МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇН

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ГОВЕНЬКО РОМАН ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 633.15:[631.559:631.84](477.41)

ДИСЕРТАЦІЯ

ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

201 «Агрономія»
20 «Аграрні науки та продовольство»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

Науковий керівник
КАЛЕНСЬКА Світлана Михайлівна,
доктор сільськогосподарських наук,
професор, академік НААН

Київ – 2023

АНОТАЦІЯ

Говенько Р. В. Продуктивність кукурудзи залежно від удобрення в умовах Лівобережного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 201 «Агрономія». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2023.

Дисертаційна робота присвячена теоретичному обґрунтуванню та розробці заходів оптимізації живлення гібридів кукурудзи за застосування різних видів добрив, способів їх внесення та оцінці економічної й енергетичної ефективності технологій вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України.

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва однією із головних проблем аграрного сектору економіки України залишається істотне збільшення й стабілізація виробництва продукції рослинництва, зокрема й кукурудзи. За універсальністю використання, високим потенціалом продуктивності кукурудза значно переважає більшість традиційних культур, зокрема зросла також частка використання кукурудзи для виробництва альтернативного біопалива.

Управління реалізацією біологічного потенціалу гібридів кукурудзи, формуванням стабільної урожайності за змінних кліматичних умов вирощування, шляхом вирішення проблеми оптимізації живлення з урахуванням біологічних особливостей гібридів, урожайності, якості зерна є надзвичайно актуальним.

З метою отримання високих та сталих врожаїв кукурудзи важливим є добір гібридів, найбільш адаптованих для умов ґрунтово-кліматичної зони та стійких до стресових чинників. Тільки за комплексного, інноваційного підходу до застосування всіх чинників, необхідних для росту та розвитку рослин, можна отримати високі прибутки від вирощування та зменшити витрати на виробництво. Для вирішення цих актуальних питань були проведені наукові дослідження за темою дисертації.

Для Лівобережного Лісостепу України встановлено шляхи оптимізації живлення гібридів кукурудзи за застосування різних видів добрив, способів внесення та оцінці економічної й енергетичної ефективності технологій вирощування, що дозволило встановити їхню високу господарську та практичну доцільність, відповідність забезпеченості потреб кукурудзи тепловими одиницями та ефективність застосування різних видів азотних добрив у технологіях вирощування кукурудзи в лівобережному Лісостепу України. Встановлено потенціал продуктивності гібридів кукурудзи ЕС Астероїд та ЕС Конкорд, особливості формування елементів структури врожаю та якості зерна на темно-сірому опідзоленому ґрунті залежно від фону мінеральних добрив, виду азотних добрив та комплексного добрива з макро- та мікроелементами Гумілін Стимул.

Визначено комплексний вплив погодних умов, особливостей гібридів та удобрення на фотосинтетичну активність посівів та урожайність кукурудзи. Встановлено залежність елементів структури врожаю та якісних показників зерна від досліджуваних чинників.

Розроблено рекомендації для умов Лівобережного Лісостепу України щодо вирощування середньостиглих гібридів кукурудзи ЕС Конкорд та ЕС Астероїд, спроможних формувати високі рівні урожайності зерна (відповідно 8,93–9,2 т/га) за застосування азотного добрива КАС 32 в нормі 120 кг д. р. у передпосівну культивацію на фоні внесеного добрива діамофоска ($N_{22}P_{57}K_{57}$ к|г|д.р).

Науково обґрунтовано та практично доведено ефективність проведення одноразового позакореневого підживлень посівів добривом Гумілін Стимул у нормі 3 л/га у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15–17) на фоні добрива КАС 32, пролонгованої дії. Максимальні рівні урожайності за його застосування у гібридів ЕС Конкорд та ЕС Астероїд становили відповідно 9,69 та 9,21 т/га з високими показниками якості зерна.

У дисертації проаналізовано наукові погляди вітчизняних і зарубіжних джерел літератури з вивчення впливу досліджуваних у роботі елементів технології вирощування кукурудзи на її продуктивність. Розглянуто світовий ринок кукурудзи та місце України в ньому.

Наведено ґрунтовний аналіз погодно-кліматичних умов місця проведення досліджень, подано схему досліду та методику досліджень, охарактеризовано гібриди, що досліджувалися та добрива, що вивчалися.

Результати проведених досліджень елементів технології вирощування кукурудзи та їх впливу на індивідуальну продуктивність гібридів в умовах Лівобережного Лісостепу України свідчать про доцільність їх вирощування в цьому регіоні.

Дослідження показали, що тривалість міжфазних періодів гібридів кукурудзи залежала від застосування азотних добрив та різнилася залежно від їх виду. Виявлено, що за внесення добрива КАС 32 вона була найбільшою. Водночас встановлено, що тривалість вегетаційного періоду зростала також за проведення позакореневих підживлень добривом Гумілін Стимул у середньому на 3–7 діб.

У ході проведених досліджень виявлено та підтверджено залежність висоти рослин гібридів та висоти прикріплення качана кукурудзи від виду азотних добрив. За однієї норми внесення азоту різних видів добрив у середньому за три роки виявлено більш ефективну дію добрива КАС 32, що призвело до збільшення висоти рослин. Найбільш чутливим до внесення азотних добрив виявився гібрид ЕС Конкорд. Саме в нього збільшення висоти у В-4 в порівнянні з В-2 становило 14 см. Також доведено збільшення висоти рослин за позакореневого підживлення посівів.

Спостереження за висотою прикріплення нижнього качана засвідчує прямопропорційну залежність від виду азотних добрив та збільшення лінійних розмірів рослин. Найбільші середні показники висоти прикріплення нижнього качана були у гібриду ЕС Конкорд та становили 128,77 см.

Фотосинтетична діяльність гібридів є найважливішим процесом, який обумовлює функціонування рослин та їх продуктивність. Позитивний вплив азотних добрив на інтенсивність формування листків рослин кукурудзи позначився на величині площі листової поверхні. Дослідження показали, що азотні добрива суттєво впливають на даний показник. У варіанті застосування добрива КАС 32 у передпосівну культивацію площа листової поверхні у гібриду ЕС Астероїд була

найбільшою і становила 46,6 тис. м^2/га у фазу викидання волоті, тоді як на контролі цей показник становив 29,4 тис. м^2/га. Незначно меншою була площа листкової поверхні за застосування карбаміда – 44,8 тис. м^2/га. Проте завдяки пролонгованій дії елементів живлення рослини більш тривалий час були забезпечені азотом за застосування добрива КАС 32.

Виявлено вплив елементів технології вирощування кукурудзи на вміст фотосинтетичних пігментів у листках. Результати досліджень показали, що застосування у передпосівну культивацію азотних добрив та у підживлення добрива Гумілін Стимул мало безпосередній вплив на кількість суми хлорофілів *a i b*. Кращим за накопиченням виявився гібрид ЕС Конкорд.

Науково обгрунтовано та доведено, що ефективність застосування азотних добрив залежала від виду добрива, фенологічної фази кукурудзи та кратності позакореневих обробок посівів. Найбільша маса 1000 зерен (320 грамів) була у гібриду ЕС Конкорд у варіанті застосування добрива пролонгованої дії КАС 32 та підживлення посівів добривом Гумілін Стимул у фенологічну фазу 5–7 листка (ВВСН 15–17), тоді як на контролі без обробки посівів цей показник становив 280 г. Маса 1000 зерен з качана найменшою була у варіанті застосування фону азотного добрива – аміачна вода. Проте одноразове застосування добрива Гумілін Стимул у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) було більш ефективним, ніж дворазове (295 г). Що стосується маси зерна з качана, то вона варіювала за варіантами досліду в середньому за 3 роки від 129,3 г на контролі до 161,2 г у варіанті підживлення посівів кукурудзи добривом Гумілін Стимул та одноразового застосування у фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17). Виявлено, що в середньому за три роки досліджень більш високі показники елементів структури врожаю були у гібриду ЕС Конкорд. Найбільшу кількість зерен у ряду (36,0 шт.) та зерен у качані (504 шт.) він сформував за варіанту внесення добрива КАС 32 та позакореневого підживлення посівів, що можна пояснити характерною для нього пролонгованою дією елементів живлення. Ці умови дозволили отримати найбільші показники маси 1000 насінин.

Опрацьовані дані за окремі роки досліджень та середні показники за період 2019–2021 рр. засвідчили, що обробка посівів добривом Гумілін Стимул показала найвищу ефективність за застосування у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) на фоні добрива КАС 32 за одноразового внесення з нормою 3 л/га. Середній рівень урожайності за три роки досліджень у гібриду ЕС Конкорд за цього варіанту становив 8,87 та гібриду ЕС Астероїд – 8,56 т/га з істотним приростом урожайності по варіантах досліду та по відношенню до контролю. Максимальну урожайність гібридів отримано у 2020 році, показники якої досягли рівня 9,69 та 9,21 т/га, що свідчить про їх високий потенціал продуктивності. Проведений розрахунок частки участі факторів у формуванні урожайності зерна кукурудзи залежно від підживлення посівів добривом Гумілін Стимул дає підстави зробити висновок, що найбільша частка – це чинник В: рік – 59 %, удобрення – 35 %, інші – 6 %.

Дослідженнями виявлено чітку залежність накопичення вмісту білку за застосування різних форм азотних добрив і позакореневого підживлення посівів. Вплив на вміст жиру був не значний. Найбільший вміст білка був у зерні гібриду Конкорд – 11,93 %. Показники вмісту крохмалю були в межах 64,51 % та 65,55 %, відповідно у гібридів ЕС Конкорд та ЕС Астероїд.

Проведені розрахунки економічної та енергетичної ефективності застосування підживлення посівів добривом Гумілін Стимул дозволили встановити ефективні комбінації внесення форм добрив та підживлення посівів Гумілін Стимул. За вирощування гібриду ЕС Конкорд високу ефективність отримано за одноразового підживлення посівів добривом Гумілін Стимул (ВВСН15-17) на фоні КАС 32: виробничі витрати склали майже 29,0 тис. грн/га; умовно чистий прибуток – 24,2 тис. грн/га; рентабельність – 84 %. Аналогічну закономірність встановлено і для гібриду ЕС Астероїд.

За підживлення посівів кукурудзи препаратом Гумілін Стимул валові витрати енергії коливалися від 30752 до 33361 МДж/га. Найнижчі технологічні енерговитрати на один гектар були в контрольному фоновому варіанті – 22000 та 22900 МДж/га відповідно для гібриду ЕС Конкорд та ЕС Астероїд. Коефіцієнт енергетичної ефективності за комбінованого застосування видів азотних добрив

та підживлення кукурудзи препаратом Гумілін Стимул на фоні видів добрив варіював від 4,17 до 4,52, а в контрольному варіанті складав 5,48. Технологія вирощування кукурудзи характеризується високим виходом енергії з урожаєм, що становить 14256–156112 МДж/га.

ANNOTATION

Hovenko R. V. The productivity of corn according to fertilization in Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. – The qualifying scientific work on manuscript rights.

The thesis for doctor of the philosophy degree in specialty 201 «Agronomy». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2022.

The thesis is devoted to the solution of an important scientific task of improving the technology of growing corn in order to realize the biological productivity potential of hybrids in the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine.

In order to obtain high and stable corn yields, it is necessary to more thoroughly select hybrids that are most adapted to a specific soil-climatic zone and resistant to stress factors, correctly determine the main elements of the cultivation technology, including the fertilization system, etc. Only with a complex, innovative approach to the application of all factors necessary for the growth and development of plants, it is possible to obtain high profits from cultivation and reduce production costs. To solve these urgent issues, scientific research was conducted on the topic of the dissertation.

In the dissertation, the elements of the technology of growing corn hybrids for the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine are substantiated and established by experimental determination of the effective type of nitrogen fertilizers and the frequency of foliar treatments and the phenological phase of the application of Humilin Stimul fertilizer on corn crops. The complex influence of weather conditions, characteristics of hybrids and fertilizers on the photosynthetic activity of crops and the yield of corn was determined. The dependence of the elements of the crop structure and grain quality indicators on the studied factors was established.

Recommendations have been developed for the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine for the cultivation of mid-ripening corn hybrids EC Concord and EC Asteroid, capable of forming high levels of grain yield (8,93–9,2 t/ha, respectively) with the use of nitrogen fertilizer KAS 32 at the rate of 120 kg per year in pre-sowing cultivation on the background of applied diamophoska fertilizer (N_{22} P_{57} K_{57} K|G|d.r.).

The scientifically proven and practically proven effectiveness of one-time foliar top dressing of crops with Humilin Stimul fertilizer at the rate of 3 l/ha in the phenological

phase of 5–7 leaves against the background of KAS 32 fertilizer, prolonged action. The maximum yield levels for its use in EC Concord and EC Asteroid hybrids were 9,69 and 9,21 t/ha, respectively, with high grain quality indicators.

The dissertation analyzes the scientific views of domestic and foreign sources of literature on the study of the impact of the elements of corn cultivation technology on its productivity. The world corn market and Ukraine's place in it are considered.

A thorough analysis of the weather and climate conditions of the place of research is presented, the scheme of the experiment and research methodology are presented, the hybrids studied and the fertilizers studied are characterized.

The results of research on the elements of corn cultivation technology and their influence on the individual productivity of hybrids in the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine indicate the feasibility of their cultivation in this region.

Studies have shown that the duration of interphase periods of corn hybrids depended on the use of nitrogen fertilizers and differed depending on their species. It was found that it was the largest when KAS 32 fertilizer was applied. At the same time, it was established that the duration of the growing season also increased by 3–7 days on average with foliar fertilizing with Humilin Stimul fertilizer.

In the course of the conducted research, the dependence of the height of the hybrid plants and the height of the attachment of the corn cob on the type of nitrogen fertilizers was revealed and confirmed. At the same rate of nitrogen application of different types of fertilizers, on average, over three years, the KAS 32 fertilizer was found to be more effective, which led to an increase in plant height by cm. The most sensitive to the application of nitrogen fertilizers was the Concord hybrid. It was he who increased the height of the B-4 compared to the B-2 by 14 cm. It has also been proven that plant height increases with foliar feeding of crops.

Observation of the height of the attachment of the lower cob proves a directly proportional dependence on the type of nitrogen fertilizers and the increase in the linear dimensions of the plants. The highest average indicators of the height of attachment of the lower cob were in the EC Concord hybrid and amounted to 128,77 cm.

The photosynthetic activity of hybrids is the most important process, which largely depends on the functioning of plants and their productivity. The positive effect of nitrogen fertilizers on the intensity of the formation of leaves of corn plants was affected by the size of the leaf surface area. Studies have shown that nitrogen fertilizers significantly affect this indicator. In the case of application of KAS 32 fertilizer in pre-sowing cultivation, the leaf surface area of ES Asteroid hybrid was the largest and amounted to 46,6 thousand m^2/ha in the phase of panicle ejection, while in the control this indicator was 29,4 thousand m^2/ha. The area of the leaf surface was slightly smaller with the use of carbamide fertilizer (44,8 thousand m^2/ha). However, thanks to the prolonged action of nutrients, plants were supplied with nitrogen for a longer time when using KAS 32 fertilizer.

The influence of the elements of corn cultivation technology on the content of photosynthetic pigments in the leaves was revealed. The research results showed that the use of nitrogen fertilizers in pre-sowing cultivation and Humilin Stimul fertilizer in top dressing had a direct effect on the sum of chlorophylls *a* and *b*. The EC Concord hybrid turned out to be the best in terms of accumulation.

It has been scientifically proven and proven that the effectiveness of nitrogen fertilizer application depended on the type of fertilizer, the phenological phase of corn and the frequency of foliar treatments of crops. The largest mass of 1000 grains (320 g) was in the EC Concord hybrid in the variant of applying the fertilizer of prolonged action KAS 32 and fertilizing the crops with the fertilizer Humilin Stimul in the phenological phase of 5–7 leaves (VVSN 15–17), while in the control without crop treatment this indicator was 280 grams. The mass of 1,000 grains from a cob was the lowest in the variant of using the nitrogen fertilizer background - ammonia water. However, a single application of Humilin Stimul fertilizer in the phenological phase of 5–7 leaves (BBSN 15-17) was more effective than a two-time application (295 g). As for the mass of grain from the cob, it varied according to the variants of the experiment, on average over 3 years, from 129,3 g in the control to 161,2 g in the variant of fertilizing corn crops with Humilin Stimul fertilizer and one-time application in the phase of 5–7 leaves (VVSN 15-17). It was found that, on average, over three years of research, the EC

Concord hybrid had higher indicators of the elements of the crop structure. He formed the largest number of grains in a row (36,0 pcs.) and grains in a cob (504 pcs.) with the option of applying KAS 32 fertilizer and foliar fertilizing of crops, which can be explained by the prolonged action of nutrients characteristic of him. These conditions made it possible to obtain the highest values of the mass of 1000 seeds.

The processed data for individual years of research and average indicators for the period 2019–2021 proved that the treatment of crops with Humilin Stimul fertilizer showed the highest efficiency when applied in the phenological phase of 5–7 leaves against the background of KAS 32 fertilizer with a one-time application at the rate of 3 l/ha. The average level of productivity over the three years of research in the EC Concord hybrid for this variant was 8,87 and the Asteroid hybrid – 8,56 t/ha with a significant increase in productivity according to the experimental variants and in relation to the control. The maximum productivity of hybrids was obtained in 2020, the indicators of which reached the level of 9,69 and 9,21 t/ha, which indicates their high productivity potential. The calculation of the share of participation of factors in the formation of corn grain yield depending on the fertilization of crops with Humilin Stimul fertilizer gives reason to conclude that the largest share is factor B: year – 59 %, fertilizers – 35 %, others – 6 %.

Research has revealed a clear dependence of the accumulation of protein content on the use of various forms of nitrogen fertilizers and foliar fertilizing of crops. The effect on fat content was not significant. The highest protein content was in the grain of the Concord hybrid – 11,93 %. Starch content indicators were within 64,51 % and 65,55 %, respectively, in hybrids ES Concord and ES Asteroid.

Calculations of the economic and energy efficiency of application of fertilization of crops with Humilin Stimul fertilizer made it possible to establish effective combinations of application of forms of fertilizers and fertilization of crops Humilin Stimul. For the cultivation of the EC Concord hybrid, high efficiency was obtained with a one-time feeding of crops with Humilin Stimul fertilizer (VVSN15-17) on the background of KAS 32: production costs amounted to almost 29,000 UAH/ha;

conditionally net profit – 24,2 thousand hryvnias/ha; profitability – 84 %. A similar pattern is established for the EC Asteroid hybrid.

For fertilizing corn crops with Humilin Stimul, gross energy consumption ranged from 30,752 to 33,361 MJ/ha. The lowest technological energy costs per hectare were in the control background version – 22,000 and 22,900 MJ/ha, respectively, for the EC Concord and EC Asteroid hybrids. The coefficient of energy efficiency for the combined application of nitrogen fertilizers and corn fertilization with Humilin Stimul against the background of the types of fertilizers varied from 4,17 to 4,52, and in the control version it was 5,48. Corn cultivation technology is characterized by high energy output with a yield of 14256–156112 MJ/ha.

Key words: corn, growth and development, hybrid, fertilizer, Humilin Stimul, types of nitrogen fertilizers, productivity, grain quality indicators, economic and energy efficiency, growing technology.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Говенько Р. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи. Агробіологія. 2022. № 2 (174). С. 68–78.

2. **Говенько Р. В.**, Антал Т. В. Продуктивність кукурудзи залежно від виду азотних добрив, позакореневого підживлення та погодних умов. Аграрні інновації. 2022. Вип. 15. С. 22–29. *(Здобувачем узагальнено експериментальні дані та написано статтю).*

3. Каленська С. М., **Говенько Р. В.** Продуктивність кукурудзи залежно від забезпечення тепловими одиницями та живлення різними видами азотних добрив. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2022. Вип. 30. С. 33–43. *(Здобувачем описано розрахунок теплових одиниць, підготовлено матеріали до друку).*

4. Kalenska S, Kashtanova O., Kalenskyi V., **Hovenko R.**, Antal T. Economic and energy efficiency of technologies for growing corn hybrids depending on the type and methods of applying fertilizers. Plant and Soil Science. 2022. № 1. P. 1–13. *(Здобувачем узагальнено науково-практичні матеріали щодо економічної ефективності вирощування кукурудзи та підготовлено статтю до друку).*

Тези наукових доповідей

5. Каленська С. М., **Говенько Р. В.** Особливості формування рослин кукурудзи залежно від удобрення, гібриду та метеорологічних чинників. Рослинництво XXI століття: виклики та інновації. До 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБіП України: ІІІ Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 25–26 вересня 2019 року: тези доповіді. Київ, 2019. С. 84–85. *(Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).*

6. **Говенько Р. В.**, Каленська С. М., Антал Т. В. Застосування різних видів рідких азотних добрив на посівах кукурудзи в умовах ФГ «Богатирівське». Органічне агровиробництво: освіта і наука: Всеукраїнська науково-практична конференція, м Київ, 31 жовтня 2019 року: тези доповіді. Київ, 2019. С. 6–9.

(Здобувачем проведено дослідження щодо застосування різних видів азотних добрив та написано тези).

7. Каленська С. М., **Говенько Р. В.** Вплив позакореневих підживлень на формування урожайності зерна кукурудзи в лівобережному Лісостепу України. Інновації в освіті, науці та виробництві: V Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 100-річчю від дня заснування ВСП «Мукачівський фаховий коледж НУБіП України», м. Київ, 24–26 листопада 2021 року: тези доповіді. Київ, 2012. С. 46–47. *(Здобувачем отримано частину експериментального матеріалу, на основі якого підготовлено тези).*

8. Каленська С. М., **Говенько Р. В.**, Антал Т. В. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від виду азотних добрив. Topical issues of modern science, society and education: V Міжнародна науково-практична конференції, м. Харків, 28–30 листопада 2021 року: тези доповіді. Харків, 2021. С. 49–51. *(Здобувачем взято участь у зборі експериментального матеріалу, на основі якого підготовано тези).*

9. Antal T., Kalenska S., **Govenko R.**, Mokrienko V., Karpenko L., Kovalenko A. Efficiency of corn hybrids growing technologies depending on the kinds of fertilizer application. AGROSYM 2022: 13th International Agricultural Symposium, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 6–9 October 2022: book of abstracts. Jahorina, 2022. P. 276–281. *(Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).*

10. **Говенько Р. В.**, Каленська С. М. Вплив азотних добрив та підживлення посівів на якість зерна кукурудзи. Тенденції розвитку та виклики сучасній аграрній науці й освіті за кліматичних та політичних умов: IV Міжнародна науково-практична онлайн конференції, м. Київ, 28–30 листопада 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 10–12. *(Здобувачем отримано експериментальні дані, опрацьовано їх та підготовлено тези).*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 18

ВСТУП 19

РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ (огляд літератури) 25

1.1 Світовий ринок кукурудзи та місце України в ньому 25

1.2 Роль мінеральних добрив та ефективність використання елементів живлення рослинами кукурудзи в онтогенезі 32

1.3 Формування урожайності та якості зерна кукурудзи залежно від позакореневого підживлення посівів 36

Висновки до розділу 1 41

РОЗДІЛ 2 УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ 42

2.1 Грунтово – кліматичні умови регіону та метеорологічні чинники вегетаційних періодів кукурудзи в роки проведення досліджень 42

2.2 Програма та методика проведення досліджень 50

2.3 Агротехнічні заходи в дослідах 54

Висновки до розділу 2 58

РОЗДІЛ 3 МОРФО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ 59

3.1 Продуктивність кукурудзи залежно від забезпечення тепловими одиницями та живлення різними видами азотних добрив 59

3.2 Вплив удобрення на тривалість міжфазних періодів та вегетаційного періоду кукурудзи 66

3.3 Динаміка лінійного росту рослин кукурудзи залежно від виду азотних добрив та позакореневого підживлення 75
3.4 Особливості формування площі листкової поверхні посівами гібридів кукурудзи 81
3.5 Накопичення хлорофілу *«a»* та *«b»* рослинами кукурудзи за фенологічними фазами 84
Висновки до розділу 3 87
Публікації до розділу 3 88
РОЗДІЛ 4 ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ КУКУРУДЗИ 89
4.1 Вплив виду азотних добрив на величину показників структури врожаю кукурудзи 89
4.2 Структура врожаю гібридів кукурудзи залежно від застосування добрива Гумілін Стимул, кратності обробки посівів та фенологічної фази 98
Висновки до розділу 4 107
Публікації по розділу 4 107
РОЗДІЛ 5 УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ВИДУ АЗОТНИХ ДОБРИВ ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ПОСІВІВ 108
5.1 Урожайність та якісні показники зерна кукурудзи залежно від виду азотних добрив та метеорологічних показників років досліджень 108
5.2 Вплив позакореневого підживлення, строків його проведення і фенологічної фази на рівень урожайності та якості зерна кукурудзи 117

5.3 Кореляційно-регресійна модель залежності рівнів урожайності гібридів кукурудзи та її структурних складових 126

Висновки до розділу 5 129

Публікації по розділу 5 130

РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ВИДУ АЗОТНИХ ДОБРИВ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ 132

6.1 Економічна ефективність та енергетична оцінка технології вирощування гібридів кукурудзи за застосування різних видів азотних добрив залежно від виду та строків внесення добрив 132

6.2 Економічна ефективність та енергетична оцінка технології вирощування кукурудзи за позакореневого підживлення посівів 139

Висновки до розділу 6 143

Публікації до розділу 6 143

ВИСНОВКИ 144

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ 147

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 148

ДОДАТКИ 169

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

$T_{a>5\,°C}$ – активні температури, біологічний мінімум > 5 °C

$\sum T_{a>5\,°C}$ – сума активних температур за біологічного мінімуму > 5 °C

$T_{e>5\,°C}$ – ефективні температури, біологічний мінімум > 5 °C

$\sum T_{e>5\,°C}$ – сума ефективних температур за біологічного мінімуму > 5 °C

$T_{a>10\,°C}$ – активні температури, біологічний мінімум > 10 °C

$\sum T_{a>10\,°C}$ – сума активних температур за біологічного мінімуму > 10 °C

$T_{e>10\,°C}$ – ефективні температури, біологічний мінімум > 10 °C

$\sum T_{e>10\,°C}$ – сума ефективних температур за біологічного мінімуму > 10 °C

CHU – сума теплових одиниць

Кс – коефіцієнт суттєвості відхилень

Кее – коефіцієнт енергетичної ефективності

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

ВВП – вартість валової продукції

д. р. – діюча речовина

МР – маркетинговий рік

шт. – штук

ВВСН – міжнародна шкала росту та розвитку рослин

ВСТУП

Кукурудза є однією із найважливіших сільськогосподарських культур високої продуктивності та різнобічного використання. Теоретичне обгрунтування щодо формування її продуктивності, залежно від технологічних прийомів вирощування, належать видатним зарубіжним вченим: Д. Шпаару, Derieux M., Farooqi M., Lee E. та вітчизняним науковцям: Цикову В. С., Лихочвору В.В., Лавриненку Ю. О., Господаренку Г.М., Каленській С. М., Пащенко Ю. М., Танчику С. П., Літвінову Д.В., Мокрієнку В. А. та ін.

Внаслідок багаточисельних досліджень кукурудзи було доведено, що її потенційно можлива урожайність становить близько 22 т/га, тимчасом як середня урожайність в Україні останніми роками дещо більша 7 т/га. Саме тому постає питання: яка причина такої значної різниці? Відповідь – у вивченні технологій вирощування культури в конкретних господарствах. Надважливий їх ретельний аналіз та розробка заходів вдосконалення поетапно, як основний шлях. Так у підсумку матимемо значно вищу врожайність.

Ключова роль у визначенні обсягів і видів мінеральних добрив для кукурудзи належить ступеню інтенсивності технологій вирощування культури. Як відомо, гібриди інтенсивного типу рекомендовано висівати після кращих попередників, оскільки вони краще реагують на підвищений фон мінерального живлення, формуючи більший урожай. Відповідно, економічна ефективність вирощування таких гібридів значно вища, навіть попри більші витрати на мінеральне живлення.

Вчені вважають, що гібриди адаптивного типу можна висівати після гірших попередників з огляду на те, що вони стійкіші до стресових факторів. Але фермери здебільшого не покладають надії на надвисоку врожайність у разі вирощування адаптивних гібридів. Адже навіть ті потребують певного мінімального збалансованого фону живлення. І це, своєю чергою, висуває жорсткі вимоги до оптимізації живлення кукурудзи в технологіях вирощування. Тому це стало передумовою вибору теми дисертаційної роботи та розробки завдань для її реалізації.

Актуальність теми. Досягнення селекції в створенні сучасних гібридів кукурудзи з високим потенціалом продуктивності – ключ до отримання значних валових зборів зерна, що забезпечує продовольчу та енергетичну безпеку людства. Однак, за виробництва кукурудзи в Україні та світі, через вплив низки чинників на формування урожайності , забезпечує важко досягти стабільної урожайності зерна за роками та реалізації потенціалу сучасних гібридів. . Таким чином, розробка технології вирощування гібридів з елементами інновацій зумовлює необхідність проведення досліджень в Лівобережному Лісостепу України, як потенційному регіоні для широкого вирощування кукурудзи.

Важливою науковою проблемою є пошук шляхів підвищення урожайності та якісних показників зерна, економічної та енергетичної ефективності технології вирощування кукурудзи шляхом добору гібридів, виду азотних добрив та позакореневого підживлення посівів.

Це вказує на актуальність обраної теми дисертаційного дослідження, визначає його мету та завдання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертації проводилися впродовж 2019–2021 років. Вони – складова частина наукових розробок Національного університету біоресурсів і природокористування України та виконувалися у межах державних наукових тем: "Управління формуванням продуктивності польових культур за поліфункціональної дії хелатних нанодобрив" (номер державної реєстрації 0118U000310 2018–2020 рр.) та "Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від удобрення та системи захисту" (номер державної реєстрації 0121U111367 2021–2023 рр.).

Мета і задачі досліджень. Метою є теоретичне обґрунтування та практичне вирішення питань щодо особливостей росту, розвитку та формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від виду азотних добрив, позакореневого підживлення посівів. Доведення відповідності продуктивності кукурудзи тепловим одиницям та живленню різними видами азотних добрив.

Для досягнення поставленої мети програмою досліджень визначено такі задачі:

- відповідність продуктивності кукурудзи тепловим одиницям та живленню різними видами азотних добрив в умовах Лівобережного Лісостепу України;
- встановити: 1) тривалість вегетаційного та міжфазних періодів росту та розвитку рослин кукурудзи, дати настання фенологічних фаз; 2) специфічність формування лінійного росту рослин і асиміляційної поверхні посівів, залежно від виду азотних добрив та позакореневих підживлень;
- обґрунтувати особливості росту й розвитку рослин гібридів кукурудзи ЕС Астероїд та ЕС Конкорд, залежно від виду азотних добрив та позакореневих підживлень посівів і особливостей погодних умов років досліджень;
- дослідити ефективність впливу азотних добрив на величину показників площі листкової поверхні;
- визначити вплив виду мінеральних азотних добрив та встановити фенологічну фазу і кратність позакореневих підживлень посівів кукурудзи добривом Гумілін Стимул на формування урожайності, елементів структури врожаю, якості зерна кукурудзи;
- встановитичастку участі чинників;
- оцінити економічну та енергетичну ефективність технології вирощування кукурудзи, зважаючи на розглянуті чинники.

Об'єкт дослідження – процес формування продуктивності кукурудзи залежно від удобрення, погодно-кліматичних умов року та гібриду.

Предмет дослідження – гібриди кукурудзи ЕС Астероїд та ЕС Конкорд, мінеральні добрива, комплексне добриво з мікроелементами Гумілін Стимул; урожайність, якість зерна, економічна ефективність.

Методи дослідження. У процесі виконання роботи застосовували такі методи дослідження:

- польовий – для спостереження за ростом та розвитком рослин і формуванням їх урожайності; фенологічний моніторинг та біометричні вимірювання;
- лабораторний – для визначення: 1) хімічного складу зерна; 2) біометричних параметрів рослини; 3) площі листкової поверхні; 4) вмісту хлорофілу в листках; 5) показників фізичної якості зерна;
- математично-статистичний – для оцінки достовірності отриманих результатів досліджень, сили впливу досліджуваних факторів та кореляційних зв'язків;
- розрахунково-порівняльний – для розрахунку економічну та енергетичну ефективності технології вирощування гібридів кукурудзи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше для умов Лівобережного Лісостепу України встановлено:

- відповідність продуктивності кукурудзи тепловим одиницям та дієвість застосування різних видів азотних добрив у технологіях вирощування кукурудзи в Лівобережному Лісостепу України, залежно від погодних умов років проведення досліджень, за сумою накопичених теплових одиниць упродовж вегетації;

- тривалість вегетаційного та міжфазних періодів гібридів кукурудзи, дати настання фенологічних фаз росту та розвитку залежно від погодних умов, удобрення кукурудзи в умовах проведення досліджень;

- позитивний вплив азотних добрив на величину площі листкової поверхні. Збільшення площі асиміляції рослин під впливом добрив спостерігалося ще до початку появи волотей, причому її величина залежала від виду азотних добрив та досягла свого максимуму в фенологічну фазу викидання волоті;

- потенціал продуктивності гібридів кукурудзи ЕС Астероїд та ЕС Конкорд, особливості формування елементів структури врожаю та якості зерна на темно-сірому опідзоленому ґрунті, залежно від фону мінеральних добрив, виду азотних добрив та комплексного добрива з макро- та мікроелементами Гумілін Стимул;

набуло подальшого розвитку:

- наукове обґрунтування особливостей росту й розвитку рослин гібридів

кукурудзи ЕС Астероїд та ЕС Конкорд шляхом оцінки індивідуальної їх продуктивності; співвідношення структурних елементів, залежно від виду удобрення, підживлення та погодних умов вирощування в роки досліджень;

- обґрунтування економічної та енергетичної ефективності технології вирощування кукурудзи в Лівобережному Лісостепу України, зважаючи на вивчені досліджуванні чинники – удобрення різними видами азотних добрив та позакореневе підживлення посівів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в аргументуванні, розробленні та впровадженні у виробництво елементів технології вирощування кукурудзи завдяки добору нових гібридів, встановленню оптимальної фази та кратності обробок посівів комплексним добривом з макро- та мікроелементами Гумілін Стимул. Все це здатне не лише забезпечити урожайність культури на рівні 9,0 – 10,0 т/га, а і підвищити валовий збір зерна, знизивши енергетичні витрати.

Впровадження наукових розробок у виробництво. Наукові розробки впроваджено в ФГ "Лан ЛГА" Роменського району Сумської області 2021 року на площі 78 га та 93 га. Результати впровадження підтвердили ефективність запропонованих елементів технології вирощування кукурудзи. Умовно чистий прибуток становив 19,7–19,9 тис. грн/га за застосування азотного добрива КАС 32 та 23,02–22,10 тис. грн/га – після проведення позакореневих посівів на фоні внесеного добрива КАС 32 у гібридів ЕС Конкорд та ЕС Астероїд відповідно, за рівнів рентабельності від 64 до 62 та 82–84%.

Особистий внесок здобувача. Здобувач опрацював та узагальнив наукову літературу за темою дисертації, самостійно підібрав та застосував методики дослідження; провів польові та лабораторні дослідження, проаналізував експериментальний матеріал та підсумував одержані результати; зробив аргументовані висновки та пропозиції виробництву; підготував до видання та опублікував наукові статті, а також тези доповіді за матеріалами науково-практичних конференцій і написав дисертаційну роботу.

Апробація результатів досліджень. Положення дисертаційного дослідження були оприлюднені та пройшли широку апробацію на: II

Всеукраїнській науково-практичній конференції “Органічне агровиробництво: освіта і наука” (м. Київ 31 жовтня 2019 р.); ІІІ Міжнародній науково-практичній конференції “Рослинництво ХХІ століття: виклики та інновації. До 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБіП України” (м. Київ, 2019 р.); IV Міжнародній науково-практичній онлайн-конференції “Інновації в освіті, науці та виробництві. До 100 річчя дня народження професора М. А. Білоножка” (м. Київ, 2020 р.); V Міжнародній науково-практичній онлайн-конференції “Інновації в освіті, науці та виробництві”. Присвячена 100-річчю від дня заснування ВСП “Мукачівський фаховий коледж НУБіП України” (м. Київ, 2021 р.); V Міжнародній науково-практичній конференції, “TOPIC ALISSUESOF MODERN SCIENCE, SOCIETYAND EDUCATION” (м. Харків, 28–30 листопада 2021 р.). Результати досліджень оприлюднені та обговорені на засіданнях кафедри рослинництва Національного університету біоресурсів і природокористування України (2019–2022 рр.), проблемній вченій раді Науково-дослідного інституту рослинництва, ґрунтознавства Національного університету біоресурсів і природокористування України (2019–2022 рр.).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 11 наукових праць, зокрема: 3 наукові статті у фахових виданнях України, 1 – у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних, та 7 наукових праць – тези доповідей за матеріалами конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із анотації, вступу, шести розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 188 сторінок. Дисертація містить 24 таблиці, 28 рисунків, 23 сторінки – додатки. У списку використаних джерел 197 найменувань, з них 35 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ

(Огляд літератури)

Зерно кукурудзи надважливе у зміцненні економіки країни. І не дивно, адже є одним із товарів, які визначають міжгалузеві пропорції не тільки в аграрному секторі, а й в економіці України загалом. Вирішення багатьох завдань сільгоспвиробництва тісно пов'язане саме з даним продуктом, як основою розвитку сільського господарства та головним джерелом поліпшення ресурсного потенціалу та розвитку експортного потенціалу (*Талавиря М. П., 2015*).

