кукурудзи за одночасного зменшення норм азотних добрив [170].

Наведений огляд наукових джерел свідчить про неоднотайність думок щодо використання інгібіторів азоту. Вчені схиляються в переважній більшості до корисності використання інгібіторів з метою зменшення викидів парникових газів у атмосферу та економічної ефективності від зменшення норм внесення азотних добрив [167], але існують і дані про сумнівний вплив інгібіторів на втрати азоту в атмосферу й їхній вплив на формування урожайності [171].

З одного боку інгібітори азоту можуть мати вирішальне значення, зменшуючи втрати поживних речовин та збільшуючи ефективність застосування вартісних азотних добрив [172, 173], і збільшувати продуктивність рослин на 41–79 %, особливо якщо використовувати стабілізовані азотні добрива підвищеної ефективності [174–177]. Вони відіграють важливу роль у концепції вирощування 4R, яка передбачає еколого-економічний підхід до вирощування сільськогосподарських культур [161]. З іншого боку, зменшуючи втрати азоту, вони жодним чином не збільшують урожайність [178], до того ж і разом із застосуванням таких добрив [179].

У світлі того, що локомотивом зростання урожайності є азотні добрива їхнє повсюдне застосування має глобальні впливи. Саме вони стали основним джерелом викиду в атмосферу закису азоту та різних його оксидів, тому зменшення цього негативного явища значною мірою, як вважається, може бути досягнуто за рахунок застосування інгібіторів уреазі й нітрифікації [180, 181].

Значно ефективніше можна досягти зменшення викидів азоту в атмосферу, комбінуючи застосування інгібіторів азоту й способів обробітку ґрунту [178, 125] або фертигації [182]. З точки зору отримання великого врожаю сечовина з інгібітором дала високі показники лише в один з трьох років досліджень [183].

Останнім часом аграрії України звертаються до використання на полях безводного аміаку, але в разі застосування цього добрива існує цілий ряд застережень саме через високі втрати поживної речовини. В дослідженнях W. Neels et al. встановлено, що джерела надходження азоту відігравали значну роль у формуванні урожайності та кількості втрат. Утримання в ґрунті $\text{NH}_4 + \text{—N}$ на безводному аміаку було на 340 % вищим порівняно з карбамідом. Інгібітор забезпечував подібний показник на рівні 14–50 % [184].

Важливу роль можуть відігравати інгібітори азоту у покращенні ефективності використання фосфорних добрив. Затримка процесу нітрифікації ймовірно призводить до вивільнення фосфору та його кращому використанні на 29 % [185, 186], а інколи сприяє й кращим показникам використання магнію [187]. Застосування інгібіторів в разі одночасного використання сірковмісних

добрив також сприяє засвоєнню цього важливого елемента живлення, збільшуючи не лише урожайність, а й вміст протеїну в зерні [161].

Таким чином, питання ефективного управління азотом постає глобальною задачею. Не зважаючи на більш ніж 50-річний досвід використання інгібіторів азоту в рослинництві існують протилежні думки й погляди на ефективність їхнього використання. Мета-аналізи даних говорять як про позитивну роль цих препаратів у формуванні урожайності так і про нейтральність їхнього застосування або, навіть, негативний вплив. Деякі джерела акцентують увагу на перспективах використання їх як ефективного прийому зменшення негативного впливу від використання мінеральних азотних добрив, однак не завжди можна досягти ефекту навіть від сумісного використання інгібіторів з добривами підвищеної ефективності [188–190].

Відсутність позитивного ефекту від використання інгібіторів азоту з добривами може бути пов'язана з особливостями ґрунтів, погодних умов і, більше того, може йти мова навіть про повну відсутність будь-яких агрономічних переваг [191, 192]. Багато вчених наголошують на необхідності проведення тривалих досліджень щоб з'ясувати якомога більше нюансів використання таких речовин [193].

Інтерпретуючи результати D. Fan et al., отриманих в результаті метарегресійного і багатофакторного аналізів даних [194], можна зробити висновок про імовірнісний результат застосування інгібіторів азоту. Цей імовірнісний ефект може значною мірою залежати від зміни погодних умов чи строків внесення добрив і може статися й так, що навіть використання високоефективних новітніх добрив не спричинить збільшення урожайності [195].

Отже, використання інгібіторів азоту представляє собою перспективний напрям досліджень і виробничих випробувань. Ефективність інгібіторів з теоретичної точки зору науково-обґрунтована, однак в процесі проведення польових дослідів, досить часто отримуються результати, які важко однозначно інтерпретувати. В Україні використання інгібіторів, поки що, є відносно новою темою. Складність проведення досліджень досить часто пов'язана з відсутністю спеціалізованої техніки для проведення польових досліджень. На думку авторки

слід дотримуватися тієї точки зору, що необхідно продовжувати дослідження у довготривалих експериментальних програмах.

Висновки до розділу 1

1. Одним з найголовніших аспектів оптимізації технології вирощування кукурудзи є підбір гібридів для вирощування в конкретних умовах господарства чи зони вирощування. Основними критеріями для цього повинна стати стабільність показників структури урожайності, архітекtonіки рослин, здатність ефективно використовувати площу живлення, тобто витримувати збільшені норми висіву до 90 тис. рослин на гектар та стійкість до хвороб, які поширюються в разі зростання температур.

2. Підбір способу обробітку ґрунту має велику залежність від ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування і потребує багаторічних даних спостережень і досліджень. Наразі немає одностайної думки про застосування способів обробітку ґрунту, як і немає достатньої кількості систематизованих емпіричних даних для створення теорії. Разом з тим існує велика кількість даних, отриманих у виробничих умовах, які також досить часто мають протиріччя.

3. Актуальність коригування азотного живлення й розробка ефективного управління ним особливо важлива в умовах зміни клімату тим більше, що застосування азотних добрив може виявитися одним з факторів цих змін. Таким чином цей напрям містить важливий екологічний аспект з точки зору зменшення викидів парникових газів, серед яких і оксиди азоту та аміак. Аналіз літературних джерел свідчить про переважно істотний вплив інгібіторів на зменшення втрат азоту.

4. Узагальнення літературних джерел свідчить про різноманітність тверджень і результатів експериментальних даних щодо впливу інгібіторів уреаз чи нітрифікації на збільшення урожайності. Згідно опублікованих матеріалів зафіксовано як істотне збільшення урожайності так і нейтральність

впливу таких речовин. В деяких публікаціях можна зустріти дані про негативний вплив інгібіторів на урожайність кукурудзи.

5. В Україні тема використання інгібіторів азоту порівняно нова. Враховуючи ґрунтово-кліматичну різноманітність території нашої держави доцільно сформувати довгострокові науково-дослідні програми з метою встановлення особливостей застосування інгібіторів азоту у виробничих умовах, де наявні сучасні агрегати для використання інгібіторів з різного виду добривами.

Публікації до розділу 1: 197–200

РОЗДІЛ 2

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика погодних умов років досліджень

В період досліджень склалися різноманітні погодні умови, що дозволило отримати дані про реакцію гібридів кукурудзи за використання різних елементів технології вирощування, які було передбачено оптимізувати. Тут необхідно пояснити, що опади цього місяця враховувалися через ймовірний накопичувальний ефект для наступних посівів кукурудзи. В подальшому це виявилось цілком виправданим, давши змогу визначити важливі кореляційні зв'язки. Врахування цього показника в такий період обґрунтовується ще й тим фактом, що в регіоні проведення досліджень фермери досить часто почали практикувати надранні посіви кукурудзи, ризикуючи, навіть, висівати в кінці березня. За даними Полтавського обласного центру з гідрометеорології запаси продуктивної вологи в 2023 році в метровому шарі ґрунту становили 154–213 мм. В наступному році ця величина знаходилася в межах 135–195 мм, а у 2025-му – 95–195 мм.

У квітні 2023 року місячна сума опадів склала 65–90 мм, що відповідало 2–2,5 багаторічних норм і така ситуація дещо затримала весняні польові роботи. У 2024 році цей місяць характеризувався жаркою й малохмарною погодою з локальним розподілом опадів, сума яких склала у північній та західній частинах 40–55 мм (125–160 %), а на решті території вона знаходилася в межах 19–26 мм (50–80 %). Під дією високих температур спостерігали швидке висихання верхнього шару ґрунту, яке хоч було дещо компенсоване опадами другої половини, однак стан ґрунту був слабозволоженим. У квітні 2025 року сума опадів на переважній частині регіону становила 30–43 мм, що відповідало 90–135 % від багаторічних даних.

Травень 2023 року був посушливим. Цього місяця місячна сума опадів на більшій частині території становила 17–55 мм, а в північних районах

області не перевищувала 8 мм, що становило 10–13 % місячної норми. Як наслідок відбулося значне скорочення продуктивної вологи в ґрунті. Посушливим видався також і травень наступного року, коли випало 10–30 % місячної норми опадів. у 2025 році локальні опади часто випадали у вигляді грозових дощів та супроводжувалися шквалами. Місцями спостерігалось випадання граду. На відміну від попередніх місяців місячна кількість опадів становила 65–100 мм (115–180 %).

Температурний режим весняного періоду мав також значну різницю. Так у травні 2023 максимальна температура досягала 26–28 °С, а на поверхні ґрунту фіксували позначки до 50–59 °С. 2024 року в цьому місяці температури повітря були дещо вищими й досягали 28–29 °С, а на ґрунті – 51–58 °С. У травні 2025 року спостерігали значне коливання температур. Хоча середня температура й становила 14,4–15 °С, однак відзначали 2–4 дні заморозків з температурою до –1 °С.

Таким чином весняні умови років досліджень характеризувалися різним вологісним і температурним режимом, що по-різному впливало на строки проведення польових робіт, сходи, ріст і розвиток рослин.

Літній період також відрізнявся певною контрастністю умов. Максимальна температура червня 2023 року становила 31–32 °С, що зумовило прогрівання поверхні ґрунту до 53–63 °С. Опади розподілялися вкрай нерівномірно територією області й варіювали в нормах 34–38 мм на більшій частині області, що становило 50–65 % місячної норми. На іншій частині кількість опадів була на рівні 90–100 мм (150–160 %). Умови вегетації склалися мало сприятливо через відсутність опадів протягом двох декад, хоча посіви кукурудзи перебували у задовільному стані.

У червні 2024 року Полтавський ЦГМ фіксував зростання температури на 3–4 °С вище порівняно з середньою багаторічною. Суха погода встановилася на всій території області, хоча в південній частині сильні опади супроводжувалися грозами, шквалами та градом. В середині місяця на всій території області пройшли дощі з кількістю опадів 20–40 мм, що поліпшило

запаси вологи в ґрунті. Однак загалом умови для вегетації культур були несприятливими.

Червень 2025 року характеризувався нестійкою погодою, що обумовлювалося спекою першої декади й прохолодною погодою 2–3 декади. Максимальна температура повітря досягала 34 °С, а на поверхні ґрунту – 59 °С, місячна кількість опадів складала 15–30 мм, що становило 20–50 % від багаторічної норми. Таким чином умови вегетації були малосприятливими через збереження й посилення ґрунтової засухи, особливо в південній частині області.

Температурний режим липня 2023 року був теплим і жарким. Тривалість періоду з температурою вище 30 °С у цьому місяці досягала 9 днів, місячна сума опадів становила на більшій частині території області 40–90 мм, а на півночі регіону – 140–145 мм, що відповідало 70–140 та 200–210 % від середньої багаторічної норми. Загалом, за оцінкою Центру гідрометеорології умови вегетації рослин були задовільними.

У 2024 році перша половина липня була аномально жаркою за оцінкою ЦГМ за слабкого надходження вологи – сума опадів становила лише 3–20 % від місячної норми. Навіть певне зниження температури в другій не поліпшило стан рослин – вони втрачали тургор, спостерігалось підсихання стовпчиків качана, що в подальшому стало причиною черездзерниці. В центральних районах спостерігалася посуха.

Не кращими видалися й умови липня 2025 року. Спостерігалися град та шквали, максимальна температура досягала 37 °С в повітрі й 63 °С – на поверхні ґрунту. Тривалість періоду з температурами вище 30 °С становила 10–17 діб. Опади на всій території області варіювали в межах 50–140 % й зволожували лише верхні шари ґрунту.

Останній місяць літа 2023 року був жарким і сонячним. Основна кількість опадів випала в першій половині серпня й становила 30–180 мм у різних локаціях, що становило 70–310 % від багаторічних показників. максимальна температура повітря досягала 36 °С, що було сприятливим для

формування високої урожайності кукурудзи. У 2024 році серпень характеризувався контрастними температурами, й високими їхніми значеннями, що за оцінкою ЦГМ було характерніше для липня. Місячна сума опадів не перевищувала 2–11 % і лише в північно-західній частині області досягла 8–22 мм (20–50 % норми). Стан виробничих посівів охарактеризували як задовільний і незадовільний. Подібним, хоч і сприятливішим був серпень 2025 року, за винятком дещо більшої кількості опадів й тривалістю періоду з температурою вище 30 °С 6–9 днів.

У вересні процеси формування урожайності кукурудзи тривають ще досить активно. У 2023 році він видався жарким, особливо в третій декаді з температурами на 6 °С вищими порівняно з середніми багаторічними. Максимальна температура досягала 30 °С, і вище, хоча мінімальні значення зафіксовані на позначках 3–7 °С. Такі умови сприяли досягненню кукурудзи.

У 2024 році вересень видався аномально жарким, і за даними Полтавського ЦГМ такого жаркого місяця не спостерігалось за всі роки спостережень. Максимальна температура досягала 34 °С в повітрі й 54 °С – на ґрунті. У 2025 році ці умови були порівняно м'якшими, хоча максимальна температура повітря досягала 31–33 °С, а поверхні ґрунту – 49–57 °С. Сума опадів у цей період становила в області 16–61 % від місячної, що становило 9–33 мм.

Таким чином, роки проведення досліджень характеризувалися значною відмінністю між собою, що дало змогу отримати об'єктивні дані про їхній вплив на формування урожайності кукурудзи за застосування типових технологій і оцінити ефективність оптимізації елементів технології вирощування.

Усереднені дані Полтавського ЦГМ не мають можливості об'єктивно й чітко оцінити вплив метеорологічних факторів через невелику кількість пунктів спостережень. В проведених дослідженнях використовували узагальнені дані локальних метеостанцій, які встановлені в господарствах різного розміру й форми власності, що забезпечило отримання об'єктивних

даних, а не усереднених по регіонах. Як пріоритет обрали просторово-часовий розподіл опадів, оскільки саме вони справляли визначальний вплив на формування урожайності кукурудзи через нерівномірність випадання та максимальні й мінімальні значення температур.

Такі метеорологічні станції встановлюються в багатьох господарствах області й країни. Підключення до метеостанції надає абоненту можливість доступу до архіву даних та даних усієї мережі в реальному часі. Отримана інформація може служити для порівняння умов формування урожайності й повинна використовуватися для наповнення баз даних.

На рис. 2.1 зображена кількість опадів, і з нього видно, що березень характеризувався майже однаковою кількістю опадів. У квітні найбільша кількість вологи отримана ґрунтами у 2023 році. У 2024 і 2025 роках кількість опадів була на 19–22 мм меншою. За кількістю опадів вигідно відрізнявся травень 2025 року – кількість опадів фіксувалася на 35–40 мм більшою, але в свою чергу зниження температур внесли додаткові труднощі для розвитку рослин і проведення комплексу польових робіт.

Згідно усереднених даних червень 2024 року також мав достатню кількість надходження вологи, але їхній фактичний розподіл був таким, що посіви в локаціях проведення досліджень майже не отримували продуктивних опадів. Це свідчить про необхідність налаштування мережі метеостанцій і фіксації кількості опадів в якомога більшій кількості місць щоб потім постала можливість створення математичних моделей формування урожайності.

Одну з найголовніших ролей відіграли у формуванні високих врожаїв опади літнього періоду 2023 року. Особливо це стосувалося липня – у 2024 році в цей самий період їхня кількість була майже в 11 разів меншою, а в 2025 році – мало не вдвічі. Потрібно відзначити, що й просторово опади розподілялися вкрай нерівномірно. Навіть в умовах окремо взятого господарства локальні опади випадали в невеликій кількості, залишаючи значні площі без них.

Як і у липні в серпні відбуваються основні процеси формування генеративної частини рослин кукурудзи. Помітно, що в 2024 і 2025 роки у цей період спостерігався значний брак опадів порівняно з 2023 роком. Знову ж ситуація була подібною з попереднім місяцем – кількість опадів була у шість і 1,5 рази меншою. Аналізуючи метеорологічні показники було встановлено, що розподіл випадання опадів був такий, що на окремих територіях посуха тривала з кінця травня до настання повної стиглості кукурудзи.

Вересневі опади вже не мають такого великого значення для формування урожайності кукурудзи, особливо для ранньостиглих гібридів. Що стосується середньостиглих то посіви також не здатні вже ефективно використати вологу через висихання рослин. Осінні опади можуть проявляти й небажаний ефект, заважаючи висиханню зерна та утруднюючи організацію й логістику збирального процесу.

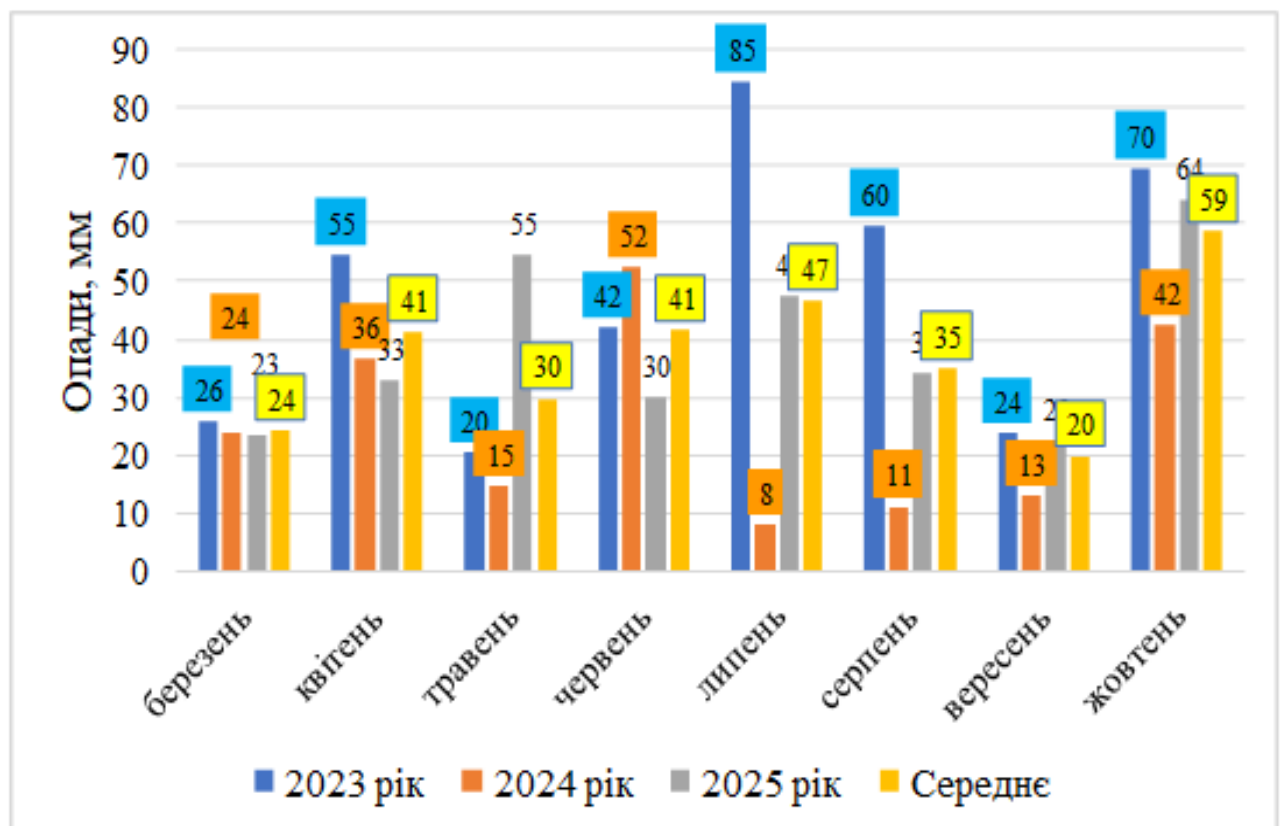


Рис. 2.1. Розподіл опадів за роками досліджень

Не менш важливою є оцінка розподілу опадів за сезонами, оскільки вона не лише унаочнює їхній вплив на урожайність, а може бути важливими даними для прогнозування майбутньої урожайності. З рис. 2.2 видно, що дійсно весняний період всіх років досліджень характеризувався незначним контрастом за кількістю опадів. Весна 2025 року мала дещо більшу кількість води, що надійшла порівняно з попереднім чи, навіть, оптимальним 2023 роком. Однак її особливістю став низький запас продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту після малосніжної зими. Весняні дощі були розтягнуті в часі, однак за своєю кількістю не могли повністю ліквідувати дефіцит вологи. Ще одним несприятливим фактором виявилися низькі температури повітря, що позначилося на динаміці розвитку рослин.

Показники отриманої вологи посівами в літній період переконливо пояснюють важливість води в період, коли відбувається цвітіння й формування генеративних органів, які, зрештою, й формують майбутній урожай.

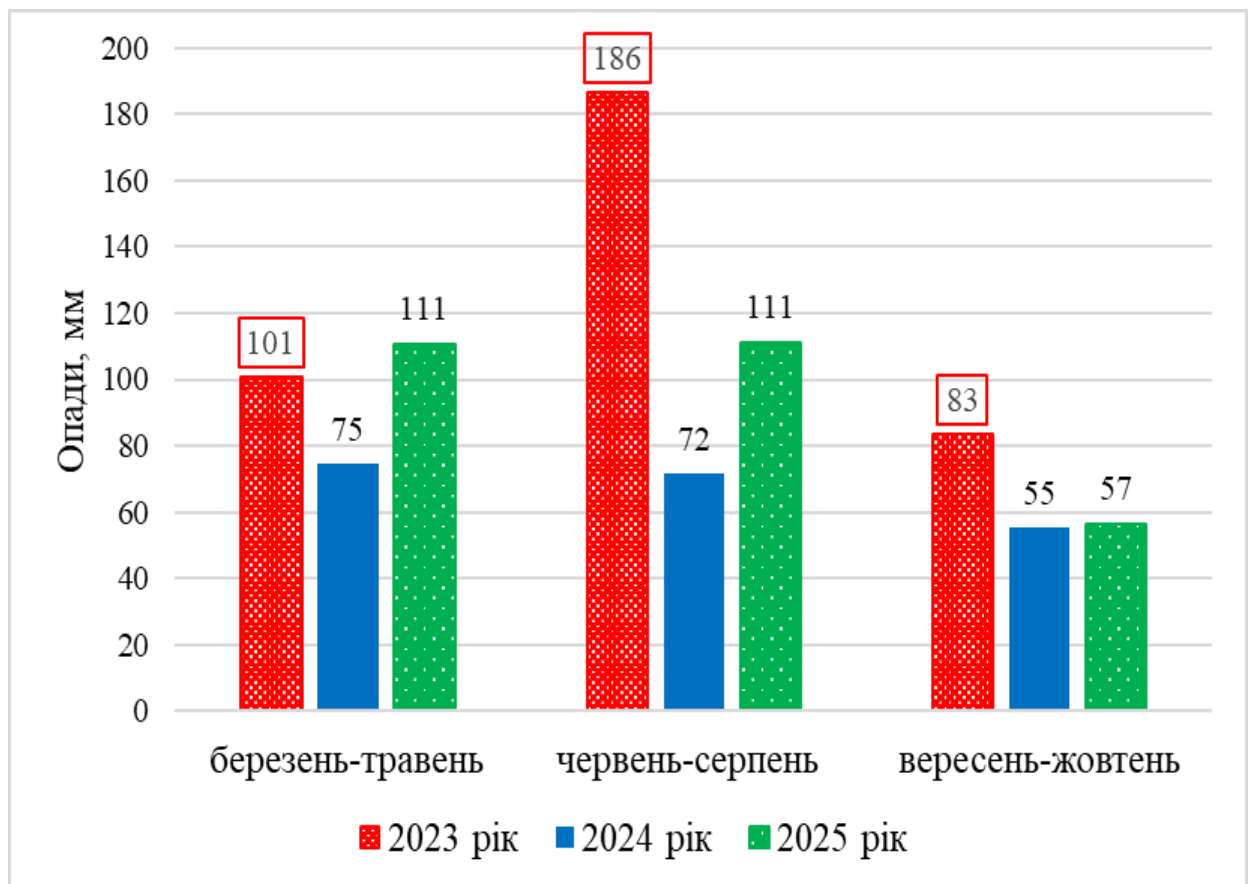


Рис. 2.2. Розподіл опадів за сезонами

В цьому аспекті слід відзначити загальну тенденцію до обліку опадів протягом вегетаційного процесу кукурудзи. Вони повинні фіксуватися точно, якомога в більшій кількості локацій з наступними записами для подальшого використання в математичних моделях. Динаміка температур в даному випадку має дещо менший вплив, оскільки, навіть, піки температур розподіляються територіально значно рівномірніше.

Істотним фактором, який впливав на формування урожайності зерна кукурудзи, була температура, пікові значення якої характеризувалися надзвичайно високими показниками, особливо у 2024 і 2025 роках досліджень (рис. 2.3). У 2023 році жарка погода встановилася у червні, коли її пік перетнув позначку 30 °C. У цьому році спостерігалось плавне підвищення температури включаючи серпень. Таке підвищення значною мірою компенсувалося кількістю опадів у цей період, що позитивно вплинуло на формування рівня урожайності.

У наступних роках тридцятиградусна позначка була перейдена вже у травні. Ці роки були особливо несприятливими, оскільки підвищення температури спостерігалось одночасно з браком атмосферної вологи, внаслідок чого рослини протягом всього періоду формування генеративної частини перебували в стресових умовах. Особливо жаркою погодою характеризувалися літні місяці. Спека й дефіцит вологи спостерігалися протягом всього літнього періоду й були безперервними.

Фактично, навіть у вересні, температурні максимуми були високими тобто температура знижувалася слабо. Лише в 2023 році позначки термометрів опустилися нижче 30 °C для пікових значень. У два інші роки перевищення температури вище цієї межі спричинили різке зменшення урожайності. Така погода негативно позначилася на формуванні величини й виповненості зерна, спровокувавши значне зниження показника натури зерна та маси 1000 зерен.

Наведена динаміка змін погодних факторів набагато точніше відображає ситуацію з погодою через ширшу мережу встановлених

метеостанцій, забезпечуючи набагато об'єктивніші дані й можливість аналізувати урожайність у місцях їх встановлення.

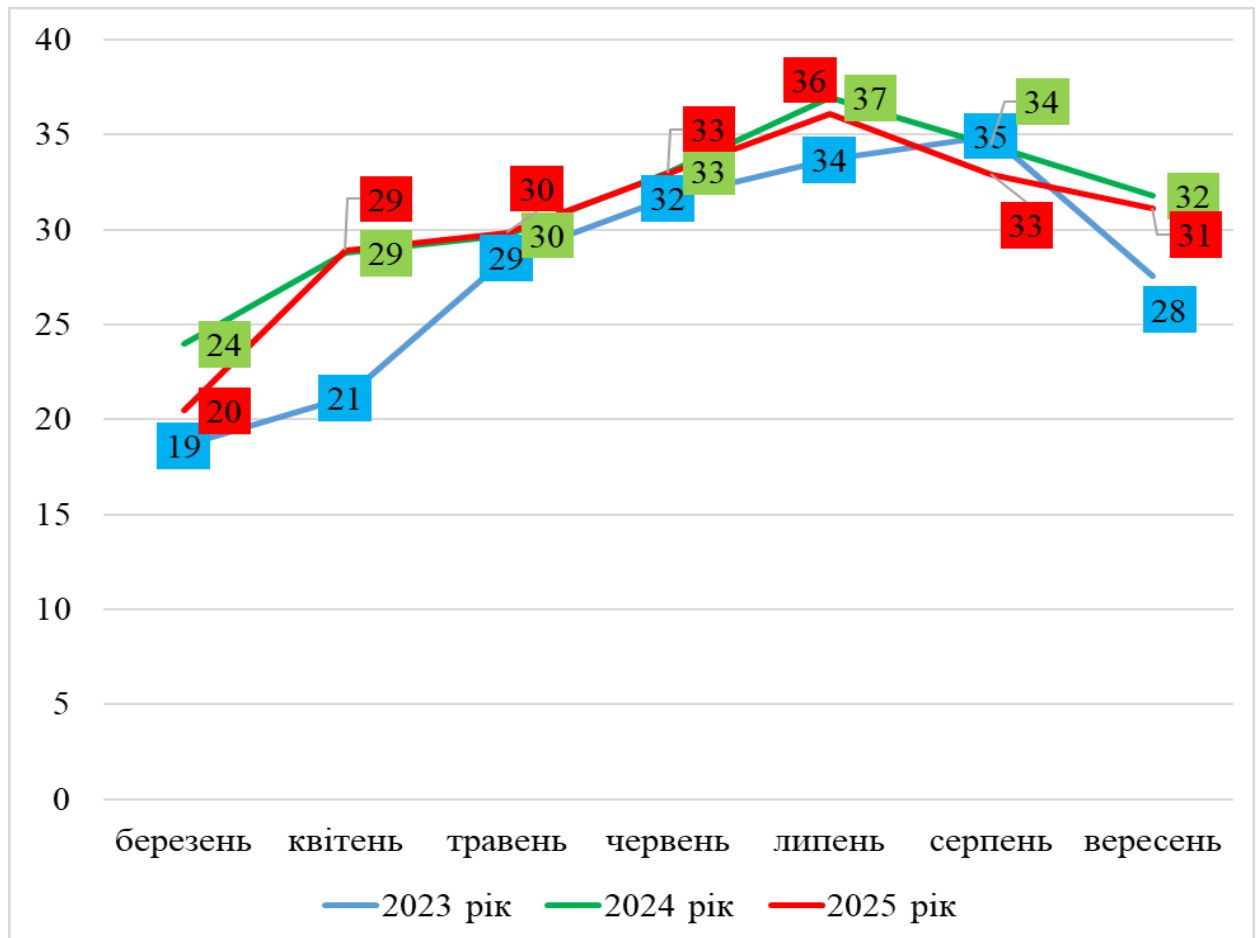


Рис. 2.3. Температурні максимуми в роки проведення досліджень

На зменшення урожайності кукурудзи могла значно вплинути також і мінімальна температура протягом весни та ранніх етапів розвитку рослин. Роки досліджень також відрізнялися й характером перебігу мінімальних температур. Найбільш урожайний 2023 рік був значно теплішим, порівняно з двома наступними, що дало змогу рослинам сформувати сильні одночасні сходи й нормально розвиватися (рис. 2.4).

Найхолоднішим був 2025 рік, коли заморозки досягали майже -3°C . холодна погода травня також несприятливо вплинула на розвиток рослин, а деякі озимі культури навіть загинули чи мали значні ураження. Такі погодні умови також спровокували затримку строків сівби. Мінімальні значення термометрів досягали в окремих локаціях навіть нижче мінус 7°C .

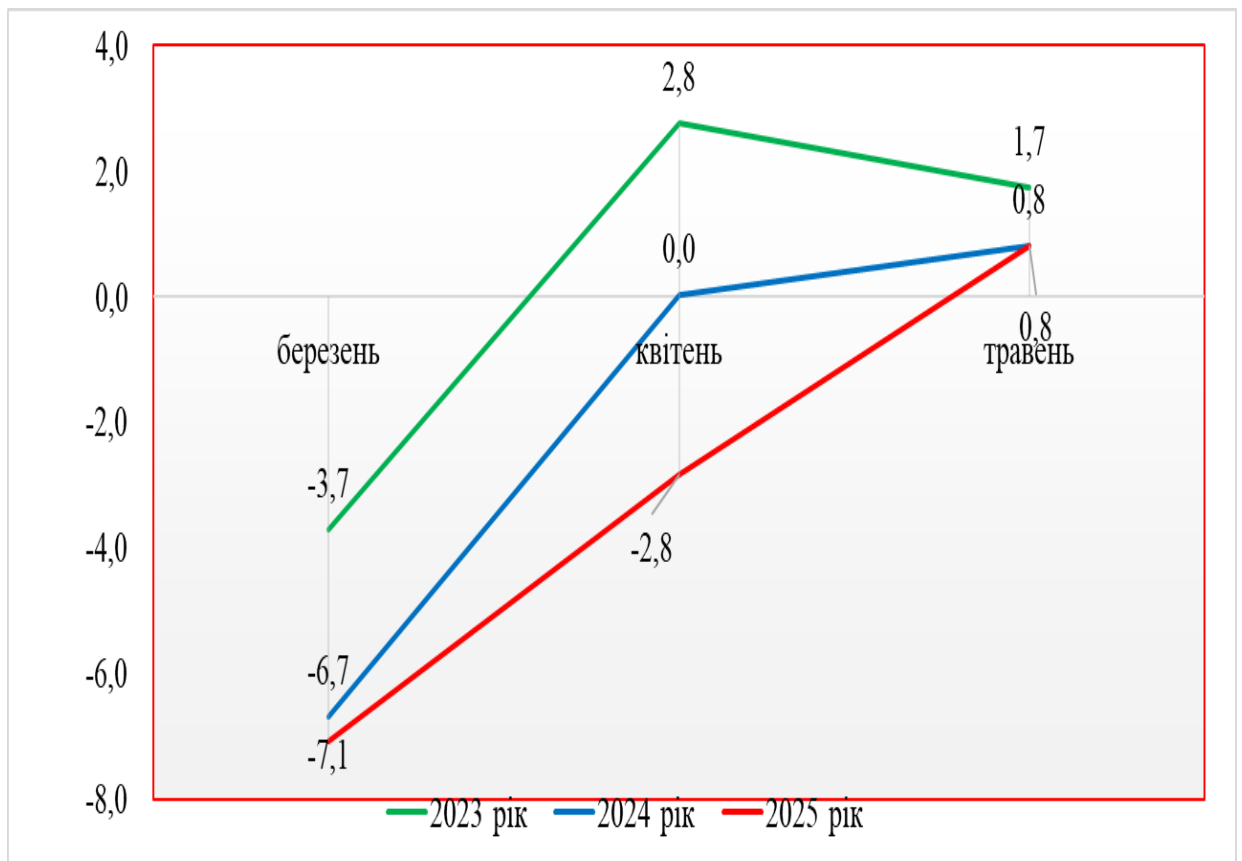


Рис. 2.4. Температурні мінімуми в роки досліджень

В цілому слід відзначити значну контрастність умов вирощування за роками досліджень, однак це дало змогу оцінити вплив досліджуваних факторів на формування урожайності кукурудзи в контексті визначення реакції гібридів і їхньої придатності до умов вирощування.

2.2. Агрохімічна характеристика ґрунтів в локаціях проведення дослідів

Ґрунти ТОВ «Агрофірма ім. Довженка» представлені, в основному, чорноземами та темно-сірими опідзоленими ґрунтами. Найпоширеніші в господарстві – це чорноземи глибокі малогумусні слабоструктурні, чорноземи глибокі малогумусні слабоструктурні вилуговані та чорноземи глибокі середньогумусні структурні із середнім вмістом азоту, що легко гідролізується 152–161 мг/кг, рухомого фосфору 84–155 мг/кг та обмінного калію 100–153 мг/кг. Як правило, ґрунти мали досить високий вміст гумусу. Здебільшого ці ґрунти мають реакцію близьку до нейтральної. Таким чином

ці ґрунти є придатними для всіх сільськогосподарських культур, в тому числі й кукурудзи. Детальніша агрохімічна характеристика наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Агрохімічна характеристика ґрунтів ТОВ «Агрофірма ім. Довженка»

Назва ґрунту	Вміст гумусу, %	pH ґрунту	Вміст поживних речовин у ґрунті, мг/кг		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Чорноземи опідзолені і слабо-реградовані	3,73	6,0	152,4	160,4	148,3
Темно-сірі опідзолені і слабо-реградовані	4,12	6,6	153,3	157,3	129,9
Чорноземи опідзолені і реградовані середньо-змиті	4,17	6,5	150,3	121,0	135,8
Чорноземи типові малогумусні та чорноземи сильно реградовані	4,28	6,8	153,2	97,6	125,8
Чорноземи типові середньо-гумусні	4,22	6,7	153,4	87,2	110,0
Чорноземи типові і чорноземи сильно реградовані слабозмиті	4,16	6,5	154,5	73,6	106,7
Намиті чорноземи і лучно-чорноземні ґрунти	4,14	6,7	160,0	184,1	159,8

Друга локація проведених досліджень, яка знаходилася в ФГ «Туран», була розміщена на чорноземах типових, сформованих на лесових породах. За даними агрохімічного обстеження ґрунти дослідної ділянки характеризувалися наступними показниками: вміст легкогідролізованого азоту становив 5,6 мг, фосфору – 9,8 мг, калію – 12,5 мг/100 г ґрунту. За вмістом гумусу 4,6 % ґрунти відносилися до малогумусних чорноземів. Структура гумусового горизонту мала зернистий характер. В господарстві переважають легкосуглинкові й важкосуглинкові ґрунти. Реакція ґрунтового розчину була близькою до нейтральної – pH=6,4–7,1.

Дослідні ділянки з визначення ефективності технологій вирощування розміщувалися на чорноземах малогумусних, які характеризувалися середньосуглинковим механічним складом. Потужність гумусового

горизонту досягала 60 см. Вміст гумусу в орному шарі становив 4,22 %. Реакція ґрунтового розчину наближалася до нейтральної (рН=6,70). Відносний вміст азоту становив 0,18 %, фосфору – 0,16 % і калію – близько 2,5 %.

2.3. Матеріал та методика досліджень

В ході проведення експериментальних досліджень проводили аналіз формування урожайності кукурудзи залежно від метеорологічних показників. Для цього використовували дані локальних метеостанцій, які встановлені у господарствах різної форми власності й різного розміру. При цьому зазначимо, що такими приладами користуються, як правило, прогресивні, добре енергоозброєні й оснащені підприємства. Таким чином, отримані результати мали високий рівень репрезентативності й головне, мали велику довіру серед виробників. Враховуючи одноманітний розподіл високих температур, які припадали на фази розвитку рослин культури, основна увага зверталася на вплив кількості і розподілу опадів протягом вегетаційного періоду кукурудзи. Також аналізувалися дані періодів, які передували сівбі або стосувалися пізніх стадій вегетації та збирання культури.

Програма польових досліджень реалізовувалася у виробничих дослідках сільськогосподарських підприємств області. Таким чином умови проведення досліджень у повній мірі відповідали виробничій ситуації і умовам потенційного впровадження результатів.

Дослід 1. Вплив генетичних властивостей гібридів і норм висіву на формування урожайності кукурудзи. Вивчалася реакція 30 гібридів від чотирьох головних оригінаторів:

Оригінатор	Гібрид	ФАО
Lidea	ЕС Сіріус	200
	ЕС Конкорд	250
	ЕС Паролі	260
	ЕС Сенсор	370

	EC Метод	380
MAS Seeds	MAS 23.K	240
	MAS 30.K	280
	MAS 33.A	320
	MAS 37.V	340
	MAS 44.A	380
Bayer	DKC 3509	240
	DKC 3795	250
	DKC 3415	260
	DKC 3472	270
	DKC 3717	280
	DKC 4014	310
	DKC 3511	330
	DKC 4408	340
	DKC 4490	370
Pioneer	DKC 4964	380
	P7709	190
	PR39H32	200
	P8521	220
	P8000	230
	PR39D81	260
	PR39B76	280
	P9175	330
	P9400	340
	P9578	350
	P9241	360

Таким чином для досліджень було використано гібриди кукурудзи трьох груп стиглості – ранньостиглі, середньоранні та середньостиглі.

Попередник – буряки цукрові, спосіб обробітку ґрунту – глибока оранка. Азотне живлення забезпечували за допомогою 250 кг/га карбаміду

впрокид перед основним обробітком ґрунту та 100 кг/га сульфату амонію перед закриттям вологи. Для захисту посівів від бур'янів використовували Примекстра Голд (3 л/га) у фазу 2–3 листків та Тітус Екстра (0,05 кг/га + Хармоні 0,01 кг/га) у фазу 5–8 листків.

Під час збирання урожайність перераховувалася на стандартну вологість та засміченість. Розміщення варіантів рандомізоване. Облікова площа ділянки 100 м². Дослідження проводилися на виробничих дослідах в ТОВ «Агрофірма ім. Довженка» Миргородського району Полтавської області.

Дослід 2. Визначення ефективності застосування інгібіторів азоту для оптимізації системи удобрення кукурудзи. Для проведення досліджень були відібрані найпродуктивніші гібриди для умов нестійкого зволоження.

Pioneer 9241 (ФАО 360). Середньостиглий гібрид селекції Corteva Agriscience, США. Придатний до пізнього збирання, що особливо важливо для господарств зони, даючи змогу поліпшити організацію процесу збирання. Стійкий до вилягання та летючої сажки. Рекомендована густина стояння рослин становить в умовах недостатнього зволоження 60–65 тис. шт./га й 70–75 тис./га для умов достатнього зволоження

DKC4964 – середньостиглий (ФАО 380) посухостійкий гібрид селекції Монсанто, який також характеризується стійкістю до гельмінтоспориозу, сажки та фузаріозу. Рекомендована норма висіву в умовах недостатнього зволоження становить 55–60 тис. рослин/га, а в зонах з достатнім зволоженням – 65–70 тис. рослин/га.

ЕС Сенсор – середньостиглий гібрид (ФАО 370), який характеризується дуже високою стійкістю до посухи, вилягання та таких хвороб як фузаріоз качана та стебла, гельмінтоспороз, пухирчаста і летюча сажка. Рекомендовані норми для зон недостатнього й достатнього зволоження становлять, відповідно, 55–60 й 60–70 тис. рослин/га.

MAS 30.K – середньоранній гібрид (ФАО 280) селекції MAS Seeds, який характеризується високим потенціалом в цій групі гібридів. Рекомендована

густота стояння рослин на час збирання становить 70–80 тис./га для умов достатнього зволоження й 60–70 тис./га – для умов зони нестійкого зволоження. Характеризується як стресостійкий гібрид під час повітряної й ґрунтової посухи.

Для встановлення ефективності інгібіторів азоту в дослідженнях використовувалися препарати, які, за характеристиками виробників, можуть класифікуватися як інгібітори азоту.