1.1. Світовий ринок кукурудзи та місце України в ньому

Кукурудза – чи не найголовніша сільськогосподарська культура в Україні та світі. Нині на світовому ринку кукурудзи склалася стійка спеціалізація: її виробництво зосереджено в розвинених країнах. А багато країн, що розвиваються, не здатні вирішити свої зернові проблеми, тож змушені звертатися до масштабного імпорту зерна. Звідси і зростання світової торгівлі та її виробництво. Упродовж останніх п'яти років Україна зміцнила свої позиції на міжнародному аграрному ринку та впевнено перебуває в світовій десятці виробників зерна. Вона ввійшла до трійки лідерів з експорту зерна, поступаючись лише США та Європейському Союзу. До речі, основні поставки українського агросектору на світові ринки – це пшениця, кукурудза і ячмінь, які сумарно складають майже третину всього зернового експорту держави.

Питанням ринку зернових культур присвячено значну кількість досліджень вчених. Адже він займає особливе місце в структурі сільського господарства, є одним із показників ефективності функціонування аграрного сектора загалом. Дотепер залишаються нерозв'язаними завдання, пов'язані зі створенням таких умов реалізації кукурудзи, які б забезпечили задоволення інтересів споживачів та продавців даного ринку.

На світовий ринок зернових культур негативно впливає й світова політична криза (*Гавриленко Н. М., Широкий Г. М., 2022*). Подорожчання пального, електроенергії, добрив, засобів захисту рослин та інших матеріально-технічних ресурсів – все це надалі підвищує собівартість виробництва сільськогосподарської продукції та навіть може спричинити скорочення обсягів її виробництва у 2022 році. Згідно передбачень Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (*Yang L., Muhammad I., Chi Y. X., Wang D., Zhou X. B., 2022*), світове виробництво зернових у 2021/2022 маркетинговому році (*далі – м. р.*) становитиме майже 2791,3 млн т, що перевищить оціночні дані за попередній маркетинговий рік на 19,3 млн т (0,7%) (*Гавриленко Н. М., Широкий Г. М., 2022*).

Прогноз виробництва зерна на 2021/22 м. р. – 2791,3 млн т. За споживання 2809,6 млн т світове виробництво зерна у 2020/21 році склало 2772 млн т. Тобто, споживання перевищує очікуване виробництво. За попередніми прогнозами ФАО (*Статистика продовольства та сільського господарства, 2022),* передбачалося, що в Україні в 2021/22 м. р. виробництво зернових мало б збільшитися на 26,6% до 81,8 млн т внаслідок досить значного нарощування виробництва кукурудзи, пшениці та ячменю *(Crops and livestock products, 2022).*

За обсягом виробництва і споживання кукурудза посідає перше місце в світі серед зернових культур. Очікується, що у 2021/22 роках її світове виробництво складе близько 1,2 млрд т *(Виробництво кукурудзи у 2021/22 МР, 2022).* В 2020/21 роках найбільшим виробником кукурудзи у світі були США з обсягом виробництва майже 384 млн т або це склало третину умовно світового виробництва кукурудзи. Найбільшими країнами-виробниками кукурудзи в світі в 2019/20 рр. були: США (31,1%); Китай (23,4%); Бразилія (9,07%); ЄС (6%); Аргентина (4,5%); Україна (3,2%); Індія (2,6%); Мексика (2,25%); ПАР (1,46%), а 16,5% припадає на інші країни (*Distribution of global corn production in 2019/2020, by country. URL: ФАО, 2022).*

Впродовж 2014–2020 років середня ціна зерна кукурудзи в світі коливалася від 193 доларів за тонну в 2014 році та до 155 доларів за тонну – 2017 року. Однак,

в 2021 році вартість зросла до 250 доларів за тонну. Відтак лишається тенденція до зростання ціни або утримання на цьому ж рівні *(Сільське господарство, 2022).*

Експерти IGC в березневому звіті озвучили прогноз світового виробництва кукурудзи в 2021/22 МГ на рекордному рівні – 1,193 млрд т проти 1,139 млрд т у поточному МР. Зокрема, зростання виробництва зернової продукції очікується в США до 384 (+23,7) млн т на рік, Китаї – до 267,3 (+6,6) млн т, Бразилії – до 105,8 (+3,3) млн т, країнах ЄС – до 65,1 (+0,3) млн т і Україні – до 37,3 (+7,3) млн т *(Виробництво кукурудзи у 2021/22 МР, 2022).*

Прогноз світового експорту кукурудзи в майбутньому сезоні вище за очікуваний в 2020/21 МР показник – на рівні 186,8 млн т (+1,2 млн т за рік). Можливе збільшення відвантажень прогнозується для України до 30,5 (+6,5) млн т і країн ЄС – до 3,1 (+0,9) млн т. При цьому скорочення обсягів експорту за сезон очікується для США до 67,5 (-2,5) млн т, Аргентини – до 32 (-5,9) млн т (у 2022/23 МР передбачається 34 млн т). Тим часом як для Бразилії даний показник збережений на рівні 2020/21 МР – 35,5 млн т.

Прогноз світових кінцевих запасів кукурудзи 2021/22 МР озвучується на рівні 257,9 млн т, що на 10,3 млн т нижче очікуваного в 2020/21 МР обсягу. Зокрема, в США очікується зростання запасів зернової до 35,4 (+0,3) млн т, в ЄС – до 6,4 (+0,3) млн т, ПАР – до 3 (+0,9) млн т. Проте їх скорочення прогнозується в Китаї до 169,4 (-12,2) млн тонн *(Ринок кукурудзи: Agro Newshttps, 2022).*

Згідно оновлених прогнозів USDA в 2021/22 МР показників України щодо кукурудзи, то очікувані показники виробництва змінилися в бік збільшення на 2 млн т до 42 млн т. Водночас прогноз експорту кукурудзи збільшено на 1 млн т до 33,5 млн т.

Найбільшим світовим виробником кукурудзи є США (рис. 1.1). Більшу частину врожаю країна використовує для внутрішнього споживання і лише близько 17% – експортує. Другий за кількістю вирощеної кукурудзи – Китай: у 2021/22 МР було зібрано близько 273,5 млн т.

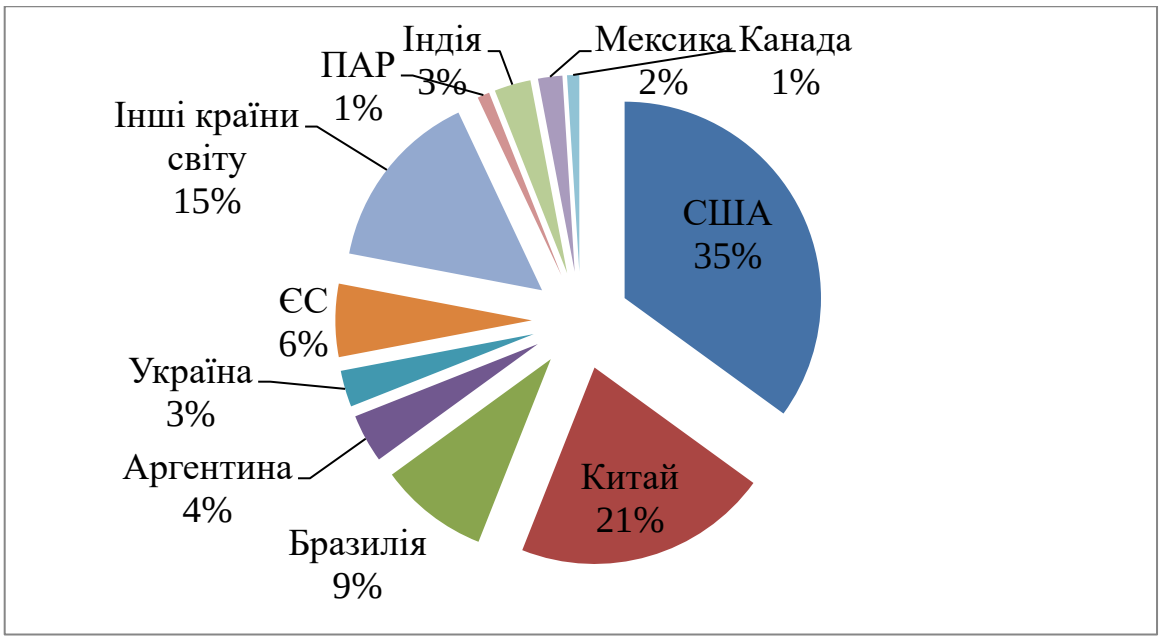


Рис. 1.1. Частка у світовому виробництві кукурудзи, 2022 р.

(Електронний ресурс: USDA)

Втім, щодо зовнішніх ринків, то тут ситуація прямо протилежна американській: китайську кукурудзу не експортують взагалі, її всю споживає внутрішній ринок. До того ж, Китай лідирує за обсягами імпорту кукурудзи. До речі, третім світовим лідером з виробництва кукурудзи є Бразилія.

Вона також входить у перелік найбільших експортерів культури. У 2021/22 МР виробництво кукурудзи в Бразилії сягнуло 86,6 млн т. Більше чверті відправилося на експорт.

У 2021 році сезон кукурудзи мав низку особливостей. До нової хвилі COVID-19, яка стримувала економічну активність, додалося стрімке зростання цін на газ та нафту, яке потягнуло за собою подорожчання послуг, зокрема на сушіння та перевезення.

Поряд з цим, у низці “кукурудзяних” регіонів також виникли труднощі зі збором врожаю через погодні умови. Однак, все це не завадило аналітикам USDA у листопаді спрогнозувати збільшення світового виробництва кукурудзи у 2021/22 МР на 6,4 млн т. Так, за даними звіту організації, у сезоні 2021/22 світовий урожай кукурудзи склав 1206 млн т, а обсяг експорту становив близько 203,47 млн т (рис. 1.2).

Провідні аналітики під час конференції Trend and Hedge Club зробили свої висновки та прогнози стосовно обсягів вирощування та врожайності кукурудзи в глобальному контексті сезону 2022/23 МР. Вони зазначають, що наявний "тепловий апокаліпсис" Європи зумовив те, що світ став очікувати рекордного зменшення виробництва кукурудзи в ЄС. Також отримано втішні прогнози щодо виробництва в США і Бразилії *(Електронний ресурс: Державна служба статистики України (ukrstat.gov.ua).*

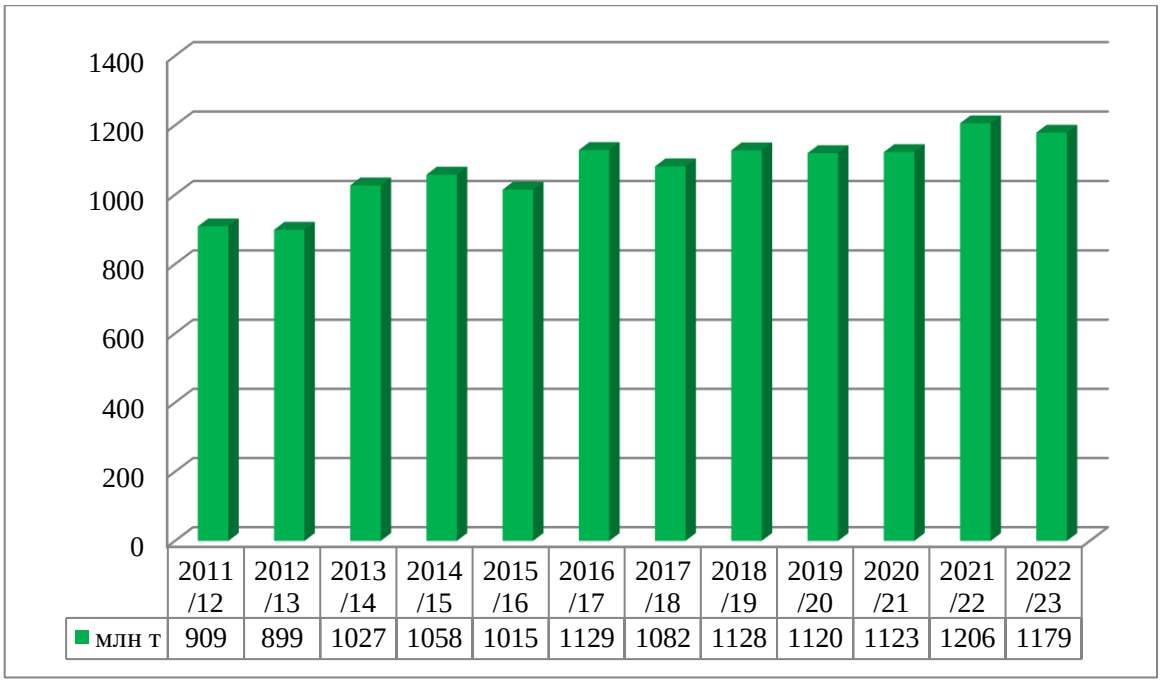


Рис. 1.2. Динаміка виробництва кукурудзи в світі, млн т *(Електронний ресурс: USDA)*

В ЄС очікується найнижчий врожай кукурудзи з 2018 року. Причина – посуха, з якою зіштовхнулися основні країни-виробники цієї культури: Румунія, Болгарія та Угорщина.

Світове виробництво кукурудзи на 2022/23 рр. прогнозується на рівні 1,179 млн т, що на 0,06 млн т менше, ніж очікувалося місяцем раніше.

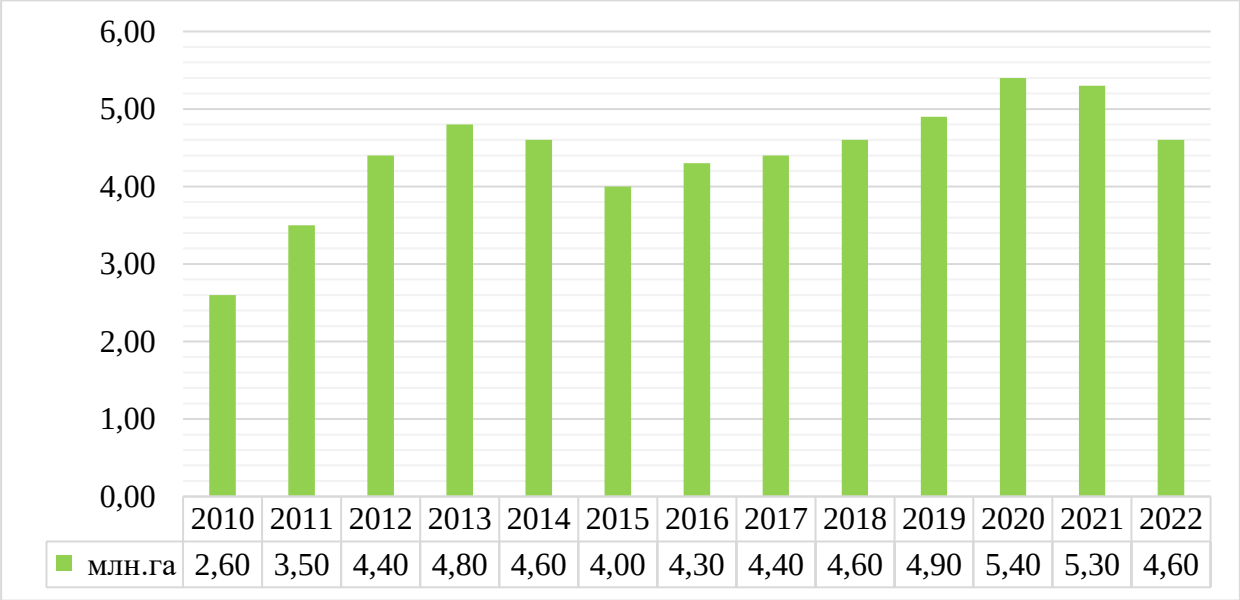
Експерти USDA збільшують прогноз на врожай кукурудзи в Україні до 30 млн т, що на 5 млн т більше, ніж передбачається у липні *(Електронний ресурс: https://superagronom.com/news/9446-ukrayina-vhodit-do-krayin-lideriv-za-virobnitstvom-kukurudzi-v-sviti).*

На глобальному ринку кукурудзи Україна займає 15%. У 2021/22 МР у грошовому еквіваленті отримали виручку 5,1 млрд дол. Українським виробникам є куди рости у цьому напрямку. Адже експортні квоти щороку збільшуються. Приміром, 2020 року вони становили 600 тис. т, а вже у 2021-му – 650 тис. т (*Кернасюк Ю., 2021*).

За даними Карпенка О., голови Чорноморського регіону компанії Louis Dreyfus Company, лише 3–5% української кукурудзи генно-модифіковані. Україна зайняла свою нішу на світовій карті кукурудзи – це ті ринки, які надають перевагу кукурудзі без ГМО. І саме тут українські виробники створили свій бренд. Незабаром, можливо, це зміниться. ГМО-кукурудза, певна річ, має переваги. Так, з нею легше планувати врожайність та збільшення виробництва.

Останніми роками в Україні відбувається переорієнтація структури виробництва зернових культур в напрямку кукурудзи. Оскільки ця культура високоврожайна, стійка до погодних умов і користується неабияким попитом на міжнародних ринках *(Шимкова М., 2020)*.

Посівні площі кукурудзи в Україні донині поступово зростали: із 4,0 млн т у 2015-му до 5,4 млн т – у 2020 році (рис. 1.3).



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
млн.га	2,60	3,50	4,40	4,80	4,60	4,00	4,30	4,40	4,60	4,90	5,40	5,30	4,60

Рис. 1.3. Динаміка площ вирощування кукурудзи в Україні, млн т

(Електронний ресурс: Державна служба статистики України (ukrstat.gov.ua)

Посівна кампанія 2022 року зазнала певної реструктуризації змін з погляду пріоритетності культур. Перевагу українські аграрії надали тим культурам, які дають більшу вартість з однієї тонни, а це насамперед олійні культури. Тому, площі вирощування кукурудзи знизилися з 5,3 у 2021-му до 4,6 млн т у 2022 році.

Проаналізувавши дані по урожайності кукурудзи в Україні, можна зробити висновок, що вона досить різниться та змінюється за роками. Так, найменшою за останнє десятиріччя вона була у 2020 році та становила 4,6 т/га (рис. 1.4.). В наступні роки погодні умови, створення нових високопродуктивних гібридів та покращення матеріально-технічного забезпечення сприяло підвищенню середньої врожайності кукурудзи по Україні.

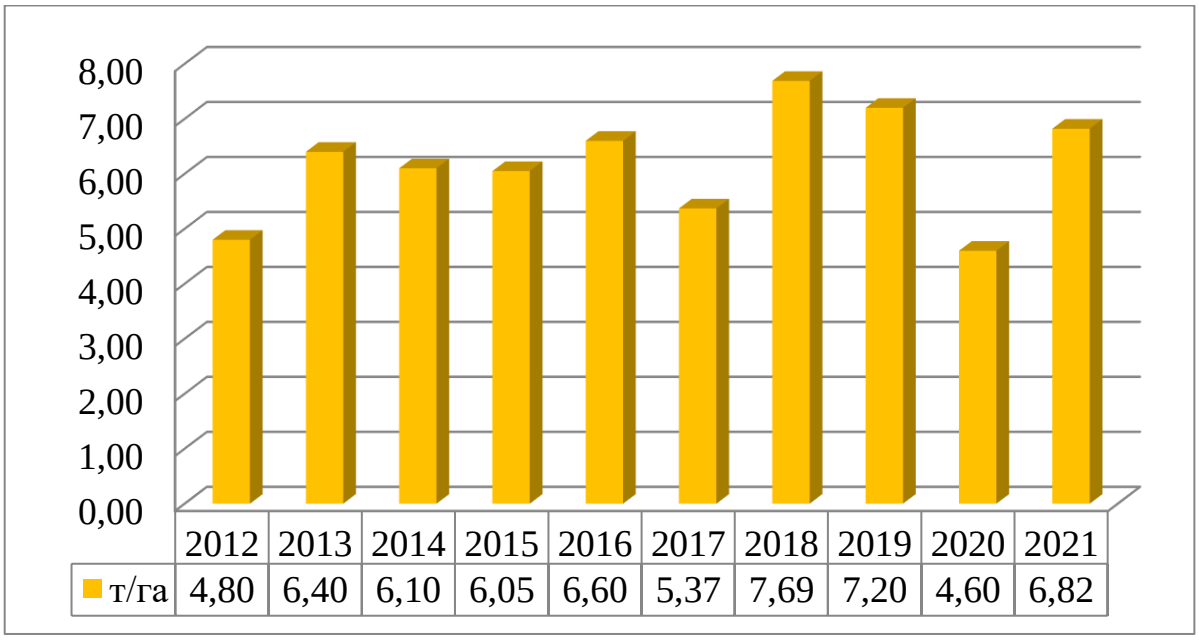


Рис. 1.4. Урожайність кукурудзи в Україні, т/га *(Електронний ресурс: Державна служба статистики України (ukrstat.gov.ua)*

Погодні умови вегетаційного періоду 2018 року виявилися доволі позитивними: досягнуто найвищого рівня урожайності кукурудзи – 7,69 т/га.

Урожай кукурудзи в Україні 2022 року склав 25,5–26,5 млн т, що майже на 33% нижче, порівняно до минулого сезону (близько 40 млн т), як повідомляють аналітики Barva Invest. Вони додали, що таке зниження обсягів урожаю позначиться на ринку кукурудзи. За їх словами, з початку повномасштабної війни кукурудза залишається лідером за експортом. Адже саме її європейці використовують для своїх потреб, на відміну від пшениці та ячменю, які

здебільшого йдуть транзитом через ЄС або купуються для внутрішнього споживання лише у разі значного дисконту, порівняно з внутрішніми цінами.

Згідно з офіційними даними, у травні на експорт було відправлено 1 млн т кукурудзи і стільки ж – у червні (рис. 1.5). Якщо цей тренд продовжиться, то до кінця сезону з України може бути експортовано 24,5 млн т.

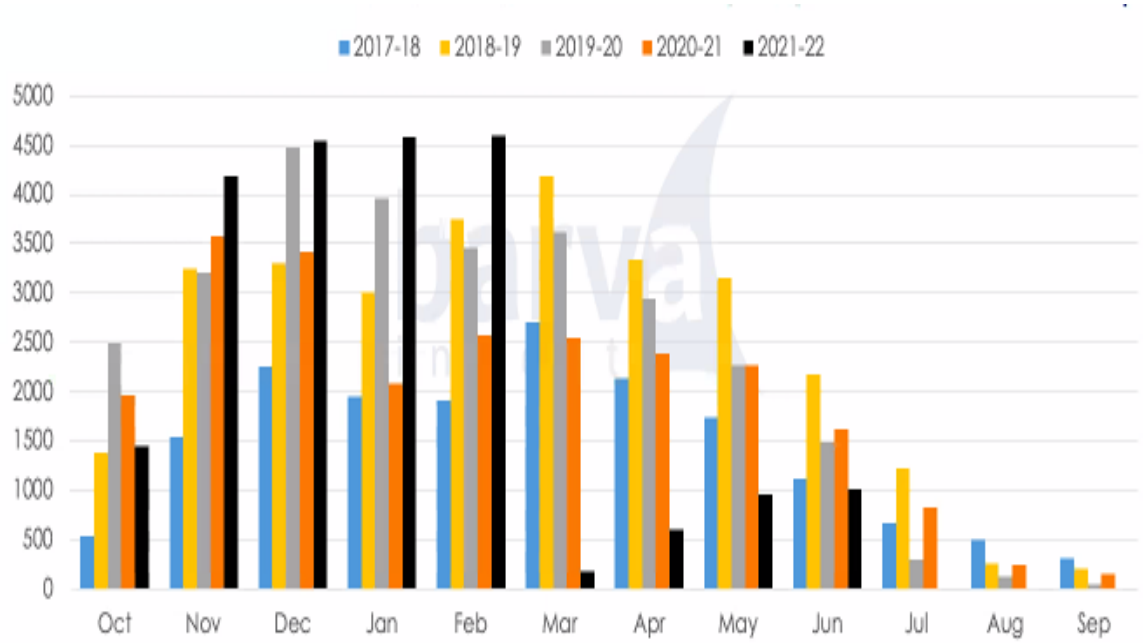


Рис. 1.5. Фактичний експорт кукурудзи з України у сезонах з 2017/2018 по 2021/2022 (*ukrstat.gov.ua*)

У разі незмінної ситуації з експортом, аграрії залишать велику кількість кукурудзи в полі через нестачу зберігальних потужностей.

1.2. Роль мінеральних добрив та ефективність використання елементів живлення рослинами кукурудзи в онтогенезі

Високі врожаї кукурудзи можна отримувати лише при внесенні достатньої кількості добрив, адже ця культура використовує їх максимально, ніж інші зернові. Це зумовлено, перш за все, тривалішим вегетаційним періодом та властивістю рослин засвоювати поживні речовини від початку вегетації до завершення дозрівання зерна (*Мазур В. А., Азуркін В. О., Поліщук І. С., 2011*).

Поглинання елементів живлення впродовж всього вегетаційного періоду починається з настанням фази воскової стиглості зерна. Саме до цієї фази рослини

вже мають 90% елементів живлення, які споживаються у фазу швидкого росту (а це від викидання волоті до початку цвітіння кукурудзи). Сформована одна тонна з масою листків та стебел кукурудза засвоює 16–35 кг азоту, 7–13 – фосфору та 20–35 кг калію (*Лісовий М. П., 1997; Якунін О. П., Пащенко Ю. М., Рибка В. С., 2005*). Регулярні внесення добрив та підживлення протягом всієї вегетації рослин кукурудзи можуть забезпечити високу врожайність. Тому що всі корисні речовини та елементи надходять до стебла саме з коренів (за весь період росту) *(Лихочвор В. В., 2002; Мазур В. А., Азуркін В. О., Поліщук І. С., 2011; Пащенко Ю. М., Кордін О. І., Скринник Я. Т., 2007).*

Що ж сприяє отриманню високого урожаю кукурудзи? Передусім це забезпечення помірними нормами мінеральних та органічних добрив. Лише за правильного використання добрив буде збільшуватися врожайність та покращуватися якість зерна кукурудзи *(Якунін О. П., Пащенко Ю. М., Рибка В. С., 2005; Ткаліч Ю. І., Ткаліч О. В., Кохан А. В., 2016; Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В., 2016).* Загалом існує декілька способів внесення добрив, зокрема: основний, передпосівний, та підживлення. Доречно зауважити, що головними поживними елементами кукурудзи є: азот, фосфор, калій, цинк, магній, сірка, бор та мідь *(Циков В. С. та ін., 2017; Гур'єва І. А., Рябчун В. К., Козубенко Л. В., 2003).* Тож, розглянемо їх детальніше.

Фосфор формує кореневу систему, стимулює цвітіння та впливає на якість зерна. За його дефіциту сповільнюється ріст рослин, і навіть більше – взагалі може припинитись *(Hrytsyk N. M., 2011; Коваленко О., Ковбель А., 2013)*. Фосфор та калій рекомендують вносити саме під зяблеву оранку, тимчасом як азот – все ж таки навесні, під час передпосівного обробітку ґрунту *(А., Коваленко О., 2013; Якунін О. П., Пащенко Ю. М., Рибка В. С., 2005; Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно, 2012).*

Відомо, що за посіву кукурудза потребує невеликої кількості добрива, оскільки на першому етапі повільно росте. Тому в даний період рекомендують вносити фосфор лише в межах 5–8 кг на 1 гектар *(Вересеєнко С. І., Шевчук М. Й.,2015; Остапчук, 2008; Волкодав В. В., 2001*). Втім, і нестача поживних речовин

може негативно позначитись на подальших фазах росту й розвитку кукурудзи. Тому час згадати про **азот**, як головний елемент, супроводжуючий всі фази рослини, зокрема і упродовж періоду дозрівання. Йому властивий високий ступінь по забезпеченню виробництва зерна і зеленої маси рослини *(Дереча О. А. та ін., 2005; Смаглій О. Ф. та ін.,2014).* Водночас кількість азотного живлення на 1 га поля не повинна бути більшою за 125 кг.

Ефективність азоту актуальна у період фази 4–6 листків. Також не менш дієве позакореневе підживлення карбамідом – 5 кг на гектар *(Хромяк В. М., 2005; Лебедь Є. М., Андрусенко І. І., Пабат І. А.,1992)*.

Калій забезпечує обмін поживних речовин у рослині. За його нестачі рослина засихає. Завдяки йому культура стійка до 12 кореневих та стеблових гнилей та здатна краще переносити посухостійкість *(Гур'єва І. А., Рябчун В. К., Козубенко Л. В.,2003; Hrytsyk N. M., 2011).* **Цинк та магній** зміцнюють імунітет рослин та стають у нагоді за різних коливань температури. **Сірка** сприяє забезпеченню білка в рослині. **Бор та мідь** здійснюють накопичення цукристістю та аскорбінової кислоти.

Щодо рекомендованих доз мінерального удобрення для Полісся та Лісостепу – це азот: 80–140 кг д./га, фосфор: 90–120 кг д./га, калій: 60–136 кг д./га; для Степу – азот: 90–120 кг д./га, фосфор: 60–90 кг д./га, калій 20–40 кг д./га *(Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В., 2016; Пащенко Ю. М., Кордін О. І., Скринник Я. Т., 2007; Skrypchuk P., Zat'ko J., 2019).*

Дослідження, проведені в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН та інших наукових установах, показали, що найбільше винесення поживних речовин із ґрунту для формування врожайності зерна та листостеблової маси спостерігалося у середньостиглих гібридів кукурудзи, найменше – у середньоранніх. Внесення добрив збільшувало цей показник у 1,5 разів. Що цікаво: найбільше використовувався азот (44%), потім калій (30–31), а найменше – фосфор (25–26%) *(Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкін О. Ю., 2009; Якунін О. П., Котченко М. В., 2007; Вожегова Р. А. та ін., 2012).*

Застосування добрив – ефективний, а іноді і вирішальний фактор. Адже після них не лише збільшується врожайність, а й поліпшується якість зерна кукурудзи. Завдяки їм можна змінювати процеси обміну речовин і сприяти активнішому накопиченню в рослинах корисних речовин: білків, жирів, вуглеводів тощо. Покращення якості зерна кукурудзи має бути спрямоване передусім на підвищення вмісту в ньому білка. Цього можна досягти збільшенням азотного живлення рослин *(Якунін О. П., Заверталюк В. Ф., 2002).*

Потреба кукурудзи в основних елементах живлення у різних зонах України неоднакова та істотно залежить від ґрунтових умов, агротехніки та низки інших чинників *(Пономаренко С. П., 2001; Якунін О. П., Заверталюк В. Ф., 2001; Заверталюк В. Ф., 2001).*

Кукурудза використовує поживні речовини упродовж всього періоду вегетації – майже до настання фази воскової стиглості зерна *(Ямковий В., 2015).* Поза тим, рослини в онтогенезі змінюють свою потребу в NPK по фазах розвитку. Так, найінтенсивніше їх поглинання спостерігається в період швидкого росту за порівняно короткий проміжок часу: від початку викидання суцвіть до цвітіння *(Санін Ю. В., 2014)*.

Відповідно, одноразовим внесенням однієї навіть найоптимальнішої, за всіма параметрами дози добрив, неможливо забезпечити рослини необхідними мікроелементами у вегетацію. З огляду на це, способи застосування добрив повинні передбачати не тільки їх основне внесення, а і (рівноправно) інші елементи системи удобрення, а саме: інкрустацію насіння мікроелементами *(Мазур В. А., Шевченко Н. В., 2017)*. А якщо ж результати ґрунтової та рослинної діагностики підтверджують необхідність проведення додаткових елементів системи удобрення, то в такому разі не можна ігнорувати кореневі та позакореневі підживлення. Їх необхідно проводити у надважливі критичні фази розвитку (коли рослина використовує найбільшу кількість поживних речовин) і в найвідповідальніші періоди онтогенезу *(Коваленко О., Полянчиков С., Ковбель А., 2015)*. Це передумова для отримання запланованих урожаїв.

А ось і час розповісти про КАС – карбамідно-аміачну суміш, яка є одним із найкращих добрив для будь-якої сільськогосподарської культури, адже містить всі три форми азоту, необхідні рослинам (нітратну, амонійну та амідну) у максимально доступній формі. Існують три промислових види цього добрива: КАС-28, КАС-30 та КАС-32, що відрізняються масовою часткою загального азоту у відсотках (відповідно 28%, 30% та 32%) *(КАС 32. Режим доступу до ресурсу: https://superagronom.com /dobriva-kompleksni/kas-32-id18058).*

Також серед переваг КАС, порівняно з іншими добривами, низька собівартість його внесення та висока технологічність. Підживлення ним культур дозволяє рівномірніше (порівняно з твердими добривами) розподілити діючу речовину по площі посіву. Крім того, його внесення можна поєднати з додаванням ЗЗР та мікродобрив, що також скорочує витрати на догляд за посівами.

Кукурудза добре реагує на використання КАС як основного добрива та підживлення. Його додають під оранку або під культивацію у нормі 2 ц/га (60 кг/га діючої речовини) з обов'язковою заробкою в ґрунт. Пролонгований азот зі складу КАС стане доступним для кукурудзи на момент появи її сходів, а швидкий – дозволить уникнути можливої появи дефіциту надалі.

1.3. Формування урожайності та якості зерна кукурудзи залежно від позакореневого підживлення посівів

Збільшення валових зборів зерна кукурудзи було і залишається пріоритетним завданням аграрного виробництва України *(Лавриненко Ю. О. та ін., 2011; Маслак О., 2013).* Для нашої країни кукурудза є експортно орієнтованою культурою. Ситуація на світовому ринку сприяє збільшенню її виробництва вітчизняними аграріями. Останніми роками в Україні спостерігається тенденція до розширення площ під цією культурою *(Квітко Г., 2013; Лебідь Л., 2013; Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно, 2012*; *Надь Янош, 2012; Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., 2006).*

Зважаючи на це, постає необхідність не тільки в розширенні площ під качанистою, а й у збільшенні її врожайності. Реалізація генетичного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи вимагає розробки окремих елементів технології вирощування, залежно від біологічних особливостей рослин, макро- й мікровпливу природних умов, економічних, енергетичних та екологічних чинників. Вирощування високих, стабільних і якісних врожаїв кукурудзи в умовах півдня України можливо лише на зрошуваних землях, за оптимального сполучення факторів впливу на продукційні процеси рослин.

Багаторічними дослідженнями встановлено, що найефективнішими заходами впливу на рівень зернової продуктивності гібридів кукурудзи є застосування зрошення, мінеральних добрив, мікродобрив та стимуляторів росту рослин *(Надь Янош, 2012; Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., 2006; Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А., 2001; Науково-методичні рекомендації, 2012; Барчукова А., 2013; Лісовал А. П., Макаренко В. М., Кравченко С. М., 2002).*

Прискорене і стійке наростання виробництва зерна – основне завдання сільського господарства. У його вирішенні важлива роль належить кукурудзі, як одній із найпродуктивніших культур всебічного використання. Для успішного виконання завдань зі збільшення виробництва зерна, а також надання надійної стабільності зерновому виробництву, надважлива збалансована система удобрення, зокрема і застосування мікродобрив *(Циков В. С., Рибка В. С., Альохін В. І., 1999).*

Мікродобрива є важливим резервом підвищення врожайності та якості зерна кукурудзи. Як відомо, найкращий спосіб забезпечення рослин мікроелементами – позакореневе підживлення, насамперед у фази інтенсивного росту і розвитку. Саме тоді елементи живлення засвоюються рослиною у великих кількостях, адже коренева система не завжди здатна засвоїти їх у необхідному обсязі. У стресових ситуаціях (посуха, низькі температури тощо) позакореневе підживлення – чи не єдиний спосіб забезпечення рослин деякими елементами живлення, зокрема мікроелементами.