Ultra boost for NH_3 (гумінові, фульвові, ульмінові кислоти, розчинний кальцій, мікроелементи, інші. Масова частка 16%, 3%, 1%, 9%, 6%, 55–57%). Препарат є джерелом живлення мікроорганізмів, які споживають азот. Характеризується також як деструктор стерні. Виробник – компанія IVA ROVE Inc., США.

DMPP (діюча речовина: 1Н-піразол, 3,4-диметил-, фосфат.). Як зазначається це – вискоєфективний інгібітор нітрифікації для підвищення ефективності азотних добрив. В основу дії препарату покладено пригнічуючий ефект бактерій роду *Nitrosomonas*. Виробник – компанія Хімагромаркетинг, Україна.

НоваТек One (Bienfield) – має також пригнічуючий ефект на бактерії, уповільнює процеси нітрифікації в ґрунті. Діюча речовина – DMPP – 3,4 (диметилпіразол фосфат). Препарат аналогічний попередньому.

Азотолайф (Life Biochem, Україна) – препарат, створений на основі вільноживучих азотфіксуючих бактерій (*Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*). Містить вільні амінокислоти, вітаміни, цукри, полісахариди, ауксини, цитокініни, гібіреліни, ферменти, антибіотичні речовини до фітопатогенів та ін.). мікроелементів та компонентів поживного середовища.

N-Лок (діюча речовина нітрапірін, 300 г/л). Дія препарату ґрунтується на дезактивації бактерій роду *Nitrosomonas*. Виробник – Corteva Agriscience, США.

Таким чином, в дослідженнях було використано інгібітори азоту різного характеру дії на ґрунтову біоту та різного хімічного походження.

Програма досліджень виконувалася згідно схеми досліду:

Гібриди (фактор А)	Інгібітор (фактор В)
Pioneer 9241	Контроль (без інгібітора)
DKC4964	Ultra Boost 1,5 л/га
ЕС Сенсор	DMPP 25 г/га
MAS 30.K	НоваТек One 1,35 л/т
	Азотолайф 1,5 л/га
	N-Лок 1,7 л/га

Дослід проводили в умовах земельного користування ФГ «Туран», що знаходиться в с. Мала Рублівка Полтавського району. Метод розміщення варіантів – рандомізований. Облікова площа ділянки становила 250 м². Попередник – соя, система удобрення включала 100 кг/га сульфату амонію перед закриттям вологи та 180 кг/га КАС-32 – перед сівбою. Норма висіву – 75 тис./га. Захист посівів від бур'янів забезпечували за допомогою гербіцидів: до появи сходів Сахара 2,5 л/га + Тотал К 2,5 л/га і повторно у фазу 3–5 листків Тітус Екстра 0,05 кг/га + Хармоні 0,01 кг/га.

Дослід 3. Визначення ефективності технологій вирощування кукурудзи за різних способів обробітку ґрунту. Схема досліду передбачала порівняння двох способів обробітку під кукурудзу – оранку та нульовий за різних строків сівби. Попередник – пшениця озима. Розміщення варіантів у досліді рандомізоване, повторність – триразова. Облікова площа ділянки становила 300 м². Для удобрення посівів використовували 200 кг/га КАС-32.

Zinovii grand – стимулятор росту, який містить комплекс мікро- і макроелементів: вуглець, азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірку, цинк, мідь, молібден, залізо й марганець. Стимулятор росту застосовували під час догляду за рослинами сумісно з фунгіцидом Кустодія (тебуконазол, 200 г/л + азоксистробін, 120 г/л). Дослідження проводились у ФГ «Туран» з гібридами кукурудзи Pioneer 9241 (ФАО 360) та DKC4964 (ФАО 380). Норма висіву насіння становила 75 тис./га.

Схема досліду:

<i>Гібриди (фактор А)</i>	<i>Технологія (фактор В)</i>	<i>Стимулятор (фактор С)</i>
Pioneer 9241	Оранка	
DKC4964		St (без стимулятора)
	No-till	Zinovii grand (2 кг/га)

На дослідях проводили спостереження з метою візуальної оцінки посівів у основні фази розвитку культури. Стан посівів оцінювали за 5-бальною шкалою (відмінний, добрий, задовільний, поганий та дуже поганий). Також за цим методом оцінювали стан живлення кукурудзи. Облік урожайності зерна визначали методом суцільного обмолоту ділянок з перерахунком на стандартну засміченість і вологість [197]. Натуру зерна визначали за допомогою пурки ПХ-2, біохімічні показники якості – за допомогою аналізатору соняшнику та зерна AgriCheck в лабораторії якості зерна Полтавського ДАУ. Статистичну обробку результатів експериментів проводили методами дисперсійного й регресійного аналізу, використовуючи Exel, STATISTICA.

Висновки до розділу 2

1. Умови років вирощування значно контрастували між собою за часово-просторовим розподілом опадів. У 2023 році спостерігалася рівномірна кількість опадів протягом вегетаційного періоду кукурудзи. Це й стало головним фактором формування високих врожаїв кукурудзи. 2024 рік характеризувався не лише нерівномірністю зволоження, а ще й високими піками температур та відсутністю опадів протягом всього літнього періоду. У 2025 році, не зважаючи на більшу кількість опадів, головною причиною зменшення урожайності стали низькі температури протягом ранніх періодів розвитку рослин.

2. Контрастність умов років досліджень дала змогу визначити частку вплив нерегульованих факторів середовища вирощування, виокремивши її з загальної дисперсії. Разом з тим це дало змогу виділити ті гібриди, які

володіють високою адаптивністю і можуть рекомендуватися до вирощування в зоні нестійкого зволоження.

3. Оцінка впливів в умовах конкретного року вирощування створила перспективу створення баз даних для подальшого їхнього використання з метою прогнозування урожайності кукурудзи.

4. Дослідження проводилися згідно методики наукових досліджень в агрономії у виробничих умовах. Реалізація програми дозволила отримати репрезентативні результати, які максимально наближені до умов сучасного виробництва з врахуванням технічного оснащення, організації праці та використання сучасних препаратів і добрив. Дослідження інгібіторів азоту в ґрунті мали наукову новизну та практичне значення для впровадження.

Публікації до розділу 2: 203

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ПІДБОРУ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ НЕСТІЙКОГО ЗВОЛОЖЕННЯ

3.1. Особливості впливу погодних умов на формування урожайності кукурудзи у виробничих посівах

Вплив агрокліматичних чинників досить широко розглядається в науковій періодиці як у вітчизняних так і в закордонних виданнях. Особливо це часто звучить в контексті глобальних змін клімату, які відбуваються зараз. З точки зору визначення закономірностей формування урожайності необхідним постає завдання вирішення прогнозування урожайності на регіональному рівні або ж для конкретного господарства. В даному аспекті, на думку авторки, можуть допомогти інструменти агроскаутингу, які наразі широко популяризуються в середовищі і великих і малих сільськогосподарських підприємств.

Одним з таких інструментів є використання даних локальних метеостанцій в підприємствах. Підхід до їх встановлення в господарствах може бути цілком прагматичним якщо отримані дані спостережень накопичувати, систематизувати з подальшим аналізом їхнього впливу на формування урожайності сільськогосподарських культур і використовувати для побудови математичних моделей прогнозування урожайності.

На момент проведення досліджень в господарствах області функціонували стабільно близько двох десятків метеостанцій, дані яких використовуються, в більшості випадків, лише для спостережень і не мають достатньої глибини аналізу. Такий аналіз доцільно починати з урожайності сільськогосподарських культур в локаціях, визначаючи певні критерії для підбору факторів впливу.

Найпростішим способом, який може започаткувати набагато глибший аналіз, є орієнтація на середню урожайність, в даному випадку, кукурудзи, без врахування особливостей гібридів. Як показують результати досліджень,

навіть, такий підхід дає можливість встановити певні закономірності. Як уже зазначалося раніше, для аналізу цілком підходять дані про кількість опадів, але середні значення температур не дають переконливої картини впливів. Натомість фіксація й подальше використання максимальних значень чітко відображається в проведеному регресійному аналізі.

Детальніший аналіз урожайності показує, що одним з критеріїв оцінки може стати варіабельність цього показника в просторово-часовому аспекті, що можна продемонструвати на прикладі 17 локацій в високорозвинених господарствах області протягом трьох років проведення власних досліджень (табл. 3.1). Господарства підбиралися таким чином щоб якомога рівномірніше охопити всі географічні частини Полтавської області.

У 2023-му році урожайність кукурудзи часто перевищувала показник 10 т/га, дійсно рік виявився сприятливим, про що вже йшлося в попередньому розділі. Технологічний рівень підприємств дав змогу використати погодні умови і локаціях Глобиного, Шишак, Котельви, Опішні, Гадяча, Великої Багачки та Березової Рудки.

Найменша урожайність спостерігалася не лише навколо метеостанцій, розміщених на півдні області (ДБТ Красне), але й у центральних районах області. Пов'язане це, в першу чергу, з нерівномірним розподілом опадів як у часі так і в просторі. Якщо південна частина завжди мала меншу кількість опадів, що цілком пояснює менший рівень урожайності, то в центральній частині мав місце саме територіальний розподіл випадання опадів.

В просторовому вимірі урожайність кукурудзи мала також значну варіацію. Так у сприятливому році різниця між середньою найбільшою й середньою найменшою урожайністю становила 4,9 т/га (41 %). У несприятливі роки вона виражалася відповідно величинами 5,4 т/га (59 %) і 9,4 т/га (79 %). Найменша урожайність кукурудзи спостерігалася в районі Кобеляк і Миргорода, але її мінімальне значення не перетинало позначку нижче 7 т/га. В наступні роки фіксували значне зниження рівня урожайності кукурудзи.

Таблиця 3.1

Урожайність кукурудзи в локаціях дії метеостанцій

Станція	Середня урожайність в локації за роками, т/га			
	2023	2024	2025	Середнє
Глобине (Агросвіт СВ)	10,4	6,90	4,30	7,20
Семенівка (Астра Вербки)	9,40	8,40	4,46	7,42
Хорол (Вишняки)	8,70	6,80	10,20	8,57
Шишаки (ДВЖ Шишаки)	11,9	7,42	5,41	8,24
Котельва (Котельва)	10,8	5,87	3,82	6,83
Опішня (ДВЖ Човно-Федорівка)	10,0	9,50	7,70	9,07
Гадяч (Гадяч)	11,1	7,50	8,21	8,94
Гадяч (Веприк)	11,2	6,81	7,51	8,51
Кобеляки (ДБТ Красне)	7,00	4,10	2,50	4,53
Миргород (ХРЛ Петрівці)	7,50	4,50	5,10	5,70
Лубни (Новаки)	8,60	8,20	9,30	8,70
Оржиця (ФГ Журавель)	8,30	8,30	6,00	7,53
Лохвиця (Лохвиця)	9,30	7,10	7,50	7,97
Решетилівка (Решетилівка)	8,0	6,10	5,50	6,53
Велика Багачка (ДВЖ Яреськи)	10,9	7,18	4,95	7,68
Березова Рудка (Кейбалівка)	10,0	9,11	11,9	10,34
Полтава (ДБТ Мачухи)	9,02	6,01	5,03	6,69
Середнє за роками	9,52	7,04	6,44	-
V, %	15	21	39	-

Внаслідок несприятливого розподілу опадів у 2024 році зменшення урожайності у локаціях проведення спостережень досягало майже 26 %, а в 2025-му – 32 % порівняно з 2023 роком. Найбільшої шкоди посівам кукурудзи посуха завдала у локації м. Глобине (34 і 59 % відповідно); локації в місцевості Котельви – 46 і 65 %; м. Кобеляки – 41 і 64 % відповідно.

Аналізуючи динаміку урожайності можна помітити, що незначна зміна урожайності спостерігалася лише в локаціях м. Хорол, с. Новаків та Кейбалівки. Причиною також став сприятливий розподіл опадів між локаціями, у яких проводилися спостереження. Навіть у 2025 році опади забезпечили урожайність зерна на рівні вище 10 т/га.

В даному випадку слід звернути увагу на значення коефіцієнта варіації (V , %). У сприятливому для кукурудзи році він характеризував мінливість урожайності за локаціями як середню, а в наступних, 2024-му й 2025-му роках, мінливість була значною. Таким чином, можна зробити висновок про інформативність аналізу урожайності зерна навіть не враховуючи впливу генетичного потенціалу гібридів та агротехніки методами описової статистики. Такий підхід є досить приблизним, однак статистична обробка результатів спостережень свідчить про його ефективність для прогнозування урожайності.

Кореляційний аналіз між урожайністю й кількістю опадів підтвердив існування впливу цього погодного показника на формування урожайності. Як правило це була слабка і середня пряма кореляція, яка функціонувала на високому рівні значущості (табл. 3.2), коефіцієнти кореляції знаходилися в межах 0,29–0,57. Відповідно до цього були також розраховані рівняння регресії, які можуть слугувати як найпростіші математичні моделі для формування урожайності.

Слід зазначити також, що збільшення тривалості досліджень й розширення мережі метеостанцій дасть змогу створити набагато точніші рівняння. Таким чином, вирішується важливе завдання створення бази даних. Просторово-часовий підхід дозволяє зібрати дані з великих площ, на яких розподіл опадів відбувається вкрай нерівномірно, навіть у сезони з обложними опадами, які характеризувалися колись майже однаковими показниками. До цього слід додати, що використання згаданих метеостанцій – досить простий прийом, а використовувати можна й дані досконаліших сервісів.

Таблиця 3.2

Кореляційний аналіз впливу опадів на урожайність зерна

Період	r (p≤0,01)	Рівняння регресії
Березень	0,29	$Y=0,08x+5,74$
Квітень	0,51	$Y=0,07x+4,86$
Липень	0,39	$Y=0,02x+6,50$
Серпень	0,33	$Y=0,02x+6,83$
червень-серпень	0,40	$Y=0,01x+5,76$
вересень-жовтень	0,31	$Y=0,02x+6,35$
березень-квітень	0,57	$Y=0,06x+3,42$
червень-липень	0,35	$Y=0,02x+5,84$
липень-серпень	0,41	$Y=0,02x+6,38$
серпень-вересень	0,33	$Y=0,02x+6,60$
Сума за рік	0,49	$Y=0,01x+3,83$
Сума за вегетаційний період	0,41	$Y=0,01x+5,06$

Графіки регресії подані на рис. 3.1 на прикладі зв'язку з урожайності з кількістю опадів на ранніх етапах – сівби та сходів. Ілюстрація показує, що існують залежності від конкретної кількості в певний місяць, а також за деякий період. Тут необхідно пояснити істотність зв'язку урожайності кукурудзи з опадами березня і квітня.

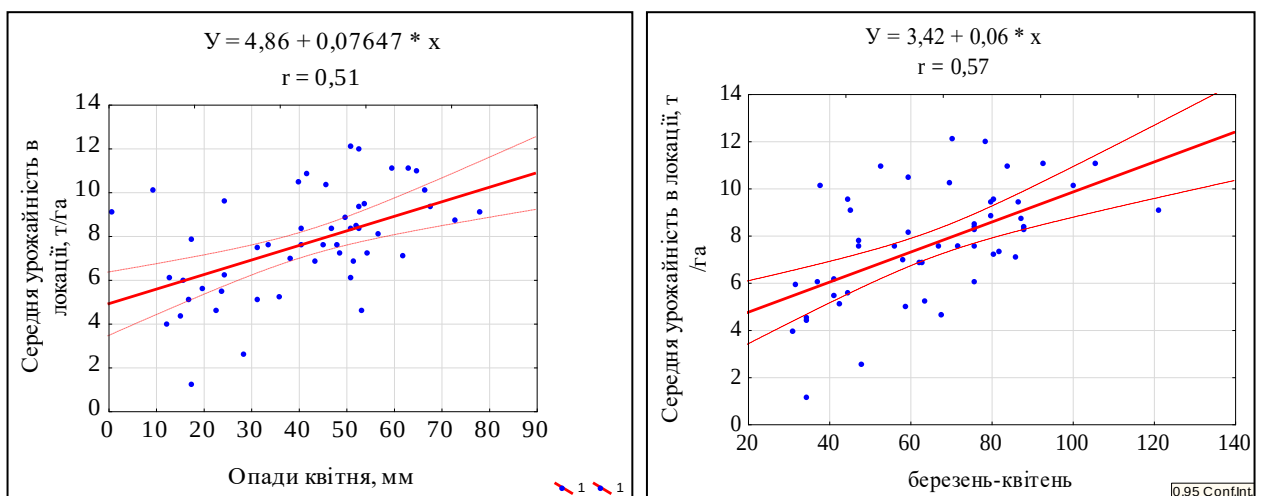


Рис. 3.1. Графіки залежності урожайності від кількості опадів (2023–2025 рр.)

Цілком імовірно, що наявність стабільної кореляції в цей період пов'язана з тією значною роллю, яку відіграють опади для накопичення вологи, що в наступному часі буде використана рослинами кукурудзи. В зоні проведення досліджень нерідко виникають ранні й затяжні весняні посухи, перепади температур та інші стресові фактори. Враховуючи це виробничники почали практикувати ранні строки сівби з метою максимального використання запасів весняної вологи. Такий підхід є ризикованим, адже рослини можуть загинути або, як мінімум, бути пригніченими внаслідок низьких температур, але досить часто він на практиці себе виправдовує. Таким чином, визначення закономірностей формування урожайності кукурудзи залежно від опадів є важливим елементом для розробки адаптивних технологій вирощування.

В представлених дослідженнях основний акцент робився на кількість опадів і їхній розподіл як головний лімітуючий чинник. Для побудови якомога точнішої моделі необхідно враховувати також дію температур. Однак їхнє варіювання відбувалося без значних змін, вони були фактично однаковими на всій території Полтавської області.

Опади, які мали несистематичний і нерівномірний розподіл, не призводили до зниження температурного режиму. Навіть в разі випадання значної їхньої кількості істотних знижень температури не спостерігалось. При цьому слід зазначити, що для визначення впливу температури недостатньо середніх значень [14]. Тому для встановлення впливу температурного режиму основна увага приділялася максимальним значенням температур, оскільки середні показники досить часто не дають можливості встановити ефекти впливу цього фактора [15].

Пікові температури мають яскраво виражений негативний вплив на формування урожайності кукурудзи (рис. 3.2). Цей негативний ефект починає прослідковуватися уже з ранніх місяців. Такий стан речей створює значний ризик через можливе пошкодження посівів ранньовесняними заморозками, однак не спиняє зміщення строків сівби на практиці. Ще одним

індикатором дії високих температур може бути кількість днів або тривалість періоду з ними.

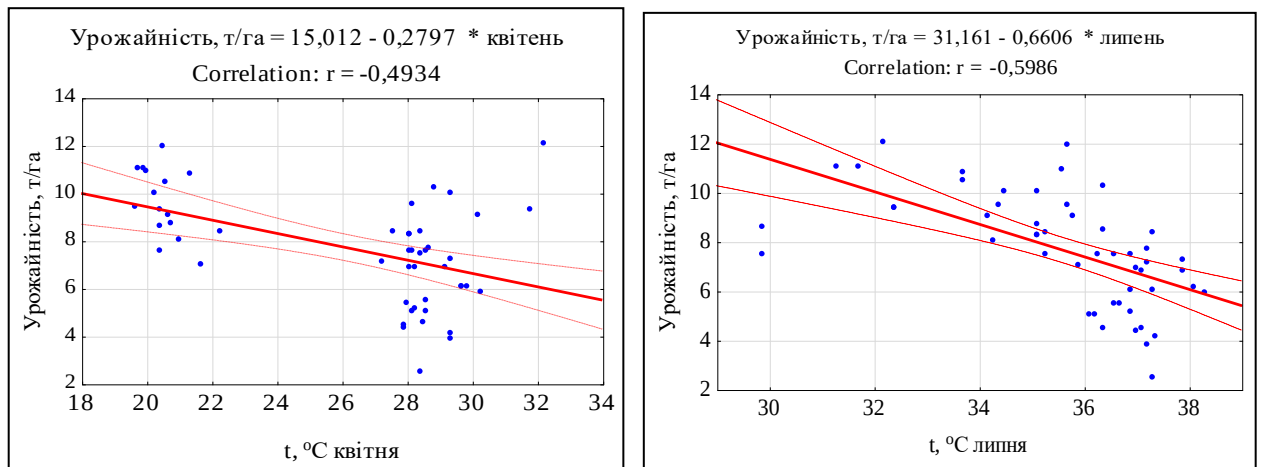


Рис. 3.2. Графіки залежності урожайності від максимальних температур (2023–2025 рр.)

Загальний аналіз впливів максимальних значень температур на формування урожайності показав, що у період 2023–2025 рр., окрім наведених на рисунку залежностей, прослідковувалися також зворотні кореляції з температурами червня ($r = -0,48$) і вересня ($r = -0,45$) (рис. 3.3).

Особливості цих кореляцій прослідковувалися по-різному в окремі роки досліджень. Так у 2023 році між температурними максимумами й показником урожайності не було зафіксовано жодного статистично достовірного кореляційного зв'язку, хоча характер кореляцій і був зворотнім. Це означає, що краще зволоження, унаслідок випадання опадів, значно послаблювало температурний стрес.

У 2024 році була зафіксована лише одна зворотна кореляція урожайності з максимальними температурами липня ($r = -0,60$). А в наступному році характер зворотних залежностей посилювався. Зокрема між урожайністю й температурами червня $r = -0,52$, а в липні значення $r = -0,72$, зменшившись у серпні до $-0,50$. Характерною особливістю цього року стала наявність прямих кореляцій з температурами весняних місяців ($r = 0,61–0,65$). Отже, для побудови моделі урожайності доцільно застосовувати складніший метод, наприклад, множинної регресії.

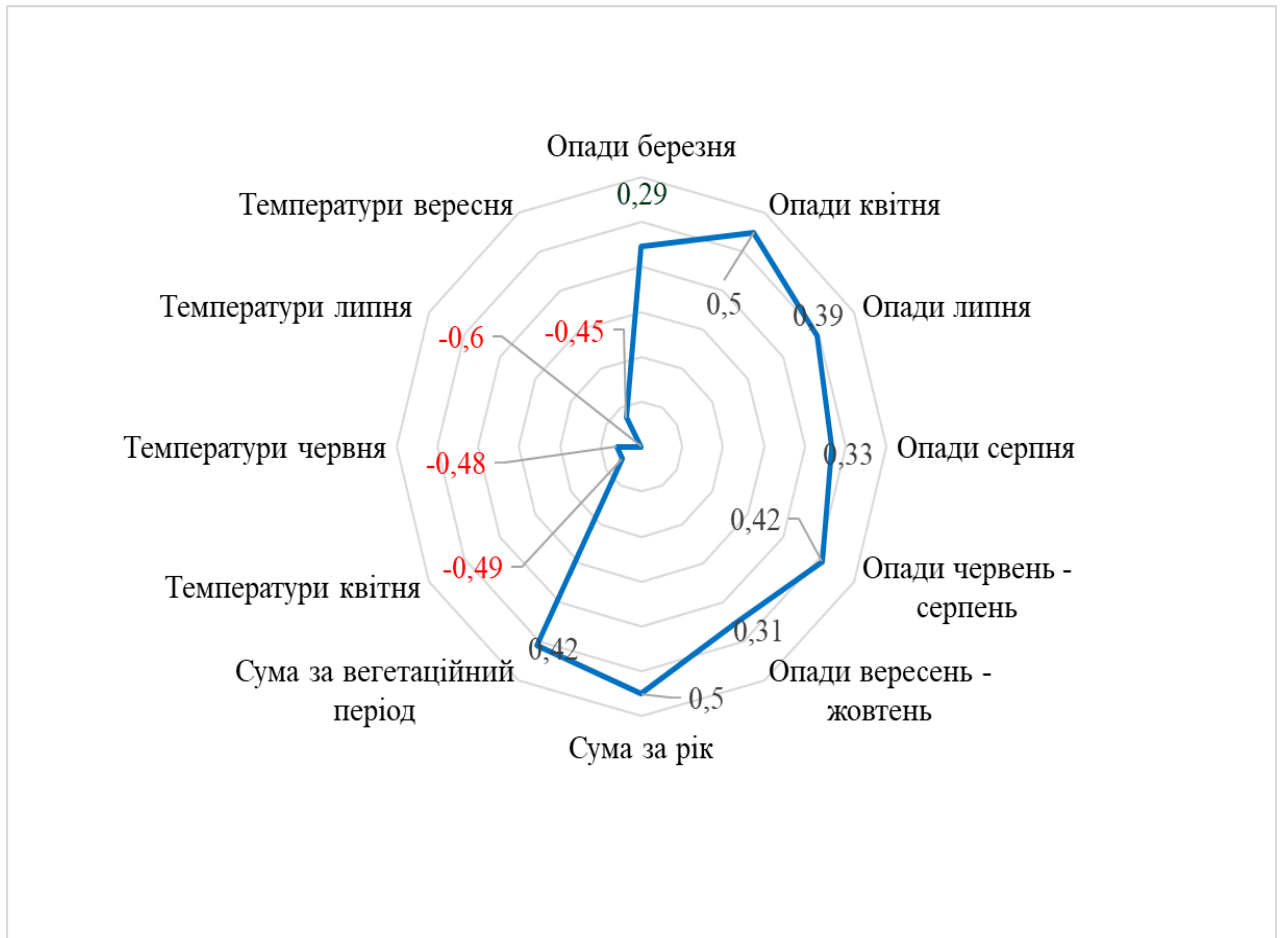


Рис. 3.3. Характер кореляційних зв'язків урожайності з погодними факторами (2023–2025 рр.)

Застосування цього аналізу дозволило встановити загальну характерну модель впливу агрометеорологічних факторів на формування урожайності зерна кукурудзи можна описати наступним чином:

$$U = 24,06 + 0,64x_1 - 0,91x_2 - 0,45x_3, \text{ де:}$$

U – урожайність, т/га;

x_1 – опади травня-червня, мм;

x_2 – температури червня, °С;

x_3 – температури квітня, °С.

Такі моделі на початкових етапах можуть бути не зовсім точними, але з поступовим наповненням і формуванням баз даних, які включатимуть всі означені в даному розділі показники, їхня точність зростатиме.

3.2. Реакція гібридів на погодні умови вирощування

Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні містить великий перелік гібридів кукурудзи. З одного боку це забезпечує можливість аграріїв добирати найкращі з переліку для вирощування в конкретних умовах. З іншого боку – формується трудність вибору, адже у виробництві можуть поширюватися гібриди, які не регламентовані Реєстром, не мають належної перевірки та й, цілком можливо, не відповідають заявленим характеристикам. Менше з тим, з цією проблемою доводиться рахуватися в науковому плані на етапі оцінки продуктивності постфактум.

В дослідженнях з нормами висіву в АФ ім. Довженка, як зазначалося в розділі 2, досліджувалися 30 гібридів різного індексу достигання (ФАО). Погодні умови років вирощування мали найбільший вплив на формування урожайності. Разом з тим був статистично істотний вплив і регульованих факторів вирощування, якими були генетичні особливості гібридів та застосування норм висіву.

Під дією умов неконтрольованих факторів вирощування урожайність кукурудзи дуже відчутно змінювалась, демонструючи за роки досліджень, значне зниження урожайності (рис. 3.4). Із зображення видно, що всі гібриди зменшували свою урожайність, але певні відмінності в реакції на умови року все ж таки спостерігалися. Зокрема це стосувалося гібридів оригінатора MAS seeds, які за несприятливих умов і зменшенні норми висіву насіння демонстрували певне збільшення урожайності.

Так у сприятливому 2023 році гібриди цієї компанії мали найбільшу урожайність за норми висіву насіння 12,18 т/га. Збільшення норми висіву до 85 тис./га й зменшення її до 65 тис./га призводило до майже однакового зменшення урожайності – на 0,14–0,15 т/га. Подібна тенденція спостерігалася також і для гібридів від Bayer та Lidea. Що стосується гібридів Pioneer то в разі зменшення норм висіву вони зменшували урожайність у несприятливі роки. Слід відзначити, що для більшості гібридів зменшення норм висіву спричиняло певне зменшення урожайності.

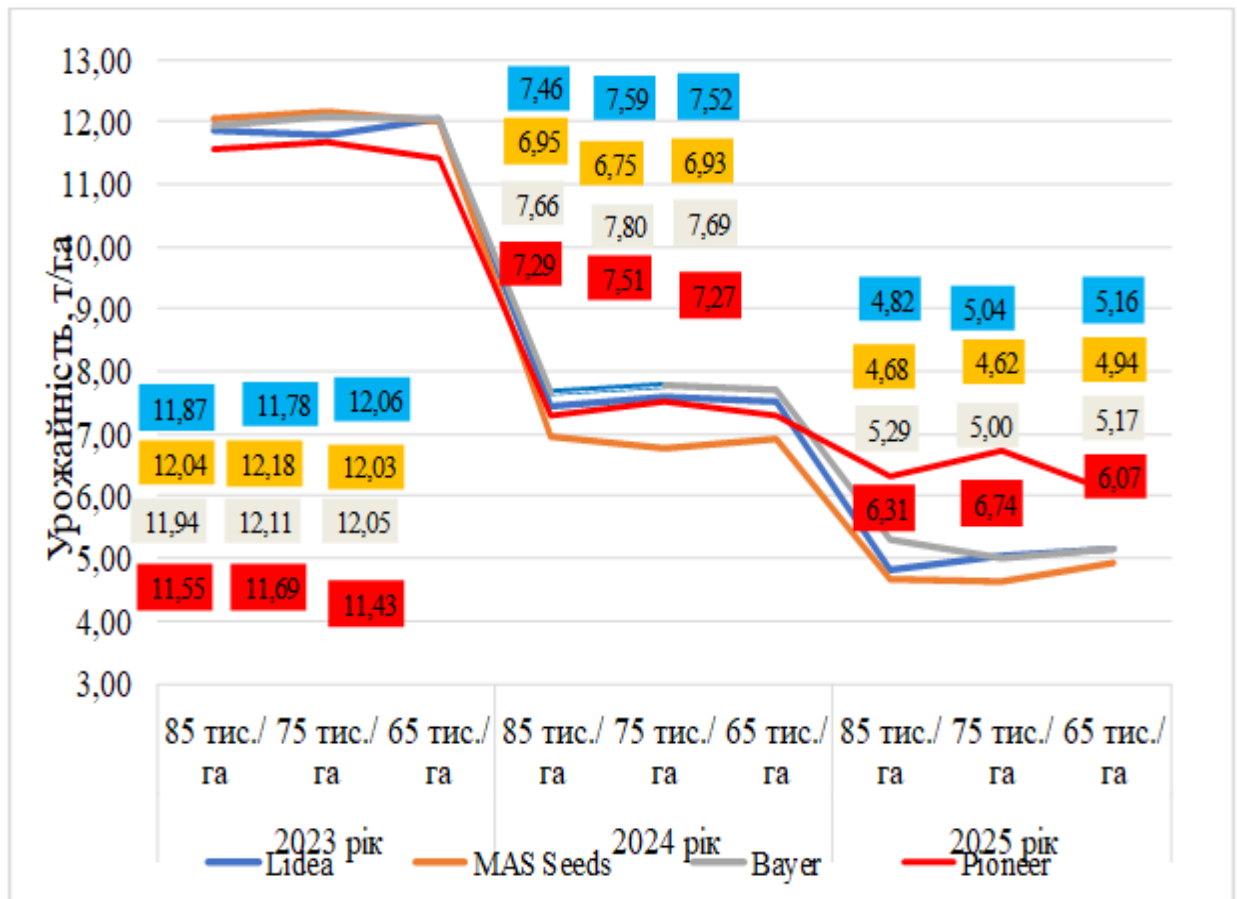


Рис. 3.4. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від умов років вирощування

Для умов Полтавщини оптимальною нормою висіву гібридів стала в роки досліджень 75 тис./га, не дивлячись на те, що в рекомендаціях вказані менші норми. Відхилення в нормах висіву в бік збільшення чи зменшення призводили, фактично, до майже однакового зменшення урожайності, яке могло сягати майже 3 т/га недобору врожаю (табл. 3.3). Однак, у даному випадку, необхідно робити детальніший аналіз залежно від генетичних особливостей гібридів.

Так, в разі використання норм висіву 85 тис./га, найменше зменшували урожайність за узагальненими даними гібриди ЕС Паролі, PR39D81, а в разі використання норм висіву 65 тис./га – гібриди MAS 33.A, DKC 3415, PR39D81, P9400. Позитивно реагували на збільшення норм висіву до 85 тис./га MAS 23.K, MAS 30.K, DKC 3509, DKC 3472, DKC 3717, DKC 4964. Водночас таке збільшення норм висіву призвело суттєвих втрат урожайності

для значної кількості досліджуваних гібридів. В першу чергу це стосувалося ЕС Метод, MAS 37.V, MAS 44.A, DKC 4014, DKC 3511, DKC 4408, P9578, P9241, P9241. Таким чином, збільшення норм висіву в нестабільних погодних умовах навряд чи може стати фактором оптимізації технології вирощування.

З економічної точки зору, якою досить часто й мотивуються аграрії, є зменшення затрат. Насіння гібридів кукурудзи – найважливіший, але дуже дорогий елемент технології вирощування. Тому зменшені норми висіву насіння можуть стати важливим аспектом здешевлення витрат. В цьому аспекті потрібно виділити ті гібриди кукурудзи, які позитивно реагують на зменшення норм висіву насіння до 65 тис./га. В представлених дослідженнях такими гібридами стали ЕС Сіріус, MAS 30.K, DKC 3472, DKC 4964, PR39B76.

Реакція гібридів на норми висіву насіння залежала від неконтрольованих факторів (додаток Б). За зменшених норм висіву до 65 тис./га в групі гібридів від компанії Lidea збільшення урожайності досяг ЕС Конкорд – воно становило у 2023 році 0,58, а в 2024 році – 0,5 т/га. У 2025 році спостерігалось незначне зменшення урожайності, яке знаходилося в межах статистичної похибки. Серед гібридів MAS seeds найкращі показники в разі зменшення норми висіву були у гібридів MAS 33.A і MAS 37.V – у 2023 році збільшення урожайності було на рівні 0,70 і 0,74, а в 2024-му році – на 0,46 і 0,56 т/га відповідно.

Примітними за такою пластичністю серед представлених гібридів від Bayer були ті гібриди, які за сприятливих умов вирощування у 2023 році забезпечили прибавку урожайності: DKC 3509 – 0,74, DKC 3795 – 1,79, DKC 3717 – 1,30, DKC 4014 – 0,92 т/га на посівах із нормою висіву насіння 65 тис./га. Така тенденція зберігалася і за несприятливих умов 2024 року. Прибавка урожайності фіксувалася на рівні 0,57, 0,18 для перших двох гібридів і 0,68 т/га забезпечив прибавку DKC 4014. В умовах посухи гібрид DKC 3717 краще реагував на збільшення норм висіву до 85 тис./га – 0,58 т/га,

а за зменшеної норми висіву спостерігалася певне зменшення урожайності, яке становило 0,23 т/га.

Особливістю гібридів Pioneer було те, що переважна більшість з досліджуваних позитивно реагувала на зменшення норм висіву – прибавки урожайності становили 0,15–1,83 т/га за винятком лише двох – PR39B76 і P9400, які зменшували урожайність за сприятливих умов на 1,28 і 0,72 т/га. За несприятливих умов вирощування 2024 року позитивна реакція гібридів від цього оригінатора дала змогу отримати прибавку урожайності на рівні 0,15–0,74 т/га за винятком лише двох гібридів PR39D81 і PR39B76, які, навпаки, краще зреагували на норми висіву насіння 85 тис./га – 0,38 і 0,60 т/га відповідно. Зменшені норми насіння спричинили зниження рівня урожайності на 0,40 і 1,01 т/га.

Як уже неодноразово зазначалося несприятливими умовами вирощування характеризувався і 2025 рік, хоча за характером несприятливих збігів він значно відрізнявся від попереднього, де фіксувався дефіцит опадів. Зменшення урожайності відзначали майже в усіх лінійках гібридів. Однак гібриди ЕС Метод, MAS 44.A і DKC 4490 демонстрували збільшення урожайності за зменшених норм висіву на 0,18–0,60 т/га.

Значно стійкішими виявилися гібриди Pioneer. В критичних умовах перепаду температур за норм висіву насіння 65 тис./га вони забезпечили прибавку урожайності в межах 0,5–1,48 т/га. Виняток становив лише гібрид PR39B76, який, навпаки, краще відреагував на норму висіву 85 тис./га, забезпечивши прибавку урожайності 0,14 т/га.

В цілому слід зазначити, що за результатами 2023–2025 років перелічені гібриди продемонстрували 13 позитивних реакцій на збільшення норми висіву до 85 тис./га і 10 реакцій – на зменшення норми висіву до 65 тис./га. Однак у несприятливі роки спостерігалось істотне відхилення від такої пропорції – у 2024 році кількість позитивних реакцій на зменшення норми висіву було на рівні 20, а в 2025-му – лише дев'ять. Головною причиною цього був інший характер дії несприятливих факторів середовища.

Таблиця 3.3

Урожайність гібридів кукурудзи залежно від ФАО та норм висіву насіння
(2023–2025 рр.)

Виробник	Гібрид	ФАО	Норма висіву, тис./га			± до 75 тис./га	
			85	75	65	85	65
Lidea	ЕС Сіріус	200	7,49	7,18	7,76	0,30	0,58
	ЕС Конкорд	250	8,21	8,08	7,72	0,13	–0,36
	ЕС Паролі	260	7,57	7,60	7,45	–0,03	–0,15
	ЕС Сенсор	370	9,09	9,38	9,60	–0,30	0,22
	ЕС Метод	380	7,88	8,43	8,69	–0,55	0,26
MAS Seeds	MAS 23.K	240	8,18	6,93	7,05	1,25	0,12
	MAS 30.K	280	8,74	8,09	8,99	0,65	0,90
	MAS 33.A	320	7,64	8,07	8,06	–0,44	–0,02
	MAS 37.V	340	7,91	8,63	8,29	–0,73	–0,34
	MAS 44.A	380	6,98	7,53	7,44	–0,54	–0,09
Bayer	DKC 3509	240	8,64	8,40	8,01	0,24	–0,40
	DKC 3795	250	7,98	7,44	6,84	0,54	–0,60
	DKC 3415	260	7,04	6,90	6,88	0,14	–0,02
	DKC 3472	270	7,78	7,32	8,09	0,46	0,78
	DKC 3717	280	8,00	7,61	7,39	0,39	–0,23
	DKC 4014	310	8,11	9,45	8,93	–1,35	–0,52
	DKC 3511	330	7,91	8,76	8,85	–0,85	0,09
	DKC 4408	340	8,26	8,58	8,75	–0,32	0,17
	DKC 4490	370	9,55	9,43	9,44	0,12	0,01
	DKC 4964	380	9,68	9,10	9,83	0,58	0,73
Pioneer	P7709	190	8,23	8,04	7,57	0,20	–0,46
	PR39H32	200	6,86	6,59	5,41	0,27	–1,18
	P8521	220	8,52	8,43	7,96	0,09	–0,48
	P8000	230	7,94	8,00	7,57	–0,07	–0,44
	PR39D81	260	8,43	8,47	8,42	–0,04	–0,04
	PR39B76	280	8,33	8,12	9,03	0,22	0,91
	P9175	330	8,67	9,56	8,65	–0,90	–0,91
	P9400	340	8,85	9,12	9,14	–0,28	0,01
	P9578	350	8,56	10,02	9,28	–1,46	–0,74
	P9241	360	9,45	10,13	9,55	–0,68	–0,58
	Відхилення					–2,94	–2,77

Таким чином гібриди кукурудзи по-різному реагували на умови років вирощування. Можливим, у принципі, стає запобігання втратам урожайності внаслідок несприятливої дії неконтрольованих факторів вирощування за допомогою підбору гібридів та відповідних норм висіву. Однак, такі неконтрольовані фактори є непередбачуваними, що й унеможливорює точні прогнози й планування заходів. У зв'язку з цим господарствам доцільно мати декілька гібридів кукурудзи для вирощування.

3.3. Урожайність кукурудзи залежно від скоростиглості гібридів

Для ефективного управління продуктивністю агроценозів кукурудзи важливо правильно підібрати гібриди для вирощування, враховуючи тривалість досягання. Відомо, що досить часто, особливо в несприятливі роки з тривалими посухами в другій половині вегетаційного періоду ранньостиглі гібриди можуть демонструвати кращі показники, уникаючи дефіциту вологи або, навпаки, надмірної зволоженості в осінній період, коли аграрії змушені відкладати строки збирання.

Аналізуючи портфоліо гібридів, які досліджувалися в одному з найпотужніших підприємств регіону, можна зробити висновок, що вони мають значну відмінність у варіюванні урожайності. Пов'язане це було, звичайно ж, і з неоднаковою кількістю гібридів від кожного оригінатора (додаток Б), однак межа похибки показує, що дисперсія урожайності була значною (рис. 3.5).

Дійсно, найменший коефіцієнт варіації спостерігали за сприятливих умов року вирощування. Так гібриди від Lidea, Bayer і Pioneer мали коефіцієнт варіації урожайності в цих умовах 7–10 %, за винятком гібридів лінійки MAS Seeds – 14 %. Ці гібриди мали незначну варіацію в несприятливі роки, а в решті гібридів коефіцієнт варіації становив 14–16 %, а в гібридів Bayer досягав 24 %.

Аналіз усереднених даних показав, що гібриди від оригінатора Lidea (Євраліс) були більше придатні до зменшених норм висіву. В представлених

дослідженнях урожайність цієї лінійки за норм висіву насіння 65 тис./га була більшою на 0,11 т/га порівняно з нормою 75 тис./га і на 0,2 т/га – порівняно з нормою 85 тис./га.

Гібриди MAS Seeds (Майсадур) демонстрували більшу варіацію урожайності на варіантах з нормами висіву 75 тис./га й також дещо збільшували урожайність на ділянках з нормою висіву 65 тис./га – на 0,08–0,12 т/га. В середньому дуже пластичними до норм висіву насіння виявилися гібриди з лінійки Bayer (Монсанта), хоча як зазначалося раніше, вони мали своєрідну й неоднакову урожайність в порівнянні між собою. Оптимальними нормами висіву для гібридів від Pioneer були норми висіву 75 тис./га, оскільки збільшення норм висіву в середньому призводило до зменшення урожайності на 0,27 т/га, а зменшення – на 0,39 т/га.