Кукурудза володіє високим потенціалом урожайності. Одним із факторів його реалізації є збалансоване мінеральне живлення рослин *(Міленко О. Г., 2015).* Однак, загальноприйняті системи удобрення кукурудзи передбачають внесення високих доз добрив безпосередньо в ґрунт *(Вожегова Р. А., Влащук А. М., Дробіт О. С., 2018).* За даними наукових рекомендацій, тільки 25–70% поживних речовин, внесених із мінеральними добривами у ґрунт, спроможні засвоюватись польовими культурами. Поживні речовини, які потрапляють на листки рослин у розчиненому стані, можуть засвоюватися з ефективністю понад 80% *(Міленко О. Г., Вишняк Л. В., 2019).*

Тож, останнім часом у технологіях вирощування польових культур все більше надається увага саме позакореневому підживленню посівів упродовж вегетації рослин *(Шпаар Д., Гінапп К., Каленська С., 2009; Скринник Я. Т., 2010; Петриченко В. П., 2019).*

Кукурудза добре реагує на підживлення КАС у такі періоди, як: *(https://growex.ua/ua/blog/vnesenie-kas-pod-kukuruzu):* фаза 3–5 листків, коли відбувається активний розвиток репродуктивної системи. У разі, якщо в цей період в ґрунті спостерігається дефіцит азоту, потрібно вносити КАС у нормі 1 ц/га (30 кг/га діючої речовини), за умов достатнього зволоження ґрунту;

- від появи 9–10 листків до повного викидання волоті спостерігається інтенсивне наростання вегетативної маси кукурудзи. Тому азот необхідний першочергово. Його нестача спричиняє критичне голодування, внаслідок чого може значно зменшитись урожайність кукурудзи. В цей період також можливе внесення 1 ц/га КАС.

При підживленні кукурудзи з використанням КАС необхідно пам’ятати такі аспекти:

- якщо температура повітря перевищує +20 °С, то КАС вносять лише у вечірні або ранкові (за відсутності роси) години;
- оптимальний рівень pH ґрунтового розчину для спрацьовування КАС повинен становити 8–9;

- внесення КАС відразу після опадів або за сильної роси може призвести до хімічних опіків кукурудзи, адже через високу вологість повітря структура листя більш проникна;

- по листу КАС необхідно вносити з використанням спеціальних дрібнодисперсних розпилювачів, щоб добриво не затримувалось на листі, оскільки це також може зумовити появу хімічних опіків на ньому.

Одним із визначальних аспектів одержання високих врожаїв кукурудзи (при чіткому дотриманні та своєчасному виконанні регламенту технологічних прийомів) є добір гібридів кукурудзи різних груп стиглості, високого потенціалу врожайності та підвищеної адаптивності до несприятливих абіотичних факторів певної зони вирощування *(Лавриненко Ю. О., В. Г. Найдьонов, 2007; Дзюбецький Б. В., Рибка В. С., Черчель В. Ю. та ін., 2007, Шелепов В. В. та ін., 2006).*

Вирощування районованих гібридів спричиняє максимальну реалізацію їх генетичного потенціалу продуктивності. Використання для сівби високоякісного гібридного насіння підвищує продуктивність гектара на 50–80% *(Дзюбецький Б. В. та ін., 2007; Серіков В. О., 2008; Мокрієнко В. А., 2009)*. При вирощуванні високих і сталих врожаїв сільгоспкультур, поряд з макроелементами (N, P, K, Ca, Mg, S), важливе значення в живленні рослин встановлене ще для чотирнадцяти елементів. Так, надважливі шість поміж них – B, Mn, Cu, Zn, Co, Mo. Через те, що їх вміст у рослинах і ґрунтах досить малий (0,01–0,001% на суху речовину), вони називаються мікроелементами *(Мокрієнко В. А., 2009; Санін Ю. В., Санін В. А , 2012; Пащенко Ю. М., Кордін О. І., Скринник Я. Т., 2007).* Позитивна дія мікроелементів на рослини зумовлена тим, що вони беруть участь в окислювально-відновлювальних процесах вуглеводів навколишнього середовища, забезпечують живлення і захист сходів від несприятливих погодних чинників, активізують і підтримують фотосинтез та азотфіксацію. Також підвищують ефективність макродобрив, створюють антистресовий ефект від застосування пестицидів, збільшуючи кількість і якість урожаю.

Оптимальне живлення забезпечує приріст врожайності на 15–20% *(Санін Ю. В., Санін В. А., 2012; Коваленко О., Ковбель А., 2013; Булигін С. Ю. та ін., 2000; Б.*

С. Носко Б. С. Та ін., 1999; Труфанов О., 2013). У 80-х роках минулого століття основним джерелом відновлення мікроелементів були органічні добрива. Нині їх внесення дуже скоротилось через занепад тваринницької галузі. Тому, на сьогодні пекуче питання дефіциту мікроелементів у ґрунті. Головний шлях вирішення цієї проблеми – застосування мікродобрив *(Носко Б. С., та ін., 1999; Труфанов О., 2013; Санін Ю. В., 2010; Мерленко І. М. та ін., 2004).*

За даними Гудзя В. П. *(Гудзь В. П., 1995)*, внесення під кукурудзу 20 т/га гною підвищує врожайність зерна на 2,5–5 ц/га. Зважаючи на те, що кукурудза досить ефективно використовує добрива, внесені під попередні культури сівозміни, її можна вирощувати після озимої пшениці, розміщеної по угноєному пару. Під кукурудзу доцільно застосовувати сирий пташиний послід у нормі 7,5–10 т/га, який за результативністю в цій зоні дорівнює 20 т/га напівперепрілому гною.

Вченими доведено, що зернова кукурудза чутлива до мікроелементів. Тож, їх застосування (можлива навіть передпосівна обробка насіння) неодмінно потрібне при вирощуванні культури. Не буде також зайвим обробляти посіви упродовж вегетації, використовуючи позакореневі листкові підживлення. Цікавий факт, що у процесі росту та розвитку рослини кукурудзи поглинають 800 г/га марганцю, 350 г/га цинку, 70 г/га бору, 50–60 г/га міді. Вони надчутливі до нестачі цинку, середньо чутливі на нестачу бору і міді, а на лужних ґрунтах – до марганцю *(Труфанов О., 2013; Санін Ю. В., 2010; Циков В. С. та ін., 2016).*

Аналітичні дані свідчать, що серед високоефективних і найменш витратних розробок вітчизняної аграрної науки за останні роки вагоме місце належить впровадженню вітчизняних регуляторів росту рослин. За результатами досліджень науково-виробничої перевірки, витрати на їх придбання і впровадження окупаються приростами урожаїв у сотні разів *(Мерленко І. М. та ін., 2004; Калінін Ф. Л., 1989; Рудишин С. Д., 1998; Пономаренко С. П., 1998; Пономаренко С. П., 2009).*

Фізіологічний ефект від використання регуляторів росту та мікродобрив полягає в покращенні процесів життєдіяльності, а саме у поліпшеному поглинанні поживних речовин, посиленні процесів фотосинтезу. Все це сприяє підвищенню

врожайності та дає можливість рослині максимально використати свій потенціал *(Мусатенко Л. І., 2009; Шпаар Д. та ін., 2009; Таран та ін., 2004; Загорулько Ю. П., Волна Э. П., 1995; Бублик Л. І. та ін., 2007)*. Застосування регуляторів росту – новий і перспективний напрям сільського господарства. Неабияк цінується на посівах самозапилених ліній кукурудзи, які внаслідок морфобіологічних особливостей відрізняються низькою енергією проростання, слабким стартовим ростом, чутливістю до уражень шкідниками та фітоінфекціями *(Анішин Л. А., Пономаренко С. П. Грицаєнко З. М., 2011; Загорулько Ю. П., Волна Э. П., 1995; Шпаар Д. та ін., 2009)*.

Висновки до розділу 1.

Вивчення та систематизація наукових джерел вітчизняних та зарубіжних вчених з даної проблеми дозволили зробити висновок щодо актуальності теми дисертації та доцільності досліджень особливостей росту, розвитку та формування продуктивності кукурудзи. Таким чином, встановлено тривалість вегетаційного та міжфазних періодів онтогенезу рослин кукурудзи. Названо дати настання фенологічних фаз, описано тривалість вегетаційного періоду та особливості формування лінійного росту рослин і асиміляційної поверхні посівів, залежно від виду азотних добрив та позакореневих підживлень. Обґрунтовано особливості росту й розвитку рослин гібридів кукурудзи ЕС Астероїд та ЕС Конкорд, зважаючи на вид азотних добрив, позакореневі підживлення посівів та погодні умови років досліджень. Розглянуто ефективність впливу азотних добрив на величину показників площі листкової поверхні. Пояснено вплив виду мінеральних азотних добрив. Встановлено фенологічну фазу і кратність позакореневих підживлень посівів кукурудзи добривом Гумілін Стимул на формування урожайності.

РОЗДІЛ 2
УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови регіону та метеорологічні чинники вегетаційних періодів кукурудзи в роки проведення досліджень

Наукові дослідження проводилися впродовж 2019–2021 років у польовій сівозміні ФГ “Богатирівське”, розташованому в Роменському районі Сумської області, що належить до північної частини Лівобережного Лісостепу.

Фермерське господарство займає площу 98 га, зокрема кукурудзи – 82 га. Спеціалізується на вирощуванні зернових і технічних культур. В структурі посівних площ велику частку займають посіви кукурудзи, незначну – соняшник і соя.

За рельєфом дослідне поле знаходиться на рівнині. Клімат та місцевість цілком придатні для вирощування сільськогосподарських культур та кукурудзи зокрема.

Ґрунт дослідної ділянки – легкосуглинковий темно-сірий опідзолений, з крупнопилуватою структурою. Поєднує в собі ознаки як дерново-підзолистих, так і чорноземів. Підзолистість зумовлена наявністю у верхній частині ґрунтового покриву ілювіального горизонту, а також рясної борошнистої крем’янкової присипки.

Ці ґрунти менш опідзолені, ніж сірі та ясно-сірі. Вміст гумусу 3,2%, азоту (за Тюріним–Кононовою) – 46,3 мг/кг, рухомих форм фосфору та калію (за Чиріковим) – 74,8 і 59,3 мг/кг ґрунту відповідно.

Агрохімічна оцінка ґрунту дорівнює 70 балів. Провівши заходи з підвищення родючості та дотримуючись правильної агротехніки на даних ґрунтах, можна очікувати на високий рівень врожайності кукурудзи.

Кліматичні умови регіону та метеорологічні чинники вегетаційних періодів кукурудзи в роки проведення досліджень.

На території Сумської області переважає помірно-континентальний клімат. За даними гідрометеорологічної станції м. Ромни Сумського обласного центру з гідрометеорології, середня температура липня складає +19 °С, а січня мінус 6 °С. Річна кількість опадів коливається в межах 520–590 мм, більша частина яких (а саме 80%) випадає в теплий період. За своїм розташуванням територія області перебуває у сфері впливу сибірського антициклону, якому притаманні сухі, холодні континентальні повітряні маси, а також насичені вологою атлантичні маси. Повітряні маси з Арктики і Середземномор'я також дуже впливають на клімат Сумщини.

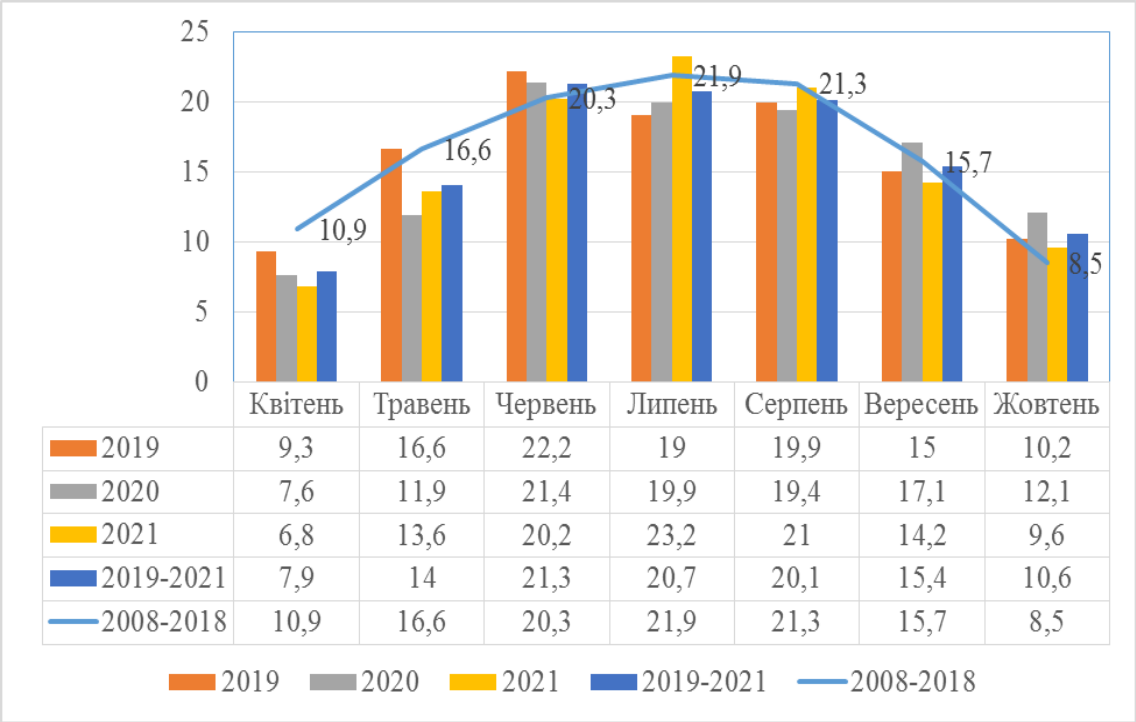
Із західного та північно-західного напрямку в літню пору переважають вологі вітри. Середні амплітуди коливань температури протягом року не сягають більше 26 °С. Під впливом повітряних континентальних мас спостерігається підвищення температури влітку до 36 °С, взимку в окремі дні до -27 °С.

Найчастіше у другій декаді березня відбувається перехід добової температури через 0 °С, що свідчить про настання весни, яка триває близько двох місяців. Найкраще її можна описати двома показниками: сходить сніговий покрив, тане сніг, триває перехід до незмінних плюсових температур. Стійкий перехід до температури 5 °С спостерігається в першій декаді квітня, а до 10 °С – в третій декаді квітня. Літо в цьому регіоні розпочинається з першої половини травня і завершується наприкінці другої половини вересня. Здебільшого саме в цей період випадають зливові опади.

Осінь починається зниженням температури повітря. З'являються заморозки, зменшується кількість опадів. Характерною ознакою є повернення теплої погоди. Коли відбувається перехід температури нижче 0 °С – закінчується осінь. Зазвичай цей період припадає на початок – середину листопада. Взимку погода нестійка: тривалі відлиги, неодноразово утворюється та сходить сніговий покрив. Протягом зими часто температура піднімається вище 10 °С.

Загалом клімат Сумщини сприятливий для вирощування більшості сільськогосподарських культур. На території спостерігається рання весна, вологе і

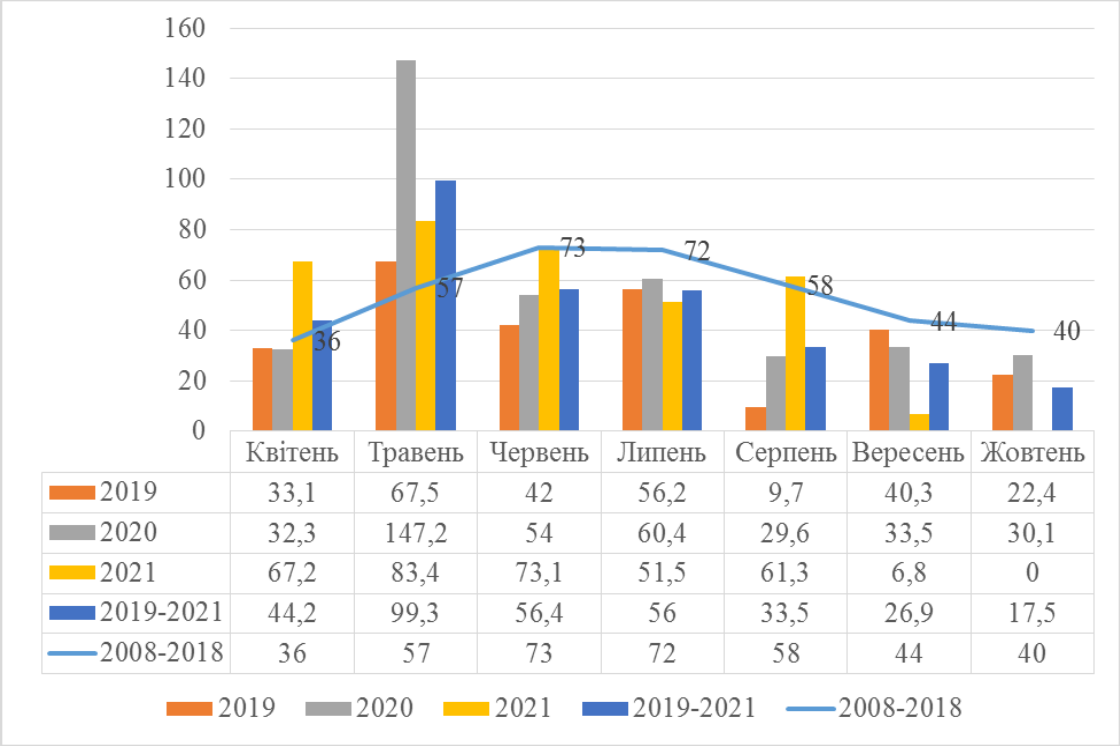
тепле літо. Осінь – суха, з помірними температурами, без снігового покриву (рис. 2.1–2.2). Все це позитивно впливає на ріст і розвиток кукурудзи.



2019	-0,63	02	1,8	-1,0	-0,5	-0,1	0,6
2020	-2,3	-1,7	0,06	-0,6	-0,9	-0,4	1,1
2021	-2,9	-1,1	-0,01	0,9	1,0	1,8	2,5

Рис. 2.1. Середньодобові температури повітря та коефіцієнти суттєвості відхилення в роки проведення дослідження, від багаторічних даних (за даними Сумського обласного центру з гідрометеорології)

2020 рік та вегетаційний період кукурудзи супроводжувалися оптимальними метеорологічними показниками, з достатньою кількістю опадів та сумою активних температур, що відмінно позначилося на продуктивності кукурудзи. В період цвітіння та формування початків кукурудзи дощило. Це сприяло формуванню повноцінного зерна та виповненості початків (виняток – серпень).



2019	-0,1	7,4	-1,9	-3,6	-1,9	-0,2	-1,1
2020	-0,2	0,8	-1,2	-2,6	-1,09	-0,6	-0,6
2021	1,5	2,1	0,06	-4,7	-0,1	-2,1	-2,5

Рис. 2.2. Середньомісячні опади та коефіцієнти суттєвості відхилень від багаторічних даних

(за даними Сумського обласного центру з гідрометеорології)

Рівень коефіцієнтів суттєвості відхилень відповідає градації:

Кс = 0,1 – умови близькі до звичайних;

Кс = 1,2 – умови значно відрізняються від середніх багаторічних;

Кс > 2 – умови наближені до рідкісних.

Розрахований нами гідротермічний коефіцієнт описує рівень вологозабезпечення і розраховується як відношення суми опадів (r) у міліметрах за період з середньодобовими температурами повітря вище 10 °С до суми температур (∑t) за той же час, зменшеної вдесятеро. Відомо, що при ГТК понад 1 вологозабезпеченість є достатньою, від 0,4 до 0,5 – сильна посуха; 0,6 до 0,7 –

середня посуха; 0,8 до 0,9 – слабка посуха; 1,0 до 1,5 – достатньо волого та ГТК > 1,5 – надмірно волого (табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

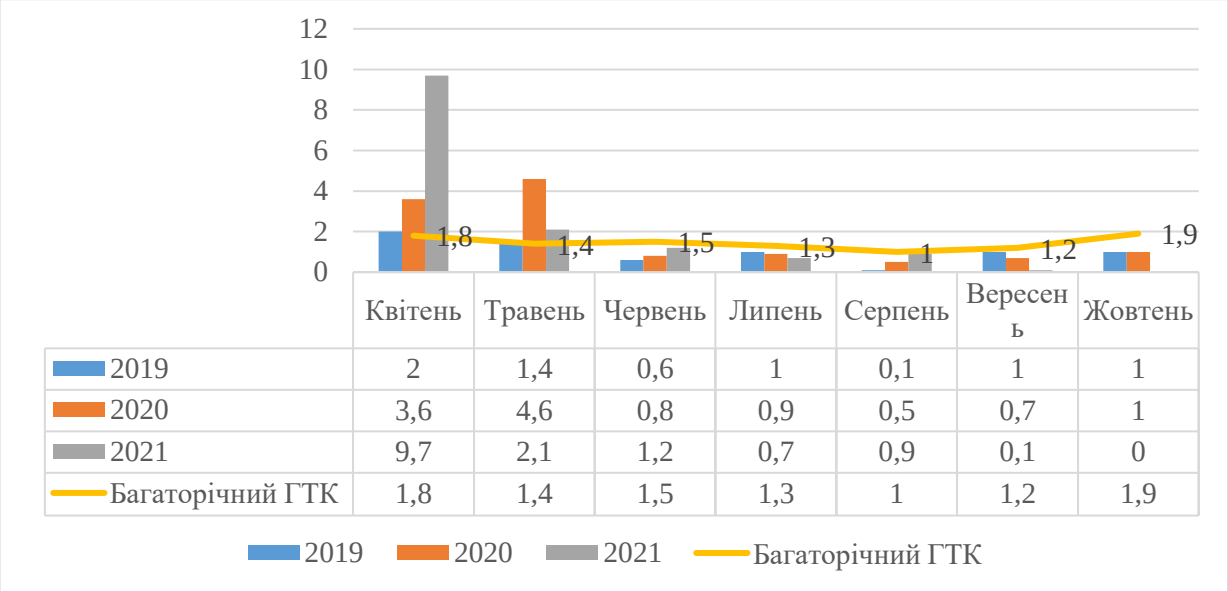
Гідротермічний коефіцієнт за вегетаційний період кукурудзи у роки проведених досліджень (за даними Сумського обласного центру з гідрометеорології), середнє за 2019–2021 рр.

Місяць	ГТК за місяцями, роки			Багаторічний ГТК	Відхилення від багаторічного ГТК, роки		
	2019	2020	2021		2019	2020	2021
Квітень	2,0	3,6	9,7	1,8	0,2	1,8	7,9
Травень	1,4	4,6	2,1	1,4	0	3,2	0,7
Червень	0,6	0,8	1,2	1,5	-0,9	-0,7	-0,3
Липень	1,0	0,9	0,7	1,3	-0,3	-0,4	-0,6
Серпень	0,1	0,5	0,9	1,0	-0,9	-0,5	-0,1
Вересень	1,0	0,7	0,1	1,2	-0,2	-0,5	-1,1
Жовтень	1,0	1,0	0	1,9	-0,9	-0,9	-1,9
За вегетацію	0,7	1,2	0,7	1,2	-0,5	0	-0,5

Примітка. ГТК: < 0,4 – дуже сильна посуха; 0,4–0,5 – сильна посуха; 0,6–0,7 – середня посуха; 0,8–0,9 – слабка посуха; 1,0–1,5 – достатньо волого; > 1,5 – надмірно волого.

2019 рік вирізнявся достатнім надходженням опадів. ГТК за місяцями вегетації становив: 1,4 у травні, 1,0 – липні, серпні, жовтні та 2,0 – у квітні. Досить нестійким за рівнем зволоження був 2020 рік. Надмірно вологими виявилися квітень та травень – 3,6 та 4,6. Розрахований нами ГТК у червні становив 0,8, липні – 0,9; серпні – 0,5 та у вересні 0,7 відповідно.

Так, ГТК за червень 2019 року складав 0,6, за серпень 2019-го – 0,1, що відповідає рангу посушливого рівня вологозабезпечення.



	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень
2019	2	1,4	0,6	1	0,1	1	1
2020	3,6	4,6	0,8	0,9	0,5	0,7	1
2021	9,7	2,1	1,2	0,7	0,9	0,1	0
Багаторічний ГТК	1,8	1,4	1,5	1,3	1	1,2	1,9

Примітка. ГТК < 0,4 – дуже сильна посуха,
ГТК від 0,4 до 0,5 – сильна посуха,
ГТК від 0,6 до 0,7 – середня посуха,
ГТК від 0,8 до 0,9 – слабка посуха,
ГТК від 1,0 до 1,5 – достатньо волого,
ГТК > 1,5 – надмірно волого.

Більшість місяців вегетаційного періоду кукурудзи за кількістю опадів були типовими та близькими до типових (табл. 2.4).

Проте 2019-му, порівняно з двома наступними роками, бракувало опадів у окремі періоди вегетації. Аналізуючи період вегетації кукурудзи в Лівобережному Лісостепу України, варто зазначити, що в окремі роки (особливо 2019-й) були зафіксовані середньосухі періоди. А це невластиве північній частині Лівобережного Лісостепу.

Щодо показника вологозабезпечення, то сумарна кількість опадів загалом достатня для нормального росту і розвитку рослин. Втім, останніми роками спостерігається тенденція до зменшення кількості опадів у даному регіоні. Так, це чітко простежується 2019 року в червні, липні, та надто – в серпні, де середньомісячна кількість опадів становила відповідно: 42,0; 56,2 та 9,7 мм, тимчасом як середня багаторічна – 73,1; 51,5 та 61,3 мм.

Таблиця 2.4.

Кількість опадів за вегетаційний період кукурудзи у роки проведення досліджень (за даними Сумського обласного центру з гідрометеорології)

середнє за 2019–2021 рр.

Місяць	Середня місячна кількість опадів, мм, роки			Середня багаторічна кількість опадів, мм,	Відхилення від середньої кількості опадів, мм, роки		
	2019	2020	2021		2019	2020	2021
Квітень	33,1	32,3	67,2	36,0	-2,9	-3,7	31,2
Травень	67,5	147,2	83,4	57,0	10,5	90,2	26,4
Червень	42,0	54,0	73,1	73,0	-31	-19	0,1
Липень	56,2	60,4	51,5	72,0	-15,8	-11,6	-20,5
Серпень	9,7	29,6	61,3	58,0	-48,3	-28,4	3,3
Вересень	40,3	33,5	6,8	44,0	-3,7	-10,5	-37,2
Жовтень	22,4	30,1	0	40,0	-17,6	-9,9	-40
За вегетацію	271,2	387,1	343,3	380,0	-108,8	7,1	-36,7

Сумарна кількість опадів за вегетацію кукурудзи у 2019 році становила 271,2 мм, що на 108,8 мм менше середньобагаторічної. Своєю чергою це не могло не вплинути на величину врожайності. Роки досліджень 2020 та 2021 були близькими до типових, із незначним відхиленням від середньобагаторічних показників (+7,1 та – 36,7 мм) відповідно.

Опрацьовані показники середньомісячної температури повітря за вегетаційний період кукурудзи (табл. 2.5) показали, що величина температури незначно різнилася за роками, порівняно з середньобагаторічною. Однак, за дефіциту вологи у літні місяці це впливало на рівні урожайності.

Розглядаючи дані максимальних та мінімальних температур, наведені в додатку Б, варто відзначити загальну тенденцію до зростання температури (як в Україні, так і в світі). Для кукурудзи існує один відповідальний період – це

фенологічна фаза цвітіння. Упродовж неї високі температури здатні спричинити неповне запліднення квітки і прояв явища череззерниці. Найвищі максимальні температури нами було зафіксовано у другій декаді липня 2021 року (31,29 ^{0}C).

Таблиця 2.5.

Температурні показники за вегетаційний період кукурудзи у роки проведення досліджень (за даними Сумського обласного центру з гідрометеорології) середнє за 2019–2021 рр.

Місяць	Середня місячна температура повітря, ^{0}C, роки			Середня багаторічна температура, ^{0}C	Відхилення від середньої багаторічної температури повітря, ^{0}C, роки		
	2019	2020	2021		2019	2020	2021
Квітень	9,3	7,6	6,8	10,0	-0,7	-2,4	-3,2
Травень	16,6	11,9	13,6	16,0	0,6	-4,1	-2,4
Червень	22,2	21,4	20,2	20,2	2,0	1,2	0
Липень	19,0	19,9	23,2	21,7	-2,7	-1,8	1,5
Серпень	19,9	19,4	21,0	21,1	-1,2	-1,7	-0,1
Вересень	15,0	17,1	14,2	15,7	-0,7	1,4	-1,5
Жовтень	10,2	12,1	9,6	8,5	1,7	3,6	1,1
За вегетацію	16,0	15,6	15,5	16,1	-0,1	-0,5	-0,6

Розрахунок ГТК за середньомісячними даними (додаток Б1) в період вегетації кукурудзи показує, що роки досліджень володіли своїми характеристиками суми опадів, середньомісячних температур повітря та суми активних температур, і, таким чином, величина ГТК була різною за місяцями років досліджень.

2.2. Програма та методика проведення досліджень

Для встановлення ефективності та обґрунтування впливу видів азотних добрив на урожайність гібридів кукурудзи середньостиглої групи та показники якості зерна закладався двофакторний дослід, схема якого представлена в табл. 2.6.

Таблиця 2.6.

Схема досліду 1

Фактор А. Гібрид		Фактор В. Добрива		
Позначення варіанта	Гібрид	Позначення варіанта	Норма, кг/га д. р.	Добриво
А-1	ЕС Конкорд	В-1	Контроль (без добрив)	
А-2	ЕС Астероїд	В-2	$N_{22}P_{57}K_{57}$ – фон (Ф)	Діамофоска
		В-3	Ф + N_{120}	Аміачна вода
		В-4	Ф + N_{120}	КАС
		В-5	Ф + N_{120}	Карбамід

Схема досліду 2

(позакореневі підживлення посівів комплексним добривом Гумілін Стимул)

Фактор А. Вид фонового добрива [1]		Фактор В. Підживлення добривом Гумілін Стимул		
Позначення варіанта	Добриво	Позначення варіанта	Мікростадія, шкала ВВСН, фенологічна фаза	
А-1	$N_{22}P_{57}K_{57}$ –фон (Ф) – К	В1-К	–	–
А-2	Ф + аміачна вода	В-2	15–17	5-7 лист.
		В-3	17–19	7-9 лист.
		В-4	15–17 і 17–19	5-7 та 7-9 лист.
А-3	Ф + КАС	В-5	15–17	5-7 лист.
		В-6	17–19	7-9 лист.
		В-7	15–17 і 17–19	5-7 та 7-9 лист.
А-4	Ф + карбамід	В-8	15–17	5-7 лист.
		В-9	17–19	7-9 лист.
		В-10	15–17 і 17–19	5-7 та 7-9 лист.

Розміщення ділянок – рендомізоване, за чотириразової повторності. Площа облікової ділянки – 50 м^2. Статистичну обробку даних польових дослідів, зокрема врожайності, проводили використовуючи програмний пакет SAS 9.4, розроблений Університетом штату Північна Кароліна, США. Дисперсійний аналіз виконували за системою оцінювання, ранговим критерієм Дункана *(Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін., 2021).*

Методика проведення досліджень

Упродовж періоду виконання досліджень здійснювалися такі обліки та спостереження:

1. Розрахунки *суми накопичення теплових одиниць* відповідно до методики Brown and Bootsma *(Brown D. M., Bootsma A., 1993)*. Так, спочатку розраховується кількість теплових одиниць за день (Y_{max}):

$$Y_{max} = 3{,}33 \times (T_{max} - 10) - 0{,}084 \times (T_{max} - 10{,}0)^2 \quad (2.1)$$

якщо: $T_{max} < 10$, то $Y_{max} = 0{,}0$

Наступним кроком є розрахунок кількості теплових одиниць, накопичених уночі:

$$Y_{min} = 1{,}8 \times (T_{min} - 4{,}44) \quad (2.2)$$

за умови, що $T_{min} < 4{,}44$, то $Y_{min} = 0{,}0$

Після підрахунку теплових одиниць, які накопичуються за день (Y_{max}) та за ніч (Y_{min}), розраховується накопичення теплових одиниць за добу:

$$CHU = (Y\ max + Y\ min) / 2{,}0 \quad (2.3)$$

2. *Фенологічні спостереження за ростом та розвитком рослин у період вегетації.* Відмічали дати настання фаз розвитку: сходи, викидання волотей, цвітіння волоті та качанів, молочний стан, воскову та повну стиглість зерна. Фазу поодиноких сходів та інші фази фіксували за настання їх у 10–15% рослин, а повну фазу – у 75 і більше відсотків рослин *(“МЕТОДИКА державної науково-технічної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні”, 2021).*

3. *Вимірювання висоти рослин та прикріплення нижнього качана* виконували в двох несуміжних повтореннях по варіантах досліду. В 5 місцях по 5 рослин

(всього 25 рослин на варіанті досліду). Користувалися мірною лінійкою від поверхні ґрунту до верхівки найдовшого (витягнутого) листка, у фазу цвітіння – від поверхні ґрунту до верхівки волоті.

4. *Вимірювання площі листкової поверхні* проводилося у всіх варіантах досліду на двох несуміжних повтореннях. Фази: фенологічна (6–8 листків) і до настання воскової стиглості. Площу листкової поверхні встановлювали лінійним методом. Розраховували за формулою (2.4):

$$S = k \times l \times n \qquad (2.4)$$

де S – площа листка, см^2; k – середній поправочний коефіцієнт, дорівнює 0,75; l – довжина листка, см; n – ширина листка у найширшому місці, см.

5. *Розрахунки структури врожаю.* Виконували за відібраними зразками по кожному варіанту в двох несуміжних повтореннях шляхом розбирання проб: визначали масу качана, кількість зерен та масу зерна з нього *(Рожков А. О. та ін., 2016).*

6. *Визначення маси 1000 зерен.* Відбувалося згідно методики. Відбирались дві проби по 500 зерен. Зважувались на лабораторній вагах з подальшим розрахунком згідно ДСТУ 4138-2002 *(ДСТУ 4138-2002, 2003).*

7. *Облік врожаю.* Здійснювали методом суцільного обмолочування зерна з кожної ділянки з наступним перерахунком на 100-відсоткову чистоту і 14-відсоткову базисну вологість *(Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур, 2001).*

8. *Статистична обробка отриманих даних* здійснювалася математично-статистичним методом встановлення достовірності результатів дослідження *(Рожков А. О. та ін., 2016).*

9. *Розрахунок економічної ефективність технології вирощування кукурудзи* визначали за технологічними картами і "Методичними вказівками визначення економічної оцінки вирощування сільськогосподарських культур за інтенсивними технологіями".

10. *Розрахунок економічної та енергетичної оцінки* проводили за технологічними картами і дотримувалися методичних рекомендацій Ю. О. Тараріко та ін. *(Тараріко Ю. О., Несмашная О. Є., Глущенко Л. Д., 2001).*

11. *Концентрацію* хлорофілу *а* та *б* в листках визначали спектрометричним методом.

При закладанні досліду, проведенні спостережень та досліджень керувалися загальноприйнятими методиками та науковими рекомендаціями.

У дослідах вирощувалися два гібриди: ЕС Астероїд (ФАО 290) та ЕС Конкорд (ФАО 250). Група стиглості: середньорання. Компанія-оригінатор: Євраліс, яка належить до "Золотої лінійки". Гібриди володіють високим рівнем урожайності та стабільності у виробництві.

Гібрид ЕС Астероїд, ФАО 290

ЕС Астероїд – зареєстрований і занесений в Державний реєстр сортів рослин України в 2016 році. Фірма позиціонує гібрид як стійкий до широкого спектру хвороб та несприятливих погодних умов. Досить урожайний. Висока енергія росту на ранніх етапах розвитку дозволяє своєчасно провести всі технологічні операції для нормального розвитку рослини.

Рекомендованою густотою стояння є кількість в 75–80 тис. шт. на 1 га за достатнього зволоження та 60–70 – за недостатнього. Гібрид чудово реагує на підвищений агрофон. Завдяки гарній компенсаційній здатності, збирається врожай вчасно, без зайвих витрат.

За сприятливих умов максимальна висота рослин становить 285–295 см. Висота кріплення нижнього качана 130 см, по 16–18 рядів у качані та 27–30 зерен в кожному ряду.

Гібрид ЕС Конкорд, ФАО 250

ЕС Конкорд – до Державного реєстру сортів рослин України занесений в 2016 році. Має високий потенціал врожайності. Чудово реагує на підвищений агрофон. Стійкий не лише до холодового стресу, а й до вилягання та багатьох хвороб. Володіє високою здатністю вологовіддачі. Рекомендована густота на період

збирання в посушливих умовах – 65–70 тис. шт. на 1 га, в умовах достатнього зволоження – 75–80 тис.