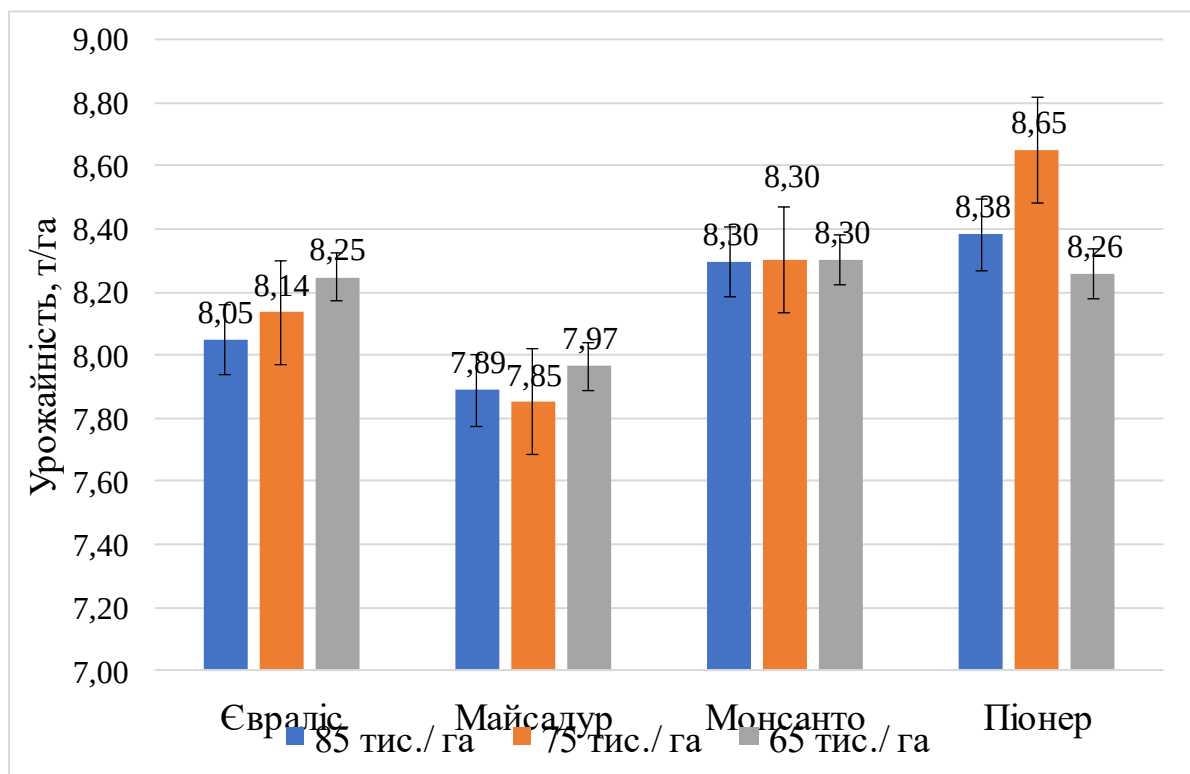


Рис. 3.5. Урожайність кукурудзи залежно від походження гібридів та норм висіву насіння

Ранньостиглі гібриди характеризувалися середньою варіацією урожайності – коефіцієнт варіації становив 11–15 % незалежно від років вирощування, а середньоранні незначною ($V = 7\text{--}9\%$) за винятком 2025 року,

коли він досяг 20 %. Середньостиглі гібриди мали середнє значення коефіцієнта варіації, що свідчить про стабільність їхньої урожайності в меншій залежності від умов року – 8–18 %. Таким чином, коефіцієнт варіації може слугувати певним критерієм для добору гібридів за індексом ФАО.

Результати аналізу усереднених даних показали, що в умовах нестійкого зволоження перевага за урожайним потенціалом залишається за середньостиглими гібридами кукурудзи незалежно від умов років вирощування (рис. 3.6). В разі використання норм висіву 85 тис./га середньостиглі гібриди перевищували за урожайністю ранньостиглі на 0,94, а середньоранні – на 0,36 т/га. На варіантах з нормами висіву 75 тис./га таке збільшення становило 1,75 і 0,22 т/га відповідно, а на варіантах з нормою висіву насіння 65 тис./га – 1,98 і 1,19 т/га.

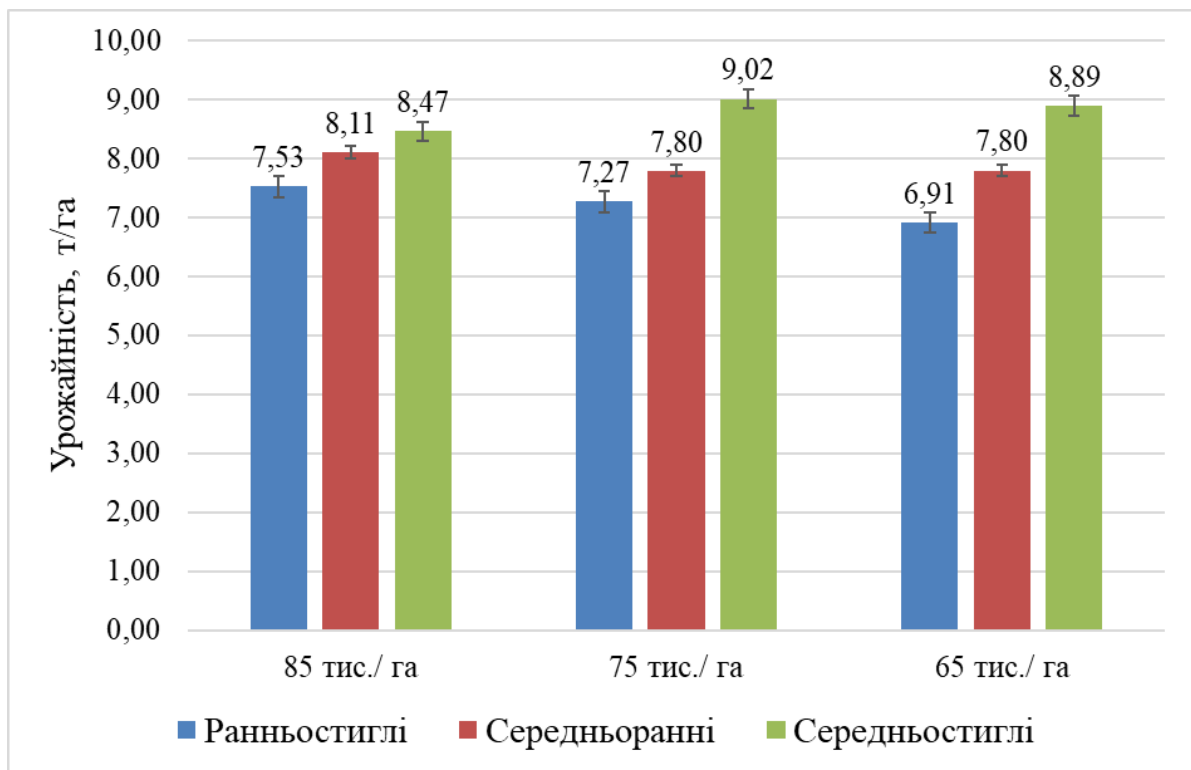


Рис. 3.6. Урожайність кукурудзи залежно від індексу скоростиглості та норм висіву насіння

Проведений аналіз дає змогу підібрати критерії вибору гібридів для вирощування. По-перше, слід звернути увагу на те, що кожен оригінатор має у своєму портфоліо достатню кількість для пропозицій і кожен виробничник має змогу встановити для себе пріоритети в цьому аспекті. По-друге,

перевагу слід надавати середньостиглим гібридам, які краще реалізують, в загальному, свій генетично обумовлений урожайний потенціал. По-третє, доцільно звертати увагу й на індивідуальні особливості гібридів, які відносячись до тої чи іншої групи стиглості й належачи тому чи іншому оригінатору, мають перспективу отримання високої урожайності. Таким прикладом може служити гібрид Р7709, який досягав середньої урожайності 8,23 т/га, що перевищувало показники деяких пізніших за стиглістю гібридів.

Основною перепорою, яка значно зменшує точність і ефективність будь-якого підходу до отримання найвищої урожайності є непередбачуваність метеорологічних факторів. У комплексі дисперсійного аналізу мінливість, спричинена умовами років вирощування, займала найбільшу частку й перевищувала 90 %. Однак, керовані фактори вирощування хоч і мали значно менший вплив, він був статистично достовірний і було раціональним визначити особливості такого впливу (рис. 3.7).

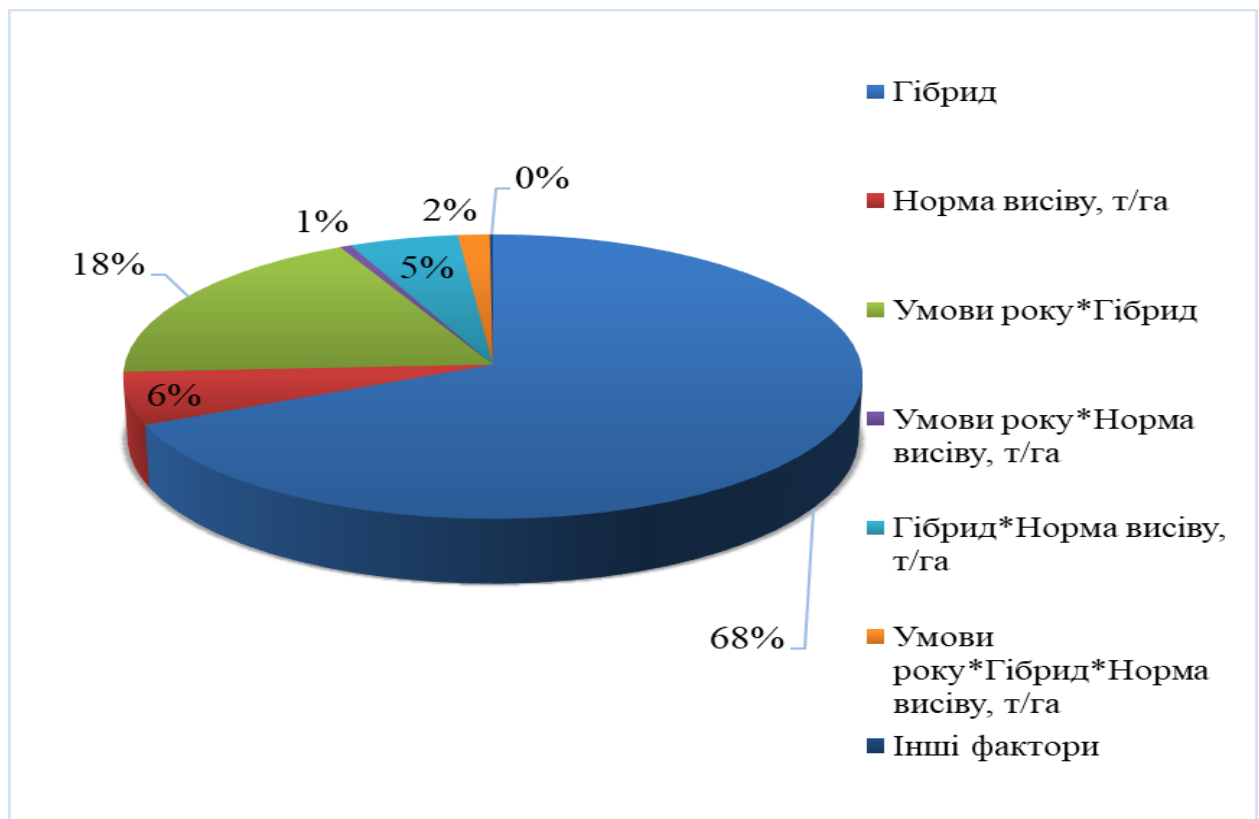


Рис. 3.7. Частка впливу керованих факторів у формуванні урожайності кукурудзи

Найбільшу частку в управлінні урожайністю кукурудзи займає саме вдалий підбір гібридів для вирощування. Фактично, за роки досліджень, він досягав майже 70 %. Другою за величиною часткою виявилася взаємодія умов років вирощування та властивостями гібридів. Статистично достовірною була також взаємодія генетичних властивостей з нормами висіву. Таким чином, єдиною перешкодою, яка не дає можливості повною мірою управляти продуктивністю агроценозів, виявилася непередбачуваність метеорологічних факторів. Очевидно, що за таких умов одним з методів зменшення негативного впливу є своєчасна діагностика посівів і послідовні за цим застосування антистресових препаратів чи агротехнічних прийомів.

Висновки до розділу 3

1. Ефективними для прогнозування урожайності були дані мережі локальних метеостанцій, розміщених в господарствах області. Завдяки отриманим даним можна створювати просторово-часові бази даних, які з часом можна значно розширювати, що сприятиме накопиченню самих даних і побудови математичних моделей формування урожайності під дією метеорологічних факторів.

2. Кількість опадів має значний вплив на формування урожайності в умовах нестійкого зволоження. В ході досліджень встановлено, що між кількістю опадів щомісяця й протягом вегетаційного періоду й урожайністю існувала слабка або середня пряма кореляція ($r = 0,29-0,57$). Також існувала кореляція між кількістю опадів за весь вегетаційний період і рік – $r = 0,41-0,49$. Цю залежність доцільно використовувати для створення прогностичних моделей з метою коригування технологій вирощування кукурудзи в конкретному господарстві.

3. На формування урожайності зерна негативний вплив мають максимальні температури весняно-літнього періоду – $r = -0,60-(-0,45)$, досягаючи в несприятливі роки значень $-0,71$. Істотність коефіцієнтів

кореляцій свідчить про обов'язковість їхнього включення в моделі прогнозування урожайності.

4. Нерівномірний часово-просторовий розподіл опадів може призвести до значного варіювання урожайності, що за роками призвело до її зменшення на 26–65 %, що підкреслює критичну важливість цього агрокліматичного показника для розробки адаптивних технологій вирощування кукурудзи. На основі аналізу погодних даних та урожайності створені рівняння для прогнозування потенційних зборів зерна.

5. Норми висіву насіння слід розглядати як важливий елемент збільшення урожайності кукурудзи. При цьому слід керуватися аналізом реакції гібридів на норми висіву. З метою оптимізації економічних показників технології вирощування доцільно звернути увагу на такі гібриди як ЕС Сіріус, MAS 30.K, DKC 3472, DKC 4964, PR39B76, які в разі зменшення норм висіву можуть збільшити урожайність на 0,58–0,91 т/га. Оптимальною нормою висіву кукурудзи в умовах нестійкого зволоження виявилася норма 75 тис./га, оскільки збільшення до 85 тис./га призводило до зменшення урожайності на 2,94 т/га, а зменшення до 65 тис./га – до втрати 2,77 т/га.

6. Результати досліджень показали, що середньостиглі гібриди загалом мають перевагу за продуктивним потенціалом перед ранньостиглими й середньоранніми. Для конкретних умов вирощування в підборі гібридів для вирощування слід спиратися на генетичні особливості гібридів, оскільки на ринку насіння оригінатори мають достатню кількість пропозицій щоб задовольнити запити виробництва. В господарствах доцільно вирощувати декілька гібридів з метою оптимізувати організаційні аспекти в процесі вирощування.

Публікації до розділу 3: 197–199, 201

РОЗДІЛ 4

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ІНГІБІТОРІВ АЗОТУ

Як вже зазначалося в розділі 1 дисертації, в світі починає панувати еколого-економічний підхід до вирощування сільськогосподарських культур, який ґрунтується не на досягненні максимальних врожаїв, а на економічній доцільності з врахуванням збереження довкілля. Однією з таких домінуючих течій сучасності є запровадження вуглецевого землеробства. З метою збільшення ефективності використання мінеральних добрив, тепер пов'язують впровадження у технології вирощування інгібіторів азоту – речовин, які сприяють кращій ефективності чи зменшенню кількості застосування мінеральних азотних добрив. У свою чергу це, потенційно, може зменшити викиди парникових газів. У виробництві, як правило, використовують короткий прогноз, спрямований на отримання найбільшої кількості продукції.

Інгібітори досить швидко увійшли в технології вирощування сільськогосподарських культур, хоча на практиці серед аграріїв тримається значна частка скепсису стосовно їхньої ефективності для збільшення урожайності. Однією з причин цього можна назвати менталітет, коли від препарату очікують миттєвої й незаперечної дії.

4.1. Вплив інгібіторів на вміст азоту в ґрунті

Агрохімічний аналіз вмісту форм азоту в ґрунті досить переконливо показує перспективи ефективності застосування інгібіторів. Використання гумінового інгібітора Ultra Boost дало змогу збільшити вміст NO_3 в ґрунті на 7,78 мг/кг, що становило майже 46 %. Вміст амонійної форми, водночас, зріс на 6,18 мг/кг або на 21 % (рис. 4.1).

В разі використання DMPP динаміка вмісту азотних форм була значно нижчою – нітратна форма зберігалася на 1,92 мг/кг більше, що відповідало потенційному збереженню майже 12 % азоту в цій формі в ґрунті. Амонійна форма азоту також мала позитивну тенденцію до зберігання в разі використання згадуваного інгібітора – відповідно або на 12–13 %.

Застосування в технології вирощування інгібітора НоваТек Оне мало кращу ефективність для збереження азоту в ґрунті. Так порівняно з контрольним варіантом вміст нітратної форми азоту зріс на 3,86 мг/кг ґрунту, що становило майже 24 % при одночасному збільшенню вмісту амонійної форми на, майже, таку саму величину – 23 %. Використання ж ще одного інгібітора – Азотолайф (1,5 л/га) – сприяло збільшенню вмісту азоту, відповідно за його формами – на 4,61 мг/кг (28 %) і 25 %. Використання ж ще одного інгібітора – Азотолайф (1,5 л/га) – сприяло збільшенню вмісту азоту, відповідно за його формами – на 4,61 мг/кг (28 %) і 25 %, що відповідало 4,0 мг/кг.

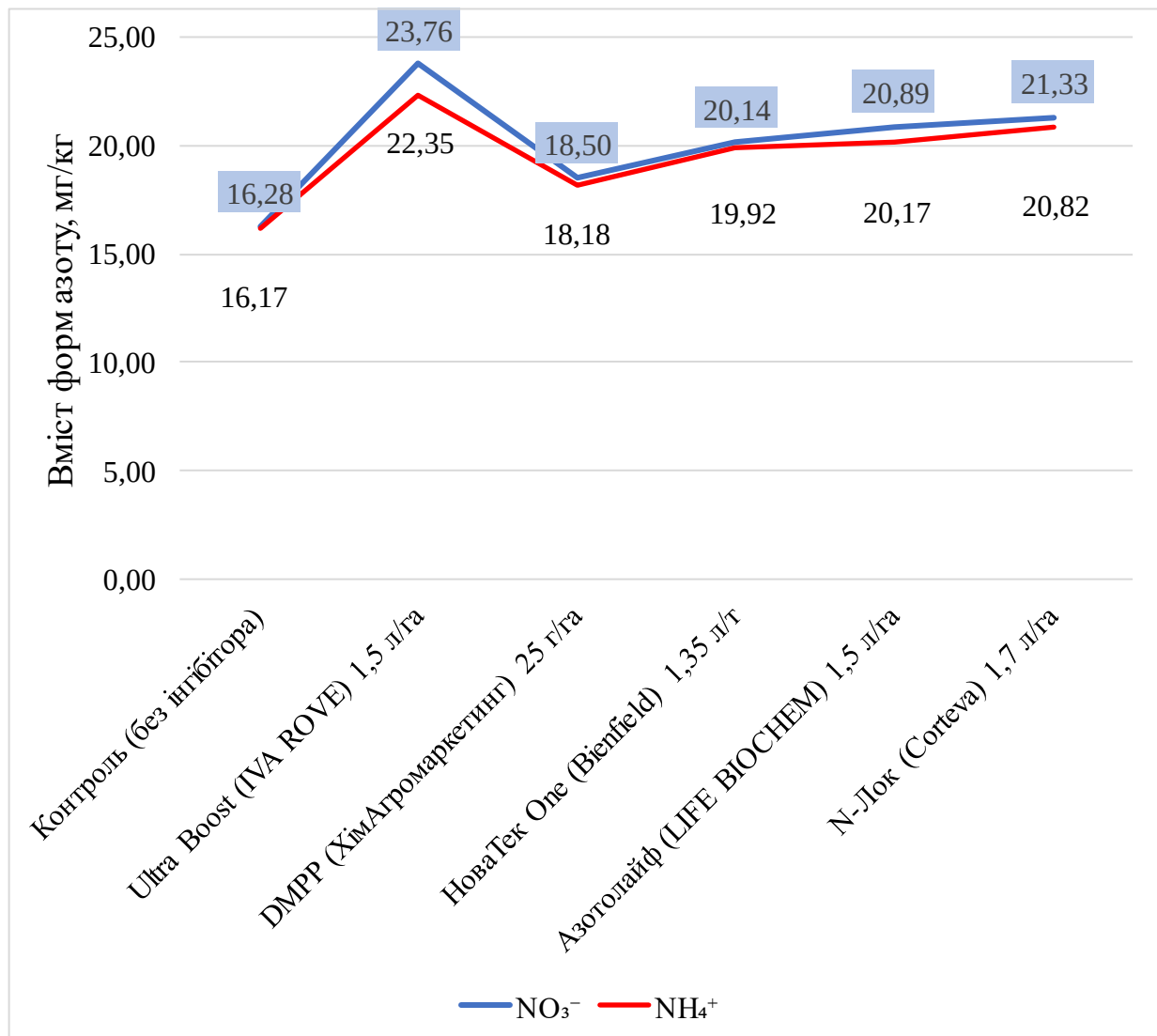


Рис. 4.1. Вміст азоту в ґрунті залежно від застосування інгібіторів

Найкращими показниками після використання Ultra Boost характеризувався інгібітор нітрифікації від Corteva N-Lock. У випадку його

застосування збільшення обох форм азоту в ґрунті становило, відповідно, 5,05 і 4,65 мг/кг (31 і 29 %). Отже, ці два препарати виявилися найефективнішими для зменшення втрат азоту в процесі вирощування.

Також було помічено, що не зважаючи на своє цільове призначення, застосування інгібіторів азоту сприяло збільшенню в ґрунті обох головних форм азоту для живлення рослин. Кореляційний аналіз дав змогу встановити, що ці дві форми мають високу кореляційну залежність між своїм вмістом (рис. 4.2).

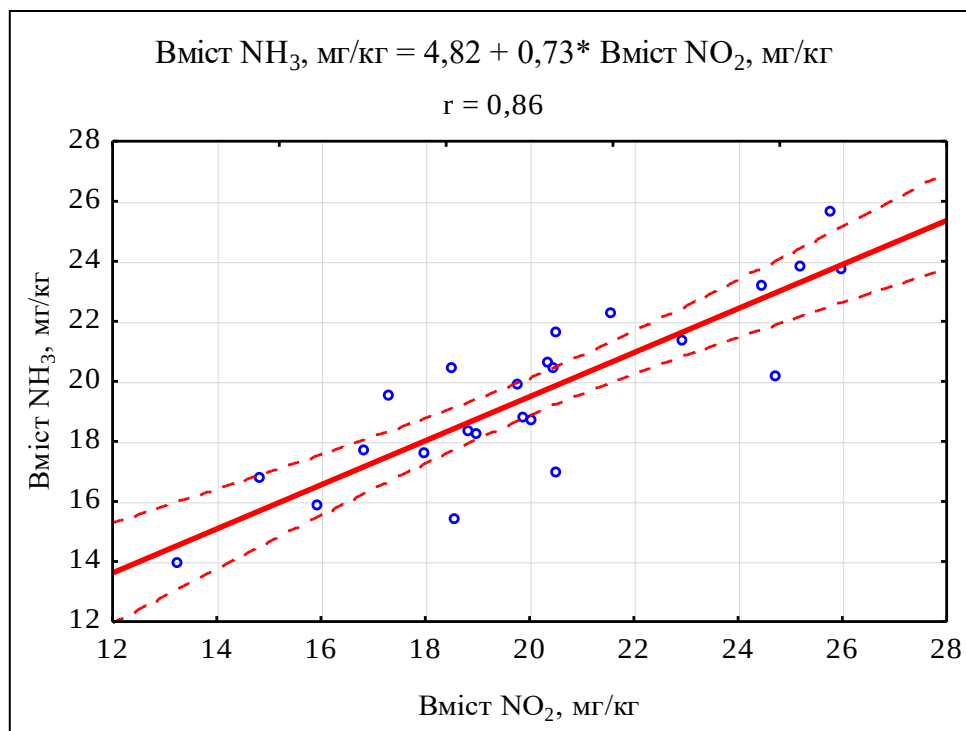


Рис. 4.2. Взаємозв'язок форм азоту в ґрунті під дією інгібіторів (NH_4^+ та NO_3^-)

Детальніший аналіз вмісту доступних рослинам форм азоту залежно від фактору підбору гібридів для вирощування підтвердив попередні результати. Як видно з даних таблиці 4.1, використання Ultra Boost 1,5 л/га сприяло найбільшому зростанню вмісту обох форм – нітратної і амонійної. Найбільша кількість вмісту NO_3^- спостерігалася на варіантах із застосуванням Ultra Boost (1,5 л/га) та N-Лок (1,7 л/га). Хоча і даному досліді й спостерігалася певна відмінність між варіантами, однак пов'язане це було з природною строкатістю родючості ґрунту, а не з генетичними властивостями гібридів.

Таблиця 4.1

Вміст форм азоту в ґрунті залежно від застосування інгібіторів (2023–2025 рр.)

Гібриди	Інгібітор	Вміст NO_3^- , мг/кг	± до контроля	Вміст NH_4^+ , мг/кг	± до контроля
Pioneer 9241	Контроль	17,30	-	19,54	-
	Ultra Boost 1,5 л/га	25,77	8,47	25,61	6,07
	DMPP 25 г/га	18,53	1,23	20,38	0,84
	НоваТек One 1,35 л/т	24,47	7,17	23,14	3,60
	Азотолайф 1,5 л/га	25,20	7,90	23,81	4,27
	N-Лок 1,7 л/га	26,00	8,70	23,69	4,15
DKC4964	Контроль	13,27	-	13,91	-
	Ultra Boost 1,5 л/га	22,97	9,70	21,34	7,43
	DMPP 25 г/га	14,87	1,60	16,78	2,87
	НоваТек One 1,35 л/т	16,87	3,60	17,64	3,73
	Азотолайф 1,5 л/га	18,00	4,73	17,61	3,70
	N-Лок 1,7 л/га	20,50	7,23	21,57	7,66
ЕС Сенсор	Контроль	15,93	-	15,84	-
	Ultra Boost 1,5 л/га	21,57	5,64	22,28	6,44
	DMPP 25 г/га	20,07	4,14	18,64	2,80
	НоваТек One 1,35 л/т	20,37	4,44	20,58	4,74
	Азотолайф 1,5 л/га	20,47	4,54	20,44	4,60
	N-Лок 1,7 л/га	19,80	3,87	19,85	4,01
МА30.К	Контроль	18,60	-	15,40	-
	Ultra Boost 1,5 л/га	24,73	6,13	20,17	4,77
	DMPP 25 г/га	20,53	1,93	16,91	1,51
	НоваТек One 1,35 л/т	18,87	0,27	18,30	2,90
	Азотолайф 1,5 л/га	19,90	1,30	18,80	3,40
	N-Лок 1,7 л/га	19,00	0,40	18,18	2,78

Загалом найстабільніші результати були отримані на варіантах з використанням Ultra Boost (1,5 л/га), що говорить про перевагу цього препарату, враховуючи його екологічність. Помітні результати спостерігалися на варіантах з усіма препаратами, за винятком DMPP (25 г/га).

В середньому за три роки досліджень на варіантах з гібридом Pioneer 9241 більший вміст NO_3^- фіксували в результаті використання Ultra Boost 1,5 л/га, Азотолайф 1,5 л/га та N-Лок 1,7 л/га – 10,1–11,6 мг/кг. На варіантах гібриду DKS4964 збереження нітратної форми було дещо нижчим – найменші результати були отримані від застосування N-Лок і DMPP 25 г/га – вони не перевищували 5 мг/кг.

Варіанти застосування інгібіторів на гібриді ЕС Сенсор характеризувалися значною мінливістю показника вмісту нітратної форми азоту. Використання гумінового Ultra Boost забезпечило вміст NO_3^- майже на 18 мг/кг більший порівняно з контрольним варіантом, майже 13 мг/кг спостерігалось зростання від використання препарату НоваТек One і майже 17 мг/кг отримали збільшення поживної сполуки від використання N-Лок. Найменше зросла кількість нітратної форми азоту на варіантах із застосуванням препаратів Азотолайф і DMPP – 6,7 і 4,1 мг/кг. Загалом відмічена істотність впливу на вміст NO_3^- Ultra Boost – на всіх варіантах досліді в результаті використання цього препарату збільшення вмісту нітратної форми в ґрунті сягало 50 % і вище. Однак при цьому необхідно зазначити, що в цілому існувала широка варіація величини впливу інгібіторів на вміст цієї поживної сполуки в ґрунті.

Подібний вплив інгібіторів спостерігався й у випадках з вмістом NH_4^+ . На всіх варіантах досліді, окрім блоку з DKS4964 фіксувалось збільшення вмісту цієї сполуки порівняно з варіантами, на яких препарати не застосовувалися. Найкращі результати були на варіантах з використанням Ultra Boost, що свідчило про перспективу використання гумінових препаратів для ефективного управління азотним живленням. Загалом збільшення вмісту NH_4^+ знаходилося в межах 0–41 %, що свідчить про необхідність подальших

досліджень з метою встановлення механізмів дії препаратів, заявлених як інгібіторів нітрифікації чи уреаз. Неоднозначність показників вмісту цих поживних сполук залежно від застосування інгібіторів прослідковувалася також і в показниках урожайності зерна.

4.2. Урожайність кукурудзи залежно від використання інгібіторів азоту

Найбільша урожайність зерна спостерігалася на варіантах, де використовувався гуміновий препарат Ultra Boost (Iva Rove). За результатами трирічних досліджень він забезпечив зростання урожайності на 1,18 т/га, що становило 13 % (рис. 4.3). Другим за ефективністю виявився препарат від компанії Corteva N-Лок – збільшення урожайності становило 0,91 т/га або 10 %. Використання Азотолайфу чи DMPP сприяло збільшенню урожайності на 0,58 і 0,34 т/га, що становило, відповідно, 6,3 і 3,7 %.

Однак на формування урожайності значний вплив проявили і неконтрольовані фактори середовища вирощування, які склалися в різні роки досліджень. Так, наприклад, у сприятливому 2023 році застосування інгібіторів дало змогу збільшити урожайність на 3,6–12,5 % (0,46–1,6 т/га). При цьому найвищу урожайність отримали на варіантах з Ultra Boost, а найнижчу – на варіантах з DMPP. Використання N-Лок забезпечувало збільшення на 1,24 т/га, що становило майже 10 %, а на варіантах, де використовувалися Азотолайф і НоваТек Оне зростання урожайності було на рівні 0,93 і 0,46 т/га, що відповідало 7,3 і 3,6 %.

У несприятливому через посуху 2024 році інгібітори діяли значно слабше. Так зростання урожайності складало лише 7,7 % для N-Лок і 8 % - для Ultra Boost тобто було однаковим. Дія НоваТек Оне забезпечила прибавку урожайності лише на рівні 5 % тобто не перевищувала 0,41 т/га. На варіантах з DMPP урожайність була майже без змін.

2025 рік хоч і був загалом несприятливим для реалізації продуктивного потенціалу гібридів, але мав кращий розподіл опадів. Така обставина дала

змогу інгібіторам продемонструвати кращу ефективність. Застосування Ultra Boost дозволило збільшити урожайність майже на 21 %, що становило 1,32 т/га, а N-Лок – на 14 % або 0,91 т/га. Ефективним також виявилося й використання НоваТек One та Азотолайфу – збільшення урожайності склало 0,86 і 0,58 т/га, що відповідало 13 і 9 %.

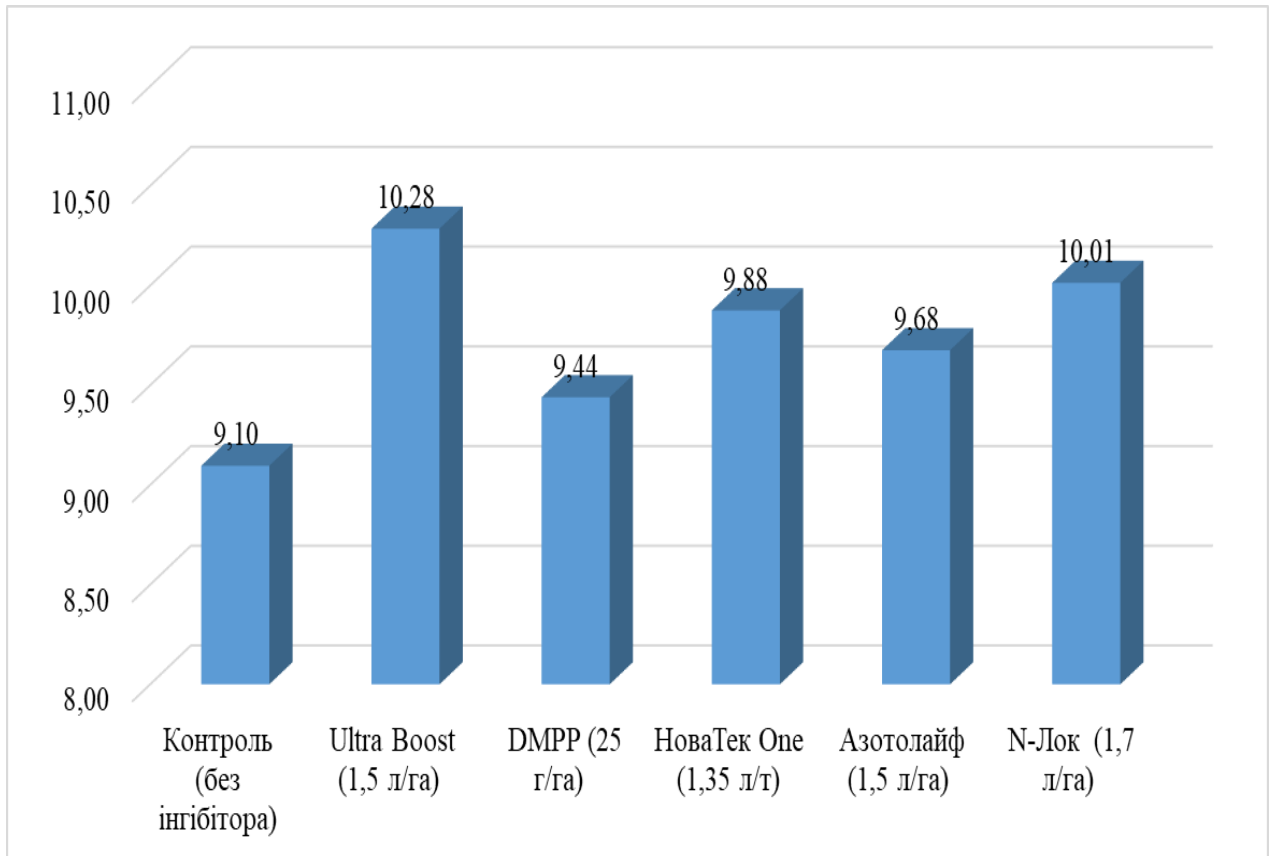


Рис. 4.3. Урожайність кукурудзи залежно від застосування інгібіторів азоту (2023–2025 рр.)

Детальніший аналіз даних також підтвердив ефективність використання інгібіторів азоту (табл. 4.2) й дав змогу виокремити можливі найкращі й найефективніші препарати, які спроможні реально збільшити урожайність зерна кукурудзи. Найстабільніші показники статистично достовірно були отримані на варіантах з використанням Ultra Boost (1,5 л/га) – збільшення урожайності склало 9–18 %. Друга позиція за ефективністю була за інгібітором N-Лок (1,7 л/га). Подібними за величиною впливу виявилися препарати НоваТек One (1,35 л/т) і Азотолайф (1,5 л/га). Найменша ефективність була в разі використання DMPP (25 г/га).

Таблиця 4.2

Урожайність кукурудзи залежно від застосування інгібіторів (2023–
2025 рр., фактор А)

Гібриди (В)	Інгібітор (С)	Урожайність, т/га	± до контроля	Прибавка, %
Pioneer 9241	Контроль (без інгібітора)	9,46	–	–
	Ultra Boost 1,5 л/га	10,48	1,02	10,7
	DMPP 25 г/га	9,96	0,50	5,3
	НоваТек One 1,35 л/т	10,25	0,79	8,4
	Азотолайф 1,5 л/га	10,41	0,95	10,1
	N-Лок 1,7 л/га	10,55	1,09	11,6
DKC4964	Контроль (без інгібітора)	9,48	–	–
	Ultra Boost 1,5 л/га	10,31	0,83	8,9
	DMPP 25 г/га	9,92	0,44	4,7
	НоваТек One 1,35 л/т	10,23	0,75	8,0
	Азотолайф 1,5 л/га	10,05	0,57	6,1
	N-Лок 1,7 л/га	9,87	0,39	4,2
ЕС Сенсор	Контроль (без інгібітора)	8,91	–	–
	Ultra Boost 1,5 л/га	10,86	1,95	18,0
	DMPP 25 г/га	9,29	0,38	4,1
	НоваТек One 1,35 л/т	10,19	1,28	12,6
	Азотолайф 1,5 л/га	9,55	0,64	6,73
	N-Лок 1,7 л/га	10,70	1,79	16,7
MAS 30.K	Контроль (без інгібітора)	8,53	–	–
	Ultra Boost 1,5 л/га	9,49	0,96	10,1
	DMPP 25 г/га	8,59	0,06	0,7
	НоваТек One 1,35 л/т	8,82	0,29	3,3
	Азотолайф 1,5 л/га	8,69	0,16	1,8
	N-Лок 1,7 л/га	8,93	0,40	4,5
HIP ₀₅	Фактор А	0,10		
	Фактор В	0,12		
	Фактор С	0,15		
	А×В	0,18		
	А×С	0,23		
	В×С	0,26		
	А×В×С	0,48		

Таким чином можна зробити висновок про те, що в умовах нестійкого зволоження для збільшення урожайності кукурудзи доцільно використовувати гумінові інгібітори, а також з певною переконаністю препарати на основі нітрапірину. в той час як препарати з діючою речовиною диметилпірозол фосфат були менш ефективними і стабільного впливу встановити не вдалося. Окрім того, використані в цих дослідженнях два препарати з цією діючою речовиною мали неоднакову ефективність.

Оскільки роки досліджень мали в представлених дослідженнях істотну різницю між собою за метеорологічними факторами, доцільно навести також аналіз змін впливу цих чинників за кожним з років. Якщо не враховувати екологічну складову впливу на урожайність то найбільша його частка залишається за генетичними властивостями гібридів кукурудзи. у 2023 році ця частка склала 73 %. Вплив інгібіторів азоту становив 22 %, а їхня взаємодія була на рівні 4 %. Цей вплив, не зважаючи на невелике значення був статистично достовірним. У 2024 році вплив підбору гібридів для вирощування зріс до 95 % у дисперсійному комплексі й у наступному 2025-му – 93 %. Вплив від застосування інгібіторів внаслідок цього зменшувався до 3–6 %.

Статистично достовірний вплив від застосування інгібіторів з економічної точки зору став несуттєвим. Таким чином, можна зробити висновок про те, що ефективність застосування інгібіторів азоту значною мірою залежить від погодних факторів і за наявності посух і високих температур вона значно зменшується порівняно з роками, в які кількість опадів і їхній розподіл наближалися до оптимального для кукурудзи стану.

Одним з індикаторів оцінки впливу регульованого фактору на формування результативної ознаки може бути її мінливість, виражена за допомогою коефіцієнта варіації. Провівши статистичну оцінку урожайності кукурудзи за кожним з років досліджень було встановлено, що за сприятливих умов вирощування коефіцієнт варіації характеризувався не значною величиною (табл. 4.3). Однак в роки, які були несприятливими, цей статистичний параметр характеризував мінливість як середню, а в разі

виникнення ще гірших умов для розвитку рослин мінливість могла досягала 20 % тобто була значною.

Таким чином коефіцієнт варіації можна використовувати як зручний, швидкий і переконливий аргумент для оцінки умов, у яких формується чи буде формуватися урожайність кукурудзи. Слід також зазначити, що фактор підбору інгібітора істотно не впливав на величину коефіцієнта варіації. Тобто інгібітори азоту не мали вирішального значення для формування урожайності, хоча й були істотним фактором оптимізації використання азоту посівами кукурудзи.

Таблиця 4.3

Варіювання урожайності кукурудзи (V, %) залежно від
застосування інгібіторів (2023–2025 рр.)

Варіанти інгібіторів	2023	2024	2025
Контроль (без інгібітора)	10	16	19
Ultra Boost (1,5 л/га)	7	11	16
DMPP (25 г/га)	5	15	16
НоваТек One (1,35 л/т)	5	14	17
Азотолайф (1,5 л/га)	5	15	20
N-Лок (1,7 л/га)	8	13	19

Важливим методом визначення впливу вмісту поживних форм азоту на формування урожайності є використання кореляційного аналізу. За допомогою цього методу було встановлено, що між урожайністю і вмістом поживних форм азоту в ґрунті існує пряма середня залежність (рис. 4.4). Подібною закономірністю характеризувався й вплив на урожайність амонійної форми азоту.

Зручність застосування кореляційного аналізу полягає в тому, що отримане рівняння регресії дає змогу прогнозувати очікувану урожайність. З цієї точки зору ефективним може бути застосування методу множинної регресії, але в представлених дослідженнях таких закономірностей виявлено не було за винятком сприятливого 2023 року коли рівняння регресії урожайності можна було записати у вигляді:

$Y = 6,55 - 0,14x_1 + 0,31x_2$, де:

Y – урожайність зерна кукурудзи, т/га:

x_1 – вміст NO_3^- , мг/кг

x_2 – вміст NH_4^+ , мг/кг.

В несприятливі роки таких залежностей не виявили. Таким чином, постає питання про створення масштабних за обсягом і достовірних за якістю баз даних в просторовому й часовому аспектах. Такий підхід може значною мірою створити діючу прогностичну модель формування майбутнього врожаю, а також вжити заходів для оптимізації технології удобрення посівів.

Необхідно також зазначити, що в живій природі існування прямих залежностей між ознаками можливе в певному інтервалі значень, а в переважній більшості це залежності нелінійного характеру. Створення баз даних дасть змогу значно розширити можливості для застосування інших математичних моделей.

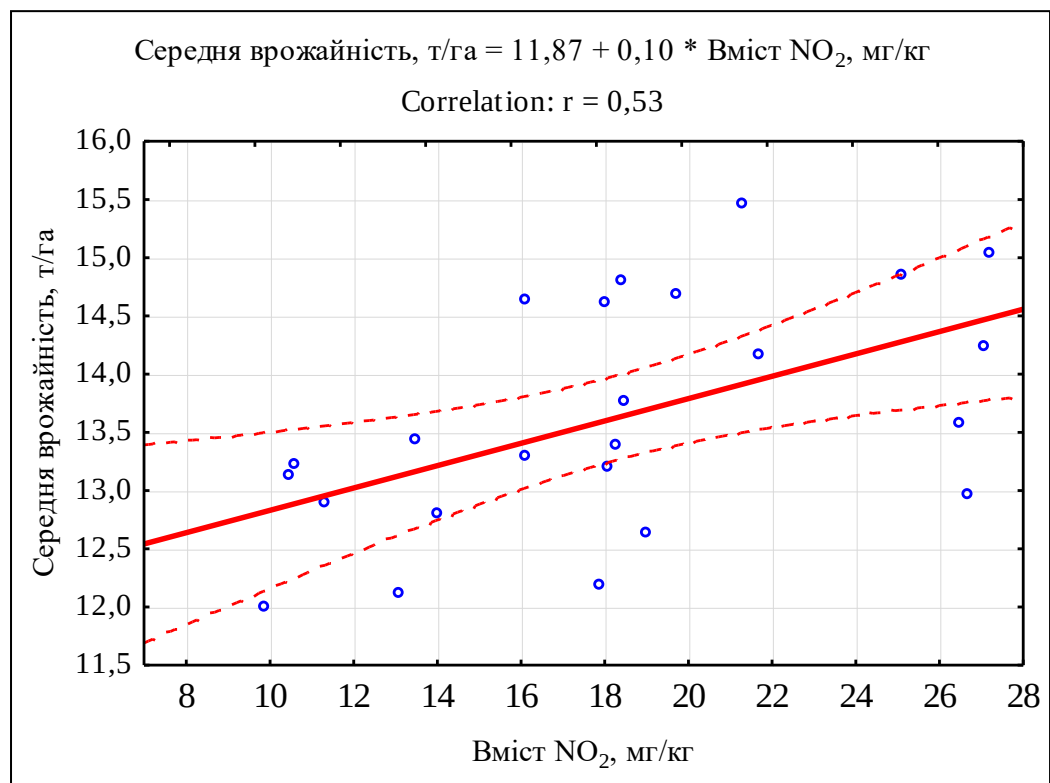


Рис. 4.4. Графік залежності урожайності зерна залежно від вмісту нітратної форми азоту (NO_3^-)

Підсумовуючи результати статистичної обробки цього дослідження слід відзначити, що в умовах нестійкого зволоження найбільший вплив на

формування урожайності кукурудзи мали особливості років вирощування, частка впливу яких могла сягати 66 % і більше (рис. 4.5). Підбір гібридів для вирощування також мав істотний вплив на формування урожайності – частка впливу знаходилася на рівні 12 %, при цьому слід зазначити, що сумісна дія умов років вирощування й генетичних властивостей знаходилася на рівні 17 %. Вплив інгібіторів азоту визначався часткою лише 4 %, був статистично достовірним, а також мав статистично достовірну взаємодію і вплив на формування урожайності з підбором гібридів для вирощування та в комплексі з умовами років вирощування.

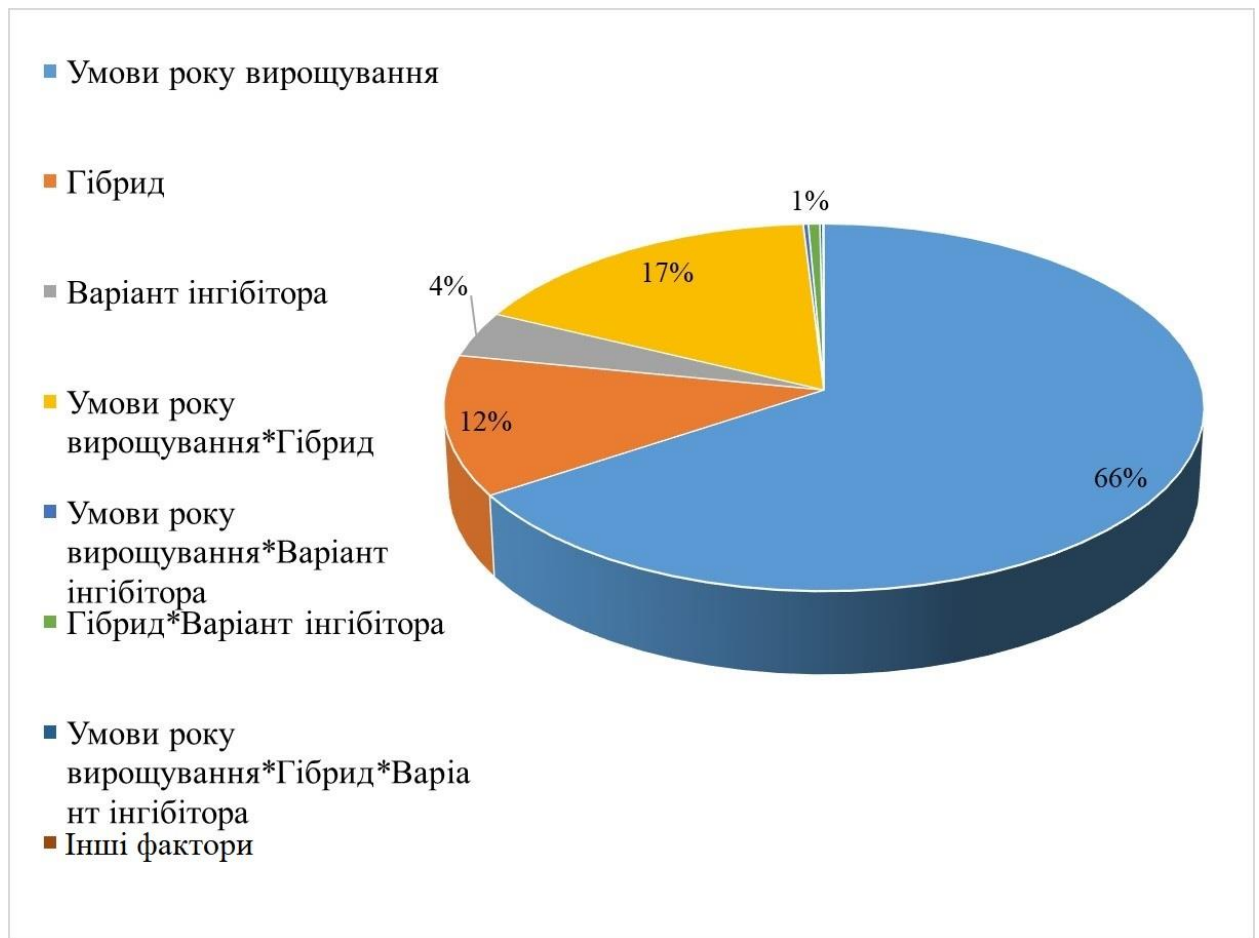


Рис. 4.5. Головні фактори формування урожайності зерна кукурудзи

На всіх дослідях, які входили в програму дисертаційного дослідження, було встановлено, що вплив неконтрольованих факторів умов вирощування мав найбільший вплив. В загальній дисперсії частка впливу цього комплексу може сягати, навіть, значення більше 90 %. Однак, негативний вплив значно пом'якшується агротехнічними методами й має, передусім, економічний

ефект, збільшуючи урожайність культури та оптимізуючи витрати на вирощування.

Висновки до розділу 4

1. Використання інгібіторів проявляло позитивний вплив на збереження доступних нітратної і амонійної форм азоту в ґрунті. Найкращі результати отримані на варіантах з використанням гумінового препарату Ultra Boost з нормою внесення 1,5 л/га. Другим за ефективністю виявився інгібітор N-Лок з нормою внесення 1,7 л/га. Застосування НоваТек One 1,35 л/т сприяло збільшенню урожайності на величину майже 12 %.

2. Застосування інгібіторів залежить від комплексу нерегульованих факторів середовища, де особливе місце займає розподіл і кількість опадів протягом вегетаційного періоду. У вологі роки дія цих препаратів значно помітніша ніж у посушливих умовах. В середньому за роки досліджень застосування препаратів, що є інгібіторами нітрифікації чи уреаз, забезпечувало зростання урожайності на 3,7–13 %. Найкращі результати були відмічені на варіантах з Ultra Boost з нормою внесення 1,5 л/га та N-Лок з нормою внесення 1,7 л/га. На основі множинного регресійного аналізу встановлене рівняння урожайності зерна кукурудзи залежно від вмісту доступних форм азоту.

3. Ефективність застосування інгібіторів азоту залежить від погодних факторів. За умов, які наближаються до оптимальних за своїм комплексом для посівів кукурудзи цей вплив може становити 22 %, але в умовах нестачі вологи й високих температур він зменшується до 3–6 %. Таким чином, з економічної точки зору використання інгібіторів може втрачати сенс для виробництва.

Публікації до розділу 4: 204

РОЗДІЛ 5

ВПЛИВ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА УРОЖАЙНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ

Гостра полеміка про ефективність технологій вирощування в контексті способів обробітку ґрунту точиться не лише у науковій періодиці, про що вже було детально описано в розділі 1 дисертації. Виробництво також має гострі дискусійні питання стосовно застосування оранки чи нульового обробітку в умовах нестачі вологи чи її нерівномірного надходження. Така ситуація призвела до двох умовно таборів – прихильників оранки й мінімального чи нульового обробітку.

Безперечно, що сучасний розвиток технологій призвів до істотного прориву в реалізації генетичного потенціалу гібридів і сортів. Сучасне виробництво вимагає від виробничників високого теоретичного рівня підготовки, умінь і навичок, а також здатності до організації трудомістких процесів технологій вирощування. У виробничому середовищі існує гостра потреба в об'єктивних і репрезентативних результатів наукових досліджень, оскільки це дає змогу значно оптимізувати технології вирощування відповідно умов і виробничих традицій, навіть, кожного господарства.

5.1. Особливості формування елементів структури урожаю кукурудзи

Переконливими ознаками впливу технологій вирощування на формування продуктивності кукурудзи є висота рослин і маса зерна з качана. Дійсно, навіть під час візуального огляду посіви можуть контрастувати між собою і, в першу чергу, різницю спостерігають за висотою рослин. В проведених дослідженнях такі факти також спостерігалися.

За сприятливих умов вирощування частка впливу технології вирощування на висоту рослин складала 54 % (рис. 5.1). Дійсно, варіанти досліду, які були висіяні за нульовою технологією візуально відрізнялися від посівів, які висівалися за традиційною технологією з використанням оранки.

Важливу роль відігравав також фактор підбору гібридів для вирощування. Використання стимулятора росту також мало істотний вплив на формування висоти кукурудзи.

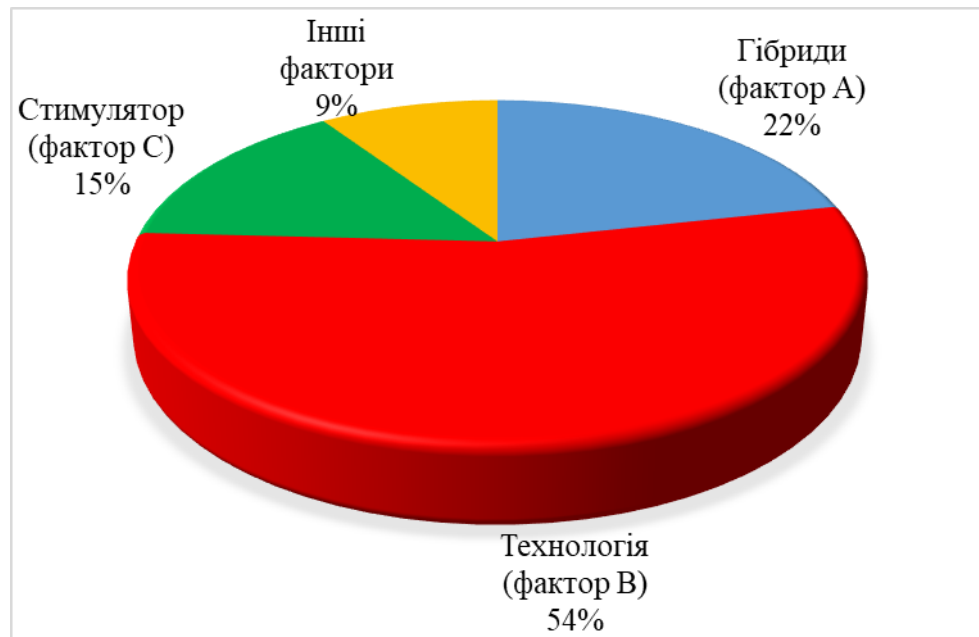


Рис. 5.1. Частка впливу факторів на формування висоти рослин кукурудзи у 2023 році

У несприятливому 2024 році вирішальне значення мав фактор В – технологія обробітку ґрунту. Саме він відігравав головну роль, а решта агротехнічних факторів статистично достовірного впливу не мали. Зовсім інший вигляд мала залежність висоти рослин від досліджуваних факторів у 2025 році, теж несприятливому для виробництва кукурудзи. Аналіз багатофакторного комплексу показав, що 84 % дисперсії висоти рослин залежав від вибору технології вирощування. Також статистично достовірну частку впливу мало застосування стимулятора росту – 8 %. В цьому році статистично достовірною була також взаємодія підбору гібридів і технології вирощування – 6 %, чого не спостерігалось в попередні роки. Таким чином, погодні умови років вирощування можуть мати непередбачуваний комплекс дії і взаємодії факторів вирощування.

Включення як фактору погодних умов років вирощування показало, що протягом років досліджень 2023–2025-го, вони справляли домінуючий вплив на формування висоти рослин – 60 %. При цьому серед

контрольованих факторів вибір технології вирощування мав частку впливу на рівні 32 %. Статистично достовірною, хоч і невеликою, була частка інших факторів – підбору гібридів для вирощування, застосування стимулятора росту та їхніх взаємодій.

В середньому за роки досліджень висота рослин гібрида Pioneer 9241 на варіантах із застосуванням технології no-till була на 22 і 19 см більшою порівняно рослинами, вирощеними на оранці відповідно до використання стимулятора росту (табл. 5.1). У 2023 році ця різниця становила 24 і 21 см, така ж тенденція зберіглася і в наступні роки.

Подібним чином реагував також і гібрид DKC4964. В цьому блоці дослідів рослини на варіантах з нульовою технологією мали більшу висоту на варіантах без стимулятора на 23 см, а на варіантах із використанням Zinovii grand (2 кг/га) – на 24 см. До цього слід додати, що застосування технології no-till сприяло довшій вегетації рослин – вони тривалий час зберігали фотосинтетичний апарат і дозрівали повільніше порівняно з оранкою.

Вплив застосування стимулятора росту був статистично достовірним, що особливо було помітно у 2023 році. Несприятливі умови років призводили до помітного зменшення висоти рослин. Так рослини гібрида Pioneer 9241 зменшували цей показник на 27 і 43 см відповідно у 2024 і 2025 роках. На варіантах із застосуванням стимулятора росту таке зменшення відбувалося з показниками 28 і 45 см, тобто ці показники були майже аналогічними. Гібрид DKC4964 мав показники дещо контрастніші – зменшення висоти рослин у 2024 і 2025 роках відбувалося на 43 і 60 см, а на варіантах із застосуванням стимулятора росту 52 і 65 см.

Зменшення висоти рослин спостерігалось і на варіантах з нульовою технологією, але загалом рослини все-одно були помітно вищими. Таким чином можна стверджувати, що застосування технології нульового обробітку ґрунту сприяло формування потужнішого габітусу рослин, які мали довший період функціонування листового апарату порівняно з рослинами, що були

на варіантах оранки. Найменше зменшувалися рослини гібрида DKC4964 в разі використання no-till.

Таблиця 5.1

Формування висоти рослин кукурудзи (см) залежно від технології вирощування та застосування стимуляторів (2023–2025 рр.)

Гібриди (фактор А)	Технологія (фактор В)	Стимулятор (фактор С)	Роки			
			2023	2024	2025	Середнє
Pioneer 9241	Оранка	St (без стимулятора)	246	219	203	223
		Zinovii grand (2 кг/га)	255	227	210	231
	No-till	St (без стимулятора)	270	245	218	245
		Zinovii grand (2 кг/га)	276	248	225	250
DKC4964	Оранка	St (без стимулятора)	262	219	202	228
		Zinovii grand (2 кг/га)	272	220	207	233
	No-till	St (без стимулятора)	273	251	227	251
		Zinovii grand (2 кг/га)	283	256	234	257
НІР ₀₅	Рік					4,3
	Гібриди (фактор А)					3,5
	Технологія (фактор В)					3,55
	Стимулятор (фактор С)					3,55
	Рік × В					6,1
	Рік × А × В					9

Аналіз впливу факторів, які вивчалися, на формування маси зерна з одного качана показав, що використання no-till сприятливо позначилося на величину цього показника. Так у гібрида Pioneer 9241 вона становила на 23 г більше в середньому за три роки досліджень для варіантів без застосування стимулятора росту й 19 г – з використанням Zinovii grand (табл. 5.2). Продуктивність гібрида ДКС4964 змінювалася також подібним чином – маса зерна на варіантах без стимулятора була на оранці й нульовій технології на 21 см більшою.

У сприятливих умовах вирощування використання стимулятора росту було помітнішим. Зокрема для гібрида Pioneer 9241 на варіантах з оранкою Zinovii grand забезпечив збільшення маси зерна на 23 г, а для ДКС4964 лише на 2 г, що було в межах статистичної помилки. Застосування no-till характеризувалося дещо меншим впливом стимулятора росту в сприятливих умовах 2023 року, а у випадку з гібридом ДКС4964 спостерігали навіть статистично неістотне зменшення показника.

В несприятливих умовах 2024 і 2025 років у гібрида Pioneer 9241 використання стимулятора росту сприяло збільшенню маси зерна з качана на 6 і 9 г відповідно на варіантах оранки й 8–14 г – на варіантах з нульовою технологією.

Для гібрида ДКС4964 використання стимулятора росту сприяло збільшенню продуктивності рослин 7 г у 2024 році на варіантах з оранкою і на 8 г – у 2025 році. Дія стимулятора була помітнішою для рослин цього гібрида на варіантах із застосуванням no-till. У 2024 році використання препарату забезпечило збільшення маси зерна з качана на 8 г, а у 2025-му – на 12 г. Таким чином можна стверджувати, що використання стимуляторів росту може виявитися дієвим агротехнічним прийомом для збільшення продуктивності рослин кукурудзи.

На відміну від показника висоти рослин маса зерна з качана перебувала під впливом більшої кількості факторів та їхніх взаємодій. На її формування впливали всі агротехнічні фактори та всі взаємодії окрім комплексного впливу неконтрольованих факторів вирощування з усіма агротехнічними.

Проведені обчислення описують лише ті закономірності формування продуктивності, які виникли в період досліджень і потребують подальшого вивчення й накопичення експериментально отриманих даних.

Таблиця 5.2

Формування маси зерна з качана (г) залежно від технології вирощування та застосування стимуляторів (2023–2025 рр.)

Гібриди (фактор А)	Технологія (фактор В)	Стимулятор (фактор С)	Роки			
			2023	2024	2025	Середнє
Pioneer 9241	Оранка	St (без стимулятора)	243	223	196	220
		Zinovii grand (2 кг/га)	266	229	205	234
	No-till	St (без стимулятора)	278	240	212	243
		Zinovii grand (2 кг/га)	282	248	228	253
DKC4964	Оранка	St (без стимулятора)	269	224	192	228
		Zinovii grand (2 кг/га)	271	231	200	234
	No-till	St (без стимулятора)	285	238	225	249
		Zinovii grand (2 кг/га)	282	246	237	255
НІР ₀₅	Рік					2,8
	Гібриди (фактор А)					2,3
	Технологія (фактор В)					2,3
	Стимулятор (фактор С)					2,3
	Рік × А					4,0
	А × В					3,3
	А × С					5,7
	Рік × А × В					6,0
	Рік × А × С					6,3
	Рік × В × С					6,5

Причиною цього є нестабільність погодних умов. В даних дослідженнях частка впливу цих неконтрольованих факторів на формування

маси зерна з качана становила 67 %, а на вибір технології припадало 24 %. Таким чином решта факторів та їхніх взаємодій була в сукупності лише близько 9 % в багатофакторному комплексі, що поєднував дані 2023–2025 років. Однак, величина впливу залежала від умов років вирощування. В сприятливих умовах вибір технології вирощування забезпечував 59 % варіації показника маси зерна з одного качана. Частка впливу вибору гібрида для гібрида знаходилася на рівні 13 %. Відразу зазначимо, що ця частка може змінюватися залежно від кількості гібридів і їхніх генетичних властивостей. На частку впливу стимуляторів росту і зазначених у таблиці 5.2 взаємодій прийшлося по 5–8 % статистично достовірного впливу.

У несприятливі роки вирощування частка впливу фактору підбору технології вирощування може досягати 77 %, а використання стимулятора росту – 13 %. Наявність статистично достовірного впливу взаємодії підбору технології вирощування й гібрида свідчить про можливості поєднання генетичного потенціалу з агротехнічним прийомом.

5.2. Порівняльний аналіз технологій вирощування кукурудзи

Важливою передумовою створення оцінки є визначення частки впливу всього комплексу факторів, які діють на формування урожайності сільськогосподарських культур. Неконтрольовані фактори середовища вирощування мали домінуючий вплив на урожайність – частка впливу становила майже 90 % (рис. 5.2). Поясненням цього є контрастність умов вирощування за метеорологічними показниками. Не менш важливим аспектом є те, що не зважаючи на невеликі за значеннями, впливи контрольованих факторів були статистично достовірними, отже, цілком можлива розробка системи управління урожайністю сільськогосподарських культур і кукурудзи зокрема.

Підбір гібридів для вирощування також виявився важливим фактором для впливу на формування урожайності хоч і був, на перший погляд, незначним. Статистична оцінка результатів показала, що цей фактор є

важливим, що також досить часто підтверджується емпіричними даними, які в переважній більшості не мають математичної обробки й інтерпретації.

Застосування стимуляторів росту також мало істотний вплив на формування урожайності кукурудзи. За результатами трирічних досліджень він був найбільшим серед досліджуваних регульованих факторів (додаток Г). Відмітимо, що відсутність комунікації між виробничниками й науковцями в цьому плані стримує розвиток стратегій управління продуктивністю агроценозів усіх провідних культур українського агропромислового комплексу.

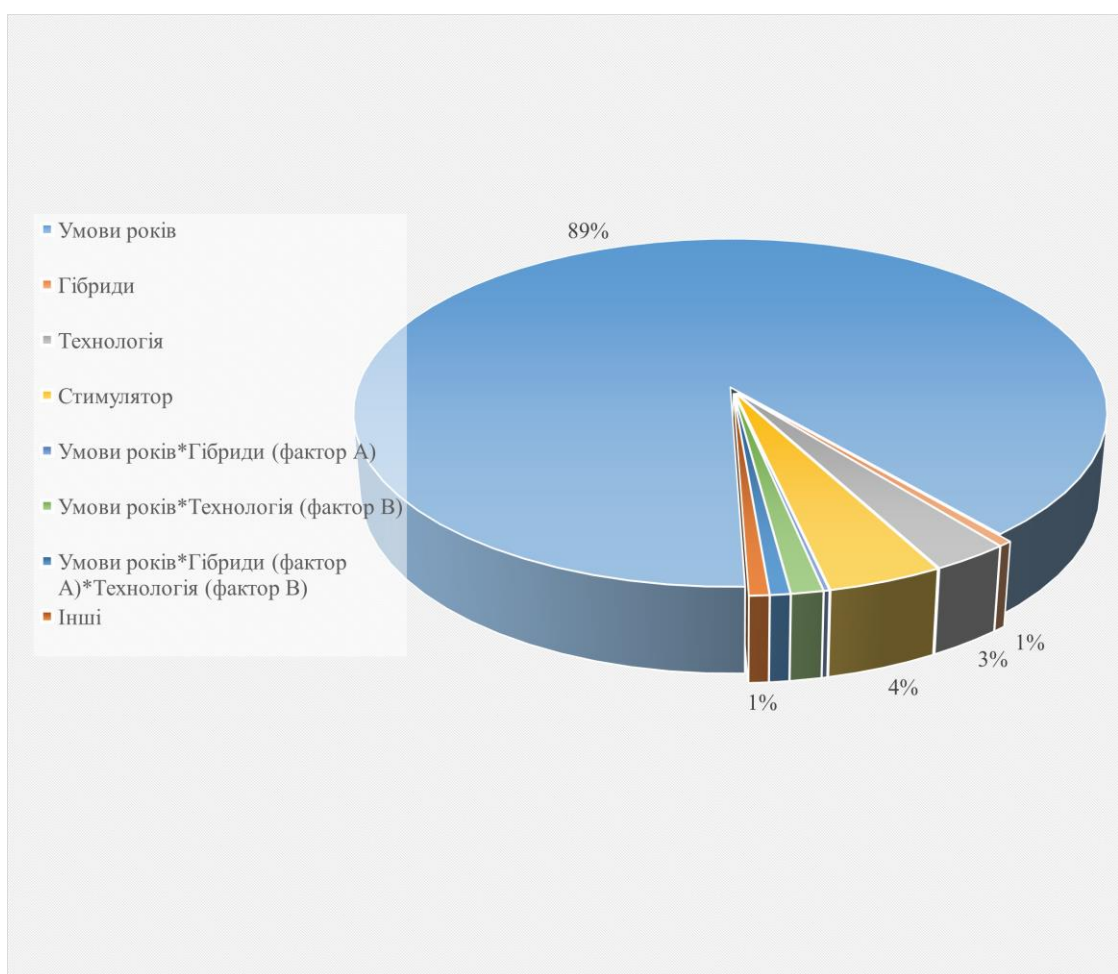


Рис. 5.2. Частки впливу регульованих факторів порівняно з неконтрольованими умовами років вирощування (2023–2025 рр.)

Вплив неконтрольованих факторів істотно впливав на результативність технології вирощування кукурудзи. У 2023 році урожайність на ділянках з варіантами оранки, хоч і незначно, перевищувала урожайність варіантів, що вирощувалися за технологією no-till (рис. 5.3). Таке перевищення становило

лише 0,07 т/га, що було статистично недостовірним. Натомість у 2024 і 2025 роках застосування нульового обробітку збільшило урожайність кукурудзи на 0,84 й 1,24 т/га, що становило 13 і 28 % відповідно.

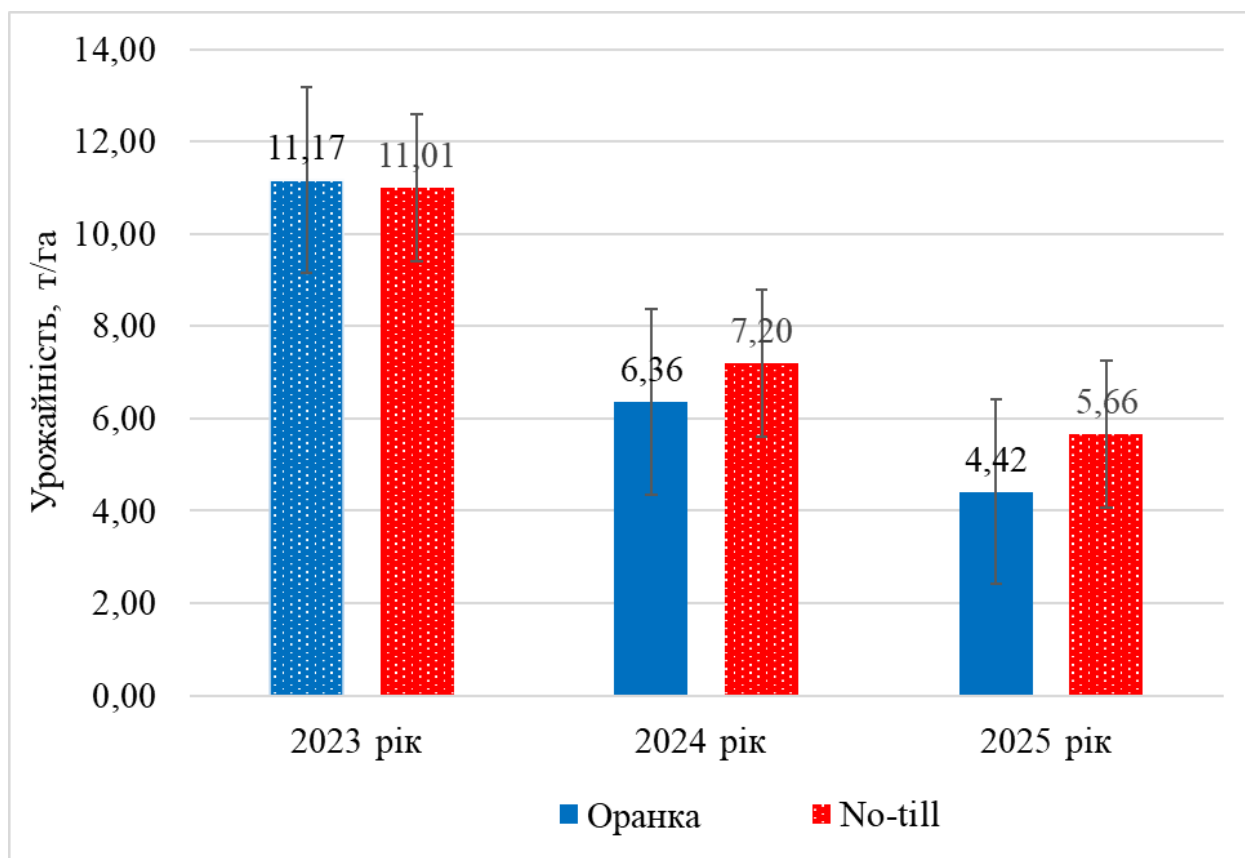


Рис. 5.3. Вплив технології вирощування на формування урожайності кукурудзи

Зображені на графіку межі погрішності показали істотну варіацію урожайності на варіантах дослідів, яка також обумовлювалася впливом умов років вирощування. Таким чином, можна дійти висновку, що за сприятливих умов вирощування спосіб обробітку ґрунту може не бути вирішальним фактором для формування урожайності зерна. Натомість використання технології нульового обробітку сприяло збільшенню урожайності у роки, що характеризувалися нерівномірними часово-просторовим розподілом опадів. Такі роки спостерігалися останніми десятиліттями на всій території України й особливо гостро відчувалися в економічному плані в зоні Лівобережного Лісостепу. На виробничих локаціях спостерігалася також подібна ситуація.

Дійсно, мінливість ознаки урожайності можна було використати як індикатор для оцінки впливу неконтрольованих факторів середовища вирощування. У 2023 році коефіцієнт варіації показника урожайності становив 6 %, а в 2024-му – він, внаслідок несприятливих факторів вирощування, перевищив 10 %. Жорсткіші умови 2025 року збільшили варіацію урожайності – $V = 18$ %.

5.3. Ефективність і перспективи застосування стимуляторів росту

У представленому досліді застосування стимулятора росту Zinovii grand (2 кг/га) мало статистично істотний вплив на формування урожайності хоч він і становив 4 % в трирічних дослідженнях. Варіація урожайності також була значною, про що свідчать межі погрішності ознаки (рис. 5.4). Таким чином, потрібно вкотре згадати про вже сформульоване твердження: необхідність створення великих баз часово-просторово даних агрометеорологічних показників. В даному аспекті потрібно також зазначити, що створення таких повинне передбачати включення нових факторів впливу.

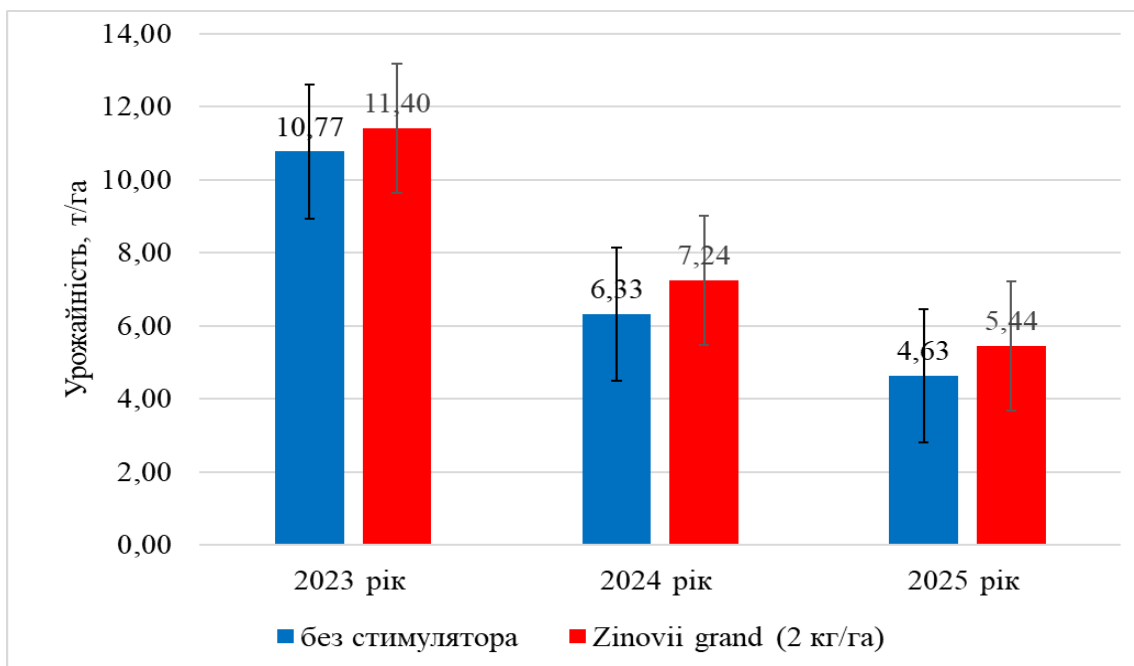


Рис. 5.4. Ефективність застосування стимулятора для підвищення урожайності кукурудзи

У 2023 році спостерігався достовірний вплив двох факторів вирощування – генетичних властивостей гібридів і застосування стимуляторів, причому стимулятори мали значно більший вплив. В

комплексі дисперсійного аналізу дія інших факторів чи їхніх взаємодій не спостерігалася. В результаті цього середня урожайність на варіантах із застосуванням Zinovii grand (2 кг/га) була на 0,63 т/га більшою, що склало 5,8 %. Несприятливі погодні умови 2024 року дали змогу встановити важливу роль застосування стимулятора росту. Збільшення урожайності склало 14,4 % або 0,91 т/га. Найбільший вплив на формування урожайності мали фактори обробітку ґрунту й застосування стимулятора росту (рис. 5.5).

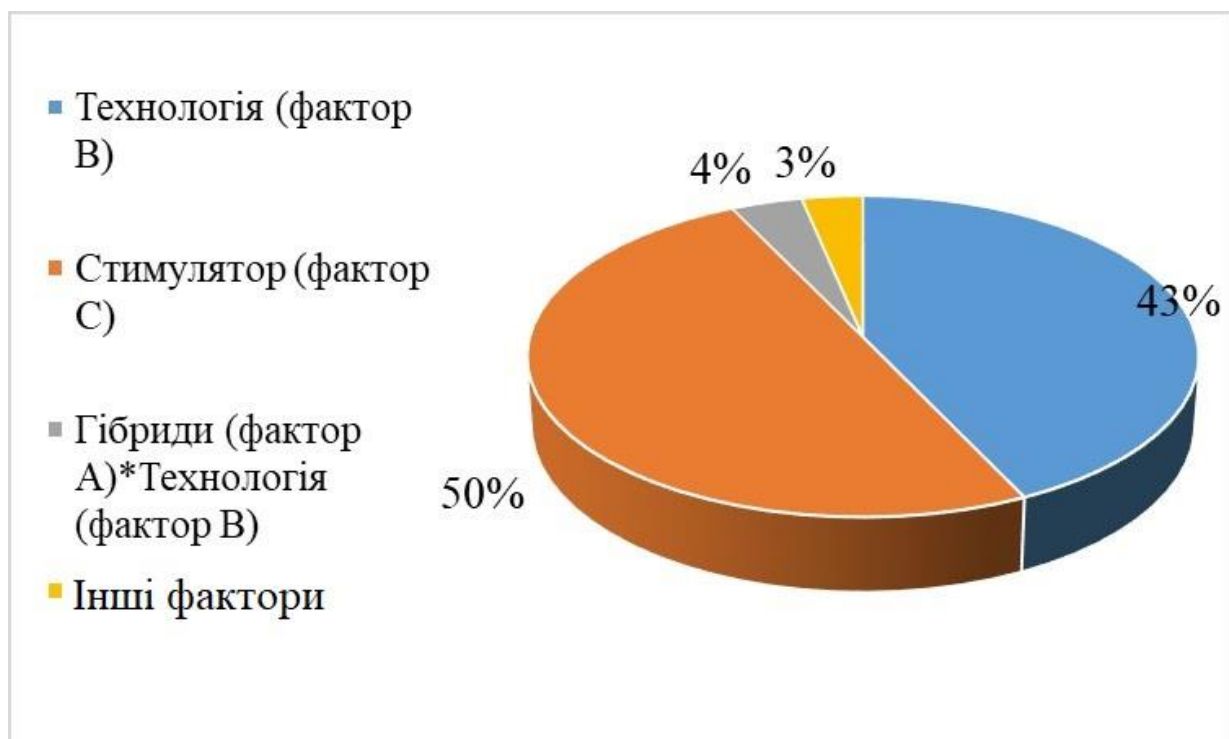


Рис. 5.5. Частка впливу контрольованих факторів вирощування на формування урожайності кукурудзи у 2024 році

2025 рік характеризувався значним зменшенням урожайності зерна через ще більше погіршення погодних умов. За несприятливих умов зросла й кількість впливів факторів та їхніх взаємодій. Найбільша величина впливу спостерігалася в результаті застосування технології no-till. В цілому технологія вирощування за браку вологи мала частку впливу на формування урожайності 55 % (рис. 5.6), а використання стимулятора росту, який містив значну кількість макро- і мікроелементів забезпечував частку впливу фактора на рівні 24 %.

Також була помітною роль фактору підбору гібридів для вирощування. Оскільки в досліді використовувалися досить подібні гібриди за генетичним

потенціалом то частка впливу була хоч і не великою – 4 %, але це дає змогу передбачити, що таке виникло в разі вивчення лише двох гібридів. За умови збільшення варіантів дослідження, пов'язаного з включенням нових гібридів, ця частка може значно зрости й перевищити інші фактори та їхні взаємодії.

Такий комплекс взаємодій факторів призвів до того, що на варіантах із застосуванням стимулятора Zinovii grand збільшення урожайності становило 0,81 т/га, що порівняно з варіантами без стимулятора склало 17,5 %.

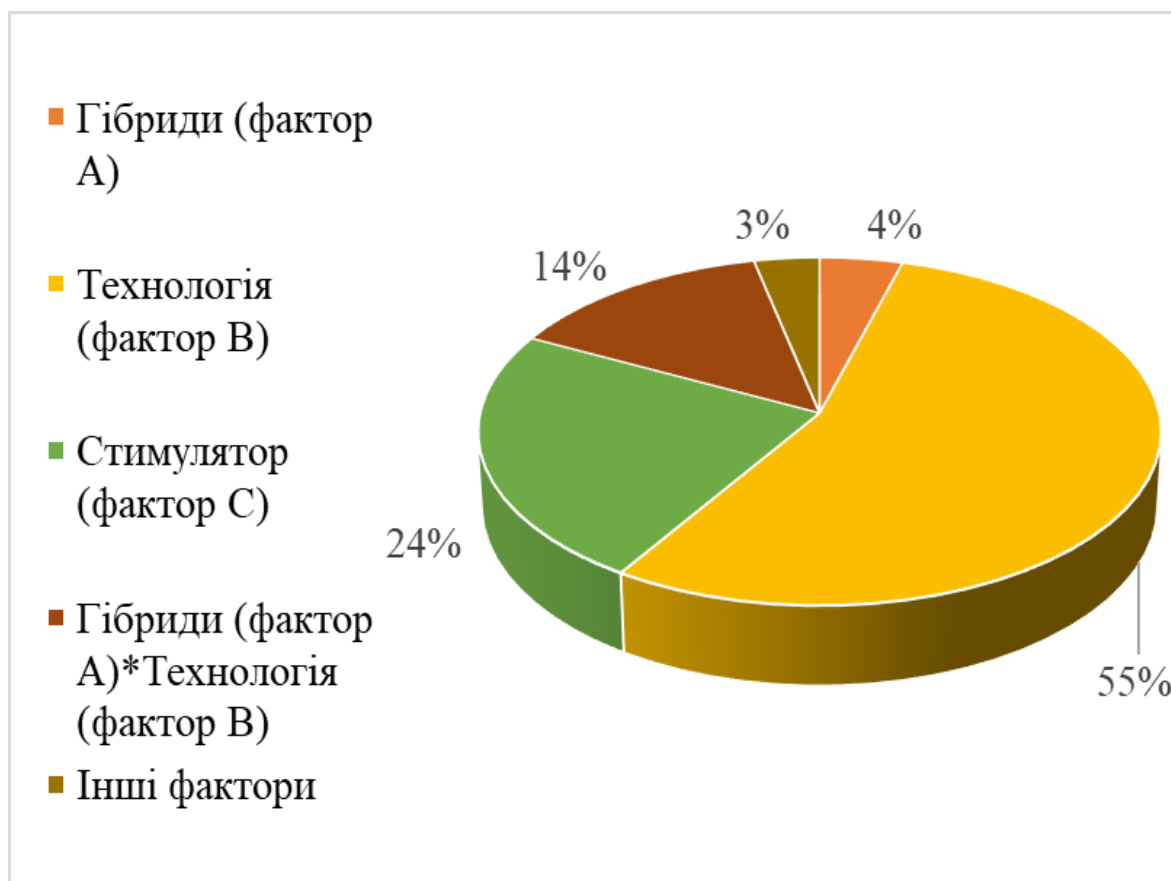


Рис. 5.6. Частка впливу контрольованих факторів вирощування на формування урожайності кукурудзи у 2025 році

В умовах значної зміни клімату, які мають глобальний характер, важко очікувати від застосування стимуляторів росту чи інгібіторів азоту, такої ж величини частки впливу на урожайність, або інші господарсько-важливі показники, як від генетичних властивостей гібридів, обробітку ґрунту, удобрення та інших головних агротехнічних факторів. З цієї точки зору треба обережно підходити до результатів, які декларують рекордні прибавки урожайності й досить часто зустрічаються в науковій періодиці.