Максимальна висота рослин становить 275–285 см. Висота кріплення качана – 120 см. Кількість рядів у качані 14–16, по 28–30 зерен у ряду.

2.3. Агротехнічні заходи в дослідах

Попередником в досліді була кукурудза. Після її збору обробіток ґрунту розпочинався з лущення стерні. Дискування проводилося на глибину 8–10 см важкими дисками, аби якнайкраще подрібнити рослинні рештки і сформувати мульчуючий шар. Загортали насіння бур'янів у ґрунт, пошкоджуючи вегетативні органи, і, у такий спосіб, провокувалося їх проростання.

Перед основним обробітком, згідно схеми експерименту, на дослідні ділянки вносили добриво діамофоска (10:26:26) – фон (220 кг/га ф. в.). Внесення проводилося розкидачем Amazone ZA-M Limiter X 1001 з подальшою оранкою на глибину 30–35 см плугом Lemken Juwel 8M 5+1.

Кукурудзу висівали за прогрівання ґрунту на глибині заробляння насіння до 8^0 С: 2019 р. – 17 травня; 2020 р. – 28 квітня; 2021 р. – 23 квітня. Сівбу здійснювали сівалкою ELVORTI VESTA 8 на глибину 5 см з нормою висіву 75 тис. насінин на один гектар. Під передпосівний обробіток ґрунту вносили різні види азотних добрив відповідно до схеми досліду. Азотні добрива (аміачна вода, КАС 32, карбамід) додавалися в нормі N_{120} кг/га д. р. Щоб уберегти посіви від бур'янів, під час вегетації у фазу 4–6 листків вносився страховий гербіцид Апріорі компанії ADAMA.

Збирали врожай поділянково, шляхом суцільного обмолоту. Заздалегідь відбирали пробні зразки рослин для визначення біологічної врожайності та структури врожаю.

Опис добрив, використаних у досліді

Діамофоска (10:26:26) – комплексне високоефективне добриво у вигляді гранул. Вносилося лійкою перед оранкою. Гранули сірого кольору, неправильної форми. Азот в добриві перебуває в амонійній формі (NH_4). Містяться також гранульовані фосфати та калій. Всі елементи, з яких складається діамофоска, легкодоступні для рослини та розчинні у воді.

Весняні обробітки розпочалися закриттям вологи звичайними зубчастими боронами на глибину близько 5 см. Це сприяло збереженню вологи, якої після минулого вегетаційного сезону так бракувало.

Упродовж передпосівного обробітку проводилося закладання варіантів дослідів, за схемою, де були додані азотні добрива.

Карбамід вносився розкидачем Amazone ZA-M 1001 в нормі 260 кг/га ф.мв. (120 кг д. р.) і відразу був зароблений Farmet Kompaktomat 4м. Серед твердих азотних добрив карбамід – найконцентрованіший. Добре розчиняється у воді, з майже нейтральною реакцією. Утворюється при синтезі двох газів: CO_2 і NH_3, під тиском 180–200 атмосфер та за температури 185–200 ^{0}C. В ґрунті амідна форма трансформуючись переходить в аміачну, а згодом – і в нітратну. Даний процес повільний, саме тому дія пролонгована і азот засвоюється рослинами впродовж вегетації. Не відбувається нагромадження в ґрунтових водах та безпосередньо в рослині. Вимивання з ґрунту незначне, тому втрати азоту мінімальні.

КАС 32 в нормі 375 л/га (120 кг д. р.) був внесений перед проходом культиватора обприскувачем Богуслав ОП 2000. Обов’язковим заходом було швидке заробляння добрива в ґрунт для мінімізації втрат азоту.

КАС 32 (карбамідо-аміачна суміш) – це суміш водних розчинів аміачної селітри і карбаміду (в співвідношенні 35,4% карбаміду, 44,3% селітри, 19,4% води та 0,5% аміачної води). Щільність рідкого добрива до 1,34 кг/м^3. Цей вид добрива містить три форми азоту:

- *Нітратний азот.* Ця форма азоту сприяє зростанню, загальному розвитку і здоров’ю сільгоспкультур. Засвоюється майже миттєво, одразу проникаючи в кореневу систему;

- *Амонійний азот.* Рослинами не засвоюється, а накопичується в ґрунті, під дією тепла та різних мікроорганізмів. Унаслідок чого перетворюється в нітрат. Майже не вимивається, що надважливо для місцевостей, де вода залягає неглибоко. На початку весни його теж можна застосовувати без остраху, що все змиє тала вода;
- *Амідний азот.* Легко проникає через листя. Під теплими сонячними променями проходить подвійну трансформацію: в амонійний, а згодом –нітратний вид азоту. Це властивість дозволяє продовжити користь речовини для підгодівлі рослин.

Завдяки такій комбінації, КАС 32 вдало забезпечує рослини пролонгованим азотним живленням протягом вегетації. Суміш містить 50% амідної та по 25% аміачної та нітратної форми. Вони не інертні та не спричиняють втрат азоту. Тому його можна вносити поверхнево (як ми і зробили).

Аміачна вода додавалася культиватором NUTRI-PLACER в нормі 585 л/га (120 кг д. р.). Він виконував передпосівну культивацію з одночасним внесенням рідких добрив.

Аміачна вода – високоефективне добриво. Щодо впливу на врожайність не поступається твердим аміачно-нітратним добривам, а у посушливі роки навіть перевершує їх.

Це розчин технічного аміаку у воді, лужної реакції, в якому частка аміаку складає не менше 25%. Безбарвна або жовтувата рідина з різким запахом, що містить 20–21% азоту. Азот аміачної води краще утримується ґрунтом, ніж амонійний азот твердих добрив. Це дозволяє застосовувати аміачну воду упродовж основного обробітку ґрунту і за передпосівної культивації. До речі, корисна для підживлення просапних культур. Найкращий спосіб внесення в ґрунт – допосівний. Зважаючи на те, що аміачна вода є токсичною рідиною, здатною пошкодити слизову оболонку очей та дихальні шляхи, при роботі з нею необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки з небезпечними речовинами та охорони праці. Як вище зазначено, передпосівну культивацію на всіх варіантах, окрім 3-го (аміачна вода), проводили комбінованим агрегатом Kompaktomat FARMET на глибину 6–7 см.

Для підживлення посівів було використано комплексне водорозчинне добриво **Гумілін Стимул** (рис. 2.4). Додавалося при нормі 3 л/га у фенологічні фази 5–7, 7–9 та 5–7 і 7–9 листків (дворазове застосування). Його сировина – концентрат курячого посліду, для отримання якого застосовуються шнекові сепаратори. Технологічний процес відбувався за нормальної температури і тиску, що надважливо для збереження елементів природного комплексу високої біологічної активності. Отже, це добриво з високим та збалансованим вмістом елементів живлення, солей фульво- та гумінової кислоти, амінокислот та фітогормонів.

Рис. 2.4. Опис добрива Гумілін Стимул

Серед основних переваг:

- Повністю розчинний у воді;
- Не лише коригує живлення рослин (коефіцієнт використання елементів живлення становить близько 95%)…
- А і підвищує їх стійкість до стресів різного походження;
- Збільшує врожайність на 10–15%, поліпшуючи якісні показники;
- Широкий спектр культур, на яких можна застосовувати;

- Стимулює ріст та розвиток рослин;
- І, насамкінець, сумісний із ЗЗР, стимуляторами росту та мікроелементами.

Висновки до розділу 2

Формування урожайності та якості зерна кукурудзи, залежно від погодних та технологічних особливостей вирощування, недостатньо вивчене для регіону проведення наукового дослідження.

Обґрунтовані схеми двох дослідів, спрямованих на вирішення поставлених завдань та досягнення мети дисертації.

Проаналізовано метеорологічні умови Лівобережного Лісостепу України та вегетаційних періодів кукурудзи.

Встановлено, що умови регіону проведення досліджень загалом сприятливі для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи.

Також виявлено, що дослідні роки досить різняться за метеорологічними показниками. Так, 2019-й був зі значними відхиленнями за температурним режимом і вологозабезпеченням, що нетипово для даного регіону.

РОЗДІЛ 3

МОРФОФІЗІОЛОГІЧНІ ТА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

3.1. Продуктивність кукурудзи залежно від забезпечення тепловими одиницями та живлення різними видами азотних добрив

Серед завдань дисертації було встановлення ефективності застосування різних видів добрив у технологіях вирощування кукурудзи в Лівобережному Лісостепу України, залежно від погодних умов років проведення досліджень. Результати були обраховані з використанням програмного пакету SAS 9.4. Дисперсійний аналіз здійснювали системою оцінювання за ранговим критерієм Дункана.

Сума накопичених теплових одиниць за вегетаційний період об'єктивніше описує теплові ресурси території, порівняно із сумами позитивних, активних та ефективних температур. Це, зі свого боку, дозволяє точніше встановлювати оптимальні строки сівби та закінчення вегетації культури в умовах регіону проведення досліджень. Внесення азоту кількома прийомами оптимізує живлення рослин кукурудзи, забезпечуючи зростання показників індивідуальної продуктивності та врожайності зерна до 18,6%.

І справді: кукурудза чудово реагує на оптимізацію живлення рослин через підвищення продуктивності *(Chassot A., Stamp P., Richner W., 2001; Lopushniak V., 2011).*

Оптимізація живлення рослин тісно пов'язана зі збереженням родючості ґрунтів, мікробіологічного біорізноманіття та безпекою довкілля *(Yang L., Muhammad I., Chi Y. X. et al., 2022; Lopushniak V., 2015).*

Також встановлено, що за змінних кліматичних умов та технологій вирощування, адаптивність гібридів кукурудзи відіграє важливу роль *(Ruiz M. B., D'Andrea K. E., Otegui M. E., 2019; Kalenska S., Ryzhenko A., Novytska N. et al., 2020; Ross F., Matteo J. D., Cerrudo A., 2019).*

Генетичний прогрес за врожаєм зернових культур досягнуто переважно завдяки збільшенню індексу врожайності або збирального індексу. Останній – є важливим показником пристосування сортів та гібридів до місцевих умов *(Egli D. B., 2022; Chakwizira E., Teixeira E. I., de Ruiter J. M. et al., 2016).*

Кукурудза потребує підвищеного мінерального живлення. Причина: довготривалий вегетаційний період та здатність рослин засвоювати поживні речовини майже до самого завершення достигання зерна *(Drulis P., Kriaučiūnienė Z., Liakas V., 2022; Pierson W., 2013).*

Застосування добрив нового покоління з макро- та мікроелементним складом, нанодобрив та добрив пролонгованої дії забезпечує цільове використання рослинами елементів живлення *(Batsmanova L., Taran N., Konotop Y. et al., 2020; Balawejder M., Szostek M., Gorzelany J. et al.,2020; Novytska N., Gadzvsokiy G., Mazurenko B. et al.,2020).*

Підвищення врожайності кукурудзи перебуває в тісному корелятивному зв'язку з нормою азотних добрив, ефективність яких зростає за комбінованого застосування *(Shafi M., Bakht J., Ali S. et al., 2012; Paponov I. A., Engels C., 2003; Rossini M. A., Otegui M. E., Martínez E. L., Maddonni G. A., 2018).*

Результативність елементів живлення також тісно пов'язана з ґрунтовими умовами, вологозабезпеченням, тепловими ресурсами та розвитком кореневої системи *(Casali L., Herrera J. M., Rubio G., 2022; Zhoua B., Suna X., Wangb D. et al., 2019; Yan H., Li K., Ding H. et al., 2011).*

У сприятливі за погодними умовами роки чинники погоди та азоту об'єднуються, забезпечуючи високий рівень урожайності *(Trachsel S., San Vicente F. M., Suarez E. A. et al., 2015;Fernández M. C., Rubio G., 2015).*

Однак, у посушливі роки істотно обмежується реакція кукурудзи на застосування азоту. Так, за внесення відносно невеликих доз, в середньому за кілька років, урожайність основної продукції може зростати лише на 10%. Тимчасом як у роки зі сприятливими умовами вологозабезпечення приріст врожаю може сягати 50% і більше *(Khalili M., Naghavi M. R., Aboughadareh A. P., Rad H. N., 2013).*

Найбільше надходження макроелементів (42–81%) припадає на період активного нарощування вегетативної маси *(Neilson E. H., Edwards A. M., Blomstedt C. K. et al., 2015).*

Розрахунки *суми накопичення теплових одиниць* проводили відповідно до методики Brown and Bootsma *(Brown D. M., Bootsma A., 1993)*. Спочатку розраховується кількість теплових одиниць за день (Y_{max}):

$$Y_{max} = 3{,}33 \times (T_{max} - 10) - 0{,}084 \times (T_{max} - 10{,}0)^2 \quad (3.1)$$

якщо: $T_{max} < 10$, то $Y_{max} = 0{,}0$

Наступним кроком є розрахунок кількості теплових одиниць, накопичених вночі:

$$Y_{min} = 1{,}8 \times (T_{min} - 4{,}44) \quad (3.2)$$

за умови, що $T_{min} < 4{,}44$, то $Y_{min} = 0{,}0$

Підрахувавши теплові одиниці, накопичені за день (Y_{max}) та ніч (Y_{min}), розраховується накопичення теплових одиниць за добу:

$$CHU = (Y\ max + Y\ min) / 2{,}0. \quad (3.3.)$$

Сума накопичення теплових одиниць розраховується від сівби до повної стиглості культури.

Відповідність теплових ресурсів вимогам гібридів кукурудзи є критичною умовою реалізації генетичного потенціалу, формування урожайності та якості зерна.

Задля оцінювання умов вирощування гібридів кукурудзи, нами було проведено розрахунок накопичення теплових одиниць впродовж вегетаційного періоду росту та розвитку рослин. Особливість розрахунку суми теплових одиниць полягає в тому, що він ведеться для кожної доби і враховуються мінімальні та максимальні температури. Суми теплових одиниць об’єктивніше описують теплові ресурси конкретної території, порівняно з сумами активних і ефективних температур *(Каленська С. М., Риженко А. С., 2020, Каленська С. М., Говенько Р. В., 2022).*

Встановлено досить значну різницю за гідротермічними показниками років досліджень. Це дозволило неупереджено оцінити за врожайністю вивчені гібриди

та виявити їх реакцію на різні види азотних добрив за різноманітних погодних умов. Аналізуючи середньомісячні опади впродовж 2019–2021 років виявлено, що квітень (а надто – травень) характеризувалися надмірною кількістю опадів, яка перевищувала багаторічну їх кількість у регіоні і сприяла забезпеченню рослин вологою (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Середньомісячні опади та коефіцієнти суттєвості їх відхилення від багаторічних даних

Місяць	Багаторічні середньомісячні опади, мм (2008–2018)	Середньомісячні опади, мм				Гідротермічний коефіцієнт *		
		2019	2020	2021	2019–2021	2019	2020	2021
Квітень	36,0	33,1	32,3	67,2	44,2	2,0	3,6 9	9,7
Травень	57,0	67,5	147,2	83,4	99,3	1,4	4,6	2,1
Червень	73,0	42,0	54,0	73,1	56,4	0,6	0,8	1,2
Липень	72,0	56,2	60,4	51,5	56,0	1,0	0,9	0,7
Серпень	58,0	9,7	29,6	61,3	33,5	0,1	0,5	0,9
Вересень	44,0	40,3	33,5	6,8	26,9	1,0	0,7	0,1
Жовтень	40,0	22,4	30,1	0,01	17,5	1,0	1,0	0,01

** ГТК: < 0,4 – дуже сильна посуха; 0,4–0,5 – сильна посуха; 0,6–0,7 – середня посуха; 0,8–0,9 – слабка посуха; 1,0–1,5 – достатньо волого; > 1,5 – надмірно волого.*

Ніщо інше, як значні запаси вологи забезпечили дружні сходи. Сумарна кількість опадів у період активної вегетації (червень – жовтень) була нижчою, порівняно з багаторічними даними. Винятком був лише серпень 2021 р., впродовж якого випало 61,3 мм (середньобагаторічна норма – 58,0 мм). Надкритичним, також в усі роки, було забезпечення вологою в серпні, вересні та жовтні. Нестача вологи негативно позначилася на показниках елементів структури врожаю, зокрема маси 1000 зерен.

Загалом температурний режим років проведення досліджень був сприятливим для росту й розвитку гібридів кукурудзи. Середньодобові температури, за деякими винятками, мало відрізнялися від багаторічних показників. Відповідність теплових ресурсів вимогам гібридів кукурудзи є критичною умовою їх вибору за скоростиглістю, реалізацією генетичного потенціалу, формуванням врожайності та якості зерна.

Для умов північної частини Лівобережного Лісостепу України важливе встановлення оптимальних строків сівби та закінчення вегетації, з огляду на температурний режим. Задля оцінювання умов вирощування гібридів кукурудзи, нами було розраховано накопичення теплових одиниць (CHU) упродовж вегетаційного періоду росту й розвитку рослин, відповідно до методики D. M Brown, A. Bootsma *(Brown D. M., Bootsma A., 2014)*.

Специфічність розрахунку CHU в тому, що він ведеться для кожної доби і беруться до уваги мінімальні та максимальні температури. Роки ж різнилися за надходженням тепла – як за абсолютними показниками, так і тривалістю періоду надходження. Значна різниця між роками була власне в період перед сівбою і появою сходів (табл. 3.2).

Варто зазначити, що 2021 року був притаманний досить тривалий час “входження” в активну стадію накопичення CHU у весняний період. Стабільний перехід зафіксовано лише 10 квітня. Але надалі накопичення CHU відбувалося переважно за рахунок денних теплових одиниць і тривало до закінчення першої декади травня. За квітень кількість теплових одиниць становила лише 112,1. Накопичення CHU вночі, відповідно до методики, також не розраховується, якщо мінімальна температура повітря не перевищує 4,44. Таким чином, у третій декаді травня накопичення відзначалося лише за рахунок дня. У період з 25 до 29 квітня вночі були зафіксовані помірні мінусові температури, що обумовило зниження CHU. У першій декаді травня нагромадження CHU також відбувалося переважно завдяки денним температурам. Лише після 11 травня почалося накопичення тепла і за рахунок ночі.

Таблиця 3.2.

Сума теплових одиниць (CHU) за декадами впродовж вегетаційного періоду

Місяць	Декада	Рік			Середнє за 2019–2021
Квітень		2019	2020	2021	
	1	70,5	54.7	22,4	49,2
	2	48,1	29,5	46,5	41,4
	3	125,3	91,2	43,2	86.6
		243,9	175,4	112,1	59,1
Травень	1	131,2	133,5	98,5	121,1
	2	205,9	102,5	173,4	160,6
	3	262,2	116,9	159,7	179,2
		599,3	352,8	431,5	153,6
Червень	1	268,6	205,9	187,7	220,7
	2	284,3	292,7	257,7	278,2
	3	254,4	269,0	289,8	271,1
		807,3	767,5	735,2	256,7
Липень	1	216,9	254,3	280,5	250,6
	2	214,4	219,6	295,9	243,3
	3	281,7	265,0	287,1	277,9
		712,9	738,9	863.5	257,3
Серпень	1	207,4	237,3	241,8	228,8
	2	251,4	212,3	252.5	238,7
	3	269,2	257,2	263,1	263,2
		727,9	706,8	785,9	243,6
Вересень	1	238,2	239,3	173,4	217,2
	2	151,3	160,9	201,9	171,4
	3	88,2	182,1	88,9	112,4
		478,4	582,2	442,4	167,0
Жовтень	1	72,7	187,7	81,8	114,1
	2	153,3	101,6	58,2	104,2
	3	49,8	74,2	68,1	64,0
		275,9	363,5	208,1	94,1
Листопад	1	43,6	12,2	49,5	35,0
	2	2,37	0,00	0,77	1,00
	3	0,00	0,00	14,5	4,80
		46,9	12,2	64,7	13,6

У другій декаді травня було накопичено 173,4, третій – 159,7, а загалом за місяць – 431,5 теплових одиниць.

Упродовж червня й липня накопичення CHU в усі роки відбувається рівномірно за рахунок дня і ночі. У вересні фіксується зниження нагромадження CHU. Відтак його частка поступово стає майже рівномірною завдяки денному та нічному теплу. У третій декаді вересня вже лише у частині діб накопичення відбувалося переважно за рахунок денного тепла.

Встановлена максимальна кількість накопичення CHU в травні – жовтні (табл. 3.3). Упродовж активної вегетації рослин кукурудзи (травень – жовтень) у 2021 р. було накопичено 3602 теплові одиниці. Різниця, порівняно з періодом травень – вересень, становила 276 теплових одиниць, а з періодом травень – листопад – лише 46.

Слід зауважити, що у 2021 р. було максимальне забезпечення тепловими ресурсами, порівняно з 2020 і 2019 рр. – відповідно 3511 і 3438 теплових одиниць. На загальну суму теплових одиниць CHU до травня і після жовтня не має значного впливу. Сумарна кількість накопичених CHU варіювала від 3891 за квітень – листопад у 2021 р. до 3148 за травень – вересень у 2020 р. У жовтні в усі роки ще спостерігалося накопичення теплових одиниць. Це вказує на те, що в цей час може відбуватися повноцінний налив зернівок і збільшення маси 1000 зерен.

Таблиця 3.3.

Сума теплових одиниць за періоди (CHU)

Період, місяць	Рік			Середнє за 2019–2021
	2019	2020	2021	
IV-XI	3615	3686	3891	3731
IV-X	3550	3686	3845	3694
IV-IX	3342	3323	3570	3412
V-XI	3503	3523	3648	3558
V-X	3438	3511	3602	3517
V-IX	3230	3148	3326	3235

За вегетаційний період кукурудзи сума активних температур в умовах північних регіонів Лівобережного Лісостепу змінювалася в середньому за 2019–

2021 рр. від 3235 (травень – вересень) до 3731 (квітень – листопад). Найбільший діапазон різниці між сумами теплових одиниць був для періоду “квітень – жовтень” – від 3550 у 2019-му до 3845 у 2021 р. Це, своєю чергою, вказує на потенційну можливість більш ранніх строків сівби кукурудзи в цьому регіоні за сприятливих погодних умов. Сума накопичених теплових одиниць упродовж вегетаційного періоду об’єктивніше характеризує теплові ресурси території, порівняно із сумами позитивних, активних та ефективних температур.

3.2. Вплив удобрення на тривалість міжфазних періодів та вегетаційного періоду кукурудзи

За даними Т. Адаменко, керівниці відділу агрометеорології Гідрометеоцентру України, вегетаційний період кукурудзи в середньому становить 90–160 діб. Втім, завдяки термічному режиму останніми роками він подовжився на 10 днів. Очікується, що вегетаційний період кукурудзи буде збільшуватися і надалі.

За словами експертки, в останні 30 років теплові ресурси в Україні так кардинально змінилися, що сьогодні для вирощування кукурудзи на зерно підходить практично кожна область. Мова вже не йде про визрівання зерна. Адже існують навіть проблеми передчасного його дозрівання *(http//superagronom.com).*

Варіювання цієї ознаки, залежно від генотипу, умов року, екологічної складової, фотоперіодичної реакції становить від 70 до 330 діб. Пластичність тривалості вегетації дозволила кукурудзі поширюватись у країнах із різним кліматом, зокрема в більш північні широти: Німеччину, Англію, Швецію тощо.

Водночас кукурудза має сильні адаптаційні властивості. Серед нового різноманіття показників, що описують тривалість вегетації, селекціонери зазвичай виділяють два основні періоди: формування вегетативних та генеративних органів (суцвіття, квіток, органів розмноження, плодів, насіння). Аби полегшити дослідження тривалості вегетаційного періоду, виокремлено найзручніші для попередньої оцінки показники, тісно пов’язані з нею, а саме: тривалість періоду

сходи – цвітіння 50% початків та вологість зерна під час збирання. Це невід'ємна частина досліджень в селекції кукурудзи.

Надважливий факт повної стиглості зерна. Одним із найбільш популяційних методів обліку завершення вегетації є фіксація фізіологічної стиглості за проявом темного прошарку в основі зернівки. Він з'являється внаслідок відмирання провідних судин та відокремлення їх від материнської рослини. Звідси і прискорення втрати вологи зерном *(Черчель В., Боденко Н., 2020).*

Більшість вчених вважає, що тривалість фенологічних фаз будь-якої культури залежить від низки чинників, зокрема: біологічних особливостей, сорту чи гібриду, метеорологічних умов вегетаційного періоду (де найважливішою є сума температур повітря); технологічних прийомів вирощування.

Урожайність і тривалість вегетаційного періоду мають пряму кореляційну залежність. Подовження періоду вегетації сприяє повнішій реалізації потенціалу продуктивності культури. Сучасні інноваційні технології вирощування кукурудзи передбачають впровадження у виробництво технологічних прийомів, що впливають на тривалість вегетаційного періоду. До таких елементів належать оптимізація живлення шляхом застосування добрив з макро- та мікроелементами, добір високопродуктивних гібридів та ін. Ріст та розвиток кукурудзи значною мірою визначається температурним режимом повітря та рівнем вологозабезпечення. Найбільш відповідальними періодами для кукурудзи є період сівба – сходи та наливання зерна *(Antal T., Kalenska S. et al., 2022).*

З-поміж завдань дисертаційної роботи варто відзначити встановлення особливостей росту і розвитку рослин гібридів кукурудзи ЕС Конкорд та ЕС Астероїд в умовах Лівобережного Лісостепу України. Завдяки чому можна виявити ефективні елементи технології вирощування, а відтак – забезпечити отримання стабільних за роками врожаїв, з високими показниками якості зерна.

Шляхом проведених наукових досліджень та фенологічних спостережень за ростом і розвитком рослин кукурудзи встановлено позитивний вплив азотних добрив на тривалість міжфазних періодів та вегетаційного періоду гібридів кукурудзи ЕС Конкорд та ЕС Астероїд.

Тривалість періоду сівба – сходи мало залежала від елементів технології вирощування (на це вказують дані табл. 3.5–3.8, дослід 1). Такий факт підтверджує думку науковців щодо їх впливу на тривалість такого періоду. Поза тим, даний час фактично залежить від погодних умов. Впливу застосування мінеральних добрив в основне удобрення та різних видів азотних не виявлено. Це пояснює процес проростання зерна та використання поживних речовин самої зернівки, а не елементів живлення з ґрунту. Тривалість міжфазного періоду сівба – сходи в середньому становила 6 діб.

Таблиця 3.5.

Вплив азотних добрив на тривалість міжфазних періодів рослин гібридів кукурудзи (середнє за 2019–2021 рр.), діб

Варіант удобрення	Сівба – сходи	Сходи – цвітіння волоті	Цвітіння волоті – молочна стиглість	Молочна – повна стиглість	Тривалість вегетаційного періоду
ЕС Конкорд					
В-1	6	51	15	31	103
В-2	6	53	17	31	105
В-3	6	54	17	30	107
В-4	6	54	20	32	112
В-5	6	53	19	31	109
ЕС Астероїд					
В-1	6	46	15	34	101
В-2	6	43	18	35	102
В-3	6	48	15	34	103
В-4	6	52	15	35	108
В-5	6	45	19	35	105
НІР $_{0,5}$		*8,43*	*6,64*	*1,52*	*2,49*
НІР $_{0,5}$ по фактору А		*3,77*	*2,97*	*0,68*	*1,11*
НІР $_{0,5}$ по фактору Б		*5,96*	*4,69*	*1,08*	*1,76*

Фенологічні спостереження за рослинами в період сходи – цвітіння волоті дали змогу встановити вплив удобрення та біологічних особливостей гібридів на тривалість періоду. Простежено загальну закономірність подовження тривалості періоду, залежно від виду азотних добрив та порівняно з контролем. Так, найбільш тривалим цей період виявився у гібриду ЕС Конкорд та становив – 54 доби, тоді як у гібриду ЕС Астероїд – 52 доби.

Тривалість періоду залежала від виду азотних добрив. Збільшення тривалості міжфазного періоду зумовлено внесенням добрива КАС 32. Два інші види (аміачна вода та карбамід) проявили дещо менший вплив, а тривалість періоду складала відповідно у гібриду ЕС Конкорд 54 та гібриду ЕС Астероїд 53 доби, перевищивши варіант контролю на 3–6 діб.

Період сходи – цвітіння волоті досить важливий у формуванні продуктивності кукурудзи. Адже саме тоді формуються зачатки елементів майбутньої урожайності та якості зерна. Наступним етапом розвитку рослин кукурудзи є період цвітіння – молочна стиглість зерна. На даній стадії встановлено подальший вплив азотних добрив.

За період 2019–2021 рр. фенологічна фаза початку викидання волоті у гібридів встановлена у різні строки. У гібриду ЕС Конкорд поява волоті припадала на період 16.06.2019 року, 27.05 у 2020 році та 24.05 – у 2021 році на варіанті контролю без внесення добрив. У гібриду ЕС Астероїд початок викидання волоті був на 1–3 дні пізніше в роки досліджень.

Встановлено вплив добрив на терміни викидання волоті, залежно від виду азотних добрив, у гібридів ЕС Конкорд та ЕС Астероїд. Виявлено різницю за внесення трьох видів азотних добрив з однією нормою азоту з аналогічною закономірністю і у фенологічну фазу повного викидання волоті та їх появою у обох гібридів на 3-й день після початку їх викидання. Фенологічна фаза цвітіння, залежно від року, зафіксована найраніше у 2021 році та припадала на 01.06 на контролі, а залежно від виду азотних добрив різниця становила в середньому 3–5 діб (табл. 3.6).

Найпізніше фаза цвітіння встановлена у досліджуваних гібридів у 2019-му (25–27.06). Даний рік виявився найменш сприятливим для росту й розвитку кукурудзи. Внесення азотних добрив подовжило період фази цвітіння на 3–4 дні.

Фенологічна фаза молочної стиглості у 2019 році спостерігалася на 28 день у гібриду ЕС Конкорд та на 27 день у гібриду ЕС Астероїд після цвітіння качанів на контролі.

Таблиця 3.6.

Дати настання фенологічних фаз та тривалість вегетаційного періоду середньоранніх гібридів кукурудзи на зерно, 2019 р.

Фактор		Сівба	Дати настання								Тривалість періоду вегетації, діб
Фактор А. Гібрид *	Фактор Б. Удобрення **		Сходи	Початок викидання волоті	Повне викидання волоті	Цвітіння качанів	Молочна стиглість	Молочно-воскова	Воскова стиглість	Повна стиглість	
Г-1	В-1	17.05	23.05	16.06	19.06	25.06	23.07	31.07	23.08	01.09	107
Г-2		17.05	23.05	19.06	22.06	27.06	25.07	03.08	23.08	02.09	108
Г-1	В-2	17.05	24.05	18.06	21.06	26.06	24.07	01.08	25.08	03.09	109
Г-2		17.05	24.05	21.06	23.06	29.06	27.07	05.08	26.08	03.09	109
Г-1	В-3	17.05	24.05	16.06	19.06	24.06	22.07	30.07	22.08	02.09	108
Г-2		17.05	24.05	20.06	23.06	28.06	27.07	04.08	25.08	03.09	109
Г-1	В-4	17.05	23.05	17.06	20.06	25.06	23.07	31.07	23.08	01.09	107
Г-2		17.05	23.05	19.06	22.06	27.06	25.07	03.08	28.08	05.09	111
Г-1	В-5	17.05	23.05	18.06	21.06	26.06	24.07	02.08	24.08	02.09	108
Г-2		17.05	24.05	18.06	21.06	26.06	24.07	02.08	24.08	03.09	109

Фактор А. * Г-1 ЕС Конкорд
Г-2 ЕС Астероїд 279 МВ

Фактор Б. ** В – Контроль (без добрив)
В –2 – $N_{27}P_{57}K_{57}$ – Ф (діамофоска)
В – 3 – Ф + N_{120} (аміачна вода)
В – 4 – Ф + N_{120} (КАС)
В – 5 – Ф + N_{120} (карбамід)

За варіанта 2, де в основне удобрення вносили діамофоску, настання молочної стиглості було пізніше на 1 день у гібриду ЕС Конкорд та на 4 дні – у гібриду ЕС Астероїд (табл. 3.7; 3.8).

Таблиця 3.7.

Дати настання фенологічних фаз та тривалість вегетаційного періоду середньоранніх гібридів кукурудзи на зерно, 2020 р.

Фактор		Сівба	Фенологічна фаза								Тривалість періоду вегетації, діб
Фактор А. Гібрид *	Фактор Б. Удобрення **		Сходи	Початок викидання волоті	Повне викидання волоті	Цвітіння качанів	Молочна стиглість	Молочно-воскова	Воскова стиглість	Повна стиглість	
Г-1	В-1	28.04	03.05	27.05	29.05	03.06	01.07	09.07	02.08	10.08	104
Г-2		28.04	04.05	24.05	27.05	02.06	28.06	07.07	28.07	05.08	102
Г-1	В-2	27.04	04.05	27.05	30.05	05.06	03.07	11.07	05.08	13.08	107
Г-2		27.04	05.05	26.05	29.05	03.06	27.06	05.07	31.07	07.08	102
Г-1	В-3	27.04	04.05	28.05	31.05	05.06	03.07	12.07	05.08	13.08	107
Г-2		27.04	05.05	25.05	28.05	03.06	29.06	07.07	30.07	07.08	103
Г-1	В-4	27.04	04.05	29.05	01.06	07.06	06.07	14.07	08.08	15.08	102
Г-2		27.04	05.05	27.05	30.05	04.06	28.06	07.07	30.07	06.08	101
Г-1	В-5	27.04	04.05	31.05	03.06	08.06	08.07	17.07	15.08	23.08	103
Г-2		27.04	05.05	26.05	29.05	04.06	01.07	10.07	01.08	10.08	105

Фактор А. * Г-1 ЕС Конкорд

Г-2 ЕС Астероїд 279 МВ

Фактор Б. ** В – Контроль (без добрив)

В–2 – $N_{27}P_{57}K_{57}$ + Ф (діамофоска)

В – 3 – Ф + N_{120} (аміачна вода)

В – 4 – Ф + N_{120} (КАС)

В – 5 – Ф + N_{120} (карбамід)

Внесення аміачної води та КАС 32 за рахунок збільшення тривалості міжфазних періодів забезпечило настання молочної стиглості 25.07 у гібриду ЕС Астероїд та 27.07 – у гібриду ЕС Конкорд. Це на 2–4 дні пізніше, ніж у варіанті за внесення добрива діамофоски.

Встановлено, що фенологічні фази розвивалися паралельно у досліджуваних гібридів. Зазначені відмінності залежали від їх біологічних особливостей та реакції гібридів на азотні добрива і мало відрізнялися. Проте загальною закономірністю було збільшення тривалості міжфазних періодів.

Таблиця 3.8.

Дати настання фенологічних фаз та тривалість вегетаційного періоду середньоранніх гібридів кукурудзи на зерно, 2021 р.

Фактор		Сівба	Фенологічна фаза								Тривалість періоду вегетації, діб
Сходи	Початок викидання волоті		Сходи	Початок викидання волоті	Повне викидання волоті	Цвітіння качанів	Молочна стиглість	Молочно-воскова	Воскова стиглість	Повна стиглість	
Г-1	В-1	23.04	30.04	24.05	27.05	01.06	29.06	06.07	27.07	06.08	105
Г-2		23.04	01.05	25.05	29.05	04.06	28.06	06.07	31.07	08.08	108
Г-1	В-2	23.04	01.05	26.05	29.05	03.06	01.07	09.07	02.08	10.08	108
Г-2		23.04	01.05	28.05	31.05	06.06	05.07	13.07	06.08	14.08	108
Г-1	В-3	23.04	01.05	25.05	28.05	03.06	27.06	05.07	31.07	07.08	107
Г-2		23.04	30.04	27.05	30.05	04.06	01.07	10.07	01.08	11.08	110
Г-1	В-4	23.04	01.05	24.05	27.05	01.06	29.06	07.07	28.07	05.08	108
Г-2		23.04	01.05	28.05	31.05	05.06	03.07	12.07	05.08	10.08	105
Г-1	В-5	23.04	30.04	27.05	30.05	05.06	03.07	11.07	05.08	13.08	108
Г-2		23.04	01.05	26.05	29.05	04.06	28.06	07.07	28.07	06.08	109

Фактор А.* Г-1 ЕС Конкорд

Г-2 ЕС Астероїд 279 МВ

Фактор Б.** В – Контроль (без добрив)

В – 2 – $N_{27}P_{57}K_{57}$ – Ф (діамофоска)

В – 3 – Ф + N_{120} (аміачна вода)

В – 4 – Ф + N_{120} (КАС)

В – 5 – Ф + N_{120} (карбамід)

У підсумку це позначилося на тривалості періоду вегетації гібридів. Найбільша тривалість вегетаційного періоду була встановлена 2019 року в гібриду ЕС Астероїд за варіанта внесення добрива КАС 32, що перевищило показник контролю на 4 доби. Загалом тривалість вегетаційного періоду гібриду ЕС Конкорд була в межах: 2019 р. – 107–109; 108–111 у гібриду ЕС Астероїд; у 2020 р. – 104–107 у гібриду ЕС Конкорд та 102–105 у гібриду ЕС Астероїд; 2021 р. – 105–108 в ЕС Конкорд та 108 діб у гібриду ЕС Астероїд.