В представлених дослідженнях прибавка урожайності від застосування стимуляторів становила 10–14 % (табл. 5.3) на варіантах, де як основний елемент технології вирощування було застосування основного обробітку ґрунту – оранки чи нульової технології. Перевага застосування технології no-till визначалася в межах 8–9 % і була статистично достовірною.

Таблиця 5.3

Вплив технології вирощування на урожайність кукурудзи

Гібриди (фактор А)	Технологія (фактор В)	Стимулятор (фактор С)	Середнє	± стимулятор		± обробіток	
				т/га	%	т/га	%
Pioneer 9241	Оранка	St (без стимулятора)	6,82	-	-	-	-
		Zinovii grand (2 кг/га)	7,52	0,70	10,3	7,2	-
	No-till	St (без стимулятора)	7,49	-	-	-	-
		Zinovii grand (2 кг/га)	8,17	0,68	9,1	7,8	9,2
DKC4964	Оранка	St (без стимулятора)	7,08	-	-	-	-
		Zinovii grand (2 кг/га)	7,84	0,76	10,7	7,5	-
	No-till	St (без стимулятора)	7,57	-	-	-	-
		Zinovii grand (2 кг/га)	8,59	1,02	13,5	8,1	8,3
НІР ₀₅	А		0,22				
	В		0,18				
	С		0,32				
	АВ		0,46				

В проведених дослідженнях і представлених їхніх результатах прибавки урожайності були не вражаючими з точки зору пропаганди препаратів чи інших агротехнологічних методів управління урожайності. Однак, статистичний аналіз показує істотність дії досліджених факторів. Можна навести до цього ще значний перелік прикладів з виробничого досвіду, у якому були б відображені переваги технологій вирощування чи

застосування стимуляторів росту. Зазначимо, що у виробничих умовах технологія нульового обробітку ґрунту могла мати й набагато більшу відносну різницю порівняно з оранкою чи іншими мінімалізованими технологіями.

Висновки до розділу 5

1. Застосування технології прямої сівби (No-till) давало змогу продовжити вегетаційний період рослин кукурудзи та забезпечувало збільшення висоти рослин порівняно з традиційною технологією на 20–30 см. Не зважаючи, що динаміка зменшення цього показника за роками була, фактично, аналогічною, рослини візуально відрізнялися в масиві у всі роки проведення досліджень.

2. Неконтрольовані фактори середовища вирощування мали домінантний вплив на формування урожайності зерна кукурудзи, частка яких сягала 89 %, однак вплив регульованих факторів хоч і становив 1–4 %, був статистично достовірним, що свідчить про перспективу управління процесами управління продуктивністю агроценозів. До таких відносилися підбір гібридів для вирощування, застосування стимуляторів росту й застосування нульової технології обробітку ґрунту.

3. Застосування нульового обробітку ґрунту в технологіях вирощування кукурудзи забезпечувало збільшення урожайності зерна на 13–28 % залежно від умов вирощування. Це свідчить про те, що в умовах нестійкого зволоження в Лівобережному Лісостепу перевагу доцільно віддавати технології no-till, за якої було отримано більшу урожайність порівняно з оранкою.

4. В середньому за роки проведення досліджень прибавка урожайності від використання стимуляторів росту, які мають у своєму складі великий перелік макро- і мікроелементів, може забезпечити прибавку урожайності 9–14 %, а застосування нульового обробітку ґрунту – сприяти збільшенню урожайності на 8,3–9,2 %.

РОЗДІЛ 6

ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ

Результати досліджень показали, що ознаки якості зерна кукурудзи – натура, маса 1000 зерен, вміст білка, жиру та крохмалю слабо реагували на застосовані в програмі досліджень методи оптимізації технології. Основним фактором впливу на їхнє формування був комплекс умов років вирощування. В українському агровиробництві кукурудза не має жорсткого поділу за напрямками цільового використання за ознаками якості і, очевидно, рівень технологій, зокрема удобрення, підбору гібридів для вирощування, дає певну свободу аграріям у вирощуванні цієї культури.

Разом з тим слабка реакція зазначених показників якості на агротехнічні заходи свідчить і про складність управління якістю зерна. Регульовані фактори, які вивчалися в представлених дослідженнях, мали обмежені градації, оскільки експерименти проводилися у виробничих умовах, які враховували досвід вирощування кукурудзи у господарствах. Не зважаючи на це результати дослідів дали змогу встановити певні закономірності, що проявилися у вигляді реакції показників і їхнього взаємозв'язку між собою.

6.1. Вплив агротехнічних засобів на формування фізичних показників якості зерна кукурудзи

Враховуючи значну відмінність років вирощування, у які проводилися дослідження, основну роль у формуванні фізичних показників якості зерна відгравали саме нерегульовані фактори середовища. До цього слід додати, що на відміну від показників продуктивності, зокрема урожайності, показники якості зерна мали значну меншу варіацію – коефіцієнт варіації не перевищував 10 % як і в середньому за роки вирощування так і в кожному році окремо.

Генетичні властивості гібридів не мали статистично достовірного впливу на прояв маси 1000 зерен і натури зерна. Слабо реагували фізичні показники якості також і на зміну норм висіву насіння (табл. 6.1). Найбільше зростання маси 1000 зерен спостерігали у 2024 році, але воно у відносному

виразі не перевищувало 1,3 %. Подібна ситуація спостерігалася й за іншим показником стандарту на зерно кукурудзи – натурою. У 2025 році гібриди реагували на зменшення чи збільшення норм висіву відповідно зменшуючи чи збільшуючи натуру, однак така зміна знаходилася в межах половини відсотка.

Таблиця 6.1

Вплив норм висіву на фізичні показники якості
зерна кукурудзи (2023–2025 рр.)

Роки досліджень					
	Норми висіву, тис./га				
	85	75	65	± до 75 тис./га	
				85	65
Маса 1000 зерен, г					
2023 рік	278	277	277	–0,80	0,11
2024 рік	244	247	249	3,17	–1,22
2025 рік	175	175	175	–0,03	0,10
Середнє	232	233	233	0,78	–0,34
Натура зерна, г/л					
2023 рік	804	805	802	0,63	2,53
2024 рік	731	730	727	–0,47	2,60
2025 рік	667	671	674	3,80	–3,74
Середнє	734	735	735	1,32	0,46

Однак серед гібридів траплялися й такі, які помітно реагували на зміну норм висіву. Зокрема, за збільшених до 85 тис./га норм висіву, зменшення маси 1000 зерен у гібрида ЕС Конкорд становило 28 г за середньорічним показником (додаток Д.1). У гібридів MAS 33.А й ДКС 3795 таке зменшення становило, відповідно 20 і 22 г, а в гібрида Р9578 – 14 г порівняно з нормами висіву 75 тис./га. На варіантах з нормами висіву 65 тис./га спостерігалася зменшення маси 1000 зерен у гібридів ЕС Паролі – 13 г; MAS 33.А – 22 г; ДКС 3509 – 20 г; Р9578 – 17 г.

Маса 1000 зерен зростала в результаті застосування норм висіву 85 тис./га, порівняно з нормами 75 тис./га, у гібридів MAS 23.K і PR39H32 – 22 г; DKC 3472 – 18 г. Помітним також було зростання цього показника якості для гібридів P8521 – 15 г і MAS 30.K та DKC 3415, яке становило відповідно 11 і 10 г.

Таким чином, слабо реагуючи, в цілому, на норми висіву насіння, маса 1000 зерен може бути керованим показником якості за окремими гібридами. З цієї точки зору можна сформулювати критерії підходу до вибору гібридів для вирощування, обираючи такі, які слабо реагують на норми висіву, або такі ж, що мають прогнозовану реакцію на цей агротехнічний прийом. Щоправда, в цьому полягає одна з основних, але далеко не єдина, проблема підбору гібридів.

Помітним зменшенням натури зерна і разі збільшення норм висіву до 85 тис./га характеризувалися гібриди MAS 37.V – 13 г; DKC 3509 і PR39H32 – 10 г (додаток Д.2). Зростання натури зерна в разі збільшення норм висіву спостерігали у гібридів DKC 3415 і P8000 – 13 г. Навпаки, істотним зменшенням натури зерна на 10–13 г характеризувалися MAS 37.V, DKC 3509, PR39H32. Порівняно з масою 1000 зерен натура зерна слабше реагувала, як показник, на зміну норм висіву. Важливим було те, що вона не формувалася нижче значення 680 г за усередненими даними, однак у 2025 році її значення було саме таким. Причиною цього стала дія стресових факторів – комплексу умов, що поєднав високі температури за одночасної нестачі вологи.

Погодні умови були домінуючими і в досліді, де використовували інгібітори азоту. Усереднені дані можуть дати лише загальну картину, що фактично унеможлиблює формулювання висновків за умови великої різниці між вегетаційними періодами (табл. 6.2). Разом з тим в умовах вирощування конкретного року статистично достовірного впливу факторів встановлено не було.

Представлені дані не дають можливості сформулювати конкретні висновки щодо впливу застосування інгібіторів азоту на фізичні показники якості. Збільшення маси 1000 зерен і натури зерна на варіантах із

застосуванням Азотолайф (1,5 л/га) на гібриді Pioneer 9241 не підтвердилося на варіантах інших гібридів кукурудзи. Ймовірно, що такі результати отримані внаслідок дії інших факторів, які формували чи строкатість родючості ґрунту чи, наприклад, строки проведення робіт. Враховуючи важливість і актуальність тематики застосування інгібіторів азоту, цей напрям потребує подальшого розвитку й проведення масштабних досліджень в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Таблиця 6.2

Вплив застосування інгібіторів азоту фізичні показники
якості зерна кукурудзи (2023–2025 рр.)

Гібрид	Варіант інгібітора	Маса 1000 зерен	± st	Натура, г/л	±st
Pioneer 9241	Контроль	242	-	729	-
	Ultra Boost 1,5 л/га	244	2	740	11
	DMPP 25 г/га	242	0	735	6
	НоваТек One 1,35 л/т	238	-4	733	4
	Азотолайф 1,5 л/га	261	19	572	23
	N-Лок 1,7 л/га	251	9	736	7
DKC4964	Контроль	240	-	727	-
	Ultra Boost 1,5 л/га	238	-2	737	10
	DMPP 25 г/га	239	-1	736	-1
	НоваТек One 1,35 л/т	244	4	737	1
	Азотолайф 1,5 л/га	246	6	746	9
	N-Лок 1,7 л/га	239	-1	736	-10
ЕС Сенсор	Контроль	245	-	744	-
	Ultra Boost 1,5 л/га	241	-4	734	-10
	DMPP 25 г/га	237	-8	742	8
	НоваТек One 1,35 л/т	243	-2	737	-5
	Азотолайф 1,5 л/га	241	-4	734	-3
	N-Лок 1,7 л/га	251	6	737	4
MAS 30.K	Контроль	237	-	738	-
	Ultra Boost 1,5 л/га	246	9	741	3
	DMPP 25 г/га	239	2	745	4
	НоваТек One 1,35 л/т	241	4	735	-10
	Азотолайф 1,5 л/га	243	6	743	8
	N-Лок 1,7 л/га	240	3	732	-11
НІР ₀₅ (Умови року)		7,0	-	7,2	-

Значно більший вплив на формування маси 1000 зерен мала технологія вирощування, яка полягала в застосуванні прямого посіву без обробки ґрунту. В дисперсійному комплексі, який поєднував усі фактори та їхні взаємодії домінували неконтрольовані фактори середовища вирощування – на їх частку припадало 69 % впливу, однак вплив технології вирощування складав 25 %. no-till дав змогу збільшити масу 1000 зерен кукурудзи на 19 г порівняно з традиційною оранкою на варіантах з гібридом Pioneer 9241 і на 16 г – на варіантах з гібридом DKC4964 (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Формування маси 1000 зерен (г) залежно від застосування стимулятора росту й технології вирощування (2023–2025 рр.)

Гібриди (фактор А)	Технологія (фактор В)	Стимулятор (фактор С)	Середнє	
			стимулятор	Технології
Pioneer 9241	Оранка	St (без стимулятора)	229	-
		Zinovii grand (2 кг/га)	232	230
	No-till	St (без стимулятора)	247	-
		Zinovii grand (2 кг/га)	251	249
DKC4964	Оранка	St (без стимулятора)	231	-
		Zinovii grand (2 кг/га)	235	231
	No-till	St (без стимулятора)	240	-
		Zinovii grand (2 кг/га)	254	247
НІР ₀₅	Технологія вирощування		7,1	

Використання стимулятора росту не мало вирішального впливу на формування маси 1000 зерен – воно прослідковувалося лише в поєднанні з фактором В. Треба також зазначити, що в умовах 2023 року, який був сприятливим для кукурудзи, різниця між оранкою й нульовою технологією була відсутньою. Вона проявлялася в несприятливі роки. Так у 2024 році на формування маси 1000 зерен впливав лише спосіб обробітку ґрунту, а в 2025 році спостерігався вплив застосування стимулятора росту, способу обробітку ґрунту та взаємодія генетичних властивостей гібридів і стимулятора росту.

Натура зерна знаходилася під сильнішим контролем факторів, якими можна вплинути на формування продуктивності агроценозів кукурудзи в тому числі. В багатфакторному комплексі спостерігався статистично достовірний вплив і регульованих факторів, хоча найбільшу частку впливу мали умови років вирощування (рис. 6.1). Загальна частка впливу регульованих факторів становила 31 %, що є досить значною цифрою для управління формуванням натури зерна.

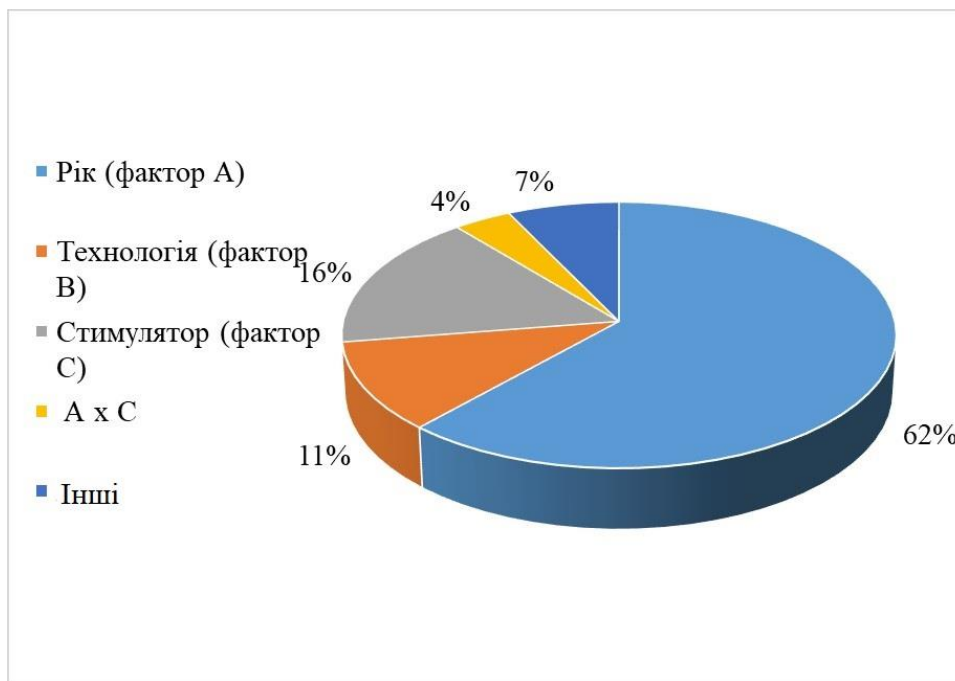


Рис. 6.1. Частка впливу факторів вирощування на формування натури зерна

Усереднені результати наведені в таблиці 6.4, з якої видно, що застосування стимулятора Zinovii grand (2 кг/га) збільшувало натуру зерна на варіантах з оранкою на 6–13 г/л, а на варіантах, де застосовували нульову технологію – 7 г/л.

Аналіз формування натури зерна за кожним роком показав, що в сприятливих умовах цей показник якості формувався в оптимальних умовах і не диференціювався за факторами впливу. Однак у 2024 році на його формування діяли: підбір гібридів для вирощування; технологія вирощування; застосування стимулятора; взаємодія підбору гібридів та застосування стимуляторів (додаток Ж). У 2025 році, який також характеризувався несприятливими умовами, посіви кукурудзи знаходилися під впливом технології вирощування та застосування стимулятора росту, що свідчить про можливість управління показником за несприятливих умов.

Таблиця 6.4

Формування маси натури (г/л) залежно від застосування стимулятора
росту й технології вирощування (2023–2025 рр.)

Гібриди (фактор А)	Технологія (фактор В)	Стимулятор (фактор С)	Середнє	
			стимулятор	технології
Pioneer 9241	Оранка	St (без стимулятора)	745	-
		Zinovii grand (2 кг/га)	758	752
	No-till	St (без стимулятора)	757	-
		Zinovii grand (2 кг/га)	765	761
DKC4964	Оранка	St (без стимулятора)	752	-
		Zinovii grand (2 кг/га)	758	752
	No-till	St (без стимулятора)	756	-
		Zinovii grand (2 кг/га)	758	762
НІР ₀₅	Умови року		5,0	
	Технологія (фактор В)		4,0	
	Стимулятор (фактор С)		4,0	
	А × С		8,0	

Таким чином, натура зерна може краще піддаватися управлінню агротехнічними методами порівняно з масою 1000 зерен. Фізичні показники якості зерна кукурудзи хоч і важче піддаються регулюванню агротехнічними заходами порівняно з урожайністю, однак мають перспективу до точнішого управління в результаті розробки технологій вирощування.

6.2. Характеристика хімічних показників якості зерна кукурудзи залежно від елементів технології вирощування

Хімічні показники якості зерна реагували на агротехнічні заходи ще слабше. Як показали результати статистичної обробки експерименту в окремі роки, вплив жодного з досліджуваних факторів не вплинув істотно на формування вмісту білка, жиру та крохмалю в зерні. Істотною виявилася лише різниця між роками досліджень (табл. 6.5). Однак це не свідчить про неможливість ефективного управління хімічними показниками якості за

допомогою агротехніки. Зменшення норм висіву сприяло більшому накопиченню білка у несприятливому для кукурудзи 2025 році. В попередні роки такого не відмічали – всі відхилення між варіантами були в межах статистичної помилки. Можна відмітити тенденцію до зменшення вмісту білка в разі збільшення норм висіву, але й вони були неістотними.

Таблиця 6.5

Вплив застосування норм висіву на хімічні показники якості зерна
(2023–2025 рр.)

Роки досліджень	Норми висіву, тис./га				
	85	75	65	± до 75 тис./га	
				85	65
Вміст білка, %					
2023 рік	9,55	9,59	9,76	0,04	-0,17
2024 рік	10,40	10,39	10,57	-0,01	-0,17
2025 рік	10,98	10,81	10,19	-0,17	0,62
Середнє	10,31	10,27	10,17	-0,05	0,09
НІР ₀₅	0,36				
Вміст жиру, %					
2023 рік	5,85	5,98	5,76	0,13	0,22
2024 рік	4,62	4,65	4,61	0,03	0,04
2025 рік	4,32	4,32	4,35	0,00	-0,03
Середнє	4,93	4,98	4,91	0,05	0,08
НІР ₀₅	0,11				
Вміст крохмалю, %					
2023 рік	68	68	68	0,66	0,71
2024 рік	67	69	70	1,17	-1,25
2025 рік	68	68	68	0,20	0,39
Середнє	67,7	68,4	68,4	0,7	0,0
НІР ₀₅	0,72				

Показник вмісту жиру реагував ще слабше. Лише у 2023 році збільшення норми висіву насіння сприяло деякому збільшенню цього показника. У несприятливі роки всі відхилення між варіантами були випадковими.

Найкраще реагував на зміну норм висіву показник вмісту крохмалю. У сприятливому році певне збільшення цієї ознаки в разі зміни оптимальних норм висіву було в межах найменшої істотної різниці. У 2024 році збільшення середнього вмісту крохмалю спостерігали лише на варіантах, де норма висіву насіння становила 85 тис./га.

Подібні тенденції були помічені і в дослідях, де використовувалися інгібітори азоту. Єдиною ознакою, яка не реагувала навіть на умови років вирощування виявився вміст жиру в зерні, проте вміст білка й крохмалю залежав від неконтрольованих факторів вирощування. Не вдалося також встановити конкретний вплив застосування інгібіторів азоту на формування білка в зерні.

Статистично достовірне збільшення вмісту білка спостерігалось на варіантах з гібридом Pioneer 9241, що особливо було помітним на ділянках з Ultra Boost (1,5 л/га) та Азотолайф (1,5 л/га) – таблиця 6.6. Для гібриду DKC 4964 інгібітори були також ефективними в плані збільшення вмісту білка. На варіантах з гібридом ЕС Сенсор застосування інгібіторів хоч і неістотно, але зменшувало цей показник. Для гібриду MAS 30.K достовірне збільшення вмісту білка спостерігалось лише для препарату DMPP (25 г/га). На решті варіантів було відмічене певне зменшення показника, хоч воно й знаходилося в межах найменшої істотної різниці.

Разом з тим застосування інгібіторів азоту призводило до зменшення вмісту крохмалю. Пов'язане це було з кореляційними залежностями, у яких перебували показники якості між собою. Найбільше зменшення вмісту крохмалю спостерігали в результаті застосування Ultra Boost (1,5 л/га) та Азотолайф (1,5 л/га). На варіантах дослід з гібридом ЕС Сенсор спостерігалось збільшення вмісту крохмалю, тобто тенденція була протилежною вмісту білка. Треба зазначити, що всі хімічні показники якості мали незначний коефіцієнт варіації.

Таблиця 6.6

Вплив застосування інгібіторів азоту хімічні показники якості
зерна кукурудзи (2023–2025 рр.)

Гібрид	Варіант інгібітора	Вміст, %					
		білок	± st	жир	±st	крохмаль	±st
Pioneer 9241	Контроль	9,22	-	4,14	-	68	
	Ultra Boost 1,5 л/га	9,46	0,24	4,24	0,10	68	-0,8
	DMPP 25 г/га	9,36	0,14	4,19	0,05	68	-0,4
	НоваТек One 1,35 л/т	9,27	0,05	4,18	0,04	68	-0,1
	Азотолайф 1,5 л/га	9,53	0,31	5,91	1,77	47	-2,1
	N-Лок 1,7 л/га	9,34	0,12	4,08	-0,06	68	-0,3
DKC 4964	Контроль	9,17	-	4,03	-	69	
	Ultra Boost 1,5 л/га	9,41	0,24	4,18	0,15	68	-0,9
	DMPP 25 г/га	9,37	0,20	4,18	0,15	68	-0,4
	НоваТек One 1,35 л/т	9,34	0,17	4,19	0,16	68	-0,6
	Азотолайф 1,5 л/га	9,56	0,39	4,32	0,29	68	-1,1
	N-Лок 1,7 л/га	9,36	0,19	4,16	0,13	68	-0,4
ЕС Сенсор	Контроль	9,50	-	4,27	-	68	
	Ultra Boost 1,5 л/га	9,29	-0,21	4,13	-0,14	68	0,7
	DMPP 25 г/га	9,46	-0,04	4,23	-0,04	68	0,2
	НоваТек One 1,35 л/т	9,34	-0,16	4,14	-0,13	68	0,6
	Азотолайф 1,5 л/га	9,30	-0,20	4,14	-0,13	68	0,9
	N-Лок 1,7 л/га	9,38	-0,12	4,16	-0,11	68	0,4
MAS 30.K	Контроль	9,40	-	4,27	-	68	
	Ultra Boost 1,5 л/га	9,43	0,03	4,23	-0,04	68	-0,2
	DMPP 25 г/га	9,57	0,17	4,34	0,07	67	-0,6
	НоваТек One 1,35 л/т	9,30	-0,10	4,13	-0,14	68	0,2
	Азотолайф 1,5 л/га	9,50	0,10	4,31	0,04	68	-0,5
	N-Лок 1,7 л/га	9,28	-0,12	4,08	-0,19	68	0,3
HIP ₀₅		0,16		-		0,48	

Дещо іншою була ситуація в досліді з визначення впливу способу обробітку ґрунту. Хоча в окремо взяті роки агротехнічні фактори також не впливали на формування вмісту білка, але комплекс нерегульованих факторів умов вирощування справляв значний вплив на цю ознаку (рис. 6.1). В проведених дослідженнях статистично достовірної різниці між способами обробітку ґрунту за показниками якості, що визначалися, не відмічено.

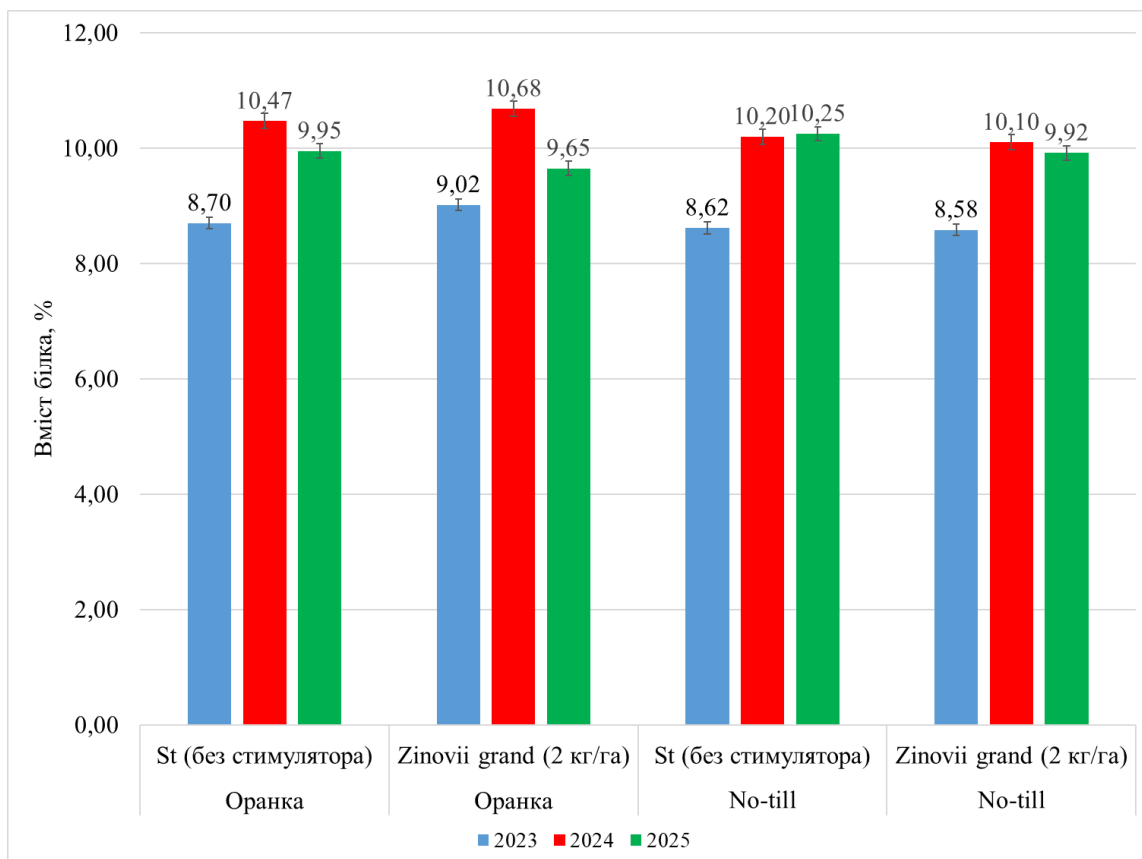


Рис. 6.2. Вплив технології вирощування й застосування стимулятора росту на вміст білка ($НІР_{05} = 0,36 \%$)

Майже аналогічною була реакція на фактори вирощування і за вмістом жиру. Однак особливістю цієї ознаки була її більша залежність від умов року. В 2023 році показник вмісту жиру був найвищим і знаходився на рівні 4,6–4,8 % (рис. 6.3). В наступні роки, внаслідок нестачі вологи та високих температур, значення вже не перевищувало 4,1–4,4 % і, не зважаючи на невелику різницю в показниках, було статистично достовірним.

Найменше реагував на вплив факторів вирощування вміст крохмалю в зерні. Як і вже розглянуті показники якості він також залежав від неконтрольованих факторів вирощування, але враховуючи його відносний вміст різниця між варіантами була незначною.

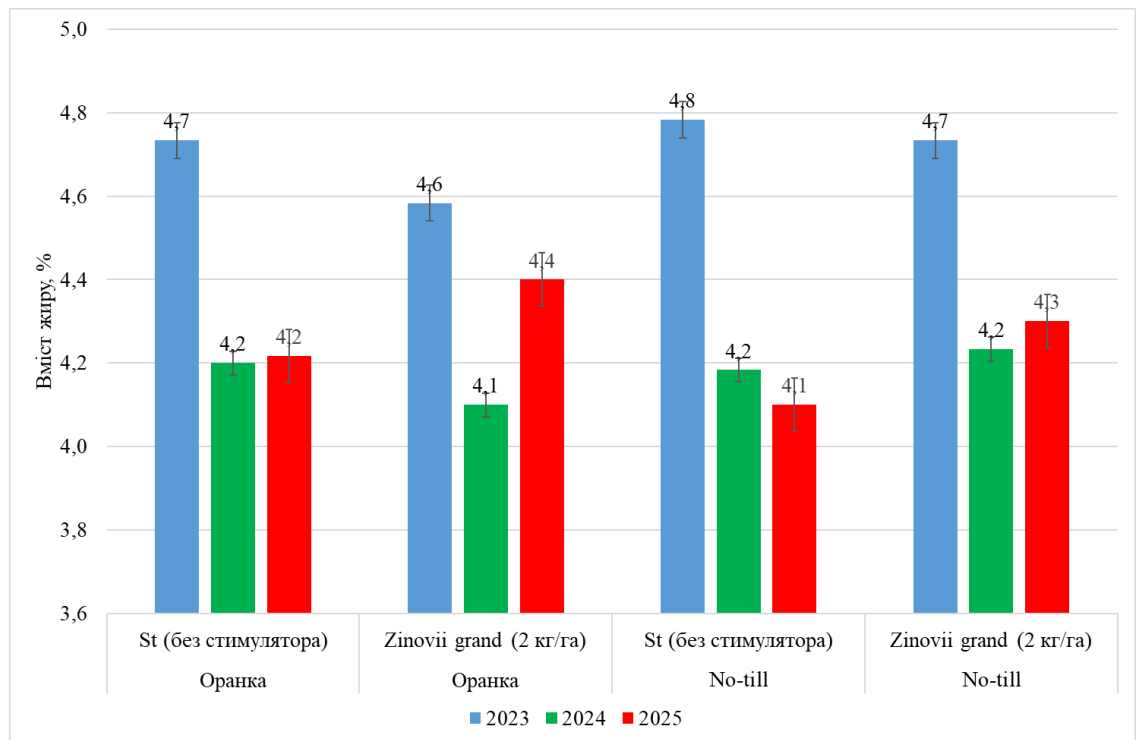


Рис. 6.3. Вплив технології вирощування кукурудзи й застосування стимулятора росту на вміст жиру ($HIP_{05} = 0,36 \%$)

Слід зазначити, що виробничі умови, в яких проводили дослідження становили певні обмеження з господарської й організаційної точки зору й були направлені, в основному, на дослідження впливу продуктивності, а не якості зерна. Такий підхід відповідав стратегії господарств, у яких реалізовувалася програма експерименту.

6.3. Взаємозалежності показників й можливість управління якістю зерна кукурудзи

Описана динаміка зміни фізичних і хімічних показників якості показала, що вони значно менше реагують на застосування агротехнічних прийомів ніж урожайність кукурудзи. Це, вочевидь, може створити певні проблеми й труднощі в разі вирощування культури для цільових напрямів використання. З іншого боку, така ситуація сприятлива для виробництва, яке може ефективно функціонувати не витрачаючи особливої уваги на аспекти якості, оскільки диференціація цін на товарне зерно не має значних інтервалів. Таким чином, оперуючи гібридами з високим урожайним потенціалом, високоефективними добривами та технікою, першочергову

увагу слід надавати стабілізації урожайності й зменшенню коливань за роками.

Результати досліджень показали, що показники якості перебувають між собою у складній системі взаємозв'язків, які не дають змоги повністю вирішити проблему управління їхнім формуванням. В першу чергу це стосувалося кореляції вмісту крохмалю і вмісту жиру, яка мала зворотний характер й характеризувалася середнім значенням коефіцієнта (табл. 6.7). Маса 1000 зерен й натура зерна мали середню пряму кореляцію з вмістом білка й високу з вмістом крохмалю. Високонатурне зерно характеризувалося й високим вмістом білка.

Таблиця 6.7

Коефіцієнти кореляції між показниками якості кукурудзи
за $p \leq 0,05$ (2023–2025 рр.)

	Маса 1000 зерен	Натура, г/л	Вміст білка, %	Вміст жиру, %	Вміст крохмалю, %
Натура, г/л	0,79	-	0,80	0,56	0,46
Вміст білка, %	0,49	0,80	-	0,79	-
Вміст крохмалю, %	0,74	0,46	-	-0,42	-

Проблемним питанням може стати також і виникнення зворотних кореляцій між урожайністю й деякими показниками якості, наприклад, вмістом білка, при цьому зберігалися прямі зв'язки з фізичними показниками якості й вмістом жиру та крохмалю в зерні (рис. 6.4). Однак прояв таких взаємозв'язків може істотно змінюватися в результаті впливу умов вирощування, генетичних особливостей гібридів чи агротехнічних факторів, до найважливіших з яких можна віднести обробіток ґрунту, удобрення тощо.

Так у досліді з способами обробітку ґрунту (додаток К) зворотні кореляції спостерігалися між масою 1000 зерен і вмістом білка ($r = -0,78$), натурою і вмістом білка ($r = -0,70$), взаємозв'язок між хімічними показниками якості становив $-0,64$ – $(-0,96)$. Як результат, головною

особливістю була зворотна кореляція між вмістом білка та урожайністю – $r = -0,65$. Однак характер кореляцій значною мірою залежав від умов років вирощування.

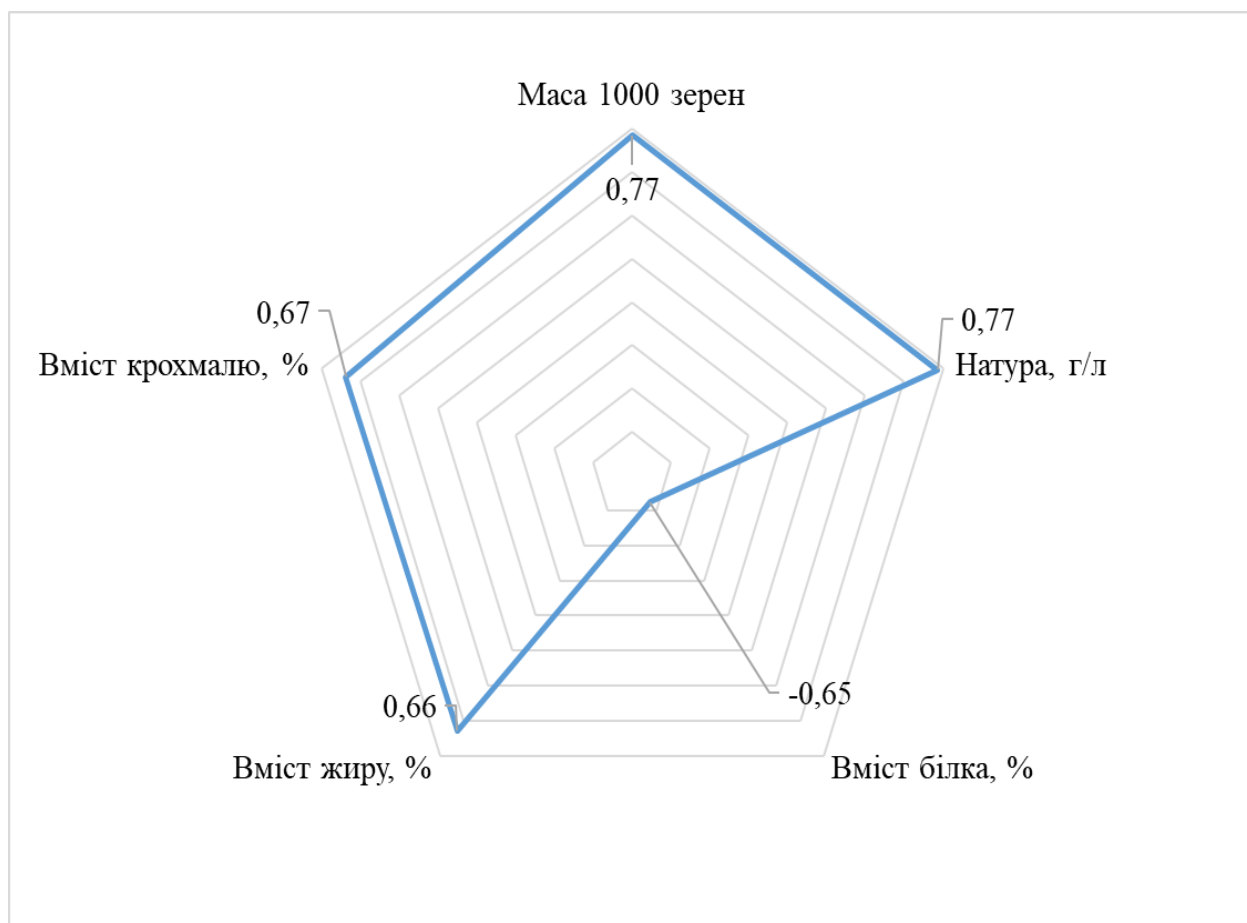


Рис. 6.4. Коефіцієнти кореляції показників якості з урожайністю залежно від технології вирощування й застосування стимулятора росту

У 2023 році істотних зворотних кореляційних залежностей між урожайністю й показниками якості не спостерігалось. Хоча й збереглися сильні зворотні кореляції з масою 1000 зерен та натурою й показники якості взаємно обмежували один одного. У 2024 році спостерігалися прямі кореляції урожайності з фізичними показниками якості, а в 2025 році вони вже не прослідковувалися. На думку авторки цей бік проблеми потребує подальших досліджень, адже зменшення взаємного обмеження однією ознакою прояву іншої зможе дати можливість ефективно керувати процесами формування урожайності й якості зерна.

Висновки до розділу 6

1. Ознаки якості зерна кукурудзи характеризуються значно меншою варіацією, що стосується як фізичних так і хімічних показників – коефіцієнт варіації не перевищував 10 %. Таким чином, на відміну від урожайності, вони слабше, в цілому, піддаються управлінню за допомогою агротехнічних заходів.

2. Норми висіву насіння – агротехнічний прийом, в разі застосування якого можна ефективно управляти масою 1000 зерен для гібридів. Збільшення норм висіву до 85 тис./га сприяло збільшенню цього показника на 15–22 г для гібридів MAS 23.K, DKC 3472, DKC 4490, PR39H32. Зменшення норм висіву гібридів до 65 тис./га позитивно вплинуло на збільшення маси 1000 зерен для гібридів ЕС Метод та P8521 і становило, відповідно, 18 і 15 г. Негативно реагували на збільшення або зменшення норми висіву насіння від 75 тис./га гібриди MAS 33.A, DKC 3795 та P9578.

3. Порівняно з масою 1000 зерен, натура зерна слабше змінювалася під дією неконтрольованих факторів, однак у 2025 році посіви часто формували цей показник нижче значення 680 г/л. За результатами трирічних досліджень найбільше реагували зменшенням натури зерна на збільшення норм висіву гібриди MAS 37.V, DKC 3509, PR39H32.

4. Не встановлено достовірного впливу застосування інгібіторів азоту на формування фізичних показників якості зерна – маси 1000 зерен і натури зерна. Хімічні показники якості зерна також не реагували на використання інгібіторів азоту, перебуваючи під впливом нерегульованих факторів вирощування.

5. Вибір технології вирощування й застосування стимуляторів росту мають перспективу для застосування, особливо в несприятливих умовах, що поєднують високий температурний режим та брак вологи протягом вегетаційного періоду. Частка впливу умов вирощування може перевищувати 69 % для формування маси 1000 зерен й натури зерна. До факторів, які

можуть застосовуватися для управління фізичними показниками якості зерна, можна віднести підбір гібридів для вирощування, використання технології нульового обробітку ґрунту та застосування стимулятора росту, який містить великий перелік мікроелементів.

6. Хімічні показники якості зерна набагато менше реагували на зміну норм висіву, застосування стимуляторів чи технології обробітку ґрунту, що свідчить про вищий рівень складності в управлінні ними за допомогою агротехнічних операцій. Не встановлено однорідної природи впливу стимуляторів на формування показників якості, оскільки вони перебували у взаємно обмежуючій залежності – коефіцієнти кореляції варіювали в межах – 0,42–0,80. Існування таких кореляційних зв'язків створює істотну проблему в поєднанні високих показників урожайності й якості зерна, особливо, в умовах нестачі вологи та тривалих посушливих періодів на фоні високих температур.

Публікації до розділу 6: 204

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

Критерії економічної ефективності в сучасних підприємствах можуть розглядатися по-різному. Головною причиною цього є відсутність єдиних методичних підходів, хоча вони й існують, розроблені на перших етапах запровадження ринкових відносин [204]. Кожне господарство веде економічний аналіз відштовхуючись від власних особливостей. Сюди входять, в першу чергу, розміри підприємства, його технічна оснащеність, кваліфікація персоналу та його заробітна плата, організаційна структура, логістика та багато інших факторів. Аналіз технологічних карт підприємств різного розміру й форм власності показав, що жоден з цих операційних документів не може врахувати всі аспекти вирощування. Тому в представлених дослідженнях було дотримано принципу порівняння агротехнічних прийомів і технологій між собою.

7.1. Економічна ефективність норм висіву насіння кукурудзи

Для аналізу вибрали один з найпродуктивніших гібридів кукурудзи Р9241. Результати досліджень показали, що найбільша урожайність досягається за норм висіву насіння 75 тис./га. Основні результати порівняння знаходяться в табл. 3.3 дисертації. З економічної точки зору в разі зменшення норм висіву можна досягти суттєвої економії насіння, яка становитиме майже 13 %. Насіння – одна з найдорожчих статей затрат у виробництві зерна кукурудзи.

Зменшення норм висіву насіння спричинило й зменшення урожайності, яке для цього гібрида становило майже 10 %. Отримана економія на придбання насіння не була компенсована економічними показниками. Так, при вартості кукурудзи, яка була актуальною на лютий 2026 року й сформована компанією НІБУЛОН, в разі зменшення норм висіву вартість

продукції з 1 га зменшилася на 5244 грн/га, що становило майже 6 % (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Показники економічної ефективності норм висіву насіння кукурудзи на прикладі гібрида Р9241 (2023–2025 рр.)

Показники	Норми висіву, тис./га	
	75	65
Урожайність, т/га	101,2	95,5
Ціна за одиницю продукції, грн	9200	9200
Вартість продукції з 1 га, грн	93104	87860
Затрати праці, люд.-год на 1 га	17,81	17,49
Виробничі затрати на 1 га, грн	22487,76	22093,27
Собівартість 1 т, грн.	2222,1	2313,4
Чистий дохід, грн	70616,24	65766,73
Рівень рентабельності, %	314,02	297,68

Відбувалося також зменшення виробничих затрат на 395 грн, що було зовсім не істотно з господарської точки зору, оскільки становило менше 2 %. Як наслідок, зросла собівартість однієї тонни зерна майже на 90 грн та зменшився чистий дохід на 4850 грн. аналіз матеріалів, розміщених у табл. 3.3 показав, що зниження урожайності внаслідок зменшення норм висіву може становити в загальному 2,77 т/га, що може призвести до втрати 2548 грн/га.

Таким чином, з метою оптимізації економічних показників технологій вирощування необхідно підбирати такі гібриди, які позитивно реагували на зменшення норм висіву. За роки проведення досліджень до таких відносилися ЕС Сіріус – прибавка урожайності становила 0,58 т/га (або 8 %); DKC 3472 – 0,78 т/га (або 10–11 %); DKC 4964 – 0,73 т/га (або 8 %); PR39B76 – 0,91 т/га (або 11 %).

Найдужче зменшували показники економічної ефективності в разі висіву за норми 65 тис./га такі гібриди як DKC 3509 і DKC 3795 – зменшення урожайності становило 0,4–0,6 т/га, що становило 368–552 грн. Зменшення урожайності для гібрида DKC 4014 становило більше 5 ц/га. Помітна тенденція до зменшення урожайності спостерігалася також у гібридів P7709 (на 0,46 т/га). Найдужче зменшували свою урожайність в разі використання норм висіву насіння 65 тис./га такі гібриди як PR39H32 (1,18 т/га або 18 %), P9175 (0,91 т/га або 9,5 %).

Використання збільшених до 85 тис./га норм висіву насіння спричиняло зменшення урожайності, в середньому, майже на 3 т/га тому економічна оцінка в даному випадку не наводиться через очевидність використання оптимальних норм, які становили 75 тис./га. Разом з тим доцільно звернути увагу на такий гібрид як MAS 23.K – в разі збільшених норм його урожайність зросла на 1,25 т/га, що становило 18 % або 11,5 тис. грн прибавки на 1 га. Таким чином, в економічному плані, використання норм висіву 75 тис./га є оптимальним для зони нестійкого зволоження, а конкретно – для Полтавщини. Хоча, необхідно зробити зауваження, що доцільно проводити ретельний підбір гібридів для вирощування.

7.2. Економічна ефективність застосування інгібіторів азоту

Інгібітори азоту – перспективна і, водночас, дискусійна тема в даних дослідженнях. Для оцінки економічної ефективності препарати не розподілялися за агрохімічною дією, оскільки тут оцінювали лише отримані економічні ефекти. Вони в багатьох аспектах вписуються в сучасні тенденції ведення галузі рослинництва, в т. ч. течії карбонового землеробства.

Застосування інгібіторів азоту сприяло збільшенню урожайності, особливо в умовах нестійкого й недостатнього зволоження, що свідчить про їхню перспективу для використання в технологіях вирощування. В даному економічному аналізі розраховували економічні показники за якомога

жорсткішим підходом: максимальні затрати – мінімальні позитивні ефекти (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Показники економічної ефективності застосування інгібіторів азоту на
прикладі гібрида Р9241 (2023–2025 рр.)

	Контроль	N-lock
Урожайність, т/га	9,46	10,55
Ціна за одиницю продукції, грн	9200	9200
Вартість продукції з 1 га, грн	87032	97060
Затрати праці, люд.-год на 1 га	17,44	18,06
Виробничі затрати на 1 га, грн	22482,56	22621,15
Собівартість 1 т, грн.	2376,6	2144,2
Чистий дохід, грн	64549,44	74438,85
Рівень рентабельності, %	287	329

Використання інгібітора азоту N-lock дало змогу збільшити урожайність кукурудзи на 1,09 т/га, що становило 11,5 %. При цьому зросла також вартість продукції з одиниці площі, а саме на 10 тис. грн. Агротехнічний прийом дещо збільшив затрати праці й виробничі затрати на 1 га – відповідно на 0,62 людино-години й 139 грн, однак собівартість однієї тонни зерна зменшилася на 232 грн тобто 9,8 %. Забезпечувався також більший чистий дохід, сума якого зросла на 9889 грн тобто 15,3 %.

Аналіз економічної ефективності використання інгібіторів азоту показує, що ці препарати можуть бути істотним засобом оптимізації норм внесення азотних добрив. Через організаційні складнощі в програмі досліджень не передбачалося дослідження використання зменшених норм азотних добрив. Хоча, на думку авторки, вони можуть бути зменшені на 10–15 %, виходячи з отриманих показників економічної ефективності. Така гіпотеза потребує проведення додаткових експериментів у виробничих умовах, оскільки це сприятиме не лише популяризації впровадження інновацій, але й дозволить отримати об'єктивніші результати бо саме

виробництво на поточний момент має кращу оснащеність сучасними агрегатами.

Також необхідно провести дослідження з ефективності використання інгібіторів залежно від властивостей ґрунту, оскільки перелік препаратів на ринку досить великий. Уваги заслуговують такі інгібітори азоту як Ultra Boost, НоваТек One, Азотолайф та N-Лок 1,7 л/га.

7.3. Економічна ефективність способів обробітку ґрунту

Ефективність застосування технологій обробітку ґрунту продовжує бути гострим дискусійним питанням як серед науковців так і на виробництві. Останнім мінімізовані технології обробітку здобувають перевагу через кращі показники в умовах дефіциту вологи й внаслідок реалізації певних міжнародних тенденцій, прикладом яких може бути програма карбонового землеробства.

Економічні показники використання технології нульового обробітку також переконливо свідчать про доцільність їхнього використання в умовах нестійкого зволоження (табл. 7.3). В середньому збільшення урожайності становило за роки досліджень 0,75 т/га – 9,6 %. Причиною переваги цього способу обробітку стали несприятливі умови вирощування 2024 і 2025 років. У попередній рік посіви почувалися майже однаково на обох варіантах обробітку.

Однією з найвизначніших переваг прямої сівби є відсутність цілого ряду технологічних операцій, що в першу чергу стосується дискування попередника, основного й передпосівного обробітку, ранньовесняного боронування тощо. Ці операції є високо затратними в енергетичному аспекті, адже потребують значної кількості палива й мастильних матеріалів, відрахувань на амортизацію техніки та заробітну плату. Саме тому економічні показники мають значно більшу контрастність між двома технологіями вирощування. Як видно з даних таблиці, зростання рівня рентабельності виробництва склало майже 86 %

Особливо помітна різниця також у виробничих затратах, які на варіантах з прямою сівбою зменшилися на 3118 грн, що становило 16 %. Зменшення собівартості виробництва становило 615 грн, що у відносному виразі дорівнювало 27 %. Наведені економічні показники переконливо свідчать про доцільність застосування мінімізованих технологій вирощування, зокрема No-till, для виробництва зерна кукурудзи. Основний показник економічної ефективності чистий дохід зріс на 10 тис. грн/га, що становило майже 20 %.

Таблиця 7.3

Показники економічної ефективності технології вирощування кукурудзи на прикладі гібрида DKC4964 (2023–2025 рр.)

Показники	Оранка	No-till
Урожайність, т/га	7,84	8,59
Ціна за одиницю продукції, грн	920	920
Вартість продукції з 1 га, грн	72128	79028
Затрати праці, люд.-год на 1 га	16,51	14,24
Виробничі затрати на 1 га, грн	22599,80	19481,67
Собівартість 1 т, грн.	2882,6	2267,9
Чистий дохід, грн	49528,20	59546,33
Рівень рентабельності, %	219	305

Необхідно зазначити, що економічні показники розраховувалися за цінами на зерно кукурудзи, що склалися на лютий 2026 року і були значно вищими порівняно з тими цінами, що існували на момент збирання кукурудзи. Таким чином на представлені результати економічної ефективності вплинула кон'юнктура ринку. Однак зауважимо, що з господарської точки зору саме так і має бути. Господарства, у яких проводилися дослідження мають власну інфраструктуру для зберігання зерна до моменту його реалізації. Їхня економічна точка зору базується саме на

підсумкових підрахунках, вважаючи, що в такому випадку результати є переконливішими і об'єктивнішими.

Загалом потрібно зробити висновок, що не зважаючи на складні погодні умови, які останнім часом складаються в Україні, особливо в її найважливіших зернових регіонах, кукурудза залишається однією з найбільш рентабельних культур.

Висновки до розділу 7

1. З економічної точки зору оптимальними нормами висіву для кукурудзи в зоні нестійкого зволоження є 75 тис./га, оскільки зменшення норм висіву до 65 тис./га призводило до зменшення урожайності. Якщо не проводити уважний добір гібридів для вирощування в даній зоні, зменшення економічних показників може становити 10 % і більше. Врахування генетичних особливостей гібридів може сприяти компенсації такого зниження і, навіть, поліпшення економічних параметрів на 8–11 %.

2. Застосування інгібіторів азоту потребує подальшого дослідження в умовах нестійкого зволоження за досить часто ймовірного температурного й водного стресу. В ході проведення досліджень отримано, в загальному, позитивні результати, однак необхідно враховувати, що економічні показники застосування інгібіторів залежать, в основному, від погодних умов. Дослідження застосування інгібіторів азоту доцільно проводити у виробничих умовах з метою збільшення об'єктивності й репрезентативності результатів досліджень.

3. Використання інгібіторів азоту може сприяти збільшенню урожайності на 10–12 %, при цьому поліпшення економічних показників, наприклад величини чистого доходу може сягати 15 %. Потребує подальших досліджень оптимізація норм внесення азотних добрив сумісно з інгібіторами в бік зменшення на 10–15 %, що теоретично може зберегти досягнутий рівень урожайності.

4. Застосування технології вирощування кукурудзи no-till сприяло поліпшенню показників економічної ефективності, зменшуючи виробничі затрати на 16 і собівартість виробництва – на 27 %. Рентабельність виробництва при цьому виросла на 86 %, а чистий дохід збільшився на 20 %, що становило майже 10 тис. грн/га.

ВИСНОВКИ

В ході виконання дисертаційних досліджень були вирішені важливі практичні завдання, які стосувалися аналізу реалізації генетичного потенціалу гібридами кукурудзи різних груп стиглості та їхньої реакції на норми висіву насіння, застосування інгібіторів азоту для корекції норм внесення мінеральних азотних добрив та ефективність застосування технології прямої сівби. Значна увага приділялася використанню результатів елементів моніторингу посівів і ефективності прогнозів урожайності за допомогою аналізу погодних даних через використання мережі локальних метеорологічних станцій у господарствах регіону.

1. На основі аналізу сучасних наукових публікацій визначені основні критерії до вирішення проблеми збільшення урожайності кукурудзи, які полягають в підборі гібридів для вирощування, оптимізації норм висіву насіння, визначенні способу обробітку ґрунту та коригуванні азотного живлення, що відповідає сучасним еколого-економічним підходам до вирощування сільськогосподарських культур.

2. Умови років досліджень різко відрізнялися між собою, що полягало в порівняно оптимальній кількості вологи у 2023 році й тривалих посухах на фоні високих температур у наступні два роки досліджень. Це дало змогу ефективніше дослідити реакцію гібридів на стресові умови та визначити можливості використання даних мережі локальних метеостанцій для прогнозування урожайності кукурудзи. Проведення досліджень у виробничих умовах дозволило отримати об'єктивні й переконливі результати, що полегшило їхнє подальше впровадження.

3. Нерегульовані фактори середовища вирощування в часовому вимірі можуть мати частку впливу, яка перевищувала 90 % у загальній дисперсії даних дослідів. Серед таких факторів вирощування найбільший вплив на формування урожайності кукурудзи мала кількість опадів протягом вегетаційного періоду ($r = 0,29-0,57$). Значну роль також відігравали опади протягом року. На фоні водного дефіциту негативну роль відігравали

максимальні температури протягом весняно-літнього періоду – $r = -0,71$. Нерівномірний розподіл опадів утруднює розробку адаптивних технологій вирощування кукурудзи.

4. На основі аналізу метеоданих створені рівняння прогнозу урожайності, які базуються на місячних показниках кількості опадів та сум за кожні 2–3 місяці й вегетаційний період. За допомогою регресійних моделей сформульоване рівняння прогнозування урожайності, що враховує опади періоду травня-червня та максимальні температури квітня й червня.

5. Найкращі показники урожайності отримані на варіантах з гібридами ЕС Сіріус, MAS 30.K, DKC 3472, DKC 4964, PR39B76, які до того ж позитивно реагували на зменшення норм висіву насіння, збільшуючи урожайність на 0,58–0,91 т/га. В цілому оптимальною нормою висіву насіння для умов нестійкого зволоження є 75 тис./га, оскільки збільшення чи зменшення норм висіву в переважній більшості призводило до зменшення урожайності на 2,77–2,94 т/га.

6. Ефективність застосування інгібіторів азоту залежить від погодних умов, збільшуючись у роки з оптимальним режимом зволоження. За результатами досліджень 2023–2025 рр. використання інгібіторів забезпечувало збільшення вмісту NO_3^- до 9,7 мг/кг ґрунту, а NH_4^+ - 7,43 мг/кг. Збільшення урожайності при цьому досягало 13 %.

7. Не зважаючи на великий вплив нерегульованих факторів, до яких в першу чергу потрібно віднести погодні умови за допомогою агротехнічних прийомів можна ефективно управляти урожайністю, хоча б навіть частка їхнього впливу й могла становити до 4 %.

8. Застосування технології нульового обробітку ґрунту давало змогу збільшити урожайність кукурудзи на 14–28 % залежно від умов вирощування, а використання стимулятора росту Zinovii grand (2 кг/га) сприяло збільшенню урожайності на 9–14 %.

9. Однією з головних проблем в управлінні формуванням показників якості зерна виявилася система взаємозв'язків між ними та з урожайністю.

Залежно від умов вирощування можуть прослідковуватися зворотні кореляції між вмістом білка та урожайністю ($r = -0,65$), вмістом білка й масою 1000 зерен та натурою, коли коефіцієнти кореляції досягали значень $-0,78$ і $-0,70$ відповідно. Виявилося, що хімічні показники якості перебували в системі зворотних зв'язків між собою ($r = -0,64$ – $(-0,96)$). Для вирощування доцільно обирати такі гібриди, які характеризуються меншою взаємозалежністю ознак якості зерна між собою.

10. Показники якості зерна кукурудзи перебували під значним впливом погодних умов і в разі виникнення дефіциту опадів та дії високих температур важко піддаються управлінню за допомогою агротехнічних операцій. Особливо це помітно на масі 1000 зерен і натурі, які в сприятливих умовах формувалися на рівні 278 г і 804 г/л. Несприятливі умови вирощування спричиняли значне зниження величини цих господарсько-цінних ознак.

11. Збільшення норм висіву насіння до 85 тис./га сприяло збільшенню маси 1000 зерен для гібридів MAS 23.K, DKC 3472, DKC 4490, PR39H32, а в разі зменшення норм до 65 тис./га позитивно реагували гібриди ЕС Метод та P8521. Найбільша негативна реакція на зміну норм висіву насіння спостерігалася у гібридів MAS 37.V, DKC 3509, PR39H32 за показником натурі зерна. Застосування інгібіторів азоту не проявляло вплив на формування фізичних показників якості.

12. Інгібітори азоту не мали статистично достовірного впливу на формування фізичних і хімічних показників якості зерна. Перебуваючи під значним впливом погодних умов, ці показники формувалися і належних кондиціях. В разі виникнення стресових умов фізичні показники якості знижувалися відповідно до зменшення урожайності. В таких випадках на деяких варіантах формувалася натура зерна нижче 680 г/л. Статистично достовірне збільшення вмісту білка фіксувалося в разі використання Ultra Boost (1,5 л/га) та Азотолайф (1,5 л/га). Різниця між гібридами була, очевидно, пов'язана з впливом якихось інших факторів.

13. Зменшення норм висіву не завжди сприяло поліпшенню показників економічної ефективності. Як правило, в проведених дослідженнях, варіанти використання норм висіву насіння 65 тис./га спричиняло зменшення урожайності на 10 %. Однак серед досліджуваних гібридів були й такі, що позитивно відгукнулися на зменшені норми висіву: ЕС Сіріус, ДКС 3472, ДКС 4964 та PR39B76 – прибавка урожайності становила 8–11 %.

14. Інгібітори азоту сприяли поліпшенню економічних показників. найбільші показники рентабельності отримували на варіантах з використанням препарату N-lock – 329 %. Таким чином використання інгібіторів може сприяти зменшенню норм азотних добрив на 10–15 %. Основну увагу при цьому слід приділяти вибору самого інгібітора залежно від характеру дії, технічного оснащення, видів добрив, які використовуються. Найкращі результати отримали після використання Ultra Boost (Ultra Boost 1,5 л/га), НоваТек One (НоваТек One 1,35 л/т), Азотолайф (1,5 л/га) та N-Лок (1,7 л/га).

15. Використання технології no-till значно поліпшувало економічні показники внаслідок значного скорочення технологічних операцій, пов'язаних з обробітками ґрунту. Порівняно з глибокою оранкою виробничі затрати були зменшені на 16 % і собівартість вирощування 1 т зерна на 27 %. При цьому спостерігалось значне збільшення чистого доходу – на 20 %, а рентабельність виробництва зросла на 86 %, що переконливо доводить раціональність технології вирощування прямої сівби особливо в роки, що характеризуються нестачею вологи.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА

Для аналізу величини можливого впливу метеорологічних факторів на формування урожайності рекомендовано використовувати локальні метеорологічні станції, які встановлюються в господарствах. Це дасть змогу оцінити вплив нестачі опадів чи пікових максимальних температур й вжити агротехнічних заходів для зменшення негативного впливу. Рекомендовано використовувати такі дані спостережень: кількість опадів за місяцями, суми опадів за рік і вегетаційний період. Крім середніх температур особливу увагу слід звернути на максимальні значення періоду травня – серпня, оскільки саме вони мають виражений негативний вплив на величину урожайності.

Розробляючи технології вирощування, в першу чергу слід звернути увагу на підбір гібридів для вирощування, враховуючи, що навіть серед скоростиглих можна знайти високопродуктивні, які здатні формувати урожайність вище 10 т/га. В цілому перевагу слід надавати середньостиглим гібридам із значенням ФАО більше 300. Прикладами таких можуть бути гібриди P9578, P9241, P9175, P9400 селекції Pioneer. Серед гібридів компанії Bayer доцільно звернути увагу на ДКС 4964, ДКС 4490, ДКС 4014. Завдяки високому потенціалу для виробництва також рекомендовано вирощувати гібрид ЕС Сенсор від Lidea. Особливу увагу слід звернути на гібриди Pioneer, оскільки саме вони продемонстрували збільшення урожайності порівняно з іншими оригінаторами в несприятливих умовах вирощування, які характеризувалися холодною весною і жарким посушливим літом.

Для сівби доцільно використовувати норми висіву насіння 75 тис./га, які є оптимальними для умов нестійкого зволоження. Для застосування зменшених норм висіву, що рекомендується в разі нестачі вологи, потрібно підбирати гібриди, які не реагують на такий захід або, навіть, здатні збільшувати продуктивність. Таким чином рекомендовано використовувати гібриди MAS 33.A, ДКС 3415, ДКС 4408, ДКС 4490, PR39D81 та P9400. Рекомендовано також використовувати зменшені норми висіву для гібридів

ЕС Сіріус, MAS 30.K, DKC 3472, DKC 4964, PR39B76, які можуть збільшувати урожайність за умови застосування норм висіву 65 тис./га.

Для оптимізації азотного живлення доцільно використовувати інгібітори азоту, що дає змогу раціональніше використовувати мінеральні азотовмісні добрива, збільшуючи урожайність до 18 %. Для реалізації цього рекомендовано застосовувати Ultra Boost з нормою внесення 1,5 л/га, N-Лок з нормою внесення 1,7 л/га, НоваТек One (1,35 л/т).

Рекомендовано використовувати технологію No-till, оскільки вона має істотні економічні й організаційні переваги перед оранкою чи, навіть, мінімізованими способами обробітку ґрунту, скорочуючи кількість операцій й витрат на їхнє проведення. Окрім цього технологія нульового обробітку відповідає тенденціям сучасного еколого-економічного підходу до вирощування сільськогосподарських культур. Рекомендовано використовувати стимулятори росту, які містять комплекс мікроелементів, що може сприяти збільшенню продуктивності рослин. Використання таких препаратів доцільне в поєднанні з іншими технологічними операціями, які проводяться під час догляду за посівами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Miedaner T., Juroszek P. Global warming and increasing maize cultivation demand comprehensive efforts in disease and insect resistance breeding in north-western Europe. *Plant Pathology*. 2021. Volume 70. Issue 5. P. 1032–1046. <https://doi.org/10.1111/ppa.13365>.
2. Grain-yield stability among tropical maize hybrids derived from doubled-haploid inbred lines under random drought stress and optimum moisture conditions." J. P. Sserumaga, et al. *Crop and Pasture Science* 2018. Volume 69. Issue 7. P. 691–702. <https://doi.org/10.1071/CP17348>.
3. Performance and yield stability of maize hybrids in stress-prone environments in eastern Africa. W. S. Rezende et al. *The crop journal*. 2020. Volume 8. Issue 1. P. 107–118. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.08.001>.
4. Реакція гібридів кукурудзи різних груп стиглості на удобрення та економічна ефективність вирощування. С. М. Каленська та ін. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 106. С. 63–69.
5. Адаптивна здатність гібридів кукурудзи за різних способів поливу та вологозабезпеченості у посушливому Степу України. Ю. О. Лавриненко та ін. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Т. 27. С. 125–131. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v27.1314>.
6. Multivariate analysis of agronomic traits in newly developed maize hybrids grown under different agro-environments. M. Omar et al. *Plants*. 2022. Volume 11. Issue 9. 1187. <https://doi.org/10.3390/plants11091187>.
7. Selection of high yield and stable maize hybrids in mega-environments of Java island, Indonesia. N. Wicaksana et al. *Agronomy*. 2022. Volume 12. Issue 12. 2923. <https://doi.org/10.3390/agronomy12122923>.
8. Multi-trait selection for mean performance and stability of maize hybrids in mega-environments delineated using envirotyping techniques. H. Yue et al. *Frontiers in Plant Science*. 2022. №13. 1030521. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1030521>.

9. Genotype $\times$ environment interaction of yield and grain quality traits of maize hybrids in Greece. N. Katsenios et al. *Agronomy*. 2021. Volume 11. Issue 2. 357. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020357>.
10. Raj R. N., Devi C. P., Gokulakrishnan J. G $\times$ E interaction and stability analysis of maize hybrids using Eberhart and Russell model. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*. 2019. Volume 12. Issue 1. P. 1–6. <http://dx.doi.org/10.30954/0974-1712.03.2019.1>.
11. Half a century of studying adaptability and stability in maize and soybean in Brazil. W. S. Rezende et al. *Scientia Agricola*. 2020. Volume 78. Issue 3. e20190197. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0197>.
12. Adaptability and stability of maize genotypes in growing regions of central Brazil. E. L. M. Yamamoto et al. *Revista Ceres*. 2021. Volume 68. Issue 3. P. 201–211. <https://doi.org/10.1590/0034-737X202168030006>.
13. Паламарчук В. Д., Алексєєв О. О. Математичні моделі висококрохмальних гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво: зб. наук. пр.* 2020. № 16. С. 28–47. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-1>.
14. Маренич М. М., Веревська О. В., Шкурко В. С. Прогнозування урожайності сільськогосподарських культур. Полтава: Сімон, 2011. 114 с.
15. Спряжка Р. О., Жемойда В. Л. Екологічна пластичність та стабільність гібридів кукурудзи при селекції на якість зерна. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. №5 (99). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.007>.
16. Sustainability in rainfed maize (*Zea mays* L.) production using choice of corn variety and nitrogen scheduling. Aakash et al. *Sustainability*. 2022. Volume 14. Issue 5. 3116. <https://doi.org/10.3390/su14053116>.
17. Multivariate analysis to determine secondary characters in selecting adaptive hybrid corn lines under drought stress. N. U. R. Fadhli et al. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2020. Volume 21. Issue 8. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210826>.

18. Kernel number and kernel weight stability can vary across corn hybrids. J. Kim et al. *Agronomy Journal*. 2024. <https://doi.org/10.1002/agj2.21640>.
19. Sustained improvement in tolerance to water deficit accompanies maize yield increase in temperate environments. C. Messina et al. *Crop Science*. 2022. Volume 62. Issue 6. P. 2138–2150. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108583>.
20. Селекційна цінність сортового різноманіття кукурудзи колекції Устимівської дослідної станції рослинництва. Ю. В. Харченко та ін. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 33–43. <https://doi.org/doi:10.31210/visnyk2020.01.03>.
21. Bernhard B. J., Below F. E. Plant population and row spacing effects on corn: Phenotypic traits of positive yield-responsive hybrids. *Agronomy Journal*. 2020. Volume 112. Issue 3. P. 1589–1600. <https://doi.org/10.1002/agj2.20206>.
22. Моніторинг хвороб кукурудзи в умовах Полтавського регіону. С. В. Поспелов та ін. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. №3. С. 37–44. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.04>.
23. Yield stability differs in commercial maize hybrids in response to changes in plant density, nitrogen fertility, and environment. *Crop Science*, A. T. MAStrodomenico et al. 2018. Volume 58. Issue 1. P. 230–241. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.06.0340>.
24. Urechean V., Borleanu I. C., Colă F. Response of some corn hybrids to drought stress. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2019. Volume 62. Issue 1. P. 480–485. <https://agronomyjournal.usamv.ro/index.php/scientific-papers/past-issues?id=994>.
25. 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. 42–9.
26. Екологічна пластичність гібридів кукурудзи селекції ВНІС в умовах України. Я. Ю. Шарипіна та ін. *Plant & Soil Science*. 2020. Volume 11. Issue 1. С. 69–78. <https://doi.org10.31548/agr2020.01.069>.

27. Гангур, В. В., Руденко, В. В. Біометричні параметри рослин та продуктивність кукурудзи (*Zea mays* L.) залежно від строків сівби. *Scientific Progress & Innovations*, 2023. №26 (3). С. 36–41. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.07>.

28. Ефективність вирощування високопродуктивних гібридів кукурудзи з підвищеним адаптивним потенціалом до несприятливих умов довкілля. В. М. Гаврилюк та ін. *Аграрні інновації*. 2022. №15. С. 97–103. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.15>.

29. Assessing the impacts of tillage and mulch on soil erosion and corn yield. D. Chalise et al. *Agronomy*. 2020. Volume 10. Issue 1. 63. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010063>.

30. Impacts of tillage practices on soil carbon stocks in the US corn-soybean cropping system during 1998 to 2016. Z. Yu et al. *Environmental Research Letters*. 2020. Volume 15. Issue 1. 014008. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ab6393>.

31. Soil sealing and soil water content under no-tillage and conventional tillage in irrigated corn: Effects on grain yield. M. C. Ramos et al. *Hydrological Processes*. 2019. Volume 33. Issue 15. P. 2095–2109. <https://doi.org/10.1002/hyp.13457>.

32. Corn root and soil health indicator response to no-till production practices. M. R. Nunes et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2019. №285. 106607. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106607>.

33. Blanco-Canqui H., Ruis S. J. No-tillage and soil physical environment. *Geoderma*. 2018. №326. P. 164–200. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011>.

34. Dryland corn production and water use affected by tillage and crop management intensity. A. W. Lenssen et al. *Agronomy Journal*. 2018. Volume 110. Issue 6. P. 2439–2446. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.04.0267>.

35. Yields and yield stability of no-till and chisel-plow fields in the Midwestern US Corn Belt. A. L. M. Daigh et al. *Field Crops Research*. 2018. №218. P. 243–253. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.04.002>.

36. No-till and cropping system diversification improve soil health and crop yield. M. R. Nunes et al. *Geoderma*. 2018. №328. P. 30–43. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.04.031>.

37. Bocianowski J., Nowosad K., Szulc P. Soil tillage methods by years interaction for harvest index of maize (*Zea mays* L.) using additive main effects and multiplicative interaction model. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*. 2019. Volume 69. Issue 1. P. 75–81. <https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1502343>.

38. An analysis of yield variation under soil conservation practices. A. E. Anderson et al. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2020. Volume 75. Issue 1. P. 103–111. <https://doi.org/10.2489/jswc.75.1.103>.

39. Long-term no-till increases soil nitrogen mineralization but does not affect optimal corn nitrogen fertilization practices relative to inversion tillage. L. P. Canisares et al. *Soil and Tillage Research*. №2021. 213. 105080. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105080>.

40. Carbon and nitrogen content of soil organic matter and microbial bioMASs under long-term crop rotation and tillage in Illinois, USA. S. M. Zuber et al. *Agriculture*. 2018. Volume 8. Issue 3. 37. <https://doi.org/10.3390/agriculture8030037>.

41. Benefits and tradeoffs of reduced tillage and manure application methods in a *Zea mays* silage system. K. M. Dittmer. et al. *J. Environ. Qual.* 2020. Volume 49. P. 1236–1250. 2020. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20125>.

42. Keykha Z., Tavassoli A., Piri I. Effect of application of Legume green manure and different tillage systems on agronomic, ecological and soil physicochemical aspects in corn cultivation. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*. 2021. Volume 11. Issue 3. P. 119–137. <https://doi.org/10.22069/ejsms.2021.18697.2001>.

43. Long-term yield response of corn, wheat, and double-crop soybean to tillage and N placement. D. W. Sweeney et al. *Agronomy Journal*. 2022. Volume 114. Issue 2. P. 1000–1010. <https://doi.org/10.1002/agj2.20997>.

44. Comparison of Grain Corn Production Performance Between Zero-Tillage and Conventional Tillage at MARDI Seberang Perai. R. A. Rani et al. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*. 2024. Volume 5. Issue 1. <https://doi.org/10.36877/aafjr.a0000416>.

45. Soil and crop response to phosphorus and potassium management under conservation tillage. M. Yuan et al. *Agronomy Journal*. 2020. Volume 112. Issue 3. P. 2302–2316. <https://doi.org/10.1002/agj2.20114>.

46. Chovancova S., Illek F., Winkler J. The effect of three tillage treatments on weed infestation in maize monoculture. *Pak. J. Bot.* 2020. Volume 52. Issue 2. P. 697–701. [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2020-2\(11\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2020-2(11)).

47. Chovancová S., Neudert L., Winkler J. The effect of three soil tillage treatments on weed infestation in forage maize. *Acta Agrobotanica*. 2019. Volume 72. Issue 1. <https://dx.doi.org/10.5586/aa.1756>.

48. Strategic tillage effects on crop yields, soil properties, and weeds in dryland no-tillage systems. A. K. Obour et al. *Agronomy*. 2021. Volume 11. Issue 4. 662. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040662>.

49. Rotation, mulch and zero tillage reduce weeds in a long-term conservation agriculture trial. S. Fonteyne et al. *Agronomy*. 2020. Volume 10. Issue 7. 962. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070962>.

50. Impact of conservation tillage technologies on the biological relevance of weeds. J. Winkler et al. *Land*. 2022. Volume 12. Issue 1. 121. <https://doi.org/10.3390/land12010121>.

51. No-tillage altered weed species dynamics in a long-term (36-year) grain sorghum experiment in southeast Texas. P. Govindasamy et al. *Weed Science*. 2020. Volume 68. Issue 5. P. 476–484. <https://doi.org/10.1017/wsc.2020.40>.

52. Thirty-six years of no-tillage regime altered weed population dynamics in soybean. P. Govindasamy et al. *Agronomy Journal*. 2021. Volume 113. Issue 3. P. 2926–2937. <https://doi.org/10.1002/agj2.20631>.

53. Effects of reduced and conventional tillage on weed communities: results of a long-term experiment in southwestern Spain. G. Pardo et al. *Planta Daninha*. 2019. 37. e019201336. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100152>.

54. Santín-Montanyá M. I., Zambrana-Quesada E., Tenorio-Pasamón J. L. Weed abundance and soil seedbank responses to tillage systems in continuous maize crops. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2018. Volume 64. Issue 12. P. 1705–1713. <https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1453133>.

55. Soil management systems and their effect on the weed seed bank. Pesquisa C. T. Forte et al. *Agropecuária Brasileira*. 2018. Volume 53. Issue 04. P. 435–442. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000400005>.

56. Drewitz N. M., Stoltenberg D. E. Weed communities in strip-tillage corn/no-tillage soybean rotation and chisel-plow corn systems after 10 years of variable management. *Weed Science*. 2018. Volume 66. Issue 5. P. 651–661. <https://doi.org/10.1017/wsc.2018.40>.

57. Effects of conventional versus no-tillage systems on the population dynamics of elaterid pests and the associated damage at establishment of maize crops. L. Furlan et al. *Crop Protection*. 2021. №149. 105751. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105751>.

58. Long-Term Tillage and Crop Rotation Regimes Reshape Soil-Borne Oomycete Communities in Soybean, Corn, and Wheat Production Systems. A. C. Gahagan et al. *Plants*. 2023. Volume 12. Issue 12. 2338. <https://doi.org/10.3390/plants12122338>.

59. Long-term crop rotation and tillage effects on soil greenhouse gas emissions and crop production in Illinois, USA. G. D. Behnke et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. №261. P. 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.03.007>.

60. Long-term effects of tillage and nitrogen fertilization on soil C and N fractions in a corn–soybean rotation. M. St. Luce et al. *Canadian Journal of Soil Science*. 2021. Volume 102. Issue 2. P. 277–292. <https://doi.org/10.1139/cjss-2021-0129>.

61. Temporal change of soil carbon on a long-term experimental site with variable crop rotations and tillage systems. A. Laamrani et al. *Agronomy*. 2020. Volume 10. Issue 6. 840. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060840>.

62. Tillage and residue management drive rapid changes in soil macrofauna communities and soil properties in a semiarid cropping system of Eastern Colorado. D. A. Melman et al. *Applied soil ecology*. 2019. №143. P. 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.05.022>.

63. Canales E., Bergtold J. S., Williams J. R. Modeling the choice of tillage used for dryland corn, wheat and soybean production by farmers in Kansas. *Agricultural and resource economics review*. 2018. Volume 47. Issue 1. P. 90–117. <https://doi.org/10.1017/age.2017.23>.

64. Corn productivity and soil characteristic alterations following transition from conventional to conservation tillage. R. K. Afshar et al. *Soil and Tillage Research*. 2022. №220. 105351. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105351>.

65. Effects of conservation tillage on soil physicochemical properties and crop yield in an arid Loess Plateau, China. J. Li et al. *Scientific Reports*. 2020. Volume 10. Issue 1. 4716. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-61650-7>.

66. Shekhar A., Shapiro C. A. What do meteorological indices tell us about a long-term tillage study? *Soil and Tillage Research*. 2019, №193. P. 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.06.004>.

67. Blanco-Canqui H., Wortmann C. S. Does occasional tillage undo the ecosystem services gained with no-till? A review. *Soil and Tillage Research*. 2020. №198. 104534. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104534>.

68. Regionally adapted conservation tillage reduces the risk of crop yield losses: A global meta-analysis. J. Sun et al. *Soil and Tillage Research*. 2024. №244. 106265. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106265>.

69. Laker M. C., Nortjé G. P. Exploring the challenges arising from soil management in no-till conservation agriculture. *Advances in Agronomy*. 2024. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2024.09.002>.

70. Дацько О. М., Захарченко Е. А. Особливості впливу основного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2022. №13. С. 46–52. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.7>.

71. Продуктивність кукурудзи за мінімізованого обробітку ґрунту та органо-мінеральних систем удобрення на зрошенні Півдня України. Р. А. Вожегова та ін. *Аграрні інновації*. 2021. №5. с. 123–127. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.20>.

72. Ґрунтозахисні системи обробітку осолонцюваних темно-каштанових ґрунтів Інгулецької зрошувальної системи. Л. М. Грановська та ін. *Аграрні інновації*. 2023. №19. С. 39–46. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.6>.

73. Системні фактори регулювання зернової продуктивності кукурудзи в різноротаційних сівозмінах степової зони. Л. М. Десятник та ін. *Зернові культури*. Том 3. № 1. 2019. С. 37–44 <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0058>.

74. Забур'яненість посівів і продуктивність сівозмін залежно від співвідношення культур і систем обробітку ґрунту на зрошенні Півдня України. М. П. Малярчук та ін. *Аграрні інновації*. 2020. №2. С. 56–61. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.2.9>.

75. Контроль за бур'янами при вирощуванні кукурудзи. Ю. Г. Міщенко та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2023. Випуск 3 (53). С. 43–51. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.3.6>.

76. Техногенний рівень землеробства і асоціативна мінливість бур'янів в агроценозах. М. С. Шевченко та ін. *Зернові культури*. 2019. Том 3. № 1. С. 83–92. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0064>.

77. Циліорик О. І. Вплив основної обробки ґрунту на ступінь пошкодження шкідниками та ураженість хворобами зернових культур. *Зернові культури*. 2019. Том 3. №1. С. 93–101. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0065>.

78. Маренич М. М., Коба К. В. Вплив обробки ґрунту на урожайність материнських ліній гібридів кукурудзи. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (1). С. 19–23. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.03>.

79. Артеменко С. Ф., Ковтун О. В. Продуктивність та ефективність вирощування зернових і зернобобових культур в сівоzmінах короткої ротації. *Зернові культури*. 2018. Том 2. № 1. С. 180–193. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0025>.

80. Медведєв Е. Б. Економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур залежно від способів обробки ґрунту і добрив у Північному Степу України. *Зернові культури*. 2020. Том 4. №1. С. 209–214. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0128>.

81. 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. №30. С. 33–43. <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268943>.

82. Гоцький Я. Г., Степанюк А. Р. Переваги застосування гранульованих органо-мінеральних добрив пролонгованої дії. *Вісник Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського. Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2019. №1. С. 61–67. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171044>.

83. Evaluating organic materials coating on urea as potential nitrification inhibitors for enhanced nitrogen recovery and growth of maize (*Zea mays*). M. N. Ashraf et al. *International Journal of Agriculture & Biology*. 2019. Volume 22. Issue 5. P. 1101–1108. <http://dx.doi.org/10.17957/IJAB/15.1175>.

84. Мунтян С. В., Шатковський А. П. Вплив інгібітора нітрифікації 3, 4-диметилпіразолфосфату на продуктивність кукурудзи за поєднаного використання з КАС-32. *Аграрні інновації*. 2023. №18. С. 205–210. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.28>.

85. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс кукурудзи залежно від норм азотних добрив та інгібітора нітрифікації. В. Мунтян та ін. *Аграрні інновації*. 2023. №22. С. 85–91. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.14>.

86. Мунтян С. В., Федорчук М. І. Вплив метеорологічних умов на урожайність пшениці озимої, кукурудзи та ріпаку озимого з використанням інгібітора нітрифікації за поєднаного використання з КАС-32. *Аграрні інновації*. 2023. №21. С. 64–69. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.9>.

87. Combining nitrification inhibitors with a reduced N rate maintains yield and reduces N₂O emissions in sweet corn. J. Muller et al. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2023. Volume 125. Issue 2. P. 107–121. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10705-021-10185-y>.

88. Alonso-Ayuso M., Gabriel J. L., Quemada M. Nitrogen use efficiency and residual effect of fertilizers with nitrification inhibitors. *European Journal of Agronomy*. 2016. №80. С. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.06.008>.

89. Corn compensatory growth upon post-drought rewatering based on the effects of rhizosphere soil nitrification on cytokinin. X.-L. Wang et al. *Agricultural water management*. 2020. №241. 106436. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106436>.

90. The combined use of liquid fertilizer and urease/nitrification inhibitors on maize yield, nitrogen loss and utilization in the Mollisol region. X. Li et al. *Plants*. 2023. Volume 12. Issue 7. 1486. <https://doi.org/10.3390/plants12071486>.

91. Optimizing nitrogen management in maize (*Zea mays* L.) using urease and nitrification inhibitors. V. Atav et al. *Research Square Platform LLC*. 2024. <http://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-4455360/v1>.

92. Acidified animal manure products combined with a nitrification inhibitor can serve as a starter fertilizer for maize. I. Regueiro et al. *Agronomy*. 2020. Volume 10. Issue 12. 1941. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121941>.

93. Lasisi A. A., Akinremi O. O., Kumaragamage D. Efficiency of fall versus spring applied urea-based fertilizers treated with urease and nitrification inhibitors II. Crop yield and nitrogen use efficiency. *Soil Science Society of America Journal*. 2021. Volume 85. Issue 2. P. 299–313. <https://doi.org/10.1002/saj2.20126>.

94. Lucas F. T., Borges B. M. M. N., Coutinho E. L. M. Nitrogen fertilizer management for maize production under tropical climate. *Agronomy Journal*. 2019. Volume 111. Issue 4. P. 2031–2037. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0665>.

95. Nitrification inhibitor's effect on mitigating N₂O emissions was weakened by urease inhibitor in calcareous soils. Z. Zhao et al. *Atmospheric Environment*. 2017. №166. P. 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.07.034>.

96. Nitrate leaching in maize (*Zea mays* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated cropping systems under nitrification inhibitor and/or intercropping effects. R. Allende-Montalbán et al. *Agriculture*. 2022. Volume 12. Issue 4. 478. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040478>.

97. Fate of 15N-labelled ammonium nitrate with or without the new nitrification inhibitor DMPSA in an irrigated maize crop. G. Guardia et al. *Soil Biology and Biochemistry*. 2018. Volume 116. P. 193–202. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.10.013>.

98. Joint application of urease and nitrification inhibitors to diminish gaseous nitrogen losses under different tillage systems. M. Corrochano-Monsalve et al. *Journal of Cleaner Production*. 2021. №289. 125701. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125701>.

99. Effect of inhibitors and fertigation strategies on GHG emissions, NO fluxes and yield in irrigated maize. G. Guardia et al. *Field crops research*. 2017. №204. P. 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.01.009>.

100. Гаврилюк В. А. Шляхи можливого забруднення навколишнього середовища добривами і заходи щодо його запобігання. *Екологічні нотатки*. 2017. Випуск 5. С. 77–84.

101. Nelson K. A. Pronitridine nitrification inhibitor with urea ammonium nitrate for corn. *Journal of Agricultural Science*. 2018. Volume 10. Issue 6. 16. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n6p16>.