Значної різниці в строках достигання досліджуваних гібридів не спостерігалося. Виняток – 2021 рік. Тоді повна стиглість настала вже 25 вересня, проте збирання зерна кукурудзи здійснювалося пізніше через несприятливі погодні умови.

Варто зазначити, що тривалість міжфазних періодів рослин гібридів кукурудзи залежала не лише від виду азотних добрив, але й від позакореневого підживлення посівів (табл. 3.9, дослід 2). В середньому за 2019–2021 рр. гібриди забезпечили дружні сходи на 6-й день після сівби та майже не було різниці за варіантами досліду. Різниця встановлена у період цвітіння волоті. Тривалість міжфазного періоду сходи – цвітіння волоті гібриду ЕС Конкорд на контролі становила 52 доби, у ЕС Астероїд – 50 діб.

Встановлена закономірність зростання тривалості міжфазних періодів залежно від позакореневого підживлення посівів. Так, найефективнішим виявилося одноразове підживлення у фенологічну фазу 5–7 листків. Тривалість міжфазного періоду за позакореневої обробки посівів у фенологічну фазу 5–7 листків на фоні добрива КАС 32 становила 56 діб, а відтак збільшився міжфазний період молочна – повна стиглість на 5 діб та тривалість вегетаційного періоду гібриду – 113 діб.

Подібна закономірність спостерігалася і за підживлення посівів Гумілін Стимул на фоні аміачної води та карбаміду. За даних варіантів зросла і тривалість вегетаційного періоду на 6–8 діб.

Таблиця 3.9.

Тривалість міжфазних періодів рослин гібридів залежно від позакореневого підживлення посівів (середнє за 2019–2021 рр.), діб

Варіант В. Підживлення	Сівба – сходи	Сходи – цвітіння волоті	Цвітіння волоті – молочна стиглість	Молочна – повна стиглість	Тривалість вегетаційного періоду
ЕС Конкорд					
Без обробки – контроль	6	52	16	29	103
Аміачна вода + 5-7 л	6	54	17	31	109
Аміачна вода + 7-9 л	6	53	16	32	107
Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	6	52	16	32	106
КАС + 5-7 л	6	56	17	34	113
КАС + 7-9 л	6	55	17	33	111
КАС + 5-7 та 7-9 л	6	54	16	32	110
Карбамід + 5-7 л	6	56	17	32	111
Карбамід + 7-9 л	6	53	17	33	109
Карбамід + 5-7 + 7-9 л	6	52	16	33	107
ЕС Астероїд					
Без обробки – контроль	6	50	17	28	101
Аміачна вода + 5-7 л	6	52	17	32	107
Аміачна вода + 7-9 л	6	51	17	32	106
Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	6	51	16	32	105
КАС + 5-7 л	6	55	17	33	111
КАС + 7-9 л	6	53	16	32	110
КАС + 5-7 та 7-9 л	6	53	17	31	108
Карбамід + 5-7 л	6	53	17	33	109
Карбамід + 7-9 л	6	52	16	33	107
Карбамід + 5-7 + 7-9 л	6	52	16	32	106
НІР $_{0,5}$		*1,92*	*1,67*	*1,86*	*1,17*
НІР $_{0,5}$ по фактору А		*0,61*	*0,53*	*0,59*	*0,37*
НІР $_{0,5}$ по фактору Б		*1,36*	*1,18*	*1,32*	*0,83*

Аналогічна закономірність щодо тривалості міжфазних періодів рослин була і у гібриду ЕС Астероїд.

3.3. Динаміка лінійного росту рослин кукурудзи залежно від виду азотних добрив та позакореневого підживлення

Збалансоване живлення рослин є одним із вагомих чинників підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Добрива – чи не найефективніші джерела поповнення поживних речовин у ґрунті. Дослідженнями науковців доведено, що покращення умов живлення гібридів кукурудзи (шляхом внесення мінеральних добрив) підвищує продуктивність нарощування зеленої маси, що відбувається завдяки інтенсивному формуванню листкової поверхні та росту стебла. Це, зі свого боку, сприяє більшому використанню кукурудзою ґрунтової вологи. Звідси і отримання кращого врожаю *(В. П. Гудзь, 1995).*

За свідченням вчених встановлено, що при внесенні добрив на ранніх стадіях розвитку рослин відмінності у висоті рослини незначні, а у фенологічну фазу цвітіння волоті спостерігається суттєве збільшення висоти рослин та висоти прикріплення нижнього качана *(Каленська С. М. та ін., 2017).*

Внаслідок проведених досліджень була встановлена залежність висоти рослин гібридів та висоти прикріплення качанів кукурудзи, зважаючи на вид азотних добрив. Аналізуючи дані таблиці 3.4, виявлено збільшення висоти рослин, залежно від виду внесених азотних добрив. За однієї норми внесення азоту в 2019–2021 рр. зафіксовано ефективнішу дію добрива КАС 32. Як наслідок – збільшення висоти рослин на 15,22–23,05 см у гібридів ЕС Астероїд та ЕС Конкорд відповідно. До речі, що цікаво: найчутливішим до внесення азотних добрив був гібрид ЕС Конкорд.

Результати досліджень показують, що крім впливу азотних добрив, висота рослин неабияк залежала від генетичних особливостей гібридів. Вона – цінний морфобіологічний показник, який описує реакцію рослин на зміни умов вирощування та застосування добрив. Нами встановлено позитивний вплив

удобрення на ростові процеси кукурудзи протягом всіх років досліджень. А в період інтенсивного росту стебла збільшення висоти рослин спостерігалося тільки на варіантах застосування видів азотних добрив.

Надалі темпи росту у висоту поступово збільшуються. Свого максимуму досягають зазвичай за 7–10 днів до викидання волотей. Наприкінці фази викидання волотей темпи приросту рослин різко знижуються. Серед різноманітних чинників, які впливають на ріст рослин у висоту, чільне місце займає мінеральне живлення. Саме мінеральні добрива сприяють швидшому росту і розвитку рослин у початковий період, стимулюють значно інтенсивніший розвиток кореневої системи.

Встановлено, що у фенологічну фазу викидання волотей висота рослин кукурудзи в усіх варіантах удобрення була більшою, ніж рослин на контролі.

Одним із завдань наших досліджень було встановити різницю у висоті рослин, залежно від гібриду та виду азотних добрив, з однаковою кількістю діючої речовини азоту (120 кг/га д. р.).

Проведений аналіз результатів наукових експериментів дозволив виявити істотну різницю між варіантами застосування добрив та контролем без внесення. Встановлено, що найбільша різниця спостерігалася по висоті рослин у фазу викидання волоті (табл. 3.10, дослід 1). Максимальна висота рослин у цю фазу була у гібриду ЕС Конкорд при застосуванні добрива КАС 32 в передпосівну культивацію (варіант 4), і становила в середньому за три роки 298,40 см. Оскільки обидва гібриди належать до високорослих, то і ЕС Астероїд підтвердив цю особливість висотою рослин, яка за цього ж варіанта досягла 289,40 см.

Аналогічна закономірність була встановлена по гібридах у варіанті без вносення азотних добрив та був застосований тільки фон. Показники лінійних розмірів рослин були меншими, порівняно з варіантами внесення азотних добрив (однак, вищими за контроль). Вони становили 282,29 у гібриду ЕС Астероїд та 283,30 см – в ЕС Конкорд. Застосування азотних добрив (аміачної води та карбаміду) сприяло зростанню показників висоти рослин кукурудзи, проте величина показників була нижчою. Прирости висоти рослин, порівняно з варіантом

контролю, у гібриду ЕС Конкорд залежно від виду азотних добрив становили: аміачна вода – 17,77; КАС 32 – 33,05; карбамід – 10,76 см. Вплив виду азотних добрив та їх ефективність у збільшенні висоти рослин встановлено також у гібриду ЕС Астероїд: аміачна вода – 11,78; КАС 32 – 15,22; карбамід – 10,48 см. Виявлена висока продуктивність добрива КАС 32 обумовлена наявними в ньому трьома формами азоту – нітратною, амонійною, амідною. Амідна форма швидко проникає в листки, а в ґрунт, навпаки, повільно. Вона спершу трансформується в амонійну, а потім нітратну форму.

Таблиця 3.10.

Вплив виду азотних добрив на висоту рослин гібридів кукурудзи, см

Варіант		Рік			
Фактор А. Гібрид	Фактор В. Удобрення	2019	2020	2021	Середнє за 2019–2021
ЕС Астероїд	Контроль (без добрив)	261,07	278,03	283,43	274,18
	$N_{22}P_{57}K_{57}$ – Ф (діамофоска)	267,30	287,16	293,43	282,29
	Ф + N_{120} (аміачна вода)	273,15	288,27	296,46	285,96
	Ф + N_{120} (КАС)	275,08	294,00	299,14	289,40
	Ф + N_{120} (карбамід)	269,83	291,28	292,86	284,66
ЕС Конкорд	Контроль (без добрив)	263,30	279,45	284,0	275,35
	$N_{22}P_{57}K_{57}$ – Ф (діамофоска)	270,10	287,65	296,20	283,30
	Ф + N_{120} (аміачна вода)	274,11	288,75	299,30	293,02
	Ф + N_{120} (КАС)	278,71	303,10	313,40	298,40
	Ф + N_{120} (карбамід)	273,08	290,00	295,20	286,09
НІР $_{0,5}$					*3,97*
НІР $_{0,5\ по\ фактору\ А}$					*1,78*
НІР $_{0,5\ по\ фактору\ Б}$					*2,81*

Отже, пролонгований азот стає доступним рослинам у період появи сходів, а швидкий азот дозволить перекрити його дефіцит надалі. Друге місце за

ефективністю азотних добрив посідає аміачна вода. Азот аміачної води краще утримується ґрунтом, ніж амонійний азот твердих добрив, чим можна пояснити його перевагу над карбамідом. Останній отримують синтезом аміаку і вуглекислого газу при температурі 150 градусів. Рослини використовують з добрива близько половини дози азоту. Термін розкладання становить до 5 днів. Властиве промивання і випаровування аміаку з поверхні.

Меншу висоту рослин за роки досліджень мав гібрид ЕС Астероїд, порівняно з ЕС Конкорд, та максимальна висота його становила: 275,08; 294,00 та 299,14 см у 2019, 2020 та 2021 роках відповідно.

Важливим показником для кукурудзи є висота прикріплення нижнього качана. Водночас встановлено закономірність впливу виду мінеральних азотних добрив на висоту прикріплення нижнього качана гібридів ЕС Конкорд та ЕС Астероїд. Важливо зазначити, що висота прикріплення качана змінювалася пропорційно змінам лінійних розмірів рослин (табл. 3.11).

За таким важливим показником як висота прикріплення нижнього качана, значна різниця між варіантами не простежувалась. Щодо кількості качанів на рослині, то їх здебільшого налічувалося по одному, і рідко, як виняток, два. У посушливий 2019 рік були рослини, які зовсім не сформували качана або він був деформованим чи не виповненим. Це прояв дефіциту вологи в період наливання зерна, а ще більший вплив був високих температур у фенологічну фазу цвітіння.

Збільшення висоти прикріплення качана в середньому за три роки складало 9,07; 13,98 та 8,77 см у гібриду ЕС Конкорд, залежно від виду мінеральних азотних добрив (аміачна вода, КАС 32 та карбамід), відповідно. У гібриду ЕС Астероїд прирости висоти були в межах 5,65; 9,47 та 6,63 см.

У варіанті контролю без внесення мінеральних добрив у гібридів встановлено найменші середні значення (114,06 та 119,30 см). Найменша висота прикріплення качана була зафіксована 2019 року у гібриду ЕС Астероїд, яка становила на контролі 110,13 см, а у варіанті внесення аміачної води – 119,39 см.

Таблиця 3.11.

Висота прикріплення нижнього качана на рослинах гібридів ЕС Астероїд та ЕС Конкорд залежно від виду азотних добрив та року досліджень, (середнє за 2019–2021 рр.), см

Варіант		Рік			
Фактор А. Гібрид	Фактор В. Удобрення	2019	2020	2021	Середнє за 2019–2021 рр.
ЕС Астероїд	Контроль (без добрив)	110,13	119,66	112,39	114,06
	$N_{22}P_{57}K_{57}$ – Ф (діамофоска)	113,42	122,54	117,09	117,35
	Ф + N_{120} (аміачна вода)	119,39	127,84	122,16	123,13
	Ф + N_{120} (КАС)	123,71	132,13	128,28	128,04
	Ф + N_{120} (карбамід)	121,83	127,07	119,58	122,83
ЕС Конкорд	Контроль (без добрив)	115,10	124,10	118,80	119,30
	$N_{22}P_{57}K_{57}$ – Ф (діамофоска)	119,04	127,04	122,80	122,94
	Ф + N_{120} (аміачна вода)	121,65	129,13	124,07	124,95
	Ф + N_{120} (КАС)	125,73	134,19	127,00	128,77
	Ф + N_{120} (карбамід)	122,19	130,41	125,21	125,93
НІР $_{0,5}$ *НІР $_{0,5}$ по фактору А* *НІР $_{0,5}$ по фактору Б*					*1,81* *0,81* *1,28*

Найбільший показник середньої висоти прикріплення качана складав 128,77 см у гібриду ЕС Конкорд у варіанті внесення добрива КАС 32.

Нами проведені біометричні вимірювання висоти рослин гібридів кукурудзи у другому досліді позакореневого підживлення посівів добривом Гумілін Стимул та виявлено його позитивний вплив на динаміку висоти рослин (табл. 3.12).

Таблиця 3.12.

Вплив позакореневого підживлення посівів добривом Гумілін Стимул на висоту рослин гібридів кукурудзи, см

Варіант		Рік			
Фактор А. Гібрид	Фактор В. Удобрення	2019	2020	2021	Середнє за 2019–2021
ЕС Конкорд	Без обробки – контроль	258,61	262,23	269,17	263,34
	Аміачна вода + 5-7 л	271,73	287,16	296,46	285,12
	Аміачна вода + 7-9 л	269,83	274,51	293,43	279,26
	Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	265,54	271,32	278,61	271,82
	КАС + 5-7 л	275,08	294,00	299,14	289,41
	КАС + 7-9 л	273,11	284,43	287,61	281,72
	КАС + 5-7 та 7-9 л	269,56	274,61	282,34	275,50
	Карбамід + 5-7 л	263,07	278,03	283,43	274,83
	Карбамід + 7-9 л	260,23	291,28	281,52	277,68
	Карбамід + 5-7 + 7-9 л	259,67	264,52	276,37	266,85
ЕС Астероїд	Без обробки – контроль	263,30	279,45	284,0	275,58
	Аміачна вода + 5-7 л	273,08	290,00	295,20	286,09
	Аміачна вода + 7-9 л	270,19	286,42	293,63	283,41
	Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	269,53	274,68	283,72	275,98
	КАС + 5-7 л	298,71	303,10	313,40	278,40
	КАС + 7-9 л	276,64	289,13	294,61	286,79
	КАС + 5-7 та 7-9 л	272,58	278,18	288,63	279,79
	Карбамід + 5-7 л	270,10	287,65	291,20	282,98
	Карбамід + 7-9 л	268,73	272,35	279,36	273,48
	Карбамід + 5-7 + 7-9 л	254,22	257,36	260,11	257,23
НІР $_{0,5}$					*7,20*
НІР $_{0,5}$ по фактору А					*2,28*
НІР $_{0,5}$ по фактору Б					*5,09*

В середньому за роки досліджень у гібриду ЕС Конкорд прирости висоти щодо варіанта контролю становили: на фоні добрива аміачної води – 21,78%; КАС 32 – 26,07 та карбамід 11,49%. У гібриду ЕС Астероїд – 10,51% за внесення аміачної води, 2,82% за застосування КАС 32 та 7,40% за додавання карбаміду.

Зазначені величини приростів висоти засвідчують ефективність позакореневого підживлення посівів кукурудзи у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) та одноразового застосування підживлення.

3.4. Особливості формування площі листкової поверхні посівами гібридів кукурудзи

Продуктивність листя залежить від фази вегетації та умов вирощування. Найпродуктивніша діяльність листкового апарату кукурудзи у період цвітіння – викидання волотей та наливу зерна. Несприятливі погодні умови (особливо посуха) негативно позначаються на фотосинтетичній діяльності. Вплив удобрення, а саме наявність елементів живлення в критичні фази інтенсивного засвоєння їх рослинами, є передумовою реалізації генетичного потенціалу кукурудзи та отримання високоякісної продукції.

Варто зважити на те, що кукурудза належить до культур інтенсивного типу і для формування високих врожаїв, окрім макроелементів, потребує додатково мікроелементів (S, Ca, Mg, Zn).

Саме магній і цинк забезпечують стійкість рослин до стресових чинників, впливають на продуктивність, виповненість качана і кількість зерен в ньому, а також на якість продукції. Завдяки сірці утворюються складні сполуки з органічними речовинами – білками, вуглеводами та жирами. Застосування азоту та сірки взаємодоповнює ефективність один одного, а дефіцит останньої блокує засвоєння азоту *(Лихочвор В. В., 2006).* Магній відповідає за синтез хлорофілу та посилення фотосинтетичної властивості листкового апарату, завдяки покращеному засвоєнню поживних елементів з ґрунту. Дефіцит магнію можна компенсувати внесенням добрив з його вмістом.

Цинк – це один із головних мікроелементів у системі живлення кукурудзи. Він сприяє кращому засвоєнню фосфору, що надважливо у стартовий період вегетації культури навесні за низьких температур. Водночас цинк є активатором ферментів, впливаючи на фотосинтез, обмін білків. Ознака його дефіциту – поява фіолетового забарвлення на листках.

Підживлення цинком по листу забезпечує синтез амінокислот, стимулює синтез цукрів і крохмалю, білкових речовин, надаючи рослинам стресостійкості.

Бор – це елемент, який відповідає за синтез фітогормонів і білкові процеси у рослинах, формування репродуктивних органів.

Фотосинтетична діяльність гібридів є найважливішим процесом, від якого значною мірою залежить функціонування рослин та їх продуктивність. Найсприятливіші умови для отримання високопродуктивних польових культур формуються в тому разі, якщо площа листкової поверхні посіву перевищує площу поля в 4–6 разів. По мірі збільшення норм добрив та застосування різних форм азотних добрив урожай зерна кукурудзи зростає. Між розміром листкової поверхні та рівнем урожаю існує певна кореляційна залежність. При застосуванні добрив можна збільшити як розмір, так і продуктивність асиміляційної поверхні рослин. Внесення азотних добрив своєю чергою збільшує площу листкової поверхні і фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи *(Говенько Р. В., Каленська С. М., Антал Т. В., 2019)*.

Позитивна дія азотних добрив на інтенсивність формування листків рослин кукурудзи позначилася на розмірах листкової поверхні. Збільшення площі асиміляції рослин під впливом добрив спостерігалося ще до початку появи волотей, причому її величина залежала від виду азотних добрив. Нами за варіантами досліду було проведено визначення площі листкової поверхні рослин кукурудзи протягом вегетаційного періоду. Ми дізналися, що мінеральні добрива неабияк впливають на даний показник. Відповідно до одержаних даних, упродовж всієї вегетації у варіанті удобрення рослин він був більшим, ніж у контролі. Максимальних розмірів листкова поверхня досягла в період викидання волотей (табл. 3.13–3.14).

Вимірювали площу листкової поверхні у фенологічну фазу 7–8 листків кукурудзи, викидання волоті та молочно-воскової стиглості зерна.

Таблиця 3.13.

Вплив удобрення на формування площі листкової поверхні посівами кукурудзи гібриду ЕС Астероїд (середнє за 2019–2021 р.), тис. м^2/га

Варіант	Фенологічна фаза		
	7–8 листків	викидання волоті	молочно-воскова стиглість
Без добрив (контроль)	8,9	29,7	24,9
Діамофоска + фон ($N_{22}P_{57}K_{57}$)	9,6	32,6	27,7
Фон + аміачна вода	10,9	37,5	32,0
Фон + КАС 32	11,8	45,6	37,5
Фон + карбамід	11,1	43,3	33,4
НІР $_{0,5}$	*1,07*	*3,11*	*1,79*
НІР $_{0,5}$ по фактору А	*0,48*	*1,39*	*0,80*
НІР $_{0,5}$ по фактору Б	*0,75*	*2,20*	*1,26*

У фенологічну фазу 7–8 листків площа листкової поверхні була найменшою та варіювала у межах від 8,9 на контролі у гібриду ЕС Астероїд до 11,8 тис. м^2/га у 4-му варіанті за застосування добрива КАС 32 на фоні діамофоски.

Величина площі листкової поверхні була найбільшою у фенологічну фазу викидання волоті. При застосуванні добрива КАС 32 у передпосівну культивацію площа листкової поверхні у гібрида ЕС Астероїд була найбільшою – 45,6 тис. м^2/га у фазу викидання волоті, тоді як на контролі – 29,70 тис. м^2/га. Не набагато меншою була листкова поверхня за внесення карбаміду (43,3 тис. м^2/га), адже завдяки пролонгованій дії елементів живлення рослини довше були забезпечені азотом.

Отже, наші дані свідчать про чудовий вплив різних видів азотних добрив на формування асиміляційної поверхні рослинами гібридів кукурудзи.

Таблиця 3.14.

Вплив удобрення на формування площі листкової поверхні посівами кукурудзи гібриду ЕС Конкорд (середнє за 2019–2021 р.) тис. $м^2$/га

Варіант	Фенологічна фаза		
	7–8 листків	викидання волоті	молочно-воскова стиглість
Без добрив (контроль)	9,4	30,9	26,4
Фон + діамофоска ($N_{22}P_{57}K_{57}$)	10,9	34,7	29,2
Фон + аміачна вода	11,3	39,8	34,6
Фон + КАС 32	12,2	46,5	38,7
Фон + карбамід	11,6	42,8	35,9
НІР $_{0,5}$	*1,02*	*2,11*	*1,63*
НІР $_{0,5}$ по фактору А	*0,39*	*1,27*	*0,76*
НІР $_{0,5}$ по фактору Б	*0,64*	*2,08*	*1,16*

Порівнюючи досліджувані гібриди за даним показником, слід зауважити, що більшу площу листкової поверхні формував гібрид ЕС Конкорд за 4-го варіанта удобрення. Проте різниця з гібридом ЕС Астероїд була незначна, що вкотре підтвердило позитивну дію КАС 32 для збільшення площі листкової поверхні.

3.5. Накопичення хлорофілу «*a*» та «*b*» рослинами кукурудзи за фенологічними фазами

Листкова поверхня – чи не найважливіша істотна ознака сортових особливостей, цінна у розвитку та формуванні продуктивності рослин кукурудзи.

Даний біометричний показник є одним із критеріїв, які описують здатність культури поглинати активну радіацію і накопичувати органічну речовину.

Листки рослин – це основний орган, який забезпечує умови для проходження процесу фотосинтезу. Останній функціонально спрямований до спеціалізованих органел – хлоропластів, що складають понад 25% маси листка. Хлоропласти вищих рослин містять хлорофіл "*a"* і хлорофіл "*b" (Бриттон Г., 1986).*

Хлорофіл і каротиноїди – найважливіші компоненти фотосинтетичного апарату листя. За хімічним складом хлорофіл є складним ефіром дикарбонової кислоти. Центральне місце у молекулі хлорофілу займає магній. Наявність двох варіантів феофітинової групи, які різняться між собою за вмістом водню і кисню, зумовлює поділ хлорофілу на групи "*a"* і "*b".* Хлорофіл "*a"* має феофітинову групу з більшим числом атомів водню і меншим кисню – $C_{32}H_{30}ON_4$, а хлорофіл "*b",* навпаки, з більшим кисню і меншим водню – $C_{32}H_{28}O_2N_4$. За нормального розвитку листкового апарату вміст хлорофілу в ньому варіює від 0,5 до 3 мг/г свіжої маси *(Заболотна А. В. та ін., 2021).*

Концентрація хлорофілу в тканинах рослин значною мірою визначається дією макро- і мікроелементів. Такі елементи як азот та магній – безпосередньо входять до його складу. Інші ж діють на процес хлорофілоутворення посередньо, тобто через регулятивні функції.

Антропогенна регуляція впливу (зазначених факторів середовища) на хлорофільний синтез здійснюється попередником, обробітком ґрунту, удобренням та іншими елементами технології вирощування сільгоспкультур.

Фізіологічна роль мікроелементів має вагоме значення в біохімічних процесах, які відбуваються в клітинах рослин. Вони беруть участь у окислювально-відновлюваних процесах та входять до складу ферментів, вітамінів, є також компонентами певних ензиматичних систем. Більшість з них підвищує вміст хлорофілу в листках і, таким чином, фотосинтетичну роботу асиміляційної поверхні рослин.

Із загального вмісту пластидних пігментів значну частину займає хлорофіл "*a"*. Адже саме він основний у пігментній системі (табл. 3.15).

Таблиця 3.15.

Вміст хлорофілу в листках кукурудзи гібридів ЕС Астероїд та ЕС Конкорд залежно від виду азотних добрив (середнє за 2019–2021 рр.)

Варіант удобрення	Хлорофіл *“a”*	Хлорофіл *“b”*	Сума *“a і b”*	Вміст, мг/г
ЕС Астероїд				
Без добрив (контроль)	17,1	2,8	19,9	2,5
Фон + діамофоска ($N_{22}P_{57}K_{57}$)	18,4	3,2	21,6	2,7
Фон + аміачна вода	20,8	3,2	24,0	3,0
Фон + КАС 32	22,3	3,6	25,9	3,4
Фон + карбамід	21,8	3,6	25,4	3,0
ЕС Конкорд				
Без добрив (контроль)	15,8	2,8	18,7	2,3
Фон + діамофоска ($N_{22}P_{57}K_{57}$)	18,7	3,0	21,7	2,7
Фон + аміачна вода	21,5	3,1	24,6	3,1
Фон + КАС 32	32,5	3,2	35,7	4,5
Фон + карбамід	22,5	2,9	25,4	3,2
НІР $_{0,5}$	*12,76*	*0,77*	*12,48*	*1,40*
НІР $_{0,5\ по\ фактору\ А}$	*5,71*	*0,34*	*5,58*	*0,63*
НІР $_{0,5\ по\ фактору\ Б}$	*9,03*	*0,55*	*8,82*	*0,99*

Забезпечує працездатність затінених листків (при повному освітленні) та сприяє синтезу більшої кількості органічної речовини. Підвищений вміст хлорофілу *“b”* в листках постійно освітлених сонцем зумовлює посилене засвоєння радіації в спектрі 450–480 нм. Це дозволяє їм ефективніше використовувати освітленість при затіненні або в похмурі дні. Хлорофіл *“b”* стабілізує пігментну систему, захищаючи її від різких змін освітлення, а також є стійкішим до дії несприятливих факторів навколишнього середовища.

Співвідношення хлорофілу "*a/b"* у рослин зростало під впливом збільшення вмісту хлорофілу "*a",* що вказує на активнішу участь цього пігменту у формуванні врожаю рослин. Тому недоцільно порівнювати вміст пігментів за варіантами

У окремих випадках співвідношення пігментів "*а/б"* зменшилося через різке збільшення хлорофілу "*b",* що підтверджує дані щодо його високої жаростійкості та найкращої посухостійкості серед досліджених форм. Дослідження багатьох авторів вказують на пряму залежність між кількістю пігментів і життєдіяльністю, продуктивністю і стійкістю рослин проти несприятливих умов. Відомо, що хлорофіли мають максимум поглинання в червоній частині спектра, тимчасом як супутні їм пігменти не поглинають довгохвильове проміння. Тож, при роботі на ФЕК, з використанням червоного світлофільтру або на спектрофотометрі, можна достатньо точно визначити вміст хлорофілів, не відділяючи їх від каротиноїдів.

Таким чином, отримані експериментальні дані дозволяють стверджувати, що обробка добривом мікроелементного складу – чудовий захід підвищення стійкості культури до несприятливих умов вегетації. Відтак листковий апарат рослин активніше засвоює сонячну радіацію та довше зберігає фотосинтетичну активність, що позначається на збільшенні продуктивності кукурудзи.

Висновки до розділу 3

Внесення азоту декількома прийомами оптимізує живлення рослин кукурудзи, забезпечуючи зростання показників індивідуальної продуктивності та врожайності зерна. Гібриди кукурудзи досить пластичні. Вони позитивно реагують на оптимізацію живлення. Додавання $N_{22}P_{57}K_{57}$ у вигляді діамофоски забезпечує підвищення врожайності на 0,99–1,01 т/га, або 16,3–16,4%. Додаткове внесення азотних добрив на фоні діамофоски забезпечує зростання врожайності від 0,57 до 1,33 т/га, або на 8,0–18,6%. Після КАС 32 приріст урожайності ЕС Конкорду становив 2,19 т/га, ЕС Астероїду – 2,34 т/га, порівняно з контролем. Індекс урожайності різниться за вирощування гібридів кукурудзи, залежно від системи удобрення та погодних умов: 0,31–0,50. За сприятливих погодних умов він має значний діапазон варіювання. Загальна маса рослин та вихід зерна навіть для

певного гібрида суттєво варіює залежно від норми та виду удобрення у вологі роки, а в посушливі – варіювання незначне.

Оптимізація елементів живлення шляхом випробування різних видів азотних добрив у одній нормі (N_{120} кг д. р.) на фоні внесеного в основне удобрення діамофоски неабияк підвищувала висоту рослин кукурудзи. Використані три види азотних добрив за ефективністю дії на висоту рослин розподілилися в ранжирі: КАС 32, карбамід, аміачна вода. Водночас знайдено результативніший вид добрива – КАС 32, завдяки якому сформовано найбільші прирости висоти рослин щодо контролю.

Конкурентом йому може стати лише Гумілін Стимул, який після досліджень із застосування позакореневих підживлень на посівах кукурудзи засвідчив свою ефективність, як добриво органічного походження макро- та мікроелементного складу.

Публікації до розділу 3

Каленська С. М., **Говенько Р. В.** (2022). Продуктивність кукурудзи залежно від забезпечення тепловими одиницями та живлення різними видами азотних добрив. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Вип. 30. С. 33–43. URL: https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268943

Говенько Р. В., Каленська С. М., Антал Т. В. Застосування різних видів рідких азотних добрив на посівах кукурудзи в умовах ФГ „Богатирівське". *Органічне агровиробництво: освіта і наука. Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 31 жовтня 2019 року: матеріали конференції (с. 6–9)* Київ.

Antal T., Kalenska S., **Govenko R.,** Mokrienko V., Karpenko L., Kovalenko A. Efficiency of corn hybrids growing technologies depending on the kinds of fertilizer application. Book of abstracts 13th International Agricultural Symposium „AGROSYM 2022" Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 6–9 October 2022.

РОЗДІЛ 4
ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ КУКУРУДЗИ

4.1. Вплив виду азотних добрив на величину показників структури врожаю кукурудзи

Основні елементи структури врожаю кукурудзи формуються залежно від багатьох чинників, чільне місце серед яких належить технологічним прийомам вирощування, поряд з метеорологічними та добором гібридів *(Каленська С. М., Говенько Р. В., 2019).*

Елементами технології вирощування кукурудзи, які безпосередньо впливають на продуктивність, є внесення мінеральних добрив, проведення позакореневих підживлень посівів та застосування стимуляторів росту рослин. Для отримання щорічних високих врожаїв недостатньо покладатися тільки на погодно-кліматичні умови сезону. Як і не можна бути впевненим в тому, що один вибраний гібрид щороку стабільно забезпечуватиме високу врожайність зерна кукурудзи.

Одержувати високі й сталі врожаї зерна кукурудзи можливо завдяки впровадженню у виробництво сучасних високопродуктивних гібридів, добре адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Звичайно, кожен з них по-різному реагуватиме на зміни в технології культивування, але структура врожайності кукурудзи на зерно є незмінною і складається з кількості продуктивних рослин на одиницю площі та маси отриманого зерна з рослини *(Сайко В. Ф., 1994).*

Структурні елементи урожайності – невід’ємна складова продуктивності посівів всіх сільськогосподарських культур, зокрема і кукурудзи. Вплив будь-якого агротехнічного заходу на урожайність і якість продукції позначається на цих показниках. Окремі елементи структури більше піддаються впливу технологічних операцій, інші ж – змінюються менше *(Климчук О. В., 2013; Шпаар Д., Гінапп К., Каленська С., 2009; Мазур В. А., Шевченко Н. В., 2017).*

Важливим резервом підвищення продуктивності агрофітоценозу кукурудзи є зростання індивідуальної продуктивності рослин у посіві завдяки вдосконаленню основних елементів структури через індукування позитивної реакції господарсько-цінних ознак рослин під впливом елементів технології вирощування. Формування високопродуктивних агрофітоценозів кукурудзи здійснюється шляхом управління процесами реалізації генетично зумовленого потенціалу задля скорочення розриву між потенційною і реальною продуктивністю *(Сайко В. Ф. та ін., 1994).* В агрофітоценозах кукурудзи, як і в будь-якій рослинницькій системі, за зміни величини одних елементів структури змінюються інші, що визначається компенсаторною здатністю та генетично детермінованими межами варіювання ознак продуктивності *(Асанішвілі Н. М., Юла В. М., Шляхтурова С. П., 2020).*

Розуміння особливостей формування елементів структури врожаю (впродовж періоду вегетації кукурудзи) та своєчасне реагування для їх оптимізації – основа отримання щорічних стабільних врожаїв. Показники елементів структури значною мірою визначаються багатьма чинниками і кожен з них має свою нішу у структурі врожаю. Так, досить важливий запас продуктивної вологи в ґрунті, погодні умови вегетаційного періоду, густота стояння рослин тощо. Не менш важливими чинниками, від яких залежать показники елементів структури врожаю та загальний обсяг врожаю зерна кукурудзи, є добір гібридів та агротехнологічні прийоми вирощування *(Говенько Р. В., 2020).*

Саме тому програмою наукових досліджень передбачався щорічний структурний аналіз рослин кукурудзи, з огляду на розглянуті чинники. Встановлено прямо пропорційну залежність величини показників залежно від виду азотних добрив та застосування добрива Гумілін Стимул, кратності обробок посівів та фенологічної фази кукурудзи. Виявлено загальну тенденцію до зростання показників структури та урожайності зерна гібридів кукурудзи ЕС Конкорд та ЕС Астероїд (здебільшого через зростання маси зерна з качана та маси 1000 зерен).

Серед значної кількості господарсько-важливих ознак гібридів кукурудзи, які значно впливають на формування фактичної та потенційної врожайності, не останнє місце займають такі показники, як: кількість рядів зерен і кількість зерен у

ряді. Вивчення кореляційної залежності між ними та головними господарсько-цінними ознаками має практичне значення для визначення оптимальних параметрів при розробці моделей гібридів кукурудзи для конкретних агрокліматичних зон вирощування *(Marchenko T. Y., 2019; Гаврилюк В. М., 2015).*

Відомо, що такий показник як кількість рядів зерен у качані, це більш генетично обумовлена ознака гібриду. Проте у виробничих умовах та наших дослідах спостерігалися відхилення у бік зменшення кількості рядів зерен у качані в окремі роки. Це спричинено впливом стресових чинників, адже рослина продукує спочатку парну кількість рядів зерен, оскільки зародок рядка спершу ділиться на два, утворюючи два рядки з одного.

Аналіз структури врожаю у досліді, за застосування різних видів азотних добрив, дозволив встановити ефективність їх впливу на величину показників елементів структури врожаю кукурудзи. Так, кількість рядів зерен у качані варіювала залежно від року досліджень. Також встановлено відхилення від генетично обумовлених показників, типових для гібридів. Так, у більш посушливому 2019 році спостерігалося формування качанів із меншою кількістю рядів зерен (14–16 шт.), порівняно з типовим за вологозабезпеченням роком – 18 шт.

Перше візуальне враження невеликого розміру качана не завжди є показником низької урожайності. Водночас важливо зважати на такі елементи структури, як: кількість зерен в ряду, вага зерна з качана та маса 1000 зерен.