102. Widespread use of the nitrification inhibitor nitrapyrin: Assessing benefits and costs to agriculture, ecosystems, and environmental health. E. E. Woodward et al. *Environmental science & technology*. 2021. Volume 55. Issue 3. P. 1345–1353. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05732>.

103. Jackson K. *Impact of Nitrification Inhibitor Use on Corn Yield and Soil Nitrogen Levels from Liquid Hog Manure Applied at Various Fall Timings*. 2019. PhD Thesis. University of Guelph. <http://hdl.handle.net/10214/17383>.

104. Influences of split application and nitrification inhibitor on nitrogen losses, grain yield, and net income for summer maize production. B. Ren et al. *Frontiers in Plant Science*. 2022. №13. 982373. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.982373>.

105. Maharjan B., Ferguson R. B., Slater G. P. Irrigated corn productivity as influenced by nitrogen source, rate, and climatic conditions. *Agronomy journal*, 2017. Volume 109. Issue 6. P. 2957–2965. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.04.0209>.

106. Habibullah H., Nelson K. A., Motavalli P. P. Assessing management of nitrapyrin with urea ammonium nitrate fertilizer on corn yield and soil nitrogen in a poorly-drained claypan soil. *Journal of Agricultural Science*. 2017. Volume 9. Issue 11. P. 17–29. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v9n11p17>.

107. Soil waterlogging and nitrogen fertilizer management effects on corn and soybean yields. G. Kaur et al. *Agronomy Journal*. 2017. Volume 109. Issue 1. P. 97–106. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.07.0411>.

108. Effect of nitrification inhibitors on N₂O emissions after cattle slurry application. C. Herr et al. *Agronomy*. 2020. Volume 10. Issue 8. 1174. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081174>.

109. Effects of reduced N Application, nitrification inhibitor, and straw incorporation on fertilizer-n fates in maize cropping system: Z. Quan et al. a field 15N tracer study in Northeastern China. 2024. P. 1–13. <https://doi.org/10.20944/preprints202405.1856.v1>.

110. Evaluating the effects of reduced N application, a nitrification inhibitor, and straw incorporation on fertilizer-N fates in the maize growing season: a field 15N tracer study. Z. Quan et al. *Nitrogen*. 2024. Volume 5. Issue 3. P. 584–597. <https://doi.org/10.3390/nitrogen5030039>.

111. Effects of animal manure and nitrification inhibitor on N₂O emissions and soil carbon stocks of a maize cropping system in Northeast China. D. Dong et al. *Scientific Reports*. 2022. Volume 12. Issue 1. 15202. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-19592-9>.

112. Organic, organomineral, and mineral fertilizers with urease and nitrification inhibitors for wheat and corn under no-tillage. J. C. Corrêa et al. *Pesquisa agropecuária brasileira*. 2016. Volume 51. Issue 08. P. 916–924. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000800003>.

113. Effects of the nitrification inhibitor nitrapyrin and the plant growth regulator gibberellic acid on yield-scale nitrous oxide emission in maize fields under hot climatic conditions. K. Dawar et al. *Pedosphere* 2021. Volume 31. Issue 2. P. 323–331. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60076-5](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60076-5).

114. Singh G., Nelson K. A. Pronitridine and nitrapyrin with anhydrous ammonia for corn. *Journal of Agricultural Science*. 2019. Volume 11. Issue 4. 13. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n4p13>.

115. Nitrogen fertilizer and pronitridine rates for corn production in the Midwest US. H. Kaur et al. *Field Crops Research*. 2024. №306. 109200. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109200>.

116. Vetsch J. A., Randall G. W., Fernández F. G. Nitrate loss in subsurface drainage from a corn–soybean rotation as affected by nitrogen rate and nitrapyrin. *Journal of environmental quality*. 2019. Volume 48. Issue 4. P. 988–994. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.11.0415>.

117. Application of nitrapyrin with banded urea, urea ammonium nitrate, and ammonia delays nitrification and reduces nitrogen loss in Canadian soils. R. F. Degenhardt et al. *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2016. Volume 2. Issue 1. P. 1–11. <https://doi.org/10.2134/cftm2016.03.0027>.

118. Johnson F. E. II., Nelson K. A., Motavalli P. P. Urea fertilizer placement impacts on corn growth and nitrogen utilization in a poorly-drained claypan soil. *Journal of Agricultural Science*. 2017. Volume 9. Issue 1. P. 28–40. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v9n1p28>.

119. Vetsch J. A., Scherder E. F., Ruen D. C. Does liquid swine manure application timing and nitrapyrin affect corn yield and inorganic soil nitrogen?. *Agronomy Journal*. 2017. Volume 109. Issue 5. P. 2358–2370. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.03.0163>.

120. Sassman A. M., Barker D. W., Sawyer J. E. Corn response to urea–ammonium nitrate solution treated with encapsulated nitrapyrin. *Agronomy Journal*. 2018. Volume 110. Issue 3. P. 1058–1067. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.12.0737>.

121. Enhanced-efficiency fertilizer impacts on yield-scaled nitrous oxide emissions in maize. R. F. Graham et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2018. Volume 82. Issue 6. P. 1469–1481. <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.05.0196>.

122. Can we reduce rainfed maize (*Zea mays* L.) nitrogenous fertilizer application rate with addition of nitrapyrin?. A. Chatterjee et al. *Communications*

in *Soil Science and Plant Analysis*. 2016. Volume 47. Issue 4. P. 527–532.
<https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1141927>.

123. Nitrogen-15 evaluation of fall-applied anhydrous ammonia: I. Efficiency of nitrogen uptake by corn. K. L. Griesheim et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2019. Volume 83. Issue 6. P. 1809–1818.
<https://doi.org/10.2136/sssaj2019.04.0098>.

124. Meta-analysis of enhanced efficiency fertilizers in corn systems in the Midwest. R. Cook et al. *International Plant Nutrition Institute Report*. 2015.
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.35178.00967>.

125. Omonode R. A., Vyn T. J. Tillage and nitrogen source impacts on relationships between nitrous oxide emission and nitrogen recovery efficiency in corn. *Journal of environmental quality*. 2019. Volume 48. Issue 2. P. 421–429.
<https://doi.org/10.2134/jeq2018.05.0188>.

126. The efficiency of nitrogen stabilizer at different soil temperatures on the physiological development and productivity of maize (*Zea mays* L.). D. Rácz et al. *Agronomy Research*. 2021. Volume 19. Issue 4. P. 1888–1900.
<https://doi.org/10.15159/AR.21.146>.

127. Tile drainage nitrate losses and corn yield response to fall and spring nitrogen management. C. M. Pittelkow et al. *Journal of environmental quality*. 2017. Volume 46. Issue 5. P. 1057–1064. <https://doi.org/10.2134/jeq2017.03.0109>.

128. Urea-based fertilization strategies to reduce yield-scaled N oxides and enhance bread-making quality in a rainfed Mediterranean wheat crop. G. Guardia et al. *Agriculture, ecosystems & environment*. 2018. №265. P. 421–431.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.06.033>.

129. Change in maize yield, N use efficiencies and climatic warming potential after urea combined with Nitrapyrin and NBPT during the growing season in a black soil. X. Hao et al. *Soil and Tillage Research*. 2023. №231. 105721. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105721>.

130. Fertilizer placement affects corn and nitrogen use efficiency in a claypan soil. T. W. Steusloff et al. *Agronomy Journal*. 2019. Volume 111. Issue 5. P. 2512–2522. <https://doi.org/10.2134/agronj2019.02.0108>.

131. Strategies for the use of urease and nitrification inhibitors with urea: Impact on N₂O and NH₃ emissions, fertilizer-15N recovery and maize yield in a tropical soil. M. R. Martins et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. №247. P. 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.021>.

132. Increased N₂O emissions by cover crops in a diverse crop rotation can be mediated with dual nitrification and urease inhibitors. A. Tariq et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 2024. Volume 374. 109178. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109178>.

133. Кривенко А. І., Марткоплішвілі М. М. Особливості формування фотосинтетичних параметрів посівів кукурудзи залежно від впливу елементів технології вирощування. *Новітні агротехнології*. 2020. №8. <https://doi.org/10.47414/na.8.2020.230582>.

134. Кривенко А. І., Марткоплішвілі М. М. Особливості формування урожайності кукурудзи залежно від впливу елементів технології вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. №28. С. 201–209. <https://doi.org/10.47414/np.28.2020.230241>.

135. Чайка О. В., Левченко С. О. Вплив інгібітора нітрифікації DMPP на процеси розподілу азоту в ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2024. Том 102. №4. С. 53–59. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202404-08>.

136. Combining urease and nitrification inhibitors with incorporation reduces ammonia and nitrous oxide emissions and increases corn yields. C. F. Drury et al. *Journal of Environmental Quality*. 2017. Volume 46. Issue 5. P. 939–949. <https://doi.org/10.2134/jeq2017.03.0106>.

137. Urea ammonium nitrate solution combined with urease and nitrification inhibitors jointly mitigate NH₃ and N₂O emissions and improves nitrogen efficiency of summer maize under fertigation. B. Ren et al. *Field Crops Research*. 2023. №296. 108909. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108909>.

138. Stacking nitrogen management practices: Combining double-slot fertilizer injection with urease and nitrification inhibitors improves yields and reduces ammonia and nitrous oxide emissions. C. F. Drury et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2024. Volume 88. Issue 4. P. 1309–1323. <https://doi.org/10.1002/saj2.20677>.

139. Halvorson A. D., Del Grosso S. J., Stewart C. E. Manure and inorganic nitrogen affect trace gas emissions under semi-arid irrigated corn. *Journal of Environmental Quality*. 2016. Volume 45. Issue 3. P. 906–914. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.08.0426>.

140. Panakova Z., Slamka P., Ložek O. Effect of nitrification inhibitors on the content of available nitrogen forms in the soil under maize (*Zea mays*, L.) growing. *Journal of Central European Agriculture*. 2016. Volume 17. Issue 4. P. 1013–1032. <https://doi.org/10.5513/jcea.v17i4.4808>.

141. Management of liquid swine manure: impact on mineral nitrogen dynamics and corn yield. C. J. BASSO et al. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2021. №50. e64790. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5064790>.

142. Response of no-till grain crops to pig slurry application methods and a nitrification inhibitor. R. Gonzatto et al. *Agronomy Journal*. 2017. Volume 09. Issue 4. P. 1687–1696. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.09.0547>.

143. Application effects of coated urea and urease and nitrification inhibitors on ammonia and greenhouse gas emissions from a subtropical cotton field of the Mississippi delta region. Z. Tian et al. *Science of the Total Environment*. 2015. №533. P. 329–338. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.147>.

144. Pengthamkeerati P. Modtad A. Nitrification inhibitor effects on nitrous oxide emission, nitrogen transformation, and maize (*Zea mays* L.) yield in loamy sand soil in Thailand. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2016. Volume 47. Issue 7. P. 875–887. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1159314>.

145. Effects of positively charged dicyandiamide and nitrogen fertilizer sources on nitrous oxide emissions in irrigated corn. H. Waterhouse et al. *Journal*

of environmental quality. 2017. Volume 46. Issue 5. P. 1123–1130.
<https://doi.org/10.2134/jeq2017.01.0033>.

146. Watson C., Clemens J., Wichern F. Plant availability of magnesium and phosphorus from struvite with concurrent nitrification inhibitor application. *Soil Use and Management*. 2019. Volume 35. Issue 4. P. 675–682.
<https://doi.org/10.1111/sum.12527>.

147. Injection and nitrification inhibitor improve the recovery of pig slurry ammonium nitrogen in grain crops in Brazil. R. Gonzatto et al. *Agronomy Journal*. 2016. Volume 108. Issue 3. P. 978–988. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0462>.

148. The nitrification inhibitor Vizura® reduces N₂O emissions when added to digestate before injection under irrigated maize in the Po Valley (Northern Italy). M. E. Chiodini et al. *Agronomy*. 2019. Volume 9. Issue 8. 431.
<https://www.mdpi.com/2073-4395/9/8/431#>.

149. Management of liquid swine manure: impact on mineral nitrogen dynamics and corn yield. C. J. BASSO et al. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2021. №50. e64790. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5064790>.

150. Assessing the Benefit of Polymer-Coated Urea for Corn Production on Irrigated Sandy Soils. Y. Rui et al. *Agronomy Journal*. 2019. Volume 111. Issue 2. P. 473–481. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.02.0091>.

151. Effect of urease and nitrification inhibitors on nitrogen transformation and nitrogen use efficiency of rain-fed summer maize (*Zea mays*) at Loess Plateau of China. M. Ahmed et al. *International journal of agriculture & biology* 2023. P. 317–328. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.2090>.

152. Nitrogen fertilizers technologies for corn in two yield environments in South Brazil. B. M. A. R. Cassim et al. *Plants*. 2022. Volume 11. Issue 14. 1890. <https://doi.org/10.3390/plants11141890>.

153. Ammonia volatilization loss and corn nitrogen nutrition and productivity with efficiency enhanced UAN and urea under no-tillage. S. Liu et al. *Scientific reports*. 2019. Volume 9. Issue 1. 6610.
<https://www.nature.com/articles/s41598-019-42912-5>.

154. High temporal resolution nitrous oxide fluxes from corn (*Zea mays* L.) in response to the combined use of nitrification and urease inhibitors. P. V. F. Machado et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2020. №300. 106996. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106996>.

155. Effects of Nitrogen Fertilizer Application Times and Nitrification Inhibitor on N₂O Emission from Potted Maize. P.-J. Fu et al. *Huan Jing ke Xue = Huanjing Kexue*. 2021. Volume 42. Issue 9. P. 4538–4547. <https://doi.org/10.13227/j.hjkx.202101003>.

156. Assessment of nitrification and urease inhibitors on nitrate leaching in corn (*Zea mays* L.). A. A. Pawlick et al. *Canadian Journal of Soil Science*. 2019. Volume 99. Issue 1. P. 80–91. <https://doi.org/10.1139/cjss-2018-0110>.

157. Saud S., Wang D., Fahad S. Improved nitrogen use efficiency and greenhouse gas emissions in agricultural soils as producers of biological nitrification inhibitors. *Frontiers in Plant Science*. 2022. №13. 854195. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.854195>.

158. Ammonia volatilization, nitrous oxide emissions, and corn yields as influenced by nitrogen placement and enhanced efficiency fertilizers. A. L. Woodley et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2020. Volume 84. Issue 4. P. 1327–1341. <https://doi.org/10.1002/saj2.20079>.

159. Urease inhibitor and irrigation management to mitigate ammonia volatilization from urea in no-till corn. F. Viero et al. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2017. №41. e0160567. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20160567>.

160. Modelling the impacts of inhibitors and fertilizer placement on maize yield and ammonia, nitrous oxide and nitrate leaching losses in southwestern Ontario, Canada. R. Jiang et al. *Journal of Cleaner Production*. 2023. №384. 135511. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135511>.

161. Ložek O., Slamka P. Effect of nitrogen-sulphur nutrition and inhibitors of nitrification on the yield and quality of maize grain. *Acta fytotechnica et zootechnica*. 2016. Volume 19. Issue 2. P. 45–50. <http://dx.doi.org/10.15414/afz.2016.19.02.45-50>.

162. Venterea R. T., Coulter J. A., Dolan M. S. Evaluation of intensive “4R” strategies for decreasing nitrous oxide emissions and nitrogen surplus in rainfed corn. *Journal of Environmental Quality*. 2016. Volume 45. Issue 4. P. 1186–1195. <https://doi.org/10.2134/jeq2016.01.0024>.

163. Drulis P., Kriaučiūnienė Z., Liakas V. The influence of different nitrogen fertilizer rates, urease inhibitors and biological preparations on maize grain yield and yield structure elements. *Agronomy*. 2022. Volume 12. Issue 3. 741. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030741>.

164. Widowati W., Karamina H., Fikrinda W. Soil amendment impact to soil organic matter and physical properties on the three soil types after second corn cultivation. *AIMS Agriculture and food*. 2020 №5 (1). P. 150–169. <http://dx.doi.org/10.3934/agrfood.2020.1.150>.

165. Potential of Nitrification Inhibition and Change of Soil Bacterial Community Structure by Biofumigation of Brassica juncea Green Manure in Succeeding Sweet Corn Cultivation under Gray Lowland Soil Conditions. A. Fuchikami et al. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*. 2022. Volume 56. Issue 2. P. 137–146. <https://doi.org/10.6090/jarq.56.137>.

166. Optimization of nitrogen fertilization input on Zea mays L. cultivation through the biological inhibition of nitrification. S. Minardi et al. *Agricultural Sciences*. 2015. Volume 6. Issue 2. P. 201–207. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2015.62019>.

167. Glyphosate applications, glyphosate resistant corn, and tillage on nitrification rates and distribution of nitrifying microbial communities. M. Jenkins et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2017. Volume 81. Issue 6. P. 1371–1380. <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.02.0063>.

168. Lazcano C., Zhu-Barker X., Decock C. Effects of organic fertilizers on the soil microorganisms responsible for N₂O emissions: A review. *Microorganisms*. 2021. Volume 9. Issue 5. P. 983. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9050983>.

169. Influence of modified urea compounds to improve nitrogen use efficiency under corn growth system. S. Swify et al. *Sustainability*. 2022. Volume 14. Issue 21. 14166. <https://doi.org/10.3390/su142114166>.

170. Drulis P., Kriaučiūnienė Z., Liakas V. The effect of combining N-fertilization with urease inhibitors and biological preparations on maize biological productivity. *Agronomy*. 2022. Volume 12. Issue 10. 2264. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102264>.

171. Economic and environmental nitrate leaching consequences of 4R nitrogen management practices including use of inhibitors for corn production in Ontario. A. De Laporte et al. *Journal of Environmental Management*. 2021. №300. 113739. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113739>.

172. Streaming urea ammonium nitrate with or without enhanced efficiency products impacted corn yields, ammonia, and nitrous oxide emissions. A. L. Woodley et al. *Agronomy Journal*. 2018. Volume 110. Issue 2. P. 444–454. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.07.0406>.

173. Sappor O. *The Impact of Nitrogen Inhibitors on Financial Returns and Nitrous Oxide Emissions in Corn Production*. 2024. PhD Thesis. University of Guelph. <https://hdl.handle.net/10214/28246>.

174. Ammonia and carbon dioxide emissions by stabilized conventional nitrogen fertilizers and controlled release in corn crop. T. L. de Souza et al. *Ciência e Agrotecnologia*. 2017. Volume 41. Issue 5. P. 494–510. <https://doi.org/10.1590/1413-70542017415003917>.

175. Coated, Stabilized enhanced-efficiency nitrogen fertilizers: preparation and effects on maize growth and nitrogen utilization. Z. Qi et al. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Volume 12. 792262. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.792262>.

176. Improving fertilizer management in the US and Canada for N₂O mitigation: Understanding potential positive and negative side-effects on corn yields. D. Abalos et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2016. № 221. P. 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.044>.

177. Gagnon B., Ziadi N., Bélanger G. Nitrogen nutrition indicators in corn fertilized with different urea-nitrogen forms. *Agronomy Journal*. 2019. volume 111. Issue 6. P. 3281–3290. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0675>.

178. Corn cropping system and nitrogen fertilizers technologies affect ammonia volatilization in Brazilian tropical soils. C. Santos et al. *Soil Systems*. 2023. Volume 7. Issue 2. 54. <https://doi.org/10.3390/soilsystems7020054>.

179. Distinct enhanced efficiency urea fertilizers differentially influence ammonia volatilization losses and maize yield. F. Torralbo et al. *Plant and Soil*. 2022. Volume 475. Issue 1. P. 551–563. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-022-05387-4>.

180. Inhibitor-coated enhanced-efficiency N fertilizers for mitigating NO_x and N₂O emissions in a high-temperature irrigated agroecosystem. J. Recio et al. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020. №292. 108110. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108110>.

181. Soil available nitrogen and yield effect under different combinations of urease/nitrate inhibitor in wheat/maize rotation system. X. Cui et al. *Agronomy*. 2022. Volume 12. Issue 8. 1888. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081888>.

182. Effect of nitrification inhibitors on mitigating N₂O and NO emissions from an agricultural field under drip fertigation in the North China Plain. D. Tian et al. *Science of the Total Environment*. 2017. №598. P. 87–96. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.220>.

183. Soil mineral nitrogen content and grain yield with enhanced efficiency fertilizers in maize. F. Torralbo et al. *Agronomy Journal*. 2023. Volume 115. Issue 2. P. 976–986. <https://doi.org/10.1002/agj2.21255>.

184. Nitrogen source affects in-season nitrogen availability more than nitrification inhibitor and herbicide in a fine-textured soil. W. Neels et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2024. Volume 88. Issue 2. P. 419–433. <https://doi.org/10.1002/saj2.20617>.

185. Effects of a nitrification inhibitor on nitrogen species in the soil and the yield and phosphorus uptake of maize. C. Vogel et al. *Science of the total*

environment. 2020. №715. 136895.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136895>.

186. Optimizing nitrogen fertilization in maize: The impact of nitrification inhibitors, phosphorus application, and microbial interactions on enhancing nutrient efficiency and crop performance. A. M. Kurdestani et al. *Frontiers in Plant Science*. 2024. №15. 1451573. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2024.1451573>.

187. Watson C., Clemens J., Wichern F. Plant availability of magnesium and phosphorus from struvite with concurrent nitrification inhibitor application. *Soil Use and Management*. 2019. Volume 35. Issue 4. P. 675–682.
<https://doi.org/10.1111/sum.12527>.

188. Evaluation of various nitrogen indices in N-fertilizers with inhibitors in field crops: A review. A. Folina et al. *Agronomy*. 2021. Volume 11. Issue 3. 418.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11030418>.

189. Legumes or nitrification inhibitors to reduce N₂O emissions from subtropical cereal cropping systems in Oxisols?. M. De Antoni Migliorati et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015. №213. P. 228–240.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.08.010>.

190. Nitrogen source regulates soil nitrification and nitrogen losses more than nitrification inhibitor and herbicide: A laboratory evaluation. W. Neels et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2024. P. 2090–2103.
<https://doi.org/10.1002/saj2.20774>.

191. Effect of enhanced efficiency fertilizers on nitrous oxide emissions and crop yields: A meta-analysis. R. Thapa et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2016. Volume 80. Issue 5. P. 1121–1134.
<https://doi.org/10.2136/sssaj2016.06.0179>.

192. Barker D., Sawyer J. Evaluation of nitrogen fertilizer additives for enhanced efficiency in corn on Iowa soils. *Crops & Soils*. 2017. Volume 50. Issue 6. P. 52–58. <https://doi.org/10.2134/cs2017.50.0602>.

193. Tile drainage and nitrogen fertilizer management influences on nitrogen availability, losses, and crop yields. R. Awale et al. *Open Journal of Soil Science*.

2015. Volume 5. Issue 10. Volume 211.
<http://dx.doi.org/10.4236/ojss.2015.510021>.

194. Global evaluation of inhibitor impacts on ammonia and nitrous oxide emissions from agricultural soils: A meta-analysis. D. Fan et al. *Global Change Biology*. 2022. Volume 28. Issue 17. P. 5121–5141.
<https://doi.org/10.1111/gcb.16294>.

195. Agronomic effects of urease and nitrification inhibitors on ammonia volatilization and nitrogen utilization in a dryland farming system: Field and laboratory investigation. R. K. Afshar et al. *Journal of Cleaner Production*. 2018. №172. P. 4130–4139. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.105>.

196. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ,. Вища школа. 1994. – 334 с.

197. Куряча К. О. Особливості підбору гібридів кукурудзи для вирощування в умовах нестійкого зволоження. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели: матеріали Міжнар. наук.- практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 30 вересня 2024 р.)*. Полтава: ПДАУ, 2024. С. 161–163.

198. Куряча К. О. Значення адаптивних властивостей гібридів кукурудзи. Сільськогосподарська наука від «українського Ротамстеду» до сьогодення (до 140-річчя від дня заснування Полтавського дослідного поля) : зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. (31 жовт. 2024 р., м. Полтава, Україна) [Електронне видання] / НААН, Інститут свинарства і АПВ НААН, Полтав. держ. с.-г. досл. станція ім. М. І. Вавилова, Ін-т біології, Поморський ун-т у Слупську, Природничий ун-т у Любліні, Шведський ун-т с.-г. наук, Латвійський ун-т наук про життя та технологій. Полтава, 2024. URL: <https://www.svinarstvo.com/index.php/ua/library/materiali-konferentsij/751-silskogospodarska-nauka-vid-ukrajinskogo-rotamstedu-do-sogodennya>. С. 112–113.

199. Маренич М.М., Куряча К.О. Вплив підбору гібридів кукурудзи на урожайність в умовах нестійкого зволоження. *Сучасні напрями та досягнення*

селекції і насінництва сільськогосподарських культур: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (31 березня 2025 року) / Редкол.: М.М. Маренич (відп. ред.) та ін. Полтава: ПДАУ, 2025. С. 27–28.

200. Kuriacha K. O. The influence of soil tillage practices on yield development. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 30 вересня 2025 р.). Полтава : ПДАУ, 2025. С. 96–98.

201. Маренич, М. М., & Куряча, К. О. (2025). Формування урожайності кукурудзи залежно від підбору гібридів в умовах нестійкого зволоження. *Scientific Progress & Innovations*, 28(2), 63–67. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.10>.

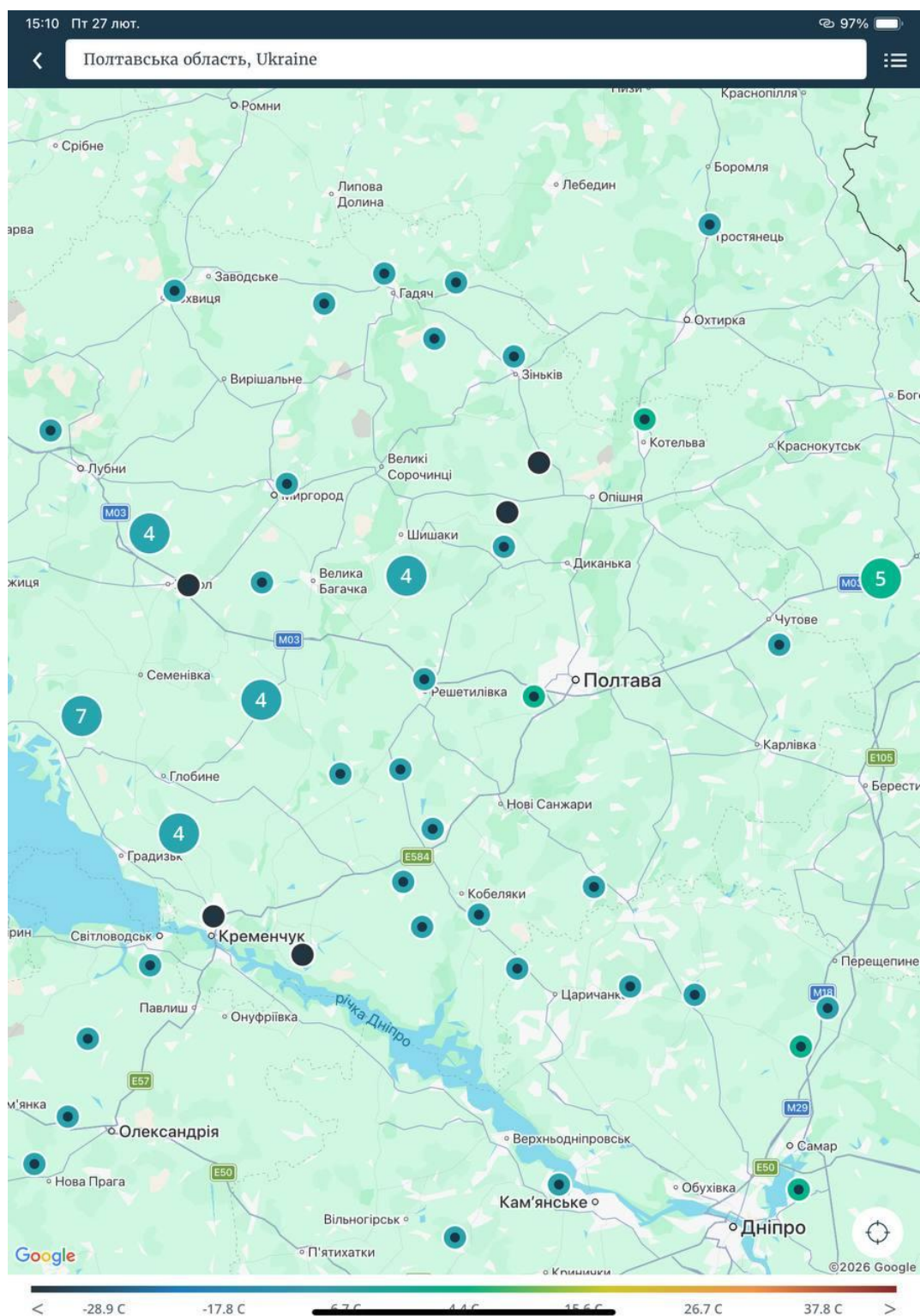
202. Методика економічної оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур в дослідних умовах. Київ, 1999. 25 с.

203. Куряча К. О., Маренич М. М. Перспективи використання методів агроскаутингу в прогнозуванні урожайності кукурудзи. *Scientific Progress & Innovations*. 2026. № 29 (1). С. 13–18. <https://doi.org/10.31210/spi2026.29.01.02>.

204. Marenych, M., Kuriacha, K., Semenov, A., Yurchenko, S., Mishchenko, O., Bahan, A., Shakalii, S., Olepirm, R. & Yeleussinov, B. (2026). Nitrogen Inhibitors as a tool for improving soil nitrogen retention and maize yield under unstable moisture. *Journal of Ecological Engineering*, 27(7). <https://doi.org/10.12911/22998993/218291>.

ДОДАТКИ

Мережа локальних метеостанцій Davis



Опади в локаціях досліджень 2023 року

СТАНЦІЯ	Місяці									
	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень		
Глобине	20	40	18	48	65	54	7	72		
Семенівка (Астра Вербки)	27	54	11	32	56	41	4	83		
Хорол (Вишняки)	30	50	46	6	17	62	16	99		
Шишаки (ДВЖ Шишаки)	26	53	13	20	85	15	5	6		
Котельва	11	42	30	31	99	44	23	34		
Опішня (ДВЖ Човно-Федорівка)	34	67	5	41	97	61	47	10		
Гадяч	46	60	10	45	161	121	14	103		
Гадяч (Веприк)	30	63	11	45	131	3	14	73		
Кобеляки (ДБТ Красне)	24	62	13	77	58	28	18	0		
Миргород (ХРЛ Петрівці)	24	48	15	21	85	76	14	99		
Лубни (Новаки)	15	73	31	27	81	57	57	71		
Оржиця (ФГ Журавель)	24	52	11	39	131	19	9	103		
Лохвиця (Лохвиця)	34	53	13	30	89	44	54	90		
Решетилівка (Решетилівка)	3	57	21	41	91	137	18	96		
Велика Багачка (ДВЖ Яреськи)	19	65	34	42	78	153	19	101		
Березова Рудка (Кейбалівка)	29	10	31	107	30	11	52	71		
Полтава (ДБТ Мачухи)	43	78	34	64	84	87	35	73		
Середнє	26	55	20	42	85	60	24	70		

Опади в локаціях досліджень 2024 року

СТАНЦІЯ	Місяці									
	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень		
Глобине	20	39	3	65	19	4	14	33		
Семенівка (Астра Вербки)	24	52	8	80	0	7	6	48		
Хорол (Вишняки)	19	44	9	100	2	8	10	49		
Шишаки (ДВЖ Шишаки)	16	32	3	19	11	3	3	33		
Котельва	16	16	2	26	8	5	0	20		
Опішня (ДВЖ Човно-Федорівка)	21	25	14	48	3	6	3	36		
Гадяч	22	45	0	17	14	7	2	61		
Гадяч (Веприк)	11	52	5	72	2	0	0	7		
Кобеляки (ДБТ Красне)	17	18	28	94	2	4	23	23		
Миргород (ХРЛ Петрівці)	15	54	20	87	2	17	4	48		
Лубни (Новаки)	36	53	18	51	21	4	123	30		
Оржиця (ФГ Журавель)	41	47	36	42	8	2	3	131		
Лохвиця (Лохвиця)	32	49	16	45	11	11	2	31		
Решетилівка (Решетилівка)	17	25	3	50	13	2	14	39		
Велика Багачка (ДВЖ Яреськи)	28	55	16	51	17	4	8	40		
Березова Рудка (Кейбалівка)	45	1	50	20	2	102	0	66		
Полтава (ДБТ Мачухи)	25	13	16	26	2	0	7	22		
Середнє	24	36	15	52	8	11	13	42		

Продовження додатку А.2

Опади в локаціях досліджень 2025 року

СТАНЦІЯ	Місяці									
	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень		
Глобине	19	16	52	24	44	28	13	83		
Семенівка (Астра Вербки)	12	23	61	28	37	29	17	84		
Хорол (Вишняки)	24	46	78	29	40	27	50	92		
Шишаки (ДВЖ Шишаки)	18	24	46	28	66	38	18	80		
Котельва	19	13	42	19	50	25	1	38		
Опішня (ДВЖ Човно-Федорівка)	30	18	37	29	84	63	26	84		
Гадяч	36	41	70	33	85	44	26	78		
Гадяч (Веприк)	36	41	27	24	38	24	14	63		
Кобеляки (ДБТ Красне)	20	29	53	33	71	28	23	55		
Миргород (ХРЛ Петрівці)	28	36	70	31	44	21	34	86		
Лубни (Новаки)	12	68	22	45	26	27	41	11		
Оржиця (ФГ Журавель)	25	51	91	31	29	27	35	53		
Лохвиця (Лохвиця)	23	34	75	36	18	43	14	67		
Решетилівка (Решетилівка)	25	20	57	40	67	68	30	78		
Велика Багачка (ДВЖ Яреськи)	28	32	19	14	11	6	20	58		
Березова Рудка (Кейбалівка)	20	51	63	37	40	42	2	30		
Полтава (ДБТ Мачухи)	26	17	63	29	55	39	19	49		
Середнє	23	33	55	30	47	34	23	64		

Продовження додатку А.2

Температура повітря за 2023-2025 рр. по метеостанціях «Девіс» Полтавської області 2023 рік (Max, °C)

СТАНЦІЯ	Місяці									
	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень		
Глобине (Глобине)	19,4	20,6	28,5	31,6	33,7	36,5	28,2	26,6		
Семенівка (Астра Вербки)	19,1	19,7	28,5	31,0	34,4	36,2	28,2	26,3		
Хорол (Вишняки)	18,7	20,8	29,3	31,6	35,1	35,4	28,4	26,1		
Шишаки (ДВЖ Шишаки)	18,1	20,5	28,5	30,6	35,7	34,9	28,5	26,2		
Котельва (Котельва)	19,7	21,4	28,6	31,7	33,7	36,6	28,4	27,5		
Опішня (ДВЖ Ч. Федорівка)	17,9	20,3	28,2	30,3	34,5	35,7	27,3	26,1		
Гадяч (Гадяч)	18,0	19,8	27,4	30,8	31,3	33,1	27,0	25,9		
Гадяч (Веприк)	18,3	19,9	28,2	31,7	31,7	33,3	27,5	23,1		
Кобеляки (ДБТ Красне)	19,7	21,7	28,8	32,3	35,9	36,4	28,6	27,3		
Миргород (Вакула)	18,4	20,0	28,4	31,8	31,9	33,5	27,7	23,2		
Лубни (Новаки)	18,5	20,4	27,1	31,3	29,9	34,6	27,3	26,0		
Оржиця (ФГ Журавель)	18,3	22,3	28,8	32,2	35,3	36,2	29,8	27,6		
Лохвиця (Лохвиця)	17,8	20,4	28,1	31,7	32,4	34,7	27,6	25,3		
Решетилівка (Решетилівка)	13,5	21,0	29,4	33,6	34,3	36,3	28,8	27,6		
В.Багачка (ДВЖ Яреськи)	18,3	20,0	29,2	32,2	35,6	35,4	28,1	26,2		
Березова Рудка (Кейбалівка)	23,2	29,4	31,4	32,5	35,1	28,8	20,8	17,4		
Полтава (ДБТ Мачухи)	19,3	20,7	27,5	31,6	34,2	35,1	26,8	24,7		

Продовження додатку А.2

Температура повітря за 2023-2025 рр. по метеостанціях «Девіс» Полтавської області 2024 рік (Max, °C)

СТАНЦІЯ	Місяці									
	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень		
Глобине (Глобине)	24,2	28,1	28,5	32,4	37,0	36,0	33,6	26,7		
Семенівка (Астра Вербки)	23,7	27,6	29,1	31,7	36,4	35,2	33,3	26,4		
Хорол (Вишняки)	23,8	28,3	29,5	31,9	37,9	36,7	33,9	26,7		
Шишаки (ДВЖ Шишаки)	23,7	28,4	29,1	32,9	36,9	36,8	33,7	26,7		
Котельва (Котельва)	24,3	30,3	30,1	33,3	38,3	37,5	33,2	26,8		
Опішня (ДВЖ Ч. Федорівка)	23,6	28,2	30,6	31,6	35,7	36,4	33,9	26,6		
Гадяч (Гадяч)	23,6	28,2	29,3	31,4	35,3	36,1	32,4	26,2		
Гадяч (Веприк)	23,8	29,2	29,7	33,6	37,1	12,7	28,9	25,8		
Кобеляки (ДБТ Красне)	24,8	29,4	29,9	33,3	37,4	36,8	33,5	27,4		
Миргород (Вакула)	23,8	28,5	29,9	32,3	37,1	36,9	34,0	26,3		
Лубни (Новаки)	22,2	28,1	29,6	35,4	35,1	33,7	24,9	11,6		
Оржиця (ФГ Журавель)	23,5	28,4	30,4	33,6	37,3	37,2	33,8	25,5		
Лохвиця (Лохвиця)	22,2	27,3	29,4	32,3	37,2	35,7	32,9	25,2		
Решетилівка (Решетилівка)	24,3	29,7	29,6	33,4	38,1	36,2	33,7	26,4		
В.Багачка (ДВЖ Яреськи)	24,1	29,4	26,8	33,2	37,9	36,5	33,3	26,6		
Березова Рудка (Кейбалівка)	27,3	30,2	33,8	36,4	35,8	28,4	18,4	10,9		
Полтава (ДБТ Мачухи)	24,4	29,7	29,6	32,9	37,3	36,7	32,7	25,8		

Продовження додатку А.2

Температура повітря за 2023-2025 рр. по метеостанціях «Девіс» Полтавської області 2025 рік (Max, °C)

СТАНЦІЯ	Місяці									
	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень		
Глобине (Глобине)	19,7	27,9	28,2	32,8	37,0	32,9	28,9	20,6		
Семенівка (Астра Вербки)	19,9	27,9	28,6	32,2	36,4	32,7	29,2	20,3		
Хорол (Вишняки)	20,6	28,9	29,7	32,1	36,4	33,2	30,8	19,0		
Шишаки (ДВЖ Шишаки)	19,4	28,0	29,2	33,1	36,7	33,4	32,3	19,7		
Котельва (Котельва)	20,3	29,4	29,1	34,8	37,2	33,7	35,1	21,5		
Опішня (ДВЖ Ч. Федорівка)	19,1	28,7	29,1	33,1	37,2	32,9	33,0	20,8		
Гадяч (Гадяч)	19,0	28,1	28,9	31,8	35,1	32,1	32,9	19,2		
Гадяч (Веприк)	19,0	28,1	28,8	33,7	36,3	32,6	33,3	19,7		
Кобеляки (ДБТ Красне)	17,6	28,4	30,4	35,0	37,3	34,0	31,1	22,0		
Миргород (Вакула)	19,7	28,3	29,6	31,8	36,9	34,1	32,8	20,1		
Лубни (Новаки)	27,2	31,8	35,1	32,6	32,4	28,7	14,6	11,6		
Оржиця (ФГ Журавель)	20,6	29,9	28,3	32,9	36,9	33,8	32,2	19,2		
Лохвиця (Лохвиця)	18,8	28,6	29,5	31,8	36,6	33,2	33,8	18,5		
Решетилівка (Решетилівка)	20,2	28,6	29,9	33,8	36,6	33,4	32,7	20,9		
В.Багачка (ДВЖ Яреськи)	19,3	28,6	29,2	32,9	36,2	33,4	32,2	19,6		
Березова Рудка (Кейбалівка)	19,2	32,2	29,1	33,0	32,2	32,5	32,0	18,2		
Полтава (ДБТ Мачухи)	20,0	28,2	28,7	33,8	36,1	32,8	32,3	20,2		

Додаток Б

Урожайність гібридів кукурудзи різного походження

Виробник	Гібрид	ФАО	Урожайність в залежності від густоти посіву при 14% вологості, т/га														
			2023 рік					2024 рік					2025 рік				
			Норми висіву, тис. насінин/га														
			85	75	65	85	75	65	85	75	65	85	75	65	85	75	65
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Lidea	ЕС Сіріус	200	11,90	11,71	12,32	6,40	5,77	6,53	4,16	4,06	4,44	7,49	7,18	7,76			
	ЕС Конкорд	250	12,88	12,65	12,06	7,21	7,35	6,85	4,54	4,24	4,25	8,21	8,08	7,72			
	ЕС Паролі	260	12,00	11,41	11,23	6,59	6,72	6,37	4,14	4,66	4,76	7,57	7,60	7,45			
	ЕС Сенсор	370	12,05	12,17	12,74	9,33	9,80	9,58	5,87	6,17	6,49	9,09	9,38	9,60			
	ЕС Метод	380	10,51	10,96	11,97	7,75	8,28	8,25	5,39	6,05	5,87	7,88	8,43	8,69			
Середнє			11,87	11,78	12,06	7,46	7,59	7,52	4,82	5,04	5,16	8,05	8,14	8,25			
MAS Seeds	MAS 23.K	240	12,41	10,75	9,95	7,23	6,06	6,39	4,92	3,99	4,81	8,18	6,93	7,05			
	MAS 30.K	280	14,90	14,02	15,22	6,56	5,77	6,65	4,76	4,48	5,11	8,74	8,09	8,99			
	MAS 33.A	320	10,96	12,44	11,74	7,22	7,01	7,47	4,73	4,77	4,96	7,64	8,07	8,06			
	MAS 37.V	340	11,95	13,21	12,47	7,09	7,76	7,20	4,68	4,93	5,22	7,91	8,63	8,29			
	MAS 44.A	380	9,98	10,48	10,78	6,68	7,16	6,93	4,29	4,94	4,60	6,98	7,53	7,44			
Середнє			12,04	12,18	12,03	6,95	6,75	6,93	4,68	4,62	4,94	7,89	7,85	7,97			
Bayer	DKC 3509	240	12,55	12,04	11,30	7,78	7,99	7,41	5,60	5,19	5,30	8,64	8,40	8,01			
	DKC 3795	250	12,55	12,11	10,32	7,08	6,58	6,39	4,30	3,62	3,81	7,98	7,44	6,84			
	DKC 3415	260	11,44	10,98	11,13	6,39	6,56	6,29	3,29	3,16	3,22	7,04	6,90	6,88			
	DKC 3472	270	12,49	12,50	13,00	6,49	5,89	6,62	4,37	3,58	4,66	7,78	7,32	8,09			
	DKC 3717	280	12,30	12,50	11,20	7,07	6,49	6,74	4,63	3,85	4,22	8,00	7,61	7,39			
	DKC 4014	310	11,63	14,26	13,34	7,90	9,07	8,39	4,78	5,03	5,06	8,11	9,45	8,93			
	DKC 3511	330	10,98	12,50	13,15	7,10	7,91	7,72	5,64	5,88	5,68	7,91	8,76	8,85			