Переконливо доведена визначальна роль удобрення у підвищенні індивідуальної продуктивності рослин кукурудзи та загальної продуктивності посіву. Зокрема, Ю. М. Пащенком зі співавторами виявлено, що зернова продуктивність майже на 50–55% зумовлюється факторами формування маси зерна з качана під впливом різних доз добрив, а кількість качанів на рослині залежить від гібриду *(Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю., 2009).*

Вартий уваги і творчий підхід до вирощування кукурудзи у період вегетації. Завдяки йому можна коригувати технологічні прийоми, зважаючи на реакції гібридів на зміну тих чи інших показників структури врожаю. Також не слід

нехтувати дією метеорологічних чинників. Науковими розробками С. М. Каленської, Ф. М. Куперман *(Куперман Ф. М., 1956., Каленська С. М., Говенько Р. В., 2021)* встановлено, що гібриди кукурудзи по-різному реагують на зміну умов вирощування (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Структура врожайності гібридів кукурудзи на зерно залежно від виду азотних добрив, 2019 р.

Варіант Удобрення	Кількість рядів, шт.	Кількість зерен у ряду, шт.	Кількість зерен у качані, шт.	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га
ЕС Конкорд						
Без добрив – контроль	14	26	364	96,4	265	5,3
Діамофоска $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Фон	14	30	420	113,4	270	6,2
Фон + аміачна вода ($N_{20,5}$), 120 кг/га д.р.	14	32	448	125,4	280	6,8
Фон + КАС (N_{32}), 120 кг/га д.р.	14	34	476	133,2	280	7,3
Фон + карбамід (N_{46}), 120 кг/га д.р.	14	32	448	123,2	275	6,7
$НІР_{05}$	–	*3,13*	*69,02*	*22,99*	*10,60*	*1,23*
ЕС Астероїд						
Без добрив – контроль	14	24	336	94,0	280	5,1
Діамофоска $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Фон	14	28	392	115,6	295	6,3
Фон + аміачна вода ($N_{20,5}$), 120 кг/га д.р.	14	30	420	123,0	293	6,7
Фон + КАС (N_{32}), 120 кг/га д.р.	14	34	476	133,2	280	7,3
Фон + карбамід (N_{46}), 120 кг/га д.р.	14	32	448	127,6	285	7,0
$НІР_{05}$	–	*6,25*	*87,54*	*24,75*	*11,53*	*1,39*

Агротехнічні заходи їх вирощування надто впливають на структурні елементи врожаю і реалізацію потенціалу продуктивності гібридів. Проведені спостереження за ростом і розвитком рослин, залежно від виду азотних добрив

(дослід 1), дають змогу наголосити на їх позитивній дії на формування елементів структури врожаю. Виявлено залежність їх величини і від умов років досліджень

Встановлено, що внесення азотних добрив забезпечило збільшення кількісних показників таких елементів структури врожаю, як: кількість зерен в ряду та качані, маси зерна з качана та маси 1000 зерен (табл. 4.2).

Таблиця 4.2.

Структура врожайності гібридів кукурудзи на зерно залежно від виду азотних добрив, 2020 р.

Варіант Фактор В. Удобрення	Кількість рядів, шт.	Кількість зерен у ряду, шт.	Кількість зерен у качані, шт.	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га
ЕС Конкорд						
Без добрив – контроль	16	26	416	118,5	285	6,5
Діамофоска $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Фон	14	34	476	138,9	292	7,6
Фон + аміачна вода ($N_{20,5}$), 120 кг/га д.р.	18	28	504	147,6	293	8,1
Фон + КАС (N_{32}), 120 кг/га д.р.	18	30	540	162,0	300	8,9
Фон + карбамід (N_{46}), 120 кг/га д.р.	18	30	540	155,5	288	8,5
$НІР_{05}$	–	*4,82*	*84,20*	*27,49*	*9,24*	*1,51*
ЕС Астероїд						
Без добрив – контроль	16	27	432	123,9	287	6,8
Діамофоска $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Фон	14	34	476	139,9	294	7,6
Фон + аміачна вода ($N_{20,5}$), 120 кг/га д.р.	14	36	504	151,2	300	8,3
Фон + КАС (N_{32}), 120 кг/га д.р.	16	34	544	168,6	310	9,2
Фон + карбамід (N_{46}), 120 кг/га д.р.	14	34	476	152,7	321	8,4
$НІР_{05}$	–	*5,63*	*67,03*	*26,96*	*21,76*	*1,47*

Так, кількість зерен у ряду залежить від добрив. Найбільшою була у варіанті внесення добрива КАС 32 в нормі 120 кг д. р. азоту на гектар у гібриду ЕС Конкорд

та становила, залежно від року досліджень, відповідно 28, 30 та 35 шт. (2019, 2020, 2021 рр.). Тим часом як у варіантах контролю без добрив даний показник був меншим на 30,8; 15,0 та 25, 0%).

Залежність зазначеного показника структури врожаю від умов вирощування засвідчує за роками його зростання щодо контролю в розрізі застосованих видів азотних добрив: 2019 рік, аміачна вода – 15,4%, КАС 32 – 30,8%, карбамід – 23,1%; 2020 рік, аміачна вода – 7,7%, КАС 32 – 15,4%, карбамід – 15,3%; 2021 рік – аміачна вода – 17,9%, КАС 32 – 25,0%, карбамід – 17,9%

Проведений аналіз підтверджує позитивний вплив на кількість зерен в ряду качана азотних добрив та погодних умов року. Простежується чітка перевага азотного добрива КАС 32 завдяки комплексу цінних ознак.

Оскільки зазначений елемент структури врожаю належить до вагомих компонентів формування урожайності як з рослини, так і з одиниці площі, то він розраховувався нами за кожен рік досліджень. Тому середній показник, залежно від виду азотних добрив впродовж 2019–2021 рр., збільшився порівняно з контролем та залежно від гібриду на 7,7–30,8%.

Слід зауважити, що вагомим елементом структури врожаю є показник маси зерна з качана, залежно від удобрення та кращого варіанта. Так, він зріс у гібриду ЕС Конкорд на 33,1% та в ЕС Астероїд на 24,8% щодо контролю. Доведено вплив виду азотних добрив на масу зерна з качана залежно від року досліджень (табл. 4.3).

Встановлено пряму залежність його величини від їх застосування у обох вивчених гібридів. Найбільша маса зерна з качана були за варіанта №4 у сприятливішому 2020 році та становила у гібриду ЕС Конкорд та ЕС Астероїд відповідно 162,0 та 168,6 грамів.

Найменшу масу 1000 зерен було сформовано 2019 року з мінімальним показником на контролі у гібриду ЕС Конкорд (265 г) та максимальним – 280 г, що обумовлено значним дефіцитом вологи та високими температурами.

Таким чином, доречно узагальнити підсумки: чим кращі умови для росту та розвитку рослин кукурудзи впродовж вегетації, тим вищі формуються показники елементів структури врожаю у роки досліджень.

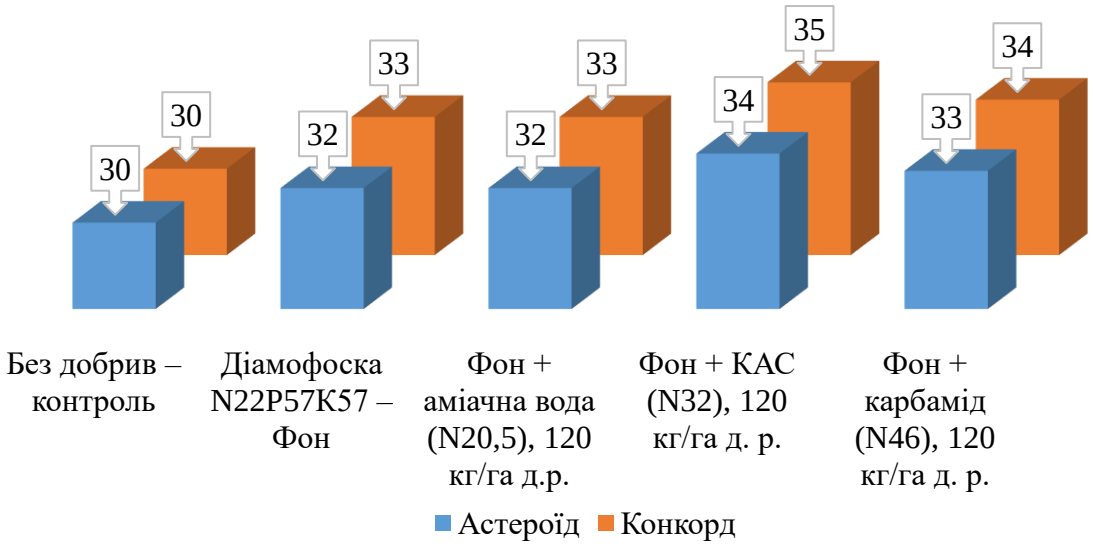
Таблиця 4.3.

Структура врожайності гібридів кукурудзи на зерно залежно від виду азотних добрив, 2021 р.

Варіант Фактор В. Удобрення	Кількість рядів, шт.	Кількість зерен у ряду, шт.	Кількість зерен у качані, шт.	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га
ЕС Конкорд						
Без добрив – контроль	14	28	392	114,8	293	6,3
Діамофоска $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Фон	14	34	476	134,2	282	7,3
Фон + аміачна вода ($N_{20,5}$), 120 кг/га д.р.	14	33	462	145,5	315	8,0
Фон + КАС (N_{32}), 120 кг/га д.р.	14	35	490	152,8	312	8,4
Фон + карбамід (N_{46}), 120 кг/га д.р.	14	33	462	147,8	320	8,1
$НІР_{05}$	–	*4,39*	*61,48*	*24,63*	*26,27*	*1,37*
ЕС Астероїд						
Без добрив – контроль	14	30	420	119,7	285	6,5
Діамофоска $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Фон	14	34	476	134,7	283	7,4
Фон + аміачна вода ($N_{20,5}$), 120 кг/га д.р.	14	35	490	149,4	305	8,2
Фон + КАС (N_{32}), 120 кг/га д.р.	14	37	518	163,1	315	8,9
Фон + карбамід (N_{46}), 120 кг/га д.р.	14	36	504	153,7	305	8,4
$НІР_{05}$	–	*4,39*	*61,48*	*27,74*	*22,69*	*1,53*

Виявлено комплексну дію умов вирощування, застосування добрив і біологічних особливостей гібриду на формування урожайності зерна кукурудзи та реалізацію потенціалу продуктивності гібридів.

Дослідженнями встановлено (Додаток В) вплив виду азотних добрив на формування елементів структури врожаю, в середньому за три роки (рис. 4.1).



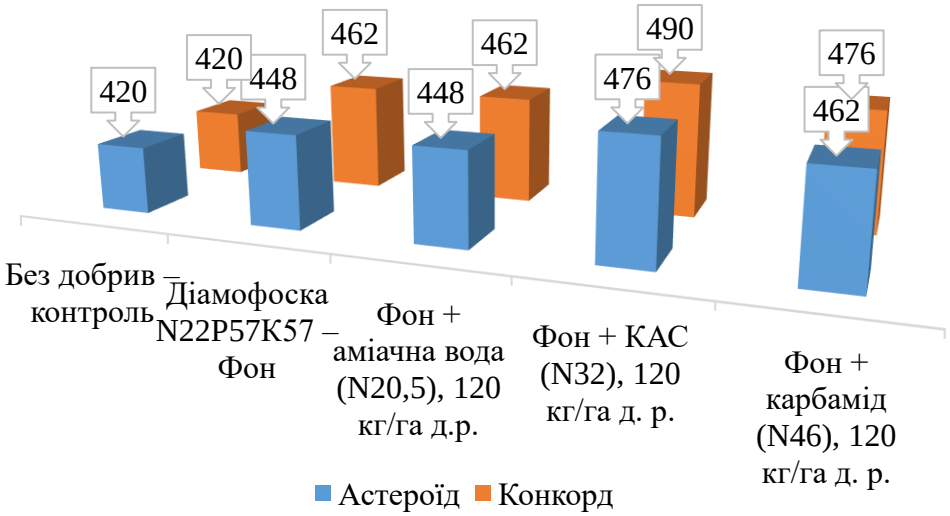
$НІР_{05}$ по фактору кількість зерен в одному ряді качана, шт.

ЕС Астероїд – *3,04;* ЕС Конкорд – *2,41*

Рис. 4.1. Кількість зерен в одному ряді качана залежно від виду азотних добрив, шт. (середнє за 2019–2021 рр.)

Так, найбільша кількість зерен в ряді качана виявлена у варіанті застосування добрива КАС 32: 36–35 шт. у гібридів ЕС Астероїд та ЕС Конкорд відповідно.

Доволі важливим показником структури врожаю кукурудзи є кількість зерен та маса зерна з качана (рис. 4.2).



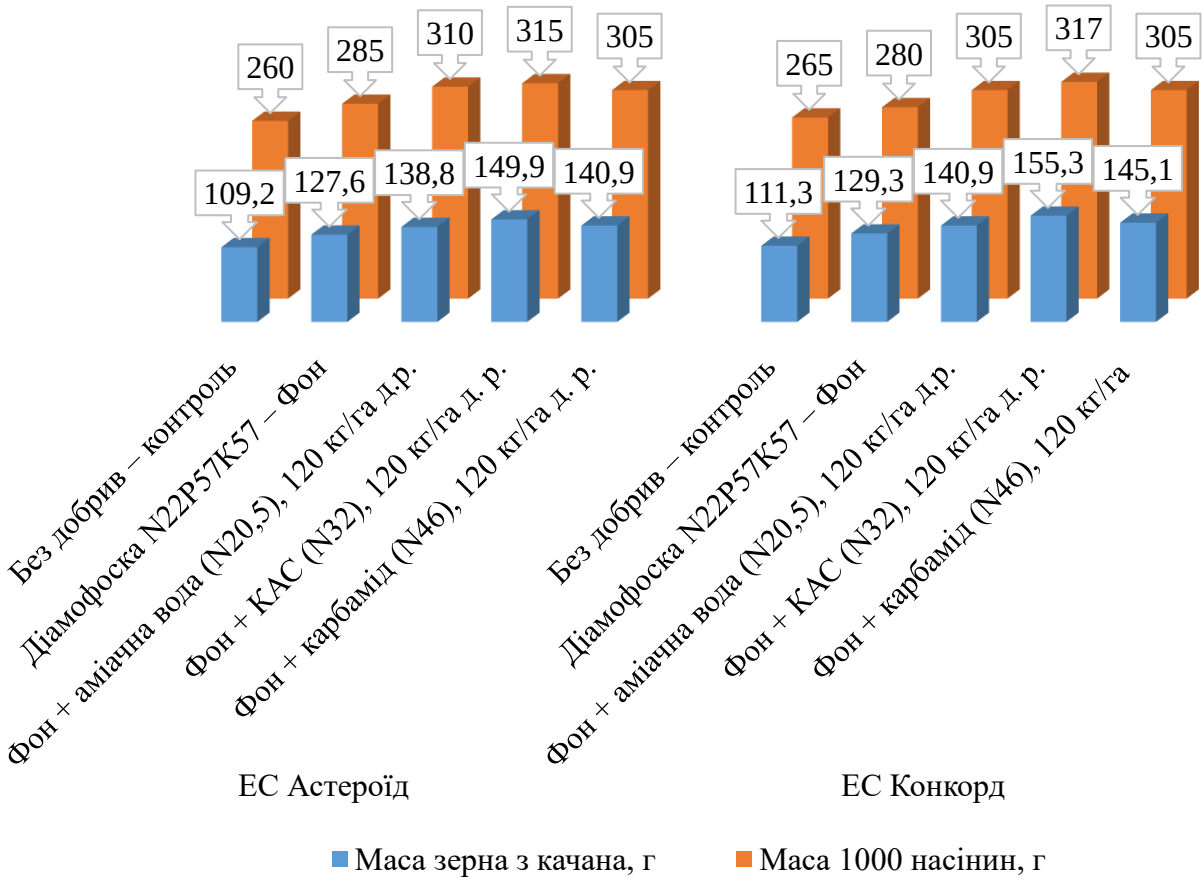
$НІР_{05}$ по фактору кількість зерен в одному качані, шт.

ЕС Астероїд – *42,57;* ЕС Конкорд – *33,75*

Рис. 4.2. Кількість зерен в одному качані залежно від добрив, шт. (середнє за 2019–2021 рр.)

Так, даний показник за варіанта внесення азотного добрива КАС 32 зріс до рівня 490–476 шт., що перевищило варіант контролю на 70 та 56 шт. у гібридів ЕС Астероїд та ЕС Конкорд відповідно.

Аналогічна закономірність встановлена нами і по показниках маси зерна з качана – у гібриду ЕС Астероїд він варіював у межах від 111,3 г на контролі до 155,3 у варіанті застосування добрива КАС 32, тоді як у гібриду ЕС Конкорд такі показники становили 109,2–140,9 г. (рис. 4.3).



$НІР_{05}$ по фактору маса зерена з качана, шт:

ЕС Астероїд – *27,36;* ЕС Конкорд – *25,40*

$НІР_{05}$ по фактору маса 1000 зерен з качана, шт:

ЕС Астероїд – *34,55;* ЕС Конкорд – *36,80*

Рис. 4.3. Маса зерна з качана та маса 1000 зерен залежно від добрив, г (середнє за 2019–2021 рр.)

Щодо маси 1000 зерен, яка не лише описує їх ваговитість, а і пов’язана з їх крупністю та щільністю внутрішньої структури, як показника запасу поживних речовин, то вона теж була змінною. І залежала від виду азотних добрив, гібриду та метеорологічних чинників

Найвищий показник маси 1000 зерен було зафіксовано в середньому за три роки досліджень у гібриду кукурудзи ЕС Конкорд, що за варіанта застосування азотного добрива КАС 32 становив 317 г. Додавання карбаміду та аміачної води сформувало нижчий показник – всього 305 г. Показник маси 1000 зерен був найбільшим за зазначених варіантів і варіював у межах 305–315 г. Виявлено, що показник маси зерна з качана зростав залежно від застосування азотних добрив, порівняно з контролем обох гібридів. Водночас азотні добрива здатні продуктивно вплинути на його величину. Найбільший показник маси зерна з качана зафіксовано за застосування добрива КАС 32, який становив у гібриду ЕС Конкорд 155,3 та в ЕС Астероїд – 149,9 грамів, що перевищило варіант контролю у ЕС Конкорд на 44,0 г та ЕС Астероїд – 40,7 г.

4.2. Структура врожаю гібридів кукурудзи залежно від застосування добрива Гумілін Стимул, кратності обробки посівів та фенологічної фази

Циковим В. С. зі співавторами встановлено, що озерненість качана значно підвищується за збільшення дози мінерального добрива та позакореневого підживлення рослин мікроелементними препаратами *(Циков В. С., Дудка М. І., Шевченко О. М., 2017).*

Також багато важать процеси формування структурних елементів врожаю, що залежать від некерованих факторів середовища *(Capustin, S. E., Kovtun, N. V., Capustin, A. S., et al. 2009).*

Повернімося до підсумків наукових досліджень (дослід 1). В них мовилося про вплив виду азотних добрив на елементи структури врожаю. Проте серед завдань досліджень було також з’ясування дії добрива органічного походження макро- та мікроелементного складу (Гумілін Стимул) на три фони азотних добрив

(аміачна вода, КАС 32, карбамід) на елементи структури врожаю зерна кукурудзи. Поза тим, ставилось за мету виявити кратність обробок і фенологічну фазу їх застосування. Результати проведених досліджень узагальнено та наведено (табл. 4.4–4.6).

Таблиця 4.4.

Структура врожайності гібридів кукурудзи залежно від обробки посівів добривом Гумілін Стимул, 2019 р.

Варіант удобрення	Кількість рядів, шт.	Кількість зерен у ряду, шт.	Кількість зерен у качані, шт.	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га
1	2	3	4	5	6	7
ЕС Конкорд						
Без обробки – контроль	14	30	420	114,6	273	6,3
Аміачна вода + 5-7 л	14	33	462	136,2	295	7,4
Аміачна вода + 7-9 л	14	32	448	123,2	275	6,7
Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	14	33	462	127,0	275	6,9
КАС + 5-7 л	14	35	490	144,5	295	7,9
КАС + 7-9 л	14	34	476	136,1	286	7,4
КАС + 5-7 та 7-9 л	14	36	504	141,1	280	7,7
Карбамід + 5-7 л	14	35	490	139,6	285	7,6
Карбамід + 7-9 л	14	33	462	133,9	290	7,3
Карбамід + 5-7 та 7-9 л	14	34	476	136,6	287	7,5
$НІР_{05}$	–	*1,71*	*23,96*	*9,07*	*8,08*	*0,49*
ЕС Астероїд						
Без обробки – контроль	14	29	406	114,4	282	6,2
Аміачна вода + 5-7 л	14	31	434	123,2	284	6,7

Продовження таблиці 4.4.

1	2	3	4	5	6	7
Аміачна вода + 7-9 л	14	30	420	119,7	285	6,5
Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	14	31	434	119,3	275	6,5
КАС + 5-7 л	14	34	476	136,6	287	7,5
КАС + 7-9 л	14	32	448	129,9	290	7,1
КАС + 5-7 та 7-9 л	14	34	476	133,2	280	7,3
Карбамід + 5-7 л	14	34	476	133,2	280	7,3
Карбамід + 7-9 л	14	33	462	124,7	270	6,8
Карбамід + 5-7 та 7-9 л	14	32	448	126,7	283	6,9
$НІР_{05}$	–	*1,76*	*24,63*	*7,13*	*5,78*	*0,42*

Тепер доцільно згадати про масу зерна з качана, як одного з важливих показників структури врожаю та передумови формування високої урожайності зерна. Встановлено, що найбільшу масу зерна з качана за застосування добрива Гумілін Стимул гібриди формували за одноразового підживлення посівів у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) за міжнародною шкалою. Так, найбільша маса зерна з качана була сформована гібридом ЕС Конкорд у 2020 році – 174,7 г. Гібрид ЕС Астероїд дещо поступився за цим показником – всього 167,5 г. Обидва гібриди перевищили варіант контролю (139,6 г) на 35,1 та 27,9 г.

Маса зерна з качана змінювалася залежно від фону азотного добрива та підживлення посівів кукурудзи добривом Гумілін Стимул. Варто зазначити, що внесення останнього (дворазово та у більш пізню фазу) найменш ефективне. Так, збільшення цього показника у гібриду ЕС Астероїд у 2020 році за одноразового застосування у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17), порівняно з контролем становило 19,98%, тоді як за дворазового та у фенологічну фазу 7–9 листків – було меншим, відповідно 16,20 та 12,61%.

Таблиця 4.5.

Структура врожайності гібридів кукурудзи залежно від обробки посівів добривом Гумілін Стимул, 2020 р.

Варіант удобрення	Кількість рядів, шт.	Кількість зерен у ряду, шт.	Кількість зерен у качані, шт.	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність т/га
1	2	3	4	5	6	7
ЕС Конкорд						
Без обробки – контроль	14	35	490	139,6	285	7,6
Аміачна вода + 5-7 л	14	36	504	153,7	305	8,4
Аміачна вода + 7-9 л	14	34	476	140,4	295	7,7
Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	14	35	490	148,4	303	8,1
КАС + 5-7 л	14	38	546	167,5	315	9,2
КАС + 7-9 л	14	36	504	157,2	312	8,6
КАС + 5-7 та 7-9 л	14	38	546	162,2	305	8,9
Карбамід + 5-7 л	14	37	518	164,7	318	9,0
Карбамід + 7-9 л	14	36	504	151,2	300	8,3
Карбамід + 5-7 та 7-9 л	14	37	518	159,5	308	8,7
$НІР_{05}$	–	*1,31*	*18,38*	*9,60*	*9,72*	*0,53*
ЕС Астероїд						
Без обробки – контроль	14	35	490	139,6	285	7,6
Аміачна вода + 5-7 л	14	36	504	149,1	296	8,2
Аміачна вода + 7-9 л	14	35	490	145,5	297	8,0
Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	14	35	490	150,9	308	8,3
КАС + 5-7 л	14	39	532	174,7	320	9,6
КАС + 7-9 л	14	34	476	147,5	310	8,1

Продовження таблиці 4.5.

1	2	3	4	5	6	7
КАС + 5-7 та 7-9 л	14	35	490	155,3	317	8,5
Карбамід + 5-7 л	14	35	492	156,8	320	8,6
Карбамід + 7-9 л	14	35	490	149,4	305	8,2
Карбамід + 5-7 та 7-9 л	14	36	504	153,7	305	8,4
$НІР_{05}$	–	*1,35*	*18,90*	*9,31*	*11,30*	*0,52*

Подібна закономірність була у зростанні показника і у гібриду ЕС Конкорд. Проте величини показників були іншими: у фенологічну фазу 5–7 листків – 25,1%; фенологічну фазу 7–9 листків – 5,7% та за дворазового застосування (5–7 та 7–9 листків) – 11,2%.

Представлений розрахунок за 2020 рік демонструє дієвість проведених підживлень посівів кукурудзи одноразово у фенологічну фазу 5–7 листків та на найефективнішому фоні азотного добрива КАС 32.

Таблиця 4.6.

Структура врожайності гібридів кукурудзи залежно від обробки посівів добривом Гумілін Стимул, 2021 р.

Варіант удобрення	Кількість рядів, шт.	Кількість зерен у ряду, шт.	Кількість зерен у качані, шт.	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га
1	2	3	4	5	6	7
ЕС Конкорд						
Без обробки – контроль	14	34	476	133,2	280	7,3
Аміачна вода + 5-7 л	14	36	504	148,6	295	8,1
Аміачна вода + 7-9 л	14	34	476	138,0	290	7,5

Продовження таблиці 4.6

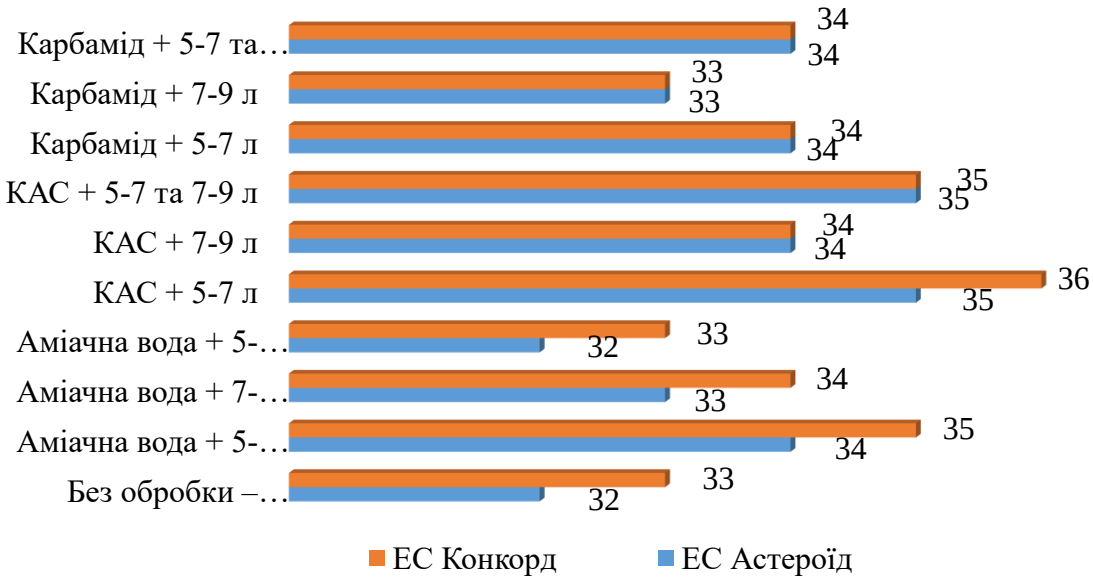
1	2	3	4	5	6	7
Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	14	35	490	147,0	300	8,0
КАС + 5-7 л	14	37	518	163,1	315	8,9
КАС + 7-9 л	14	34	476	149,4	314	8,2
КАС + 5-7 та 7-9 л	14	35	490	154,3	315	8,4
Карбамід + 5-7 л	14	35	490	156,8	320	8,6
Карбамід + 7-9 л	14	34	476	145,1	305	7,9
Карбамід + 5-7 та 7-9 л	14	34	476	147,5	310	8,1
$НІР_{05}$	–	*1,03*	*14,42*	*8,64*	*12,89*	*0,47*
ЕС Астероїд						
Без обробки – контроль	14	34	476	134,7	283	7,4
Аміачна вода + 5-7 л	14	36	504	151,2	300	8,3
Аміачна вода + 7-9 л	14	34	476	138,0	290	7,5
Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	14	35	490	149,4	305	8,2
КАС + 5-7 л	14	37	518	163,1	315	8,9
КАС + 7-9 л	14	35	490	153,3	313	8,4
КАС + 5-7 та 7-9 л	14	35	490	156,8	320	8,6
Карбамід + 5-7 л	14	35	490	159,2	325	8,7
Карбамід + 7-9 л	14	34	476	149,9	315	8,2
Карбамід + 5-7 та 7-9 л	14	35	490	153,8	314	8,4
$НІР_{05}$	–	*0,94*	*13,16*	*8,79*	*13,36*	*0,48*

Маса 1000 зерен, як елемент структури врожаю, варіювала залежно від року досліджень, фону добрива, фенологічної фази кукурудзи і кратності обробок із аналогічною закономірністю з попереднім показником.

Це забезпечило, в середньому за три роки досліджень, отримання максимального приросту врожаю зерна кукурудзи в досліді. Водночас показники структури врожаю були найвищими *(Говенько Р. В., 2022).*

Результати експериментів по досліду 2 показали, що найефективнішим виявилося застосування добрива Гумілін Стимул у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17).

Так, кількість зерен в одному ряді качана, залежно від підживлення, незначно різнилася за варіантами досліду (32–36 шт.) Зафіксовано також ефективність всіх видів азотних добрив та фенологічну фазу обробки посівів добривом Гумілін Стимул. Це мікростадії ВВСН 15-17 у більш ранню фенологічну фазу 5–7 листків (рис. 4.4).



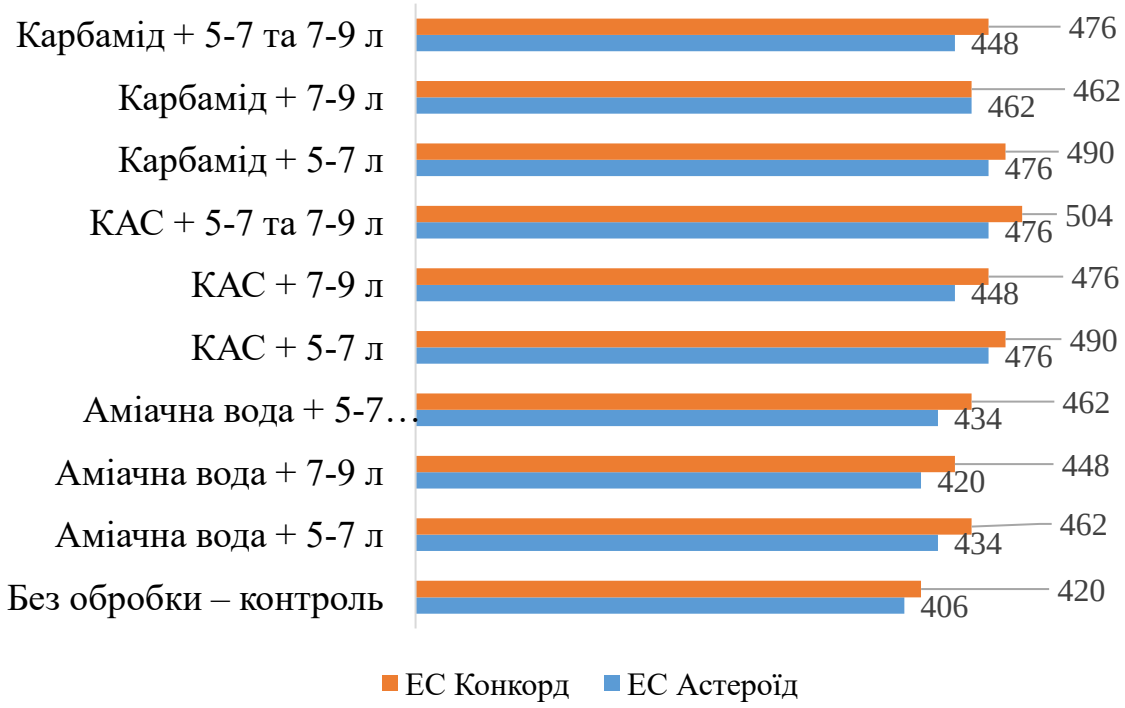
$НІР_{05}$ по фактору кількість зерен в одному ряді качана, шт.

ЕС Астероїд – *0,99;* ЕС Конкорд – *1,07*

Рис. 4.4. Кількість зерен в одному ряді качана залежно від підживлення, шт. (середнє за 2019–2021 рр)

Найбільша кількість зерен в одному качані (рис. 4.5) встановлена у гібриду ЕС Конкорд (504 шт.) та ЕС Астероїд (490 шт.) в середньому за три роки досліджень. Це не було б можливим без одноразового підживлення посівів добривом Гумілін Стимул у 15–17 мікростадію, за шкалою ВВСН, на попередньо внесеному фоні добрива КАС 32.

Кількість зерен в ряді можна визначити до появи чоловічого суцвіття (волоті), коли за тиждень до цвітіння починає з’являтися максимальна кількість насіннєвих зародків.



$НІР_{05}$ по фактору кількість зерен в одному качані, шт.

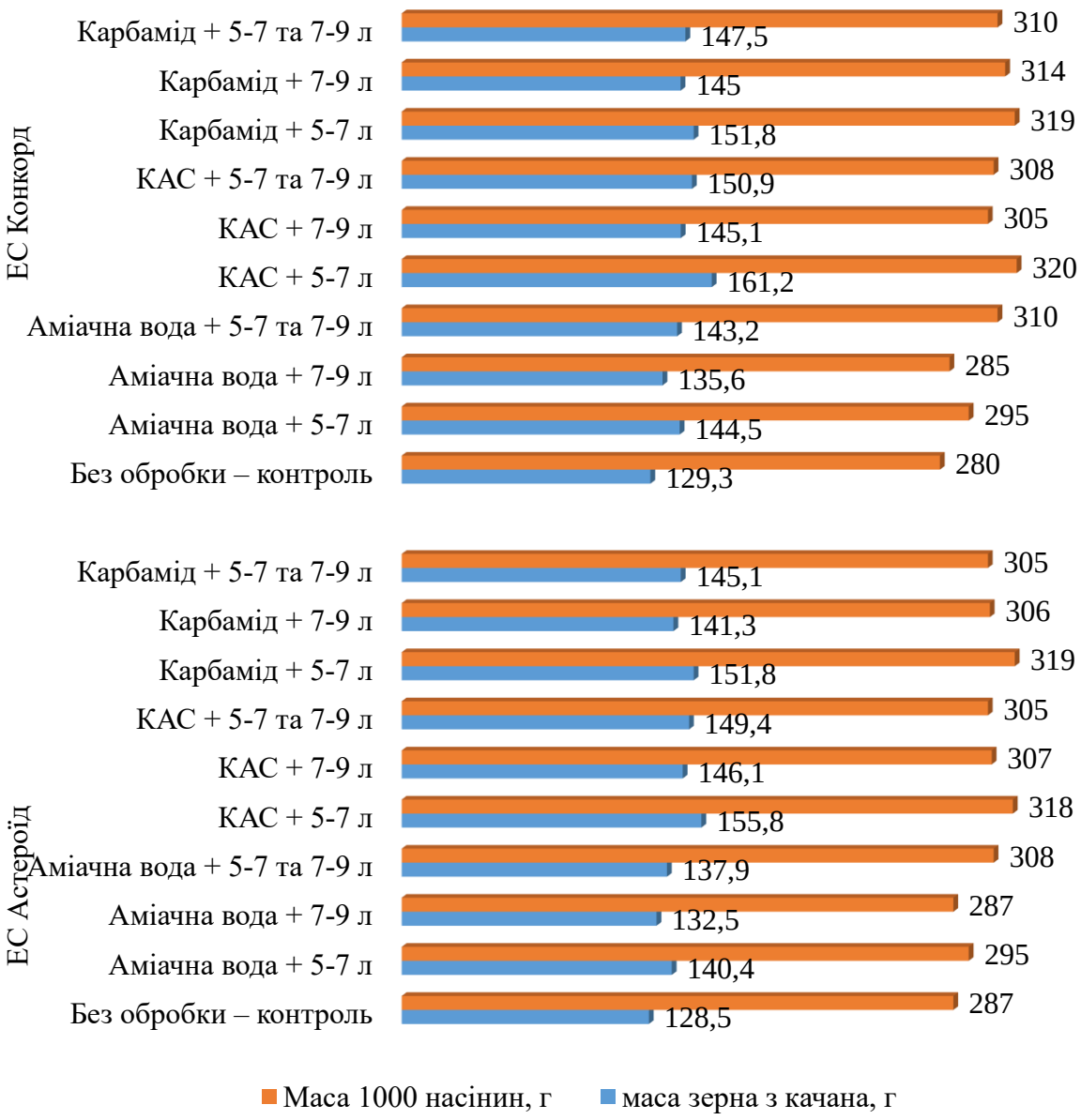
ЕС Астероїд – *13,88;* ЕС Конкорд – *15,01*

Рис. 4.5. Кількість зерен в одному качані залежно від підживлення, шт. (середнє за 2019–2021 рр)

Стрес у цей період (надто посухи) зменшує їх кількість. Зерна можуть перестати розвиватися у фенологічну фазу його молочної стиглості.

Нами також помічено (рис. 4.6) позитивний вплив підживлення посівів кукурудзи добривом Гумілін Стимул на величину показників таких елементів структури, як маса зерна з качана та маса 1000 зерен. Так, маса 1000 зерен у гібриду ЕС Конкорд була найвищою за зазначеного варіанта і становила 320 г, перевищивши контроль на 40 г. У гібриду ЕС Астероїд даний показник досяг 319 г, що на 32 г більше за контроль.

Нами встановлено, що ефективність добрива залежала й від фенологічної фази кукурудзи та кратності обробок посівів. Найбільша маса 1000 зерен була у варіанті застосування добрива пролонгованої дії КАС 32 та підживлення посіву Гуміліном Стимул у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17).



$НІР_{05}$ по фактору маса зерена з качана, шт.:

ЕС Астероїд – *8,71;* ЕС Конкорд – *8,49*

$НІР_{05}$ по фактору маса 1000 зерен з качана, шт.:

ЕС Астероїд – *13,64;* ЕС Конкорд – *11,08*

Рис. 4.6. Маса зерна з качана та маса 1000 зерен залежно від підживлення, г (середнє за 2019–2021 р.)

Вона становила 320 грамів. Тимчасом як на контролі без обробки посівів даний показник складав 310 грамів. Маса 1000 зерен з качана була найменшою у варіанті застосування фону азотного добрива – аміачна вода. Проте, одноразове застосування у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) було вищим, аніж за дворазового (295 г). Щодо маси зерна з качана, то вона варіювала за варіантами

досліду в середньому за 3 роки від 129,3 г на контролі до 161,2 г у варіанті підживлення посівів кукурудзи добривом Гумілін Стимул одноразового застосування у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17).

Дослідженнями підтверджено ефективну дію на елементи структури врожаю застосування добрива Гумілін Стимул у фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) на фоні основного добрива – карбаміду. Однак, показник маси зерна з качана був нижчим на 9,4 г, порівняно з варіантом застосування КАС 32.

Висновки до розділу 4.

Встановлено, що показники елементів структури врожаю змінювалися залежно від виду азотних добрив на фоні діамофоски. Маса 1000 зерен була найбільшою і варіювала в межах 310–317 г. Найвищий показник маси зерна з качана виявлено за застосування добрива КАС 32, який становив у гібриду ЕС Конкорд 155,8 та в ЕС Астероїд – 149,9 грамів, що перевищило варіант контролю у гібриду ЕС Конкорд на 44,0 г та гібриду ЕС Астероїд – на 40,7 г.

Доведена ефективна дія на елементи структури врожаю застосування добрива Гумілін Стимул у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) на фоні трьох видів азотних добрив та діамофоски. У гібриду ЕС Конкорд за варіанта застосування КАС 32 маса зерна з качана становила 161,2 г, а в гібриду ЕС Астероїд – 155,3 г. Показник маси зерна з качана був нижчим на 16,7 г за внесення аміачної води і на 9,4 г за внесення карбаміду.

Публікації до розділу 4.

Говенько Р. В. (2022) Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи. *Збірник наукових праць "Агробіологія"*, №2 (174). С. 112–121.

Каленська С. М., **Говенько Р. В.** Особливості формування рослин кукурудзи залежно від удобрення, гібриду та метеорологічних чинників. *Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції "Рослинництво XXI століття: виклики та інновації. До 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБіП України", м. Київ, 25-26 вересня листопада 2019 року: матеріали конференції (с. 84–85),* Київ.

РОЗДІЛ 5
УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ВИДУ АЗОТНИХ ДОБРИВ ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ПОСІВІВ

5.1. Урожайність та якість зерна кукурудзи залежно від виду азотних добрив та метеорологічних показників років досліджень

Кукурудза, на відміну від інших зернових культур, вимагає підвищеного мінерального живлення. Це пов'язано насамперед із довготривалим вегетаційним періодом та здатністю рослин засвоювати поживні речовини майже до самого завершення дозрівання зерна *(Каленська С. М. та ін., 2017; Каленська С. М. та ін., 2008; Каленська С. М., Таран В. Г., Данилів П. О., 2017).*

Потреба кукурудзи в основних елементах живлення, за зонами вирощування в Україні, далеко неоднакова та суттєво залежить від ґрунтових і погодних умов, прийомів агротехніки та низки інших факторів. Найкраще кукурудза реагує на внесення азотних добрив *(Говенько Р. В., Антал Т. В., 2022; Асанішвілі Н. М., 2020; Влащук А. Н., Прищепо Н. М., Колпакова А. С., 2017).*

Саме азот посідає чільне місце у формуванні врожайності різних сільськогосподарських культур (серед інших елементів мінерального живлення рослин). Водночас засвоєння та реалізація азотних добрив значною мірою визначається метеорологічними умовами *(Fernández M. C., Rubio G. 2015).*

Дослідження Каленської С. М., Коваленко О. та ін. переконливо вказують на ефективність кожного з існуючих елементів системи удобрення. Втім, ще недостатньо з'ясована їх комплексна дія. Тому виробничники вимагають від наукових установ проведення додаткових досліджень щодо здійснення оптимізації базової системи удобрення, зважаючи на біологічні особливості сучасних гібридів та їх потенційні можливості, ґрунтово-кліматичні умови регіону з подальшим вивченням їх впливу на структуру врожаю, урожайність зерна та його якість *(Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В., Антал Т. В., 2019; Коваленко*

О., Полянчиков С., Ковбель А., 2015; Крамарьов С. М. та ін., 2009; Молдован Ж. А., Собчук С. І., 2016; Паламарчук В. Д., Мазур В. А., Зозуля О. Л., 2011; Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкін О. Ю., 2009).

Аби сформувати врожайність зерна на рівні 5–7 т/га, кукурудза, з урахуванням нетоварної продукції, виносить із ґрунту 146–204 кг азоту, 48–67 фосфору, 125–175 кг калію, 160–238 г цинку, 110–154 марганцю, 12–16 міді, 19–27 г кобальту. Таку кількість доступних рослинам елементів живлення ґрунт не може забезпечити навіть за високого рівня родючості. Саме тому мінеральні добрива залишаються найдієвішим фактором підвищення урожайності *(Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкін О. Ю., 2009).*

Ефективність застосування будь-якого агротехнічного заходу визначається рівнем урожайності та залежить від своєчасного і якісного забезпечення умов життєдіяльності рослин в онтогенезі.

Як вже зазначалося, важлива роль у формуванні урожайності кукурудзи належить елементам мінерального живлення рослин, зокрема азоту. Проте засвоєння його рослинами значною мірою визначається гідротермічними умовами року.

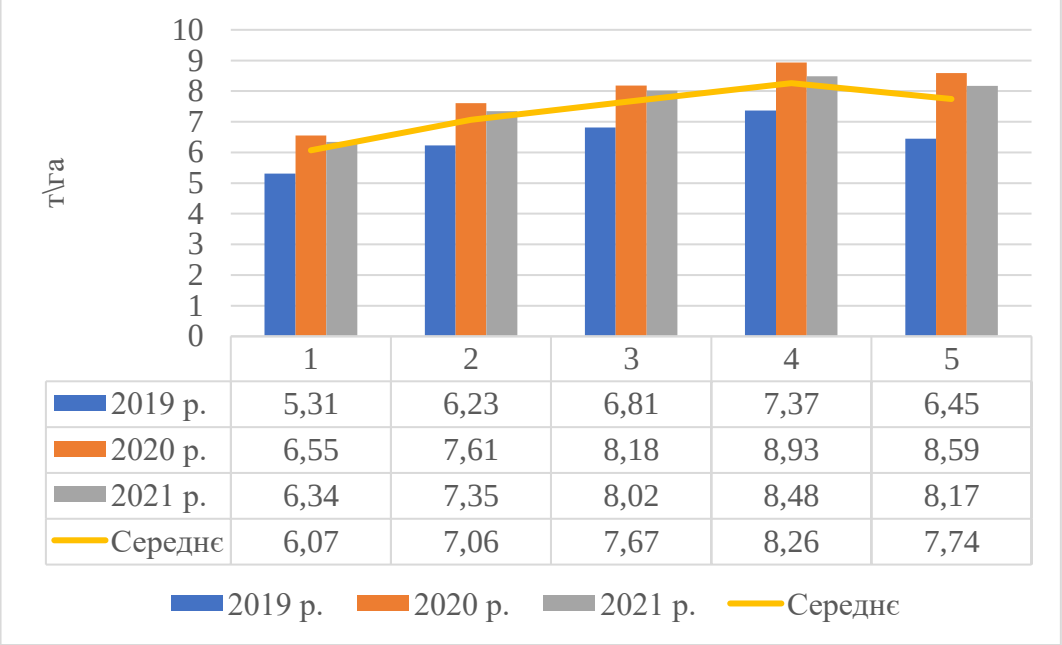
Так, якщо від внесення відносно невеликих доз азоту в середньому за кілька років урожайність кукурудзи може зростати лише на 10%, то в роки зі сприятливими умовами вологозабезпечення приріст врожаю може становити 50% і більше *(Khalili M., Naghavi M. R., Aboughadareh A. P., et.al., 2013; Писаренко П. В. та ін., 2015; Якунін О. П., 2010).*

Кукурудза на старті задовольняється лише 25% азоту *(Pierson, Warren, 2013).* Потреба у цьому елементі живлення стрімко зростає після настання фази 10 листків. Як засвідчують результати досліджень останніх років, здійснені як у Північній Америці, так і в Україні впродовж останніх років, високу ефективність забезпечує пролонговане азотне живлення цієї культури *(Shafi M., 2012).*

Встановлено, що рівень урожайності мав суттєву різницю залежно від виду азотних добрив та погодних умов (рис. 5.1–5.2) (Додаток Г–Г2).

Найменш сприятливим за гідротермічними умовами виявився 2019 рік, який характеризувався дефіцитом вологи у серпні та високими температурами, що значно вплинуло на рівень урожайності зерна кукурудзи.

Основні аномалії відбулися в період цвітіння, що спричинило неповноцінне запліднення качана та нерівномірне формування зернівок. Простежувалася і череззерниця.



	1	2	3	4	5
2019 р.	5,31	6,23	6,81	7,37	6,45
2020 р.	6,55	7,61	8,18	8,93	8,59
2021 р.	6,34	7,35	8,02	8,48	8,17
Середнє	6,07	7,06	7,67	8,26	7,74

1. Без добрив (контроль)
2. $N_{22}P_{57}K_{57}$ (діамофоска) Фон
3. Ф + N_{120} (аміачна вода)
4. Ф + N_{120} (КАС 32)
5. Ф + N_{120} (карбамід)

Рис. 5.1. Урожайність зерна гібриду кукурудзи ЕС Астероїд залежно від виду азотних добрив та метеорологічних чинників, т/га

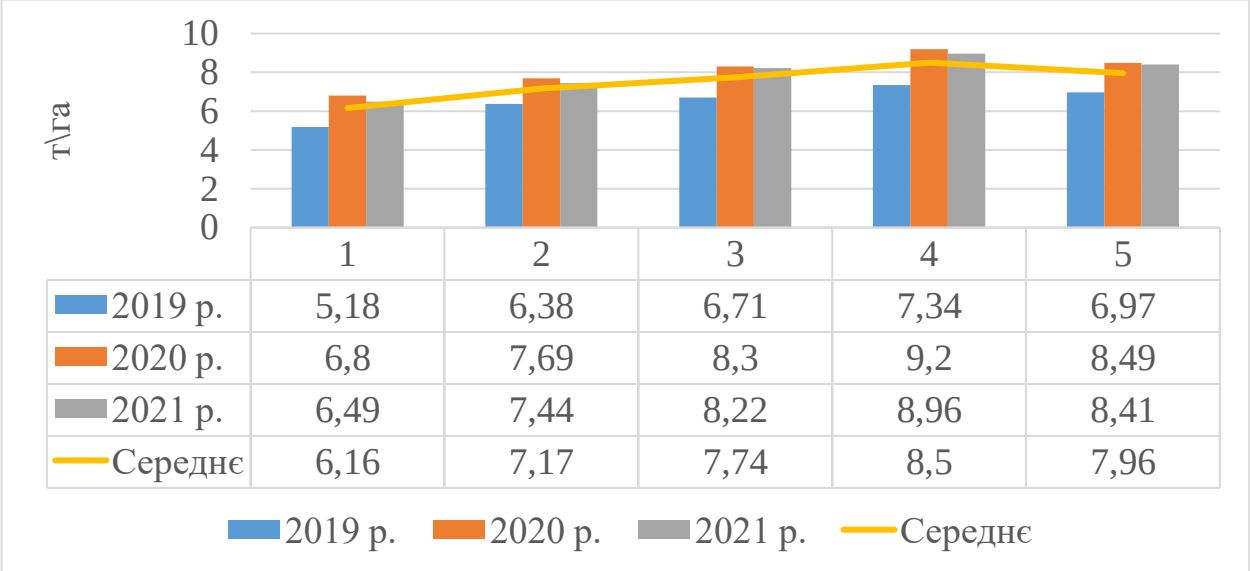
Спостереження за рослинами кукурудзи в період вегетації у зазначений рік показали, що вони не досягли типового розміру стебел, відповідно до генетично обумовлених ознак вивчених гібридів. Також скоротився загальний період вегетації рослин. Всі перелічені показники сформували найнижчий рівень урожайності зерна кукурудзи 2019 року, який варіював від 5,31 до 7,37 т/га за кращого варіанта застосування азотних добрив у гібриду ЕС Астероїд.

Господаренко Г. М. та ін. зауважують, що у сприятливі за погодними умовами роки фактори погоди та азоту об’єднуються, забезпечуючи високий рівень урожайності. Однак, у посушливі роки погода істотно обмежує реакцію кукурудзи

на застосування азоту. Саме тому для досягнення високої врожайності кукурудзи, критично важливо підтримувати достатній рівень азоту впродовж ключових фаз росту та розвитку культури. У такому разі його внесення декількома прийомами оптимізує живлення рослин, знижуючи непродуктивні втрати.

Таким чином, зростають і показники індивідуальної продуктивності та урожайності зерна *(Господаренко Г. М., 2015; Присяжнюк Л. М., Шовгун О. О., Король Л. В., 2016).* Найсприятливішим для росту, розвитку та формування урожайності кукурудзи виявився 2020 рік. Так, максимальна урожайність встановлена у гібриду ЕС Конкорд– 9,20 т/га за варіанта застосування добрив КАС 32 у нормі 120 кг/га д. р., що перевищило показник рівня урожайності на контролі на 2,40 т/га. За зазначеного варіанта досліду гібрид ЕС Астероїд забезпечив урожайність 8,93 т/га.

Щодо 2021 року, то він загалом був сприятливим за гідротермічними показниками, що обумовлено достатньою вологозабезпеченістю та оптимальним температурним режимом в період вегетації.



	1	2	3	4	5
2019 р.	5,18	6,38	6,71	7,34	6,97
2020 р.	6,8	7,69	8,3	9,2	8,49
2021 р.	6,49	7,44	8,22	8,96	8,41
Середнє	6,16	7,17	7,74	8,5	7,96

1. Без добрив (контроль)
2. $N_{22}P_{57}K_{57}$ (діамофоска) Фон
3. Ф + N_{120} (аміачна вода)
4. Ф + N_{120} (КАС 32)
5. Ф + N_{120} (карбамід)

Рис. 5.2. Урожайність зерна гібриду кукурудзи ЕС Конкорд залежно від виду азотних добрив та метеорологічних чинників, т/га

Після внесення аміачної форми азоту з добривом карбамід отримано дещо нижчі рівні урожайності, порівняно з КАС 32. Так, різниця урожайності в середньому по гібриду ЕС Конкорд була 0,54 т/га, тимчасом як по ЕС Астероїд – 0,52 т/га.

Коротко про кукурудзу, як зернову культуру.

Важливим завданням є отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур належної якості, зокрема злакових. Останніми роками вимоги до якості зерна значно зросли. Це зумовлено інтенсифікацією процесів у харчовій промисловості та тваринництві, забрудненням довкілля, запровадженням інтенсивних технологій вирощування польових культур, поширенням хімічних речовин у сільському господарстві.

ДСТУ 4525 на кукурудзу було прийнято у 2009 році. Державним стандартом України передбачені продовольчі та непродовольчі сфери її використання, а також норми для експортування. Зерно кукурудзи використовується на продовольчі (20%), технічні (15–20%) та фуражні цілі (60–65%). В одному кілограмі зерна 1,34 кормових одиниць та 78 г перетравного протеїну. Останній представлений відносно неповноцінним у кормовому і продовольчому значенні зеїном і глютеліном.

У зерні кукурудзи міститься 65–70% вуглеводів, 9–12% білка, 4–8% рослинної олії (у зародку до 40%), і лише близько 2% клітковини. Воно збагачене вітамінами А, B_1, B_2, B_6, Е, С, незамінними амінокислотами, мінеральними солями і мікроелементами. Також насичене калієм, цинком, магнієм, залізом та фосфором. До речі, вміст білка доволі невисокий та неповноцінний за деякими незамінними амінокислотами, надто – за вмістом лізину *(Говенько Р. В., Антал Т. В., 2022, Каленська С. М., Говенько Р. В., Антал Т. В., 2021).*

Тепер повернімося до досліджуваних гібридів, пластичних до умов вирощування, зі значною реакцією на добрива. Так, величина врожайності в середньому за 2019–2021 рр. для гібрида ЕС Конкорд становила від 6,07 (контроль) до 8,26 т/га за внесення КАС 32 (N_{120} кг/га д. р.) на фоні $N_{22}P_{57}K_{57}$ (діамофоска); ЕС Астероїд – від 6,16 до 8,50 т/га відповідно (табл. 5.1). Ґрунтам дослідного поля

властива висока потенційна родючість. На це вказує підвищена врожайність у варіантах контролю (без добрив). Рівень урожайності гібридів сягав 6,07 та 6,16 т/га відповідно для ЕС Конкорд та ЕС Астероїд. Застосування $N_{22}P_{57}K_{57}$ (фон, діамофоска) забезпечувало зростання врожайності на 0,99–1,01 т/га, або 16,3–16,4%.

Таблиця 5.1.

Урожайність гібридів кукурудзи залежно від норми внесення та виду добрив

Удобрення (фактор В)		Рік			Середнє	Приріст урожаю	
Норма добрив, кг/га д. р.	Вид добрива	2019	2020	2021		т/га ‘	% ‘
ЕС Конкорд (фактор А)							
Контроль, без добрив		5,31^{a}	6,55^{a}	6,34^{a}	6,07^{a}	–	–
$N_{22}P_{57}K_{57}$ фон	Діамофоска	6,23^{b}	7,61^{b}	7,35^{b}	7,06^{b}	0,99	16,3
Фон + N_{120}	Аміачна вода	6,81^{c}	8,18^{c}	8,02^{c}	7,67^{c}	1,60	26,4
Фон + N_{120}	КАС 32	7,37^{d}	8,93^{d}	8,48^{d}	8,26^{d}	2,19	36,1
Фон + N_{120}	Карбамід	6,45^{b}	8,59^{cd}	8,17^{c}	7,74^{c}	1,67	27,5
ЕС Астероїд (фактор А)							
Контроль, без добрив		5,18^{a}	6,80^{a}	6,49^{a}	6,16^{a}	–	–
$N_{22}P_{57}K_{57}$ фон	Діамофоска	6,38^{b}	7,69^{b}	7,44^{b}	7,17^{b}	1,01	16,4
Фон + N_{120}	Аміачна вода	6,71^{b}	8,30^{c}	8,22^{c}	7,74^{c}	1,58	25,6
Фон + N_{120}	КАС 32	7,34^{c}	9,20^{d}	8,96^{d}	8,50^{d}	2,34	38,0
Фон + N_{120}	Карбамід	6,97^{bc}	8,49^{c}	8,41^{c}	7,96^{c}	1,80	29,2
НІР $_{0,95}$ т/га по: фактору А фактору В взаємодії АВ		*0,13* *0,31* *0,44*	*0,15* *0,34* *0,46*	*0,11* *0,29* *0,41*			

Примітка. Суттєва різниця між значеннями присутня за позначення різними літерами в одній колонці, SAS 9,4.

Додаткове внесення азотних добрив на фоні діамофоски сприяло збільшенню врожайності ще на 8,0–18,6%. За внесення КАС 32 приріст урожайності гібрида ЕС Конкорд становив 2,19 т/га, або 36,1%, а ЕС Астероїд – 2,34 т/га, або 38,0%, порівняно з контролем. Реакція гібридів на внесення аміачної води та карбаміду, через приріст урожайності, була нижчою, порівняно зі внесенням КАС 32.

Індекс урожайності значно різниться для гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення та погодних умов: від 0,31 до 0,51. За внесення N_{120} на фоні $N_{22}P_{57}K_{57}$ спостерігається значно вища врожайність гібридів кукурудзи, але й вегетативна маса також формується інтенсивніше. За сприятливих погодних умов індекс урожайності має значний діапазон варіювання. Загальна маса рослин та вихід зерна навіть для певного гібрида суттєво варіює залежно від удобрення у вологі роки, а в посушливі – варіювання незначне. Зважаючи на це, індекс урожайності за внесення додаткового азоту був нижчим в усі роки і для обох гібридів, лише за деякими винятками. Встановлено тенденцію щодо його зміни залежно від виду добрив. За внесення КАС 32 співвідношення вегетативної маси і зерна в усі роки було стабільним і знаходилося в інтервалі 0,48–0,51, з огляду на погодні умови року.

Проведений розрахунок частки участі факторів у формуванні урожайності зерна кукурудзи (рис. 5.3), залежно від внесення азотних добрив, дозволяє зробити висновок, що найбільша частка – **це фактор В**: “добрива*”* – 44%, “гібрид*”* – 33%, “рік*”* – 17%, “взаємодія факторів*”* – 3%, “інші*”* – 3%.

Розробками науково-дослідних установ встановлено, що добрива, поряд зі значним впливом на рівень врожайності зерна кукурудзи, впливають і на вміст в ньому протеїну. Також позначаються і на зборі зерна на одиницю площі. За їх внесення переважно цінність кукурудзи відзначається підвищенням вмісту протеїну, жиру, крохмалю, безазотистих екстрактивних речовин, золи, каротину, кальцію й фосфору.

Попередні дослідження показали, що **азотні добрива** здатні негативно діяти на нагромадження жиру, а позитивно – на накопичення сирого протеїну в зерні кукурудзи.

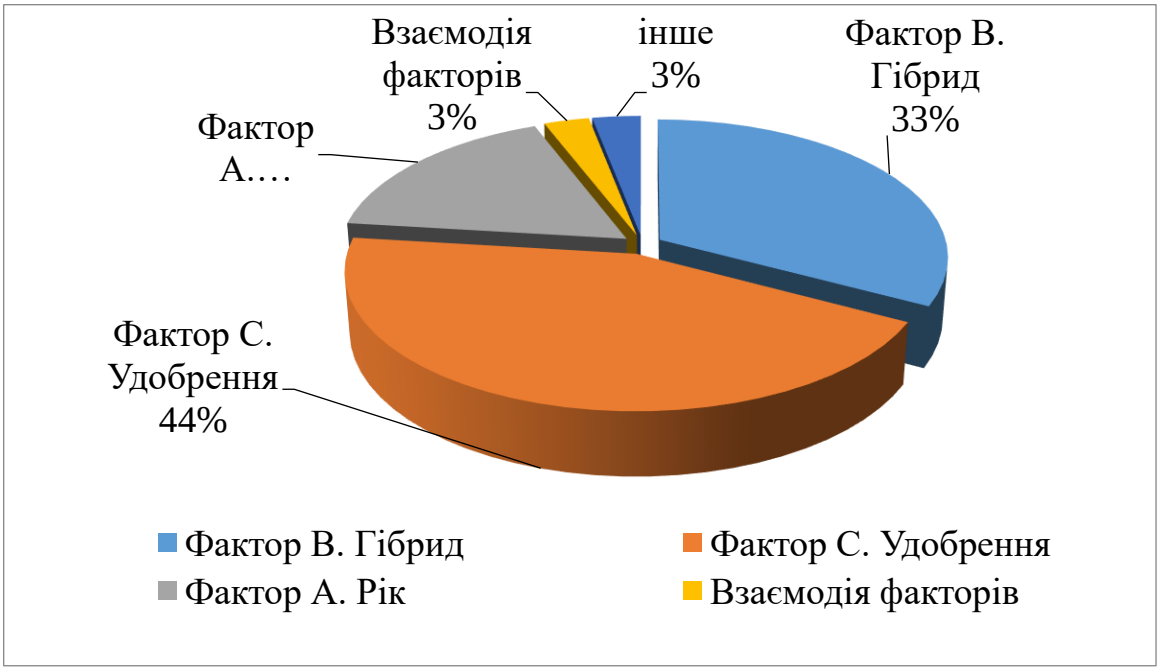


Рис. 5.3. Частка участі факторів у формуванні врожайності кукурудзи залежно від удобрення, %

Фосфорні добрива, як і азотні, збільшують урожайність зерна та підвищують вміст у ньому білка і жиру. Однак, дія фосфору на зростання вмісту білка в зерні кукурудзи менш стійка і значною мірою залежить від властивостей ґрунту, співвідношення в ньому поживних речовин і добрив, що вносяться. **Калійні добрива** здебільшого слабо впливають на якість зерна кукурудзи. Втім, спроможні як збільшувати, так і зменшувати за певних умов вміст білка в зерні. Дія калійних добрив також значною мірою залежить від властивостей ґрунту, надто – від співвідношення елементів живлення в добривах. Правильно обравши співвідношення азоту, фосфору і калію, можна досягти найвищої врожайності зерна кукурудзи. До того ж – із високим вмістом білка *(Каленська С. М., Говенько Р. В., 2020)*.

Результати наших досліджень (табл. 5.2) показують, що мінеральні добрива неабияк впливають на кількість крохмалю, протеїну та жиру в зерні кукурудзи.

Таблиця 5.2.

Хімічні показники якості зерна кукурудзи залежно від виду азотних добрив, за 2019–2021 рр.

Варіант удобрення	Вміст, %											
	2019			2020			2021			Середнє за 2019–2021 рр.		
	протеїн	крохмаль	жир	протеїн	крохмаль	жир	протеїн	крохмаль	жир	протеїн	крохмаль	жир
Гібрид ЕС Конкорд												
В-1	10,2	52,3	3,8	10,7	53,5	3,8	10,3	53,1	3,8	10,4	52,9	3,8
В-2	10,8	53,5	3,7	11,0	53,8	3,8	10,6	53,9	3,8	10,8	53,8	3,8
В-3	11,6	57,3	3,9	11,0	58,6	3,9	11,0	59,7	4,0	11,2	58,5	3,9
В-4	12,1	61,4	3,9	11,6	61,2	4,0	11,3	62,1	4,0	11,6	61,6	3,9
В-5	11,7	56,3	3,7	11,1	57,4	3,7	11,3	58,4	3,7	11,3	57,4	3,7
Гібрид ЕС Астероїд												
В-1	10,2	54,7	3,7	9,7	54,1	3,8	10,4	54,3	3,8	10,1	54,4	3,7
В-2	10,4	54,9	3,7	10,4	54,7	3,8	10,6	55,1	3,8	10,5	54,9	3,7
В-3	10,7	59,2	3,7	11,1	58,8	3,8	10,8	59,7	3,8	10,9	59,2	3,8
В-4	11,4	60,4	3,9	11,2	61,3	3,8	11,1	62,3	3,9	11,2	61,3	3,9
В-5	10,7	58,7	3,6	10,8	57,9	3,7	10,7	59,0	3,8	10,7	58,5	3,7
НІР 0,5										*0,44*	*0,92*	*0,06*
НІР 0,5 по фактору А										*0,20*	*0,41*	*0,02*
НІР 0,5 по фактору Б										*0,31*	*0,65*	*0,04*

5.2. Вплив позакореневого підживлення, строків його проведення і фенологічної фази на рівень урожайності та якість зерна кукурудзи

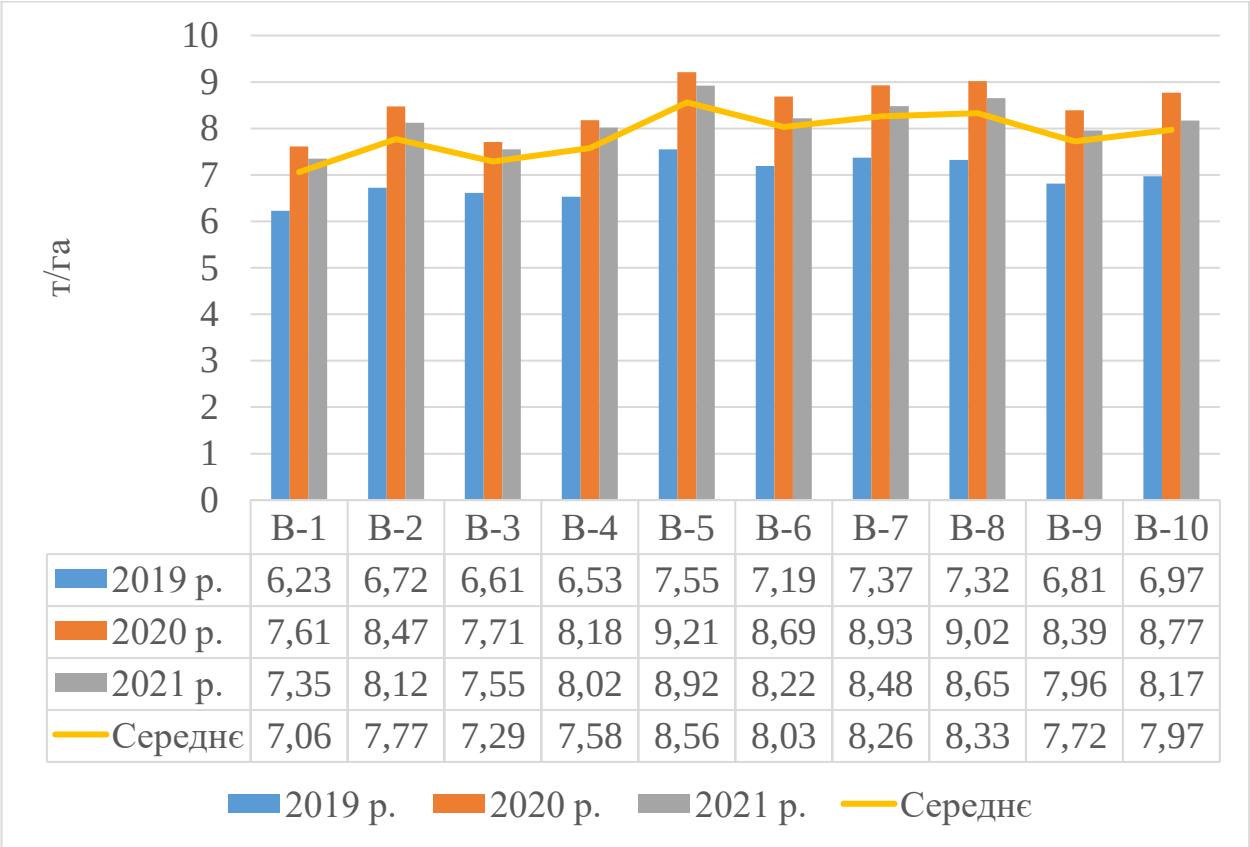
Добрива – чи не найважливіший чинник інтенсифікації виробництва зерна кукурудзи. Проте недостатньо застосовувати лише традиційні мінеральні добрива. Адже рослини дуже потребують мікроелементів, ринок яких наразі стрімко розвивається. Причина: зменшення у ґрунтах вмісту доступних форм мікроелементів. Ця необхідність обумовлена і тим, що у виробництві вирощуються переважно нові гібриди інтенсивного типу, високопродуктивні, які вимагають підвищених норм добрив та комплексного забезпечення макро- та мікроелементами *(Санін Ю., 2010; Каленська С. М., Таран В. А., 2018; Мокрієнко В. А., Усатий Г. Ю., 2006; Штукін М. О., Оничко В. І., 2013; Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. та ін. 2019; Каленська С. М., Говенько Р. В., 2019).*

Не секрет, що саме добрива є одним з найефективніших та швидкодіючих факторів підвищення врожайності.

Результати досліджень, проведені Дудкою М. та Черчелем В. *(Дудка М., Черчель В., 1998),* підтверджують дієвість позакореневих підживлень на посівах кукурудзи. На ранніх етапах онтогенезу (до 9–10 листків) вони використовують відносно невелику кількість (3–9%) макроелементів. Найбільше їхнє надходження (42–81%) припадає на період активного нарощування вегетативної маси *(Neilson E.H. et. al., 2015).* Найінтенсивніше поглинання азоту відбувається у період від появи 10–12 листків до молочної стиглості зерна. Максимум поглинання рослинами калію відбувається у першій половині вегетації культури. Надалі споживання азоту і калію уповільнюється, і з настанням фази молочно-воскової стиглості практично завершується. Фосфор використовується більш рівномірно майже до повної стиглості зерна *(Fernández M. C., Rubio G., 2015).*

Урожайність кукурудзи має прямо пропорційну залежність з науково-обґрунтованою системою удобрення, яка повинна бути спрямованою не лише на економію мінеральних добрив, зважаючи на стрімке зростання цін на них, але й на

визначення ефективніших їх форм, зокрема азотних, з урахуванням типу ґрунту (рис. 5.4–5.5) (Додаток Г3, Г4).



	В-1	В-2	В-3	В-4	В-5	В-6	В-7	В-8	В-9	В-10
2019 р.	6,23	6,72	6,61	6,53	7,55	7,19	7,37	7,32	6,81	6,97
2020 р.	7,61	8,47	7,71	8,18	9,21	8,69	8,93	9,02	8,39	8,77
2021 р.	7,35	8,12	7,55	8,02	8,92	8,22	8,48	8,65	7,96	8,17
Середнє	7,06	7,77	7,29	7,58	8,56	8,03	8,26	8,33	7,72	7,97

В-1. Без обробки – контроль
В-2. Аміачна вода + 5-7 л
В-3. Аміачна вода + 7-9 л
В-4. Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л
В-5. КАС + 5-7 л
В-6. КАС + 7-9 л
В-7. КАС + 5-7 та 7-9 л
В-8. Карбамід + 5-7 л
В-9. Карбамід + 7-9 л
В-10. Карбамід + 5-7 та 7-9 л

Рис. 5.4. Урожайність зерна гібриду кукурудзи ЕС Астероїд залежно від обробки посівів препаратом Гумілін Стимул, т/га

Збалансованому співвідношенню між основними елементами живлення (азот, фосфор, калій) сприяє застосування для рослин кукурудзи мікроелементів.