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	DKC 4490	370	12,31	11,74	12,50	9,31	9,52	9,38	7,05	7,05	6,44	9,55	9,43	9,44
	DKC 4964	380	12,41	10,94	12,71	9,52	9,38	9,64	7,11	6,99	7,15	9,68	9,10	9,83
Середнє			11,9	12,11	12,05	7,66	7,80	7,69	5,29	5,00	5,17	8,30	8,30	8,30
Pioneer	P7709	190	12,14	11,33	11,03	6,73	6,82	6,42	5,83	5,95	5,28	8,23	8,04	7,57
	PR39H32	200	10,31	9,31	7,49	5,53	5,52	4,78	4,73	4,94	3,96	6,86	6,59	5,41
	P8521	220	11,99	11,66	11,26	7,13	7,28	6,85	6,45	6,36	5,76	8,52	8,43	7,96
	P8000	230	11,42	11,03	10,70	6,65	6,89	6,48	5,74	6,09	5,51	7,94	8,00	7,57
	PR39D81	260	11,65	12,23	11,76	7,16	6,78	7,19	6,49	6,39	6,33	8,43	8,47	8,42
	PR39B76	280	12,16	12,24	13,52	6,81	6,21	7,22	6,03	5,89	6,34	8,33	8,12	9,03
	P9175	330	11,87	13,04	12,10	7,58	8,31	7,67	6,54	7,35	6,19	8,67	9,56	8,65
	P9400	340	11,52	11,52	12,24	8,42	8,81	8,66	6,60	7,05	6,52	8,85	9,12	9,14
	P9578	350	10,41	12,05	11,82	8,05	9,00	8,49	7,23	9,02	7,54	8,56	10,02	9,28
	P9241	360	12,01	12,53	12,38	8,86	9,47	8,99	7,49	8,41	7,30	9,45	10,13	9,55
Середнє			11,55	11,69	11,43	7,29	7,51	7,27	6,31	6,74	6,07	8,38	8,65	8,26

Додаток В.1

Урожайність та вміст форм азоту залежно від інгібіторів азоту, 2023 рік

Гібриди	Інгібітор	Середня урожайність, т/га	Вміст NO_3^- , мг/кг	Вміст NH_4^+ , мг/кг
Pioneer 9241	Контроль (без інгібітора)	12,12	13,10	17,00
	Ultra Boost 1,5 л/га	13,77	18,50	20,80
	DMPP 25 г/га	12,80	14,00	18,00
	НоваТек One 1,35 л/т	13,19	18,10	18,50
	Азотолайф 1,5 л/га	13,39	18,30	19,10
	N-Лок 1,7 л/га	13,44	13,50	17,50
DKC4964	Контроль (без інгібітора)	12,00	9,90	7,40
	Ultra Boost 1,5 л/га	13,29	16,10	18,50
	DMPP 25 г/га	12,88	11,30	9,10
	НоваТек One 1,35 л/т	13,22	10,60	10,00
	Азотолайф 1,5 л/га	13,12	10,50	8,60
	N-Лок 1,7 л/га	12,62	19,00	19,70
ЕС Сенсор	Контроль (без інгібітора)	12,18	17,90	15,40
	Ultra Boost 1,5 л/га	14,84	25,10	20,70
	DMPP 25 г/га	12,97	26,70	17,00
	НоваТек One 1,35 л/т	14,22	27,10	18,70
	Азотолайф 1,5 л/га	13,56	26,50	18,70
	N-Лок 1,7 л/га	15,03	27,20	16,70
MA30.K	Контроль (без інгібітора)	14,68	19,70	19,50
	Ultra Boost 1,5 л/га	15,46	21,30	23,30
	DMPP 25 г/га	14,16	21,70	21,70
	НоваТек One 1,35 л/т	14,63	16,10	21,90
	Азотолайф 1,5 л/га	14,61	18,00	21,20
	N-Лок 1,7 л/га	14,81	18,40	23,30

Додаток В.2

Урожайність та вміст форм азоту залежно від інгібіторів азоту, 2024 рік

Гібриди	Інгібітор	Середня урожайність, т/га	Вміст NO_3^- , мг/кг	Вміст NH_4^+ , мг/кг
Pioneer 9241	Контроль (без інгібітора)	8,54	23,80	31,40
	Ultra Boost 1,5 л/га	8,89	32,40	43,30
	DMPP 25 г/га	9,13	26,30	31,90
	НоваТек One 1,35 л/т	9,28	29,20	39,50
	Азотолайф 1,5 л/га	9,48	31,00	40,70
	N-Лок 1,7 л/га	9,66	42,40	41,70
DKC4964	Контроль (без інгібітора)	9,35	19,20	27,40
	Ultra Boost 1,5 л/га	9,32	40,20	35,70
	DMPP 25 г/га	9,09	22,20	33,00
	НоваТек One 1,35 л/т	9,44	27,70	34,40
	Азотолайф 1,5 л/га	9,20	29,90	34,50
	N-Лок 1,7 л/га	9,23	31,60	35,00
ЕС Сенсор	Контроль (без інгібітора)	8,39	12,40	23,50
	Ultra Boost 1,5 л/га	9,53	21,40	36,00
	DMPP 25 г/га	7,94	15,70	29,10
	НоваТек One 1,35 л/т	8,77	17,90	31,80
	Азотолайф 1,5 л/га	8,09	18,50	31,80
	N-Лок 1,7 л/га	9,13	14,00	32,40
MA30.K	Контроль (без інгібітора)	6,13	26,50	18,70
	Ultra Boost 1,5 л/га	7,27	34,50	26,10
	DMPP 25 г/га	6,38	28,30	20,80
	НоваТек One 1,35 л/т	6,54	24,70	22,20
	Азотолайф 1,5 л/га	6,57	24,30	24,40
	N-Лок 1,7 л/га	6,86	24,00	21,80

Додаток В.3

Урожайність та вміст форм азоту залежно від інгібіторів азоту, 2025 рік

Гібриди	Інгібітор	Середня урожайність, т/га	Вміст NO_3^- , мг/кг	Вміст NH_4^+ , мг/кг
Pioneer 9241	Контроль (без інгібітора)	7,73	15,00	10,23
	Ultra Boost 1,5 л/га	8,77	26,40	12,73
	DMPP 25 г/га	7,95	15,30	11,23
	НоваТек One 1,35 л/т	8,30	26,10	11,43
	Азотолайф 1,5 л/га	8,37	26,30	11,63
	N-Лок 1,7 л/га	8,56	22,10	11,88
DKC4964	Контроль (без інгібітора)	7,08	10,70	6,93
	Ultra Boost 1,5 л/га	8,33	12,60	9,83
	DMPP 25 г/га	7,78	11,10	8,23
	НоваТек One 1,35 л/т	8,04	12,30	8,53
	Азотолайф 1,5 л/га	7,83	13,60	9,73
	N-Лок 1,7 л/га	7,77	10,90	10,00
ЕС Сенсор	Контроль (без інгібітора)	6,18	17,50	8,63
	Ultra Boost 1,5 л/га	8,22	18,20	10,13
	DMPP 25 г/га	6,95	17,80	9,83
	НоваТек One 1,35 л/т	7,59	16,10	11,23
	Азотолайф 1,5 л/га	7,01	16,40	10,83
	N-Лок 1,7 л/га	7,93	18,20	10,44
MA30.K	Контроль (без інгібітора)	4,78	9,60	8,00
	Ultra Boost 1,5 л/га	5,73	18,40	11,10
	DMPP 25 г/га	5,23	11,60	8,23
	НоваТек One 1,35 л/т	5,30	15,80	10,80
	Азотолайф 1,5 л/га	4,87	17,40	10,80
	N-Лок 1,7 л/га	5,12	14,60	9,45

Додаток Г.1

Вплив технології вирощування на урожайність кукурудзи

Гібриди (фактор А)	Технологія (фактор В)	Стимулятор (фактор С)	Роки			Середнє
			2023	2024	2025	
Pioneer 9241	Оранка	St (без стимулятора)	10,17	5,30	4,16	6,54
			10,80	6,05	4,54	7,13
			9,90	6,30	4,14	6,78
		Zinovii grand (2 кг/га)	10,50	6,54	4,82	7,29
			11,34	6,69	4,92	7,65
			11,40	6,69	4,76	7,62
	No-till	St (без стимулятора)	10,35	6,74	4,63	7,24
			10,66	6,83	4,78	7,42
			11,88	6,83	4,73	7,81
		Zinovii grand (2 кг/га)	11,45	7,75	5,87	8,36
			11,02	8,10	5,39	8,17
			10,44	7,92	5,60	7,98
DKC4964	Оранка	St (без стимулятора)	10,68	6,05	4,30	7,01
			11,23	6,15	3,29	6,89
			11,52	6,15	4,37	7,34
		Zinovii grand (2 кг/га)	12,06	6,45	4,73	7,74
			12,01	7,02	4,68	7,90
			12,38	6,92	4,29	7,86
	No-till	St (без стимулятора)	11,12	6,41	5,12	7,55
			9,80	6,27	5,83	7,30
			11,15	6,82	5,64	7,87
		Zinovii grand (2 кг/га)	11,56	7,82	6,12	8,50
			11,44	7,63	7,05	8,70
			11,24	7,34	7,11	8,57
Середнє			11,09	6,78	5,04	
V,%			6,1	10,2	17,9	

Додаток Г.2

Результати дисперсійного аналізу

2023 рік

			Univariate Tests of Significance for Урожайність, т/га (Spreadsheet1)		
			Sigma-restricted parameterization		
			Effective hypothesis decomposition		
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2950,384	1	2950,384	10630,10	0,000000
Гібриди (фактор А)	1,643	1	1,643	5,92	0,027065
Технологія (фактор В)	0,147	1	0,147	0,53	0,476884
Стимулятор (фактор С)	2,394	1	2,394	8,63	0,009670
Гібриди (фактор А)*Технологія (фактор В)	1,153	1	1,153	4,15	0,058432
Гібриди (фактор А)*Стимулятор (фактор С)	0,327	1	0,327	1,18	0,294051
Технологія (фактор В)*Стимулятор (фактор С)	0,427	1	0,427	1,54	0,232903
Гібриди (фактор А)*Технологія (фактор В)*Стимулятор (фактор С)	0,094	1	0,094	0,34	0,569213
Error	4,441	16	0,278		

2024 рік

	Univariate Tests of Significance for Урожайність, т/га (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1103,865	1	1103,865	16186,85	0,000000
Гібриди (фактор A)	0,021	1	0,021	0,30	0,588676
Технологія (фактор B)	4,293	1	4,293	62,95	0,000001
Стимулятор (фактор C)	4,996	1	4,996	73,26	0,000000
Гібриди (фактор A)*Технологія (фактор B)	0,386	1	0,386	5,65	0,030223
Гібриди (фактор A)*Стимулятор (фактор C)	0,004	1	0,004	0,06	0,802108
Технологія (фактор B)*Стимулятор (фактор C)	0,232	1	0,232	3,40	0,083911
Гібриди (фактор A)*Технологія (фактор B)*Стимулятор (фактор C)	0,001	1	0,001	0,02	0,900812
Error	1,091	16	0,068		

2025 рік

	Univariate Tests of Significance for Урожайність, т/га (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	608,7389	1	608,7389	4941,166	0,000000
Гібриди (фактор А)	0,7342	1	0,7342	5,959	0,026640
Технологія (фактор В)	9,2439	1	9,2439	75,033	0,000000
Стимулятор (фактор С)	3,9945	1	3,9945	32,423	0,000033
Гібриди (фактор А)*Технологія (фактор В)	2,3758	1	2,3758	19,284	0,000455
Гібриди (фактор А)*Стимулятор (фактор С)	0,0472	1	0,0472	0,383	0,544514
Технологія (фактор В)*Стимулятор (фактор С)	0,3725	1	0,3725	3,024	0,101263
Гібриди (фактор А)*Технологія (фактор В)*Стимулятор (фактор С)	0,0355	1	0,0355	0,288	0,598700
Error	1,9712	16	0,1232		

2023-2025 роки

Univariate Tests of Significance for Урожайність, т/га (Spreadsheet Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4197,368	1	4197,368	26852,12	0,000000
{1}Умови років	465,620	2	232,810	1489,37	0,000000
{2}Гібриди (фактор А)	1,326	1	1,326	8,48	0,005424
{3}Технологія (фактор В)	7,453	1	7,453	47,68	0,000000
{4}Стимулятор (фактор С)	11,140	1	11,140	71,27	0,000000
Умови років*Гібриди (фактор А)	1,072	2	0,536	3,43	0,040551
Умови років*Технологія (фактор В)	6,231	2	3,115	19,93	0,000000
Гібриди (фактор А)*Технологія (фактор В)	0,008	1	0,008	0,05	0,823837
Умови років*Стимулятор (фактор С)	0,244	2	0,122	0,78	0,463492
Гібриди (фактор А)*Стимулятор (фактор С)	0,174	1	0,174	1,11	0,296790
Технологія (фактор В)*Стимулятор (фактор С)	0,064	1	0,064	0,41	0,525042
Умови років*Гібриди (фактор А)*Технологія (фактор В)	3,906	2	1,953	12,50	0,000043
Умови років*Гібриди (фактор А)*Стимулятор (фактор С)	0,204	2	0,102	0,65	0,524620
Умови років*Технологія (фактор В)*Стимулятор (фактор С)	0,967	2	0,483	3,09	0,054544
Гібриди (фактор А)*Технологія (фактор В)*Стимулятор (фактор С)	0,093	1	0,093	0,59	0,444709
Умови років*Гібриди (фактор А)*Технологія (фактор В)*Стимулятор (фактор С)	0,038	2	0,019	0,12	0,887135
Error	7,503	48	0,156		

Додаток Д.1

Показники якості зерна кукурудзи залежно від норм висіву гібридів

(2023–2025 рр.) Маса 1000 зерен, г.

Оригігатор	Назва гібрида	ФАО	Норми висіву, тис. насінин/га			± до 75 тис./га	
			85	75	65	85	65
Євраліс	ЕС Сіріус	200	228	236	227	8	9
	ЕС Конкорд	250	252	224	232	–28	–7
	ЕС Паролі	260	233	227	240	–6	–13
	ЕС Сенсор	370	230	238	240	8	–2
	ЕС Метод	380	227	240	222	13	18
Майсадур	MAS 23.K	240	226	248	240	22	8
	MAS 30.K	280	229	230	220	1	10
	MAS 33.A	320	244	223	245	–20	–22
	MAS 37.V	340	227	230	222	4	8
	MAS 44.A	380	242	240	239	–2	1
Монсанто	DKC 3509	240	216	222	242	7	–20
	DKC 3795	250	254	231	235	–22	–3
	DKC 3415	260	238	229	218	–9	11
	DKC 3472	270	223	241	241	18	0
	DKC 3717	280	230	231	241	1	–10
	DKC 4014	310	225	231	237	6	–5
	DKC 3511	330	235	235	238	0	–2
	DKC 4408	340	236	228	228	–8	0
	DKC 4490	370	223	238	230	15	8
	DKC 4964	380	230	229	223	–1	6
Піонер	P7709	190	234	234	241	–1	–7
	PR39H32	200	223	245	237	22	9
	P8521	220	239	248	233	9	15
	P8000	230	228	231	227	3	4
	PR39D81	260	226	234	226	8	8
	PR39B76	280	245	241	240	–5	1
	P9175	330	222	226	229	4	–3
	P9400	340	240	236	237	–5	–2
	P9578	350	237	223	240	–14	–17
	P9241	360	224	217	232	–7	–15
Середнє			232	233	233	0,78	–0,34

Додаток Д.2

Показники якості зерна кукурудзи залежно від норм висіву гібридів
(2023–2025 рр.). Натура, г/л

Оригігатор	Назва гібрида	ФАО	Норми висіву, тис. насінин/га			± до 75 тис./га	
			85	75	65	85	65
Євраліс	ЕС Сіріус	200	737	736	735	–2	1
	ЕС Конкорд	250	733	741	736	8	5
	ЕС Паролі	260	729	733	731	4	2
	ЕС Сенсор	370	739	737	731	–1	6
	ЕС Метод	380	726	732	732	6	0
Майсадур	MAS 23.K	240	742	738	740	–4	–3
	MAS 30.K	280	735	729	737	–6	–8
	MAS 33.A	320	723	723	727	0	–4
	MAS 37.V	340	741	728	736	–13	–8
	MAS 44.A	380	736	750	745	13	4
Монсанто	DKC 3509	240	731	721	728	–10	–8
	DKC 3795	250	742	746	733	5	14
	DKC 3415	260	727	740	741	13	–1
	DKC 3472	270	725	733	721	8	12
	DKC 3717	280	740	733	739	–7	–6
	DKC 4014	310	738	737	732	–1	6
	DKC 3511	330	732	742	739	10	3
	DKC 4408	340	723	724	728	1	–5
	DKC 4490	370	744	739	737	–	2
	DKC 4964	380	741	743	738	2	5
Піонер	P7709	190	719	728	730	9	–2
	PR39H32	200	736	725	740	–10	–14
	P8521	220	747	739	734	–7	5
	P8000	230	723	737	735	13	1
	PR39D81	260	734	728	727	–6	2
	PR39B76	280	747	742	748	–5	–6
	P9175	330	723	732	728	9	4
	P9400	340	732	738	734	7	4
	P9578	350	743	743	734	0	9
	P9241	360	727	737	741	10	–5
Середнє			734	735	735	1,32	0,46

Додаток Д.3

Показники якості зерна кукурудзи залежно від норм висіву гібридів
(2023–2025 рр.). Вміст білка, %

Оригігатор	Назва гібрида	ФАО	Норми висіву, тис. насінин/га			± до 75 тис./га	
			85	75	65	85	65
Євраліс	ЕС Сіріус	200	10,57	10,16	9,74	–0,41	0,42
	ЕС Конкорд	250	9,85	10,36	10,98	0,51	–0,62
	ЕС Паролі	260	10,42	10,23	9,52	–0,19	0,71
	ЕС Сенсор	370	10,05	10,41	10,46	0,36	–0,05
	ЕС Метод	380	9,98	10,27	10,54	0,29	–0,27
Майсадур	MAS 23.K	240	10,77	10,36	9,34	–0,40	1,02
	MAS 30.K	280	10,52	9,31	10,65	–1,21	–1,33
	MAS 33.A	320	9,76	10,76	9,85	1,00	0,91
	MAS 37.V	340	10,78	10,25	10,34	–0,53	–0,09
	MAS 44.A	380	10,15	10,03	9,93	–0,12	0,10
Монсанто	DKC 3509	240	10,10	10,95	10,07	0,85	0,88
	DKC 3795	250	10,70	9,53	10,91	–1,18	–1,38
	DKC 3415	260	10,31	10,28	9,41	–0,03	0,87
	DKC 3472	270	9,95	10,78	10,08	0,83	0,70
	DKC 3717	280	10,00	9,60	10,84	–0,40	–1,24
	DKC 4014	310	10,80	10,78	9,49	–0,02	1,29
	DKC 3511	330	9,94	10,42	10,58	0,48	–0,16
	DKC 4408	340	10,21	9,55	10,51	–0,66	–0,96
	DKC 4490	370	11,08	10,46	9,52	–0,62	0,93
	DKC 4964	380	9,85	10,49	10,47	0,64	0,02
Піонер	P7709	190	9,82	10,48	10,37	0,66	0,10
	PR39H32	200	10,79	9,95	10,25	–0,84	–0,30
	P8521	220	10,15	10,95	9,71	0,80	1,24
	P8000	230	10,12	9,65	10,69	–0,47	–1,03
	PR39D81	260	10,64	10,66	9,54	0,01	1,12
	PR39B76	280	10,86	10,04	10,86	–0,82	–0,82
	P9175	330	9,74	9,77	9,96	0,03	–0,20
	P9400	340	10,82	10,41	10,03	–0,41	0,38
	P9578	350	10,75	10,29	10,40	–0,46	–0,11
	P9241	360	9,93	10,79	10,11	0,87	0,68
Середнє			10,31	10,27	10,17	–0,05	0,09

Додаток Д.4

Показники якості зерна кукурудзи залежно від норм висіву гібридів
(2023–2025 рр.). Вміст жиру, %

Оригігатор	Назва гібрида	ФАО	Норми висіву, тис. насінин/га			± до 75 тис./га	
			85	75	65	85	65
Євраліс	ЕС Сіріус	200	4,85	4,61	4,88	–0,23	–0,26
	ЕС Конкорд	250	5,34	5,58	5,13	0,24	0,45
	ЕС Паролі	260	4,49	4,47	4,60	–0,01	–0,12
	ЕС Сенсор	370	4,80	5,17	5,10	0,37	0,07
	ЕС Метод	380	5,20	4,91	4,89	–0,29	0,02
Майсадур	MAS 23.K	240	4,65	5,04	4,83	0,38	0,21
	MAS 30.K	280	4,98	4,85	5,01	–0,13	–0,16
	MAS 33.A	320	4,91	5,04	4,78	0,14	0,26
	MAS 37.V	340	5,15	4,76	5,09	–0,39	–0,32
	MAS 44.A	380	4,72	5,16	4,77	0,43	0,38
Монсанто	DKC 3509	240	5,26	4,84	5,31	–0,41	–0,46
	DKC 3795	250	4,67	5,14	4,69	0,47	0,45
	DKC 3415	260	5,21	4,95	5,08	–0,26	–0,13
	DKC 3472	270	4,59	4,83	4,43	0,23	0,39
	DKC 3717	280	4,89	4,79	5,15	–0,10	–0,36
	DKC 4014	310	4,74	5,25	4,46	0,51	0,79
	DKC 3511	330	5,38	4,75	5,31	–0,64	–0,56
	DKC 4408	340	4,88	5,35	5,02	0,47	0,33
	DKC 4490	370	4,82	4,39	4,60	–0,43	–0,22
	DKC 4964	380	5,01	5,47	4,74	0,46	0,73
Піонер	P7709	190	4,86	4,67	4,99	–0,18	–0,32
	PR39H32	200	4,77	5,26	4,65	0,49	0,61
	P8521	220	5,06	4,67	5,11	–0,39	–0,44
	P8000	230	5,19	5,62	5,35	0,43	0,27
	PR39D81	260	4,70	4,69	4,72	–0,01	–0,03
	PR39B76	280	4,60	4,62	4,53	0,02	0,09
	P9175	330	5,27	5,03	5,49	–0,24	–0,45
	P9400	340	4,82	5,37	4,74	0,55	0,63
	P9578	350	5,23	4,94	4,99	–0,29	–0,05
	P9241	360	4,85	5,25	4,74	0,40	0,51
Середнє			4,93	4,98	4,91	0,05	0,08

Додаток Д.5

Показники якості зерна кукурудзи залежно від норм висіву гібридів

(2023–2025 рр.). Вміст крохмалю, %

Оригігатор	Назва гібрида	ФАО	Норми висіву, тис. насінин/га			± до 75 тис./га	
			85	75	65	85	65
Євраліс	ЕС Сіріус	200	67,0	69,3	66,8	2,32	2,49
	ЕС Конкорд	250	68,7	68,4	69,4	–0,29	–1,03
	ЕС Паролі	260	66,5	67,6	68,1	1,11	–0,48
	ЕС Сенсор	370	67,9	69,3	68,0	1,37	1,31
	ЕС Метод	380	66,8	67,0	68,9	0,13	–1,98
Майсатур	MAS 23.K	240	69,5	68,5	68,8	–1,08	–0,34
	MAS 30.K	280	66,9	68,3	67,9	1,43	0,45
	MAS 33.A	320	67,0	68,4	67,5	1,46	0,94
	MAS 37.V	340	67,3	67,7	70,0	0,43	–2,32
	MAS 44.A	380	69,3	68,5	69,1	–0,75	–0,59
Монсанто	DKC 3509	240	67,3	68,7	67,4	1,37	1,24
	DKC 3795	250	67,5	68,0	69,2	0,54	–1,22
	DKC 3415	260	68,2	69,1	67,7	0,87	1,33
	DKC 3472	270	67,1	69,2	69,4	2,09	–0,19
	DKC 3717	280	67,2	66,5	67,3	–0,75	–0,84
	DKC 4014	310	67,5	69,1	69,4	1,62	–0,27
	DKC 3511	330	68,8	69,1	68,7	0,32	0,41
	DKC 4408	340	66,6	67,6	68,4	1,04	–0,78
	DKC 4490	370	68,2	69,4	67,6	1,26	1,81
	DKC 4964	380	68,7	68,2	69,8	–0,52	–1,63
Піонер	P7709	190	66,2	68,1	66,5	1,92	1,67
	PR39H32	200	68,3	68,5	68,9	0,27	–0,41
	P8521	220	67,8	68,6	70,5	0,73	–1,97
	P8000	230	68,4	66,9	67,3	–1,47	–0,35
	PR39D81	260	68,2	69,4	68,8	1,20	0,60
	PR39B76	280	67,6	68,5	68,2	0,90	0,27
	P9175	330	67,4	68,1	67,9	0,70	0,16
	P9400	340	68,3	68,9	68,6	0,60	0,27
	P9578	350	67,8	69,3	68,9	1,55	0,47
	P9241	360	67,9	67,8	68,3	–0,03	–0,47
Середнє			67,72	68,40	68,45	0,68	–0,05

Додаток Е

Показники якості зерна кукурудзи залежно від використання інгібіторів

Гібрид	Варіант інгібітора	M ₁₀₀₀ зерен, г	Натура, г/л	Білок, %	Жир, %	Крохмаль, %
Pioneer 9241	Контроль (без інгібітора)	242	729	9,22	4,14	68,4
	Ultra Boost 1,5 л/га	244	740	9,46	4,24	67,6
	DMPP 25 г/га	242	735	9,36	4,19	68,0
	НоваТек One 1,35 л/т	238	733	9,27	4,18	68,3
	Азотолайф 1,5 л/га	261	572	9,53	5,91	47,1
	N-Лок 1,7 л/га	251	736	9,34	4,08	68,1
DKC4964	Контроль (без інгібітора)	240	727	9,17	4,03	68,6
	Ultra Boost 1,5 л/га	238	737	9,41	4,18	67,7
	DMPP 25 г/га	239	736	9,37	4,18	68,2
	НоваТек One 1,35 л/т	244	737	9,34	4,19	68,0
	Азотолайф 1,5 л/га	246	746	9,56	4,32	67,5
	N-Лок 1,7 л/га	239	736	9,36	4,16	68,2
ЕС Сенсор	Контроль (без інгібітора)	245	744	9,50	4,27	67,5
	Ultra Boost 1,5 л/га	241	734	9,29	4,13	68,2
	DMPP 25 г/га	237	742	9,46	4,23	67,7
	НоваТек One 1,35 л/т	243	737	9,34	4,14	68,1
	Азотолайф 1,5 л/га	241	734	9,30	4,14	68,4
	N-Лок 1,7 л/га	251	737	9,38	4,16	67,9
MA30.K	Контроль (без інгібітора)	237	738	9,40	4,27	68,0
	Ultra Boost 1,5 л/га	246	741	9,43	4,23	67,8
	DMPP 25 г/га	239	745	9,57	4,34	67,4
	НоваТек One 1,35 л/т	241	735	9,30	4,13	68,2
	Азотолайф 1,5 л/га	243	743	9,50	4,31	67,5
	N-Лок 1,7 л/га	240	732	9,28	4,08	68,3

Додаток Ж

Результати дисперсійного аналізу натури зерна, 2024 рік

Effect	Univariate Tests of Significance for HATYPA (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	13380267	1	13380267	581750,7	0,000000
Гібриди (фактор А)	323	1	323	14,0	0,001764
Технологія (фактор В)	600	1	600	26,1	0,000105
Стимулятор (фактор С)	888	1	888	38,6	0,000012
Гібриди (фактор А)*Технологія (фактор В)	24	1	24	1,0	0,322212
Гібриди (фактор А)*Стимулятор (фактор С)	204	1	204	8,9	0,008852
Технологія (фактор В)*Стимулятор (фактор С)	20	1	20	0,9	0,362996
Гібриди (фактор А)*Технологія (фактор В)*Стимулятор (фактор С)	0	1	0	0,0	0,933218
Error	368	16	23		

Додаток К

Значення коефіцієнтів кореляції у системі зв’язків господарсько-цінних ознак
2023–2025 рр.

Correlations (Spreadsheet1) Marked correlations are significant at $p < .05000$ N=72 (Casewise deletion of missing data)									
Variable	Means	Std.Dev.	Маса 1000 зерен	Натура, г/л	Вміст білка, %	Вміст жиру, %	Вміст крохмалю, %	Урожайність, т/га	
Маса 1000 зерен	239,6028	27,34001	1,000000	0,833491	-0,785847	0,725012	0,797874	0,770565	
Натура, г/л	757,4306	18,00612	0,833491	1,000000	-0,696045	0,669742	0,747225	0,773828	
Вміст білка, %	9,6778	0,90230	-0,785847	-0,696045	1,000000	-0,954563	-0,960910	-0,649498	
Вміст жиру, %	4,3806	0,31873	0,725012	0,669742	-0,954563	1,000000	0,944566	0,655280	
Вміст крохмалю, %	70,4958	2,02028	0,797874	0,747225	-0,960910	0,944566	1,000000	0,673815	
Урожайність, т/га	7,6352	2,66971	0,770565	0,773828	-0,649498	0,655280	0,673815	1,000000	

2023 рік

Correlations (кореляції 2023 року) Marked correlations are significant at $p < .05000$ N=24 (Casewise deletion of missing data)									
Variable	Means	Std.Dev.	Маса 1000 зерен	Натура, г/л	Вміст білка, %	Вміст жиру, %	Вміст крохмалю, %	Урожайність, т/га	
Маса 1000 зерен	269,5625	20,42194	1,000000	0,624075	-0,954645	0,916605	0,970842	-0,052402	
Натура, г/л	776,7500	15,22655	0,624075	1,000000	-0,587104	0,507954	0,644918	0,206170	
Вміст білка, %	8,7292	0,51031	-0,954645	-0,587104	1,000000	-0,890935	-0,963782	0,018395	
Вміст жиру, %	4,7083	0,17173	0,916605	0,507954	-0,890935	1,000000	0,912856	-0,089955	
Вміст крохмалю, %	72,7708	1,21637	0,970842	0,644918	-0,963782	0,912856	1,000000	0,055811	
Урожайність, т/га	11,0875	0,67968	-0,052402	0,206170	0,018395	-0,089955	0,055811	1,000000	

Продовження додатку К

2024 рік

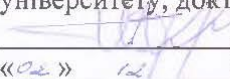
Correlations (кореляції 2024 року) Marked correlations are significant at $p < .05000$ N=24 (Casewise deletion of missing data)								
Variable	Means	Std.Dev.	Маса 1000 зерен	Натура, г/л	Вміст білка, %	Вміст жиру, %	Вміст крохмалю, %	Урожайність, т/га
Маса 1000 зерен	223,2167	14,18602	1,000000	0,516167	-0,380946	0,162236	0,267990	0,572274
Натура, г/л	746,6667	10,27308	0,516167	1,000000	-0,154908	0,108092	0,044125	0,705737
Вміст білка, %	10,3625	0,69396	-0,380946	-0,154908	1,000000	-0,945273	-0,958035	-0,130662
Вміст жиру, %	4,1792	0,21665	0,162236	0,108092	-0,945273	1,000000	0,969819	0,009003
Вміст крохмалю, %	68,7792	1,09663	0,267990	0,044125	-0,958035	0,969819	1,000000	-0,002350
Урожайність, т/га	6,7819	0,69229	0,572274	0,705737	-0,130662	0,009003	-0,002350	1,000000

2025 рік

Correlations (кореляції 2025 року) Marked correlations are significant at $p < .05000$ N=24 (Casewise deletion of missing data)								
Variable	Means	Std.Dev.	Маса 1000 зерен	Натура, г/л	Вміст білка, %	Вміст жиру, %	Вміст крохмалю, %	
Маса 1000 зерен	226,0292	16,73573	1,000000	0,601344	-0,119909	0,071782	-0,035349	
Натура, г/л	748,8750	8,75916	0,601344	1,000000	-0,015990	0,132524	0,144755	
Вміст білка, %	9,9417	0,51996	-0,119909	-0,015990	1,000000	-0,928496	-0,814946	
Вміст жиру, %	4,2542	0,25704	0,071782	0,132524	-0,928496	1,000000	0,898321	
Вміст крохмалю, %	69,9375	1,05658	-0,035349	0,144755	-0,814946	0,898321	1,000000	
Урожайність, т/га	5,0363	0,90349	0,621757	0,669208	-0,065497	0,118606	-0,066648	

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з науково-педагогічної, наукової
роботи Полтавського державного аграрного
університету, доктор е.-г. наук, професор

 Анатолій ШОСТЯ
«Очі» 1 січ 2025 року

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень
здобувача освітньо-наукового ступеня доктора філософії

Курячої Катерини Олексіївни на тему:

«Оптимізація технології вирощування кукурудзи в умовах нестійкого
зволоження» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» за
спеціальністю 201 «Агрономія»

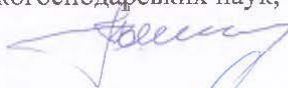
Результати дисертаційного дослідження Курячої К. О. щодо оптимізації норм висіву насіння гібридів кукурудзи, удобрення посівів за допомогою використання інгібіторів азоту й вибору технології вирощування використовуються в освітньому процесі для підготовки здобувачів освіти ОР Бакалавр спеціальності «Агрономія» в змісті освітніх компонент: «Землеробство», «Агрохімія», «Рослинництво».

Гарант освітньої програми «Агрономія»,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент



Любов МАРІНІЧ

Завідувач кафедри землеробства і агрохімії
ім. В. І. Сазанова, доктор сільськогосподарських наук,
професор



Сергій ПОСПЕЛОВ

Завідувач кафедри рослинництва,
доктор сільськогосподарських наук,
професор



Володимир ГАНГУР

Додаток Л.1

УЗГОДЖЕНО:

Проректор з науково-педагогічної роботи
Державного біотехнологічного університетуМ.П. « » Максим СЕРІК 2025 р.

УЗГОДЖЕНО:

Проректор з наукової роботи
Державного біотехнологічного університетуМ.П. « » Валерій МИХАЙЛОВ 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт в освітній процес закладу вищої освітиЗамовник Державний біотехнологічний університет
найменування організації
В. о. ректора ДБТУ к.т.н. Кудряшова А.І.Дійсним актом підтверджується, що результати науково-дослідної роботи
«Оптимізація технології вирощування кукурудзи в умовах нестійкого зволоження»
(назва роботи)виконаної у співавторстві Курячою Катериною Олексіївною, здобувачкою ступеня
доктора філософії Полтавського державного аграрного університету МОН України.

впроваджено в освітній процес кафедр:

рослинництва, агрохімії

(найменування структурного підрозділу, де здійснюється впровадження)

1. Вид впровадження результатів: методологічний (способи вирощування кукурудзи на
основі комплексу технологічних прийомів)

2. Форма впровадження: застосування результатів досліджень в освітньому процесі.

3. Новизна результатів науково-дослідної роботи: якісно нове (побудовано математичні
моделі формування врожайності залежно від факторів вирощування для конкретно взятих
господарств; встановлена ефективність використання інгібіторів різного напрямку дії на
вміст доступних форм азоту й побудовані моделі формування урожайності; встановлена
ефективність сумісного використання технології обробітку ґрунту й стимулятора росту.)
(піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікація, модернізація старих робіт)4. Перелік курсів і дисциплін, у рамках яких впроваджено результати НДР:
«Рослинництво», «Агрохімія», «Система застосування добрив»5. Соціальний і науково-економічний ефект: застосування інгібіторів азоту та
технології нульового обробітку дає перспективу для зменшення застосування
агрохімікатів, поліпшення стану навколишнього середовища, скорочення витрат та
повністю відповідає сучасній доктрині еколого-економічного рослинництва.Від Полтавського державного аграрного
університету проректор з науково-
педагогічної, наукової роботи, д. с.-г. н.,
професорМ.П. « » Анатолій ШОСТЯ 2025 р.Від ДБТУ декан факультету агрономії та
захисту рослин, к.с.-г. н., доцентМ.П. « » Олексій РОМАНОВ 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з наукової та інноваційної
діяльності Дніпровського державного
аграрно-економічного університету, доктор
с. –г. наук, професор

_____ Юрій ТКАЛІЧ
«__» _____ 2025 року

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень
здобувача освітньо-наукового ступеня доктора філософії

Курячої Катерини Олексіївни на тему:

«Оптимізація технології вирощування кукурудзи в умовах нестійкого
зволоження» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» за
спеціальністю 201 «Агрономія»

Результати дисертаційного дослідження Курячої К. О. застосовуються в освітньому процесі для підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 201 Агрономія, а саме методи математичного моделювання формування урожайності кукурудзи на основі використання даних мережі метеорологічних станцій, які використовуються для агроскаутингу в курсі обов'язкових освітніх компонент Альтернативні технології в аграрному виробництві Степової зони; Агromетеорологія.

Декан агрономічного факультету _____ Олександр ІЖБОЛДІН

КОЛЕКТИВНЕ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО

“ЗЕЛЕНИЙ ГАЙ”

ЄДРПОУ 00412286

37300 Полтавська обл. м. Гадяч, вул. Травнева, 148

Довідка

про впровадження у виробництво результатів наукових досліджень
здобувача ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія
Полтавського державного аграрного університету

КУРЯЧОЇ Катерини Олексіївни

Відповідно до результатів досліджень для впровадження виявилися норми висіву насіння 75 тис./га, що певною мірою оптимізувало витрати на посівний матеріал в розмірі 2,3 тис. грн/га. Застосування інгібітора азоту N-lock в технологіях вирощування є ефективним за норми внесення препарату 1,7 л/га. Прибавка врожайності становить залежно від років вирощування 6,3–7,6 %.

Довідка видана в разову спеціалізовану вчену раду з захисту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії з Агрономії

Голова



Арсен ПОПЕЛЬНЮХ

ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО «КОЛОС 2000»

37330, Україна, Полтавська область, Миргородський район,
село Розбишівка, провулок Польовий, будинок 8,
код ЄДРПОУ 39244080

Довідка

про впровадження у виробництво результатів наукових досліджень здобувача
ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія Полтавського
державного аграрного університету

КУРЯЧОЇ Катерини Олексіївни

На основі методологічного підходу, розробленого в дисертації, в господарстві здійснюється підбір гібридів для вирощування, орієнтуючись на тривалість їхнього вегетаційного періоду та коригування норм висіву насіння. Перевага надана гібридам ДКС з індексом ФАО 230–300. Використання стимулятора росту Zinovii grand з нормою 2 кг/га дало змогу збільшити врожайність кукурудзи на 4,6–6,2 %, що становило прибавку величиною 0,6–0,8 т/га в умовах недостатнього зволоження.

Довідка видана в разову спеціалізовану вчену раду з захисту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії з Агрономії

Голова



Ігор ВЕРЕЩАКА

ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО «МЕГАВРОЖАЙ»
с.Дзюбівщина Миргородський район Полтавська область
Код ЄДРПОУ 39692545 п/р UA873052990000026004041206624
в АТ КБ «Приватбанк» тел.0669346186

21.01.2026р. №02

ДОВІДКА

Про впровадження у виробництво результатів наукових досліджень
здобувачки ступеня доктора філософії спеціальності 201 Агрономія
Полтавського державного аграрного університету
Курячої Катерини Олексіївни

Видана здобувачці ступеня філософії зі спеціальності 201 Агрономія Курячій Катерині Олексіївні в тому, що сформульовані в дисертаційній роботі «Оптимізація технології вирощування кукурудзи в умовах нестійкого зволоження» рекомендації були використані в ФГ «Мегаврожай» Миргородського району Полтавської області на загальній площі 32 га. В господарстві запроваджені норми висіву насіння 75 тис/га та застосовано інгібітор азоту Ultra Boost в нормі 2,0л/га, а також застосовано гумінові стимулятори росту.

Використання комплексу умов: підбору гібридів для вирощування, норм їхнього висіву та оптимізація системи удобрення дало змогу зменшити затрати на виробництво зерна кукурудзи на 13% без зниження врожайності зерна.

Довідка подається в разову спеціалізовану вчену раду Полтавського державного аграрного університету за місцем захисту дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктор філософії.

Голова ФГ



Іван ОМЕЛИЧ

ТОВ «Туран-Агро»

Україна, 36008, Полтавська область, м. Полтава, вул. Кагамлика, 37

код за ЄДРПОУ 43873160, ПІН 438731616260

тел.: +380955794887, turanagro@ukr.net

UA33 305299 00000 26000031207905 , АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Довідка

про впровадження у виробництво результатів наукових досліджень здобувача ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія Полтавського державного аграрного університету

КУРЯЧОЇ Катерини Олексіївни

Основні результати дисертаційного дослідження на тему «Оптимізація технології вирощування кукурудзи в умовах нестійкого зволоження» використовуються в ТОВ Туран Агро Полтавської області на площі 128 га. Застосування препаратів, що мають здатність зменшувати втрати азоту, дала змогу збільшити врожайність зерна кукурудзи на 0,45–0,77 т/га, що значно пом'якшило негативний вплив посухи та високих температур на рослини. Середній рівень врожайності на посівах кукурудзи в господарстві становив 5,6 т/га за результатами 2025 року. На площах з оптимізованою системою удобрення середня врожайність склала 6,0–6,4 т/га.

Довідка видана в разову спеціалізовану вчену раду з захисту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії з Агрономії

Директор ТОВ «Туран-Агро»



Левченко Максим Миколайович