Кукурудза, за результатами наукових досліджень Д. Шпаара, потребує своєчасного та повного забезпечення мікроелементами – цинком і марганцем, та середнього – міддю і бором. Встановлено, що вона в процесі вегетації поглинає значну кількість мікроелементів: до 80 г/га марганцю, 350–400 г/га цинку, близько

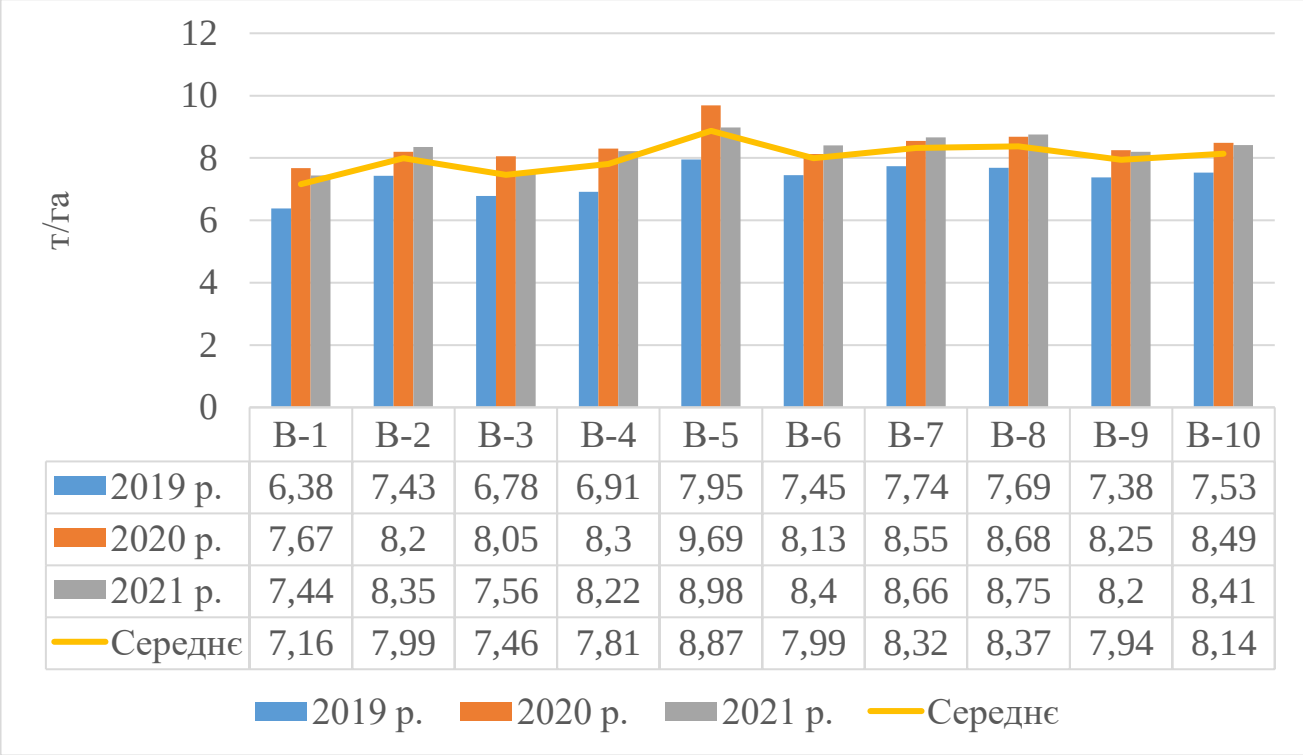
70 г/га бору та 50–60 г/га міді. Отже, за певних умов може виникнути необхідність підживлення посівів кукурудзи сучасними добривами з вищезазначеними елементами *(Шпаар Д. та ін., 2009).*

На ранніх фазах росту і розвитку рослини кукурудзи через слаборозвинену кореневу систему страждають від нестачі фосфору, марганцю і цинку. У фазі інтенсивного росту потреба в цих елементах висока, оскільки вони активізують ферментативну діяльність *(Liu Y., Mi G. et.al., 2004 Yu P., Li X., Yuan L., Li C., 2013).* Бор надзвичайно позитивно діє на запліднення, оскільки сприяє росту пилкової трубки. У стадії розвитку по коду ВВСН від 13 до 17 можна використовувати багатокомпонентні мікродобрива листкової дії різного складу, які добре поєднуються з гербіцидами.

Саме тому одним із завдань проведених досліджень було встановити вплив позакореневих підживлень посівів кукурудзи водорозчинним комплексним добривом Гумілін Стимул на формування урожайності зерна кукурудзи на трьох фонах різних видів азотних добрив.

Встановлено, що на початкових фазах росту засвоєння азоту незначне (3–5%). Зменшене поглинання спричинене низькими температурами навесні. Звідси і пожовтіння рослин, гальмування їх росту. Інтенсивніше азот надходить в рослину, починаючи з фази 6–8 листків. Так, якщо до фази 8 листків засвоюється лише 2–3% азоту, то від фази 8 листків до засихання квіткових стовпчиків на качанах засвоюється приблизно 85% загальної кількості азоту *(Paponov I. A., Engels C. 2003).*

Ефект дії добрива залежить від фенологічної фази застосування та кратності обробок.



	В-1	В-2	В-3	В-4	В-5	В-6	В-7	В-8	В-9	В-10
2019 р.	6,38	7,43	6,78	6,91	7,95	7,45	7,74	7,69	7,38	7,53
2020 р.	7,67	8,2	8,05	8,3	9,69	8,13	8,55	8,68	8,25	8,49
2021 р.	7,44	8,35	7,56	8,22	8,98	8,4	8,66	8,75	8,2	8,41
Середнє	7,16	7,99	7,46	7,81	8,87	7,99	8,32	8,37	7,94	8,14

В-1. Без обробки – контроль
В-2. Аміачна вода + 5-7 л
В-3. Аміачна вода + 7-9 л
В-4. Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л
В-5. КАС + 5-7 л
В-6. КАС + 7-9 л
В-7. КАС + 5-7 та 7-9 л
В-8. Карбамід + 5-7 л
В-9. Карбамід + 7-9 л
В-10. Карбамід + 5-7 та 7-9 л

Рис. 5.5. Урожайність зерна гібриду кукурудзи ЕС Конкорд залежно від обробки посівів препаратом Гумілін Стимул, т/га

Найбільший позитивний ефект від застосування добрива Гумілін Стимул у нормі 3 л/га показав варіант застосування підживлення у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) та одноразового внесення.

Незначно поступився йому варіант дворазового внесення добрива у фенологічні фази 5–7 (ВВСН 15-17) та 7–9 листків (ВВСН 17-19) з половинною нормою внесення по 1,5 л/га.

Простежується чітка закономірність рівнів урожайності залежно від фону азотних добрив та позакореневих підживлень.

Опрацьовані дані за окремі роки досліджень та середні показники за період 2019–2021 років засвідчили, що обробка посівів добривом Гумілін Стимул

показала найвищу ефективність за застосування у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) на фоні добрива КАС 32 за одноразового внесення з нормою 3 л/га. Рівень урожайності в середньому за три роки у гібриду ЕС Конкорд за даного варіанта становив 8,87 та гібриду Астероїд – 8,56 т/га з істотним приростом урожайності по варіантах досліду та щодо контролю.

Здійснений розрахунок частки участі факторів у формуванні урожайності зерна кукурудзи (рис. 5.6), залежно від підживлення посівів добривом Гумілін Стимул, дозволив дійти висновку, що найбільша частка – це **фактор С**: “удобрення” – 43%, “гібрид” – 33%, “рік” – 20%, “взаємодія факторів” – 2%, “інші” – 2%.

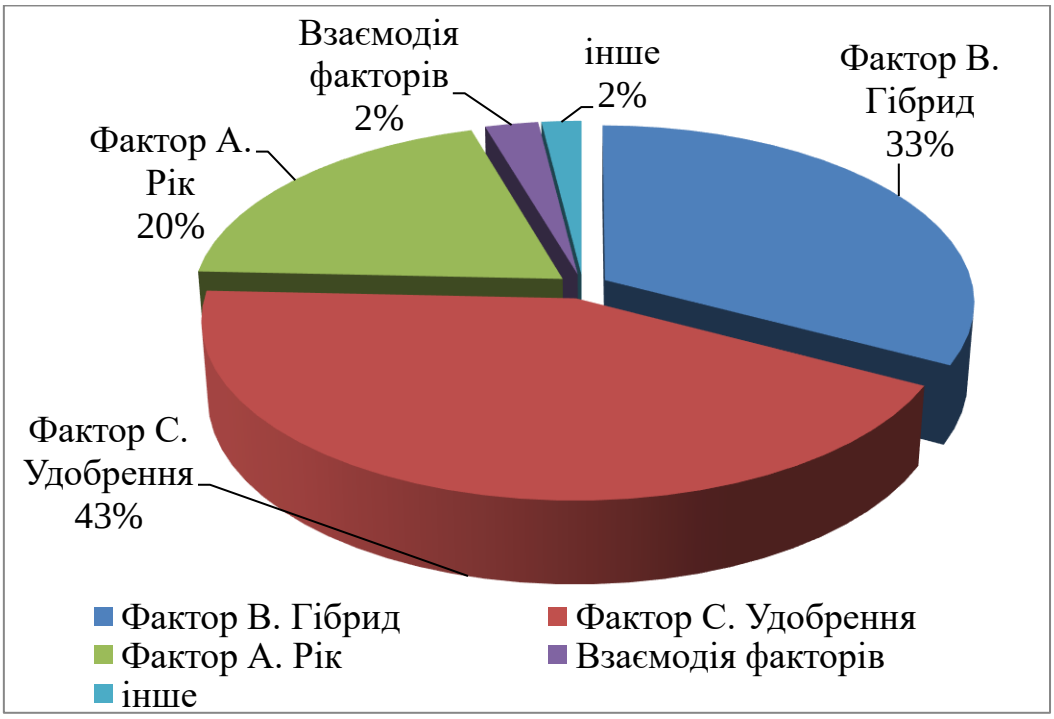


Рис. 5.6. Частка участі факторів у формуванні врожайності кукурудзи залежно від обробки посівів препаратом Гумілін Стимул, %

Найкращі умови для отримання високої врожайності високобілкового зерна формуються за: 1) оптимальної забезпеченості рослин азотом; 2) незначного дефіциту вологи; 3) підвищених температур у період наливу зерна; 4) високої інтенсивності світла.

Левова частка складової зерна кукурудзи припадає на вуглеводи (основні джерела енергії), вміст яких в зерні може становити 75–80% та значною мірою

залежити від генетичних особливостей гібридів *(Говенько Р. В., Каленська С. М., 2022).*

Проведені дослідження впродовж 2019–2021 рр. показали залежність вмісту **протеїну** в зерні гібридів під впливом добрива з макро- та мікроелементами Гуміліна Стимул, показники якого зростали залежно від кратності обробок та фенологічної фази кукурудзи (табл. 5.2). На варіанті контролю, без проведення позакореневої обробки посівів, вміст протеїну становив у гібриду ЕС Конкорд 11,6; 11,0; 11,0% та у гібриду ЕС Астероїд 10,1; 10,6; 10,3% і був нижчим за показники вмісту білка у варіантах внесення добрива. Однак, рівень вмісту білка визначався в сукупності з фоном азотних добрив. Серед досліджуваних гібридів, більшим вмістом протеїну в зерні відзначався гібрид ЕС Конкорд – 12,8% у 2019 році, перевищивши контроль на 1,2%. Найбільший приріст цього показника якості було встановлено у гібриду ЕС Конкорд у варіанті застосування добрива КАС 32 (фон) та підживлення посівів у фенологічну фазу 5–7 листків за міжнародною шкалою ВВСН 15-17 з нормою внесення добрива Гумілін Стимул 3 л/га і одноразового застосування.

Позакореневе підживлення посівів у варіантах внесення азотних добрив – аміачної води та карбаміду (фон) – продемонструвало свою ефективність. Проте вміст протеїну був менший на 0,23 та 0,53% відповідно у гібриду ЕС Конкорд. Варто згадати і про позитивну комплексну дію КАС 32 з позакореневим підживленням посівів. Це пояснюється його перевагами завдяки наявності трьох форм азоту (нітратної, амонійної, амідної). А добриво Гумілін Стимул насичене макро- та мікроелементами, серед яких: азот, фосфор, магній, калій, сірка, кальцій, залізо, бор, марганець, цинк, мідь та молібден.

Накопичення **крохмалю** в зерні кукурудзи не показало чіткої динаміки, яка простежувалася за вмістом протеїну. Даний показник на варіанті контролю без обробки посівів у гібридів становив: 2019 р. – 51,2; 2020 р. – 56,1 та 2021 р.– 54,3% у гібриду ЕС Астероїд. Показники вмісту крохмалю у гібриду ЕС Конкорд на контролі складали: 2019 р. – 57,3; 2020 р. – 58,6 та 2021 р. – 59,7%. За варіантів підживлення посівів добривом Гумілін Стимул, на фоні азотних добрив КАС 32,

додавання аміачної води, карбаміду – вміст крохмалю незначно перевищував показники контролю, а в деяких випадках був меншим. Після порівняння гібридів ЕС Конкорд та ЕС Астероїд за показником вмісту крохмалю, виявлено: реакцію на застосування позакореневих підживлень; встановлено: результативнішу кратність обробок та фенологічну фазу. Так, застосування добрива Гумілін Стимул одноразово для підживлення у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) було продуктивнішим, порівняно із додаванням у фенологічну фазу 7–9 листків (ВВСН 17-19) та дворазового застосування у фенологічні фази 5–7 (ВВСН 15-17) та 7–9 листків (ВВСН 17-19). Найвищий вміст крохмалю встановлено у гібриду ЕС Конкорд – 65,2% за застосування добрива КАС 32 (фон) та одноразового підживлення посівів у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17). Варто згадати, що надважливим показником якості зерна є **жир**. В середньому за роки досліджень його величина на контролі становила у гібриду ЕС Астероїд 3,5% 2019 року; 3,4% – 2020-го та 3,6% – у 2021 році.

Показники вмісту жиру в гібриду ЕС Конкорд у варіанті контролю за 2019, 2020, 2021 роки відповідно становили 3,5; 3,6; 3,6%. Загальної закономірності щодо величини показників вмісту жиру у зерні за позакореневих підживлень не виявлено. Даний показник більше залежав від погодно-кліматичних умов та особливостей гібриду.

Максимальний вміст жиру в середньому за роки досліджень за позакореневого підживлення посівів добривом Гумілін Стимул був у гібриду ЕС Конкорд – 3,9%, з прибавкою до контролю 0,39% у варіанті внесення азотного добрива КАС 32 (фон) і одноразового підживлення посівів у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17).

Таблиця 5.3.

Хімічні показники якості зерна кукурудзи гібридів залежно від обробки посівів препаратом Гумілін Стимул, % за 2019–2021 рр.

Варіант удобрення	Роки											
	2019			2020			2021			Середнє за 2019–2021 рр.		
	протеїн	крохмаль	жир	протеїн	крохмаль	жир	протеїн	крохмаль	жир	протеїн	крохмаль	жир
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЕС Астероїд												
В-1	10,1	51,2	3,5	10,6	56,1	3,4	10,3	54,3	3,6	10,4	53,9	3,5
В-2	11,7	62,8	3,7	11,6	64,0	3,8	11,4	64,0	3,8	11,6	63,6	3,8
В-3	11,4	60,4	3,6	10,8	61,3	3,7	11,1	62,3	3,8	11,1	61,3	3,7
В-4	11,2	59,6	3,5	11,6	60,2	3,6	11,1	60,8	3,7	7,9	60,2	3,6
В-5	12,0	65,1	3,9	12,1	65,0	3,8	11,7	66,4	3,9	11,9	65,5	3,9
В-6	10,7	58,7	3,7	11,2	57,9	3,7	10,7	59,0	3,8	10,9	58,5	3,7
В-7	10,4	54,9	3,6	11,2	54,7	3,7	10,6	55,1	3,7	10,7	54,9	3,7
В-8	11,5	62,6	3,7	11,2	62,1	3,7	11,3	63,1	3,8	11,3	62,6	3,7
В-9	10,3	54,7	3,6	10,7	57,1	3,6	10,6	57,3	3,8	10,5	56,4	3,7
В10	10,2	53,5	3,6	10,3	57,0	3,5	10,6	56,4	3,7	10,3	55,6	3,6

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЕС Конкорд												
В-1	11,6	57,3	3,5	11,0	58,6	3,6	11,0	59,7	3,6	11,2	58,5	3,6
В-2	12,6	62,8	3,9	11,9	63,2	4,0	11,5	64,5	4,0	12,0	63,5	3,9
В-3	12,1	61,4	3,7	11,6	61,2	3,9	11,3	62,1	3,9	11,7	61,6	3,8
В-4	11,8	60,0	3,6	11,1	60,6	3,7	11,1	61,2	3,8	11,3	60,6	3,7
В-5	12,8	63,8	3,7	12,3	64,4	3,8	12,0	65,2	3,8	12,4	64,5	3,8
В-6	11,7	56,3	3,7	11,1	57,4	3,7	11,3	58,4	3,7	11,3	57,4	3,7
В-7	10,8	53,5	3,7	11,0	53,8	3,6	10,6	53,9	3,6	10,8	53,8	3,6
В-8	12,3	62,4	3,9	11,7	62,5	3,7	11,4	62,5	3,8	11,8	62,5	3,8
В-9	10,2	57,3	3,8	11,0	53,5	3,6	10,3	58,6	3,7	10,5	56,4	3,7
В10	10,1	52,3	3,7	10,7	52,7	3,6	11,2	53,1	3,6	10,7	52,7	3,7
НІР 0,5										*2,13*	*1,58*	*0,09*
НІР 0,5 по фактору А										*0,67*	*0,50*	*0,03*
НІР 0,5 по фактору Б										*1,50*	*1,12*	*0,07*

5.3. Кореляційно-регресійна модель залежності рівнів урожайності гібридів кукурудзи та її структурних складових

Аби віднайти взаємозв'язок між урожайністю гібридів кукурудзи та факторами досліду було проведено кореляційно-регресійний аналіз показників. Відомо, що урожайність гібридів кукурудзи за внесення різних видів азотних добрив (дослід 1) залежить від тривалості вегетаційного періоду, висоти рослин та вмісту хлорофілу в листках гібридів. Чим більша концентрація останнього, тим більший рівень урожайності за дії досліджуваних факторів (рис. 5.7).

Згідно з цим, кореляційно-регресійна модель, залежно від урожайності кукурудзи з обраних чинників, має вигляд формули та представлена рівнянням регресії (5.1).

$$y = 1{,}0507^{*} + 4{,}2368 \qquad (5.1)$$

Параметри одержаного рівняння кореляційно-регресійного зв'язку свідчать, що застосування різних видів азотних добрив підвищує рівень урожайності гібридів кукурудзи. Коефіцієнт множинної детермінації дорівнює $R^2 = 0{,}54$ та вказує на середній кореляційний зв'язок.

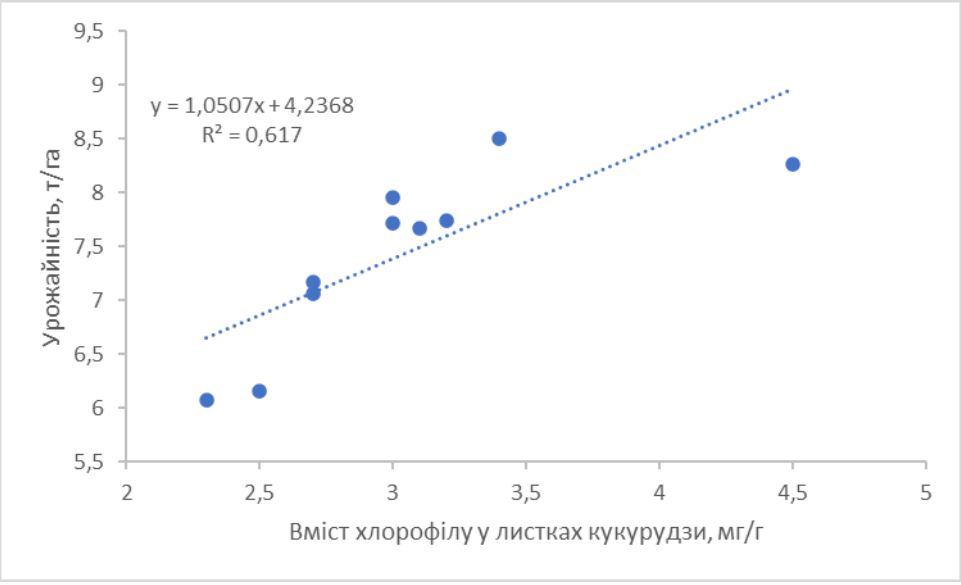


Рис. 5.7. Залежність урожайності гібридів кукурудзи від вмісту хлорофілу в листках, середнє за 2019–2021 рр.

Проведений кореляційно-регресійний розрахунок залежності величини урожайності кукурудзи та тривалості вегетаційного періоду показав від'ємний кореляційний зв'язок з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0{,}5374$ (рис. 5.8). Таким чином, кореляційно-регресійна модель вказаних залежностей набула такої форми рівняння регресії:

$$y = 0{,}1727x - 10{,}786 \qquad (5.2)$$

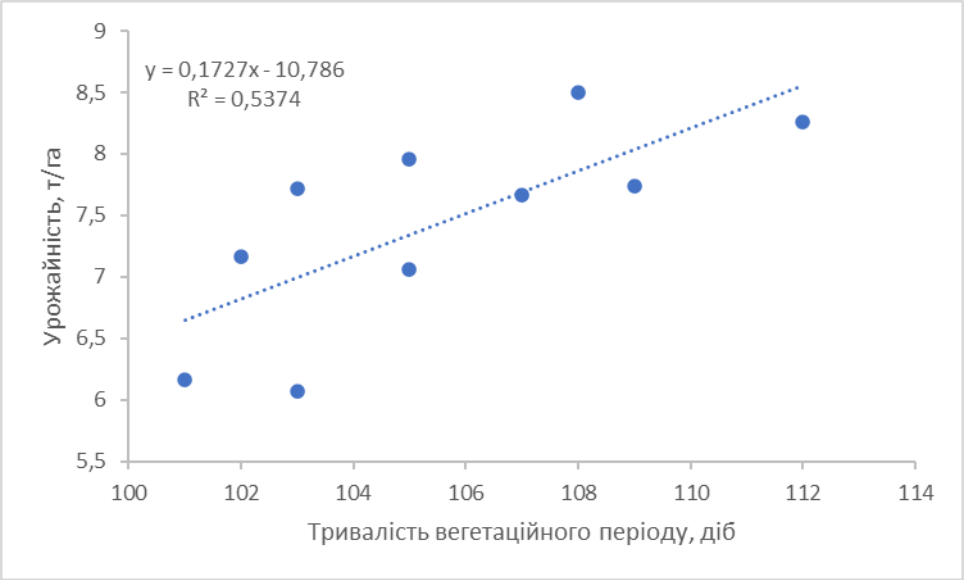


Рис. 5.8. Залежність урожайності гібридів кукурудзи від тривалості вегетаційного періоду, середнє 2019–2021 рр.

Кореляційно-регресійний аналіз взаємодії урожайності гібридів кукурудзи та динаміки зміни висоти рослин (на фоні різних видів азотних добрив) обґрунтовано рівнянням регресії:

$$y = 0{,}1019x - 21{,}632 \qquad (5.3)$$

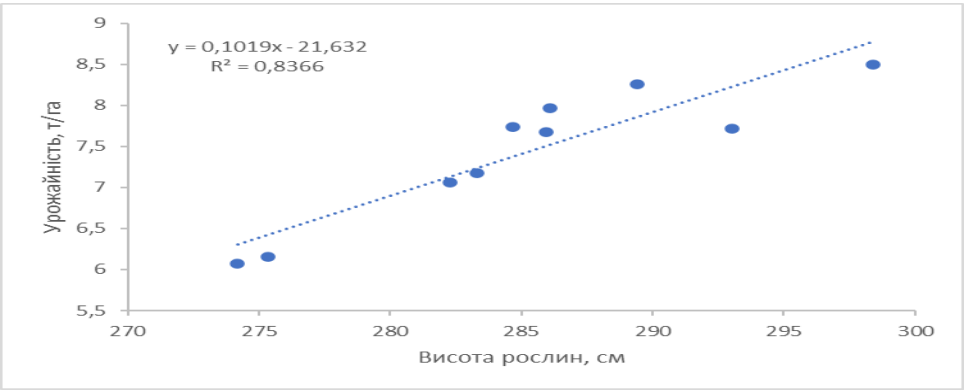


Рис. 5.9. Кореляційно-регресійний аналіз взаємодії урожайності гібридів кукурудзи та висоти рослин, середнє 2019–2021 рр.

Відповідно до методики було здійснено кореляційно-регресійний аналіз залежності урожайності гібридів кукурудзи від тривалості вегетаційного періоду, висоти рослин та підживлення посівів добривом Гумілін Стимул на трьох фонах азотних добрив (дослід 2).

Параметри одержаного рівняння показують, що між урожайністю та тривалістю вегетаційного періоду кукурудзи і висоти рослин існує середній кореляційний зв'язок із коефіцієнтом детермінації R^2 = 0,5594 (рис. 5.10). Така залежність виражена рівнянням регресії:

$$y = 0{,}1188\,x - 5594 \qquad (5.4)$$

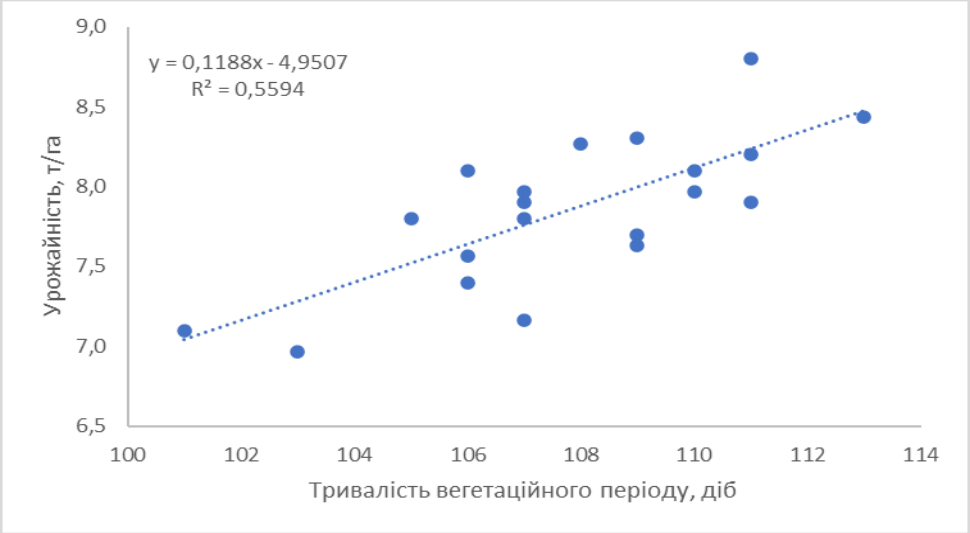


Рис. 5.10. Взаємодія урожайності гібридів кукурудзи та тривалості вегетаційного періоду та підживлення посівів добривом Гумілін Стимул, середнє 2019–2021 рр.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу не виявлено залежності між рівнем урожайності гібридів кукурудзи та висотою рослин за підживлення посівів добривом Гумілін Стимул. Між ними існує досить слабкий кореляційний зв'язок із коефіцієнтом детермінації R^2 = 0,0639 (рис. 5.11). Дана залежність описана рівнянням регресії:

$$y = 0{,}0145x - 3{,}8426 \qquad (5.5)$$

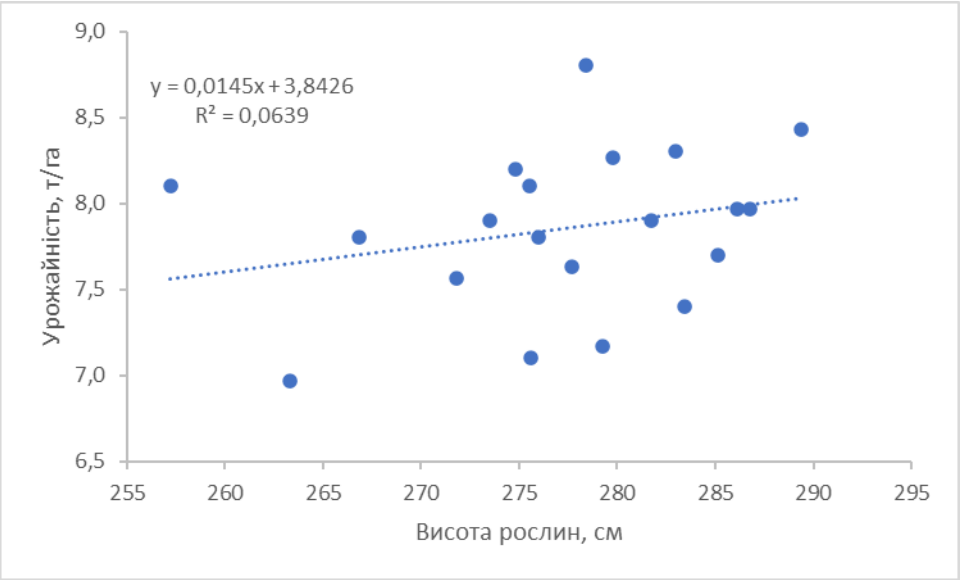


Рис. 5.11. Залежність урожайності гібридів кукурудзи від висоти рослин, та підживлення посівів добривом Гумілін Стимул, середнє 2019–2021 рр.

Отже, підсумуємо, що за підвищеної концентрації хлорофілу в листках гібридів кукурудзи зростає рівень урожайності за дії різних видів азотних добрив. Завдяки кореляційно-регресійному аналізу виявлено вплив на рівень урожайності кукурудзи підживлення посівів добривом Гумілін Стимул. Встановлено середній кореляційний зв'язок між урожайністю та тривалістю вегетаційного періоду. Водночас не доведено залежності між рівнем урожайності гібридів кукурудзи та висотою рослин за підживлення посівів добривом Гумілін Стимул.

Висновки до розділу 5.

З огляду на проведені наукові дослідження та аналіз експериментальних даних і статистичних показників, встановлено, що середньостиглі гібриди ЕС Конкорд та ЕС Астероїд в умовах Лівобережного Лісостепу спроможні формувати високі рівні урожайності зерна (8,93–9,20 т/га відповідно) за застосування азотного добрива КАС 32 в нормі 120 кг д. р. у передпосівну культивацію на фоні внесеного добрива діамофоски $N_{22}P_{57}K_{57}$ д. р. Водночас виявлена ефективність проведення позакореневих підживлень посівів добривом Гумілін Стимул у нормі 3 л/га у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) на фоні добрива КАС 32.

Отримані результати мають наукове і практичне значення для впровадження у виробництво більш високопродуктивного гібриду кукурудзи ЕС Конкорд, за

застосування в технології вирощування азотного добрива КАС 32, пролонгованої дії, та одноразового позакореневого підживлення посівів у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) добривом Гумілін Стимул.

Максимальну врожайність зерна кукурудзи в середньому за 2019–2021 роки в умовах Лівобережного Лісостепу України сформував гібрид ЕС Конкорд – 8,50 т/га, за застосування добрива КАС 32 (фон) та позакореневого підживлення у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) та одноразового застосування добрива. Тривалість його вегетаційного періоду – 108 діб, висота рослин – 289,40 см.

Види азотних добрив (аміачна вода, КАС 32, карбамід) позитивно вплинули на показники урожайності зерна гібридів кукурудзи. Прирости урожайності (щодо кращого варіанта контролю) становили відповідно 2,40 т/га. Наведені дані свідчать про найвищу ефективність добрива КАС 32 завдяки позитивній дії наявних в ньому трьох форм азоту. Найбільшим вмістом всього (серед досліджуваних гібридів) відзначився ЕС Конкорд: крохмалю містить 64,5%, протеїну – 12,8%, а жиру 3,9%.

Публікації до розділу 5

Говенько Р. В., Антал Т. В. (2022) Продуктивність кукурудзи залежно від виду азотних добрив, позакореневого підживлення та погодних умов. Аграрні інновації. Вип. №15 (2022). С. 22–29.
(http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/312)

Говенько Р. В., Каленська С. М. Вплив азотних добрив та підживлення посівів на якість зерна кукурудзи. *Тези доповідей на IV Міжнародній науково-практичній онлайн конференції* "Тенденції розвитку та виклики сучасній аграрній науці й освіті за кліматичних та політичних умов*", м. Київ, 28–30 листопада 2022 року: матеріали конференції (с. 10–12)* Київ.

Каленська С. М., **Говенько Р. В.,** Антал Т. В. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від виду азотних добрив. *Тези доповідей на V Міжнародній науково-практичній конференції* "TOPIC ALISSUESOF MODERN SCIENCE, SOCIETYAND EDUCATION*", м. Харків, 28–30 листопада 2021 року: матеріали конференції (с. 49–51)* Харків.

Каленська С. М., **Говенько Р. В.** Вплив позакореневих підживлень на формування урожайності зерна кукурудзи в Лівобережному Лісостепу України. *Тези доповідей на V Міжнародній науково-практичній конференції* "*Інновації в освіті, науці та виробництві". Присвяченій 100-річчю від дня заснування ВСП* "*Мукачівський фаховий коледж НУБіП України", м. Київ, 24–26 листопада 2021 року: матеріали конференції (с. 46–47)* Київ.

РОЗДІЛ 6
ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ВИДУ АЗОТНИХ ДОБРИВ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ

6.1. Економічна та енергетична ефективність технології вирощування гібридів кукурудзи залежно від виду та строків внесення добрив

Сучасне рослинництво базується на виробництві продукції з мінімальними матеріальними витратами з розрахунку на її одиницю. Це й передбачає визначення економічної ефективності, за якої враховується кількісне і якісне співвідношення між витратами та отриманим ефектом шляхом встановлення загальної структури витрат, вартості виробництва валової продукції, а також величини отриманого прибутку, собівартості виробленої продукції та рівня її рентабельності.

Результативність технології вирощування сільськогосподарської культури характеризується як абсолютною урожайністю, так і її економічною ефективністю загалом. Не менш важливе впровадженням окремих технологічних інновацій *(Шпаар Д. та ін., 2009; Egli D. B., 2022).*

Підвищення урожайності кукурудзи перебуває в тісному корелятивному зв’язку з нормою азотних добрив, дієвість яких зростає за комбінованого застосування азотних добрив та інгібіторів уреази, біологічних препаратів, зменшуючих пряму залежність від норм азотних добрив *(Drulis P., 2022).* Добрива біологічного походження та отримані внаслідок вторинної переробки набувають широкого використання у виробництві та потребують наукового пояснення їх актуальності *(Balawejder, M. et. al., 2020).*

Продемонстровано ефективність, спосіб виробництва, механізм та потенційну дію мікрогранул добрив. Їм притаманне контрольоване вивільнення інгредієнтів, отриманих із термічно оброблених кісткових відходів та білка. Добриво, запропонованого механізму дії, може успішно застосовуватися при підживленні рослин кукурудзи, вирощеної в районах циклічного дефіциту вологи.

Оптимізація живлення рослин тісно пов’язана зі збереженням родючості ґрунтів, мікробіологічного біорізноманіття та безпекою довкілля *(Lopushniak V., 2015; Yang L., Muhammad I., Chi Y. X., 2022).*

За оцінювання ефективності методики вирощування сільськогосподарських культур в сьогочасних умовах, доречно брати до уваги не абсолютний врожай, а збалансоване співвідношення вартості технології та отриманої продукції. Рекордні врожаї рідко обґрунтовані економічно. З огляду на сильну позитивну реакцію кукурудзи на добрива, не зайве і економічне підтвердження продуктивності добрив та встановлення порогу доцільності. Тобто, замало обмежитись точкою беззбитковості *(Kalenska S. et. al., 2018).*

Серед основних критеріїв економічної ефективності, запроваджених елементів у методиках вирощування, варто відзначити окупність витрат отриманим умовно чистим прибутком. Через те, що рівень ресурсного забезпечення аграрних підприємств неоднаковий, то для визначення результативності застосованих заходів слід розрахувати економічні показники технології вирощування.

Без виробництва продукції з мінімальними матеріальними затратами на її одиницю неможливо уявити сучасне рослинництво з економічного погляду. Варто зважати на кількісне і якісне співвідношення між затратами та отриманим ефектом. Основними показниками для його визначення є встановлення: 1) загальної структури витрат, вартості виробництва валової продукції, а також величини отриманого прибутку; 2) собівартості виробленої продукції та рівня її рентабельності *(Ефективні рішення вирощування кукурудзи та сої: вебсайт. URL: https://www.dekalb.ua/novini-ta-podii/efektivni-risenna-virosuvanna-kukurudzi-ta-soi (дата звернення: 24.04.2017).*

Більшість наукових праць з агрохімії та агроґрунтознавства містять оцінювання економічної ефективності застосування добрив або іншого агроприйому за цінами продукції на момент оцінювання. Це дозволяє виявити доцільність конкретних вкладень для отримання приростів врожаю *(Фурдичко О. І., Дребот О. І., 2012).*

У нинішніх умовах ведення сільського господарства важливою вимогою до елементів технології вирощування, які розробляються та впроваджуються в виробництво, є: зниження собівартості одиниці продукції; зменшення енергетичних витрат, і, як наслідок – підвищення прибутку. Поза тим, варто подбати і про конкурентоспроможність на ринку технологій *(Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М., 2020).*

На думку вчених Каленської С. М., Новицької Н. В. та ін., розробка комплексу агрономічних заходів забезпечує високу урожайність сільськогосподарських культур та обов'язково супроводжується всебічною економічною оцінкою. Втім, оцінювати ефективність будь-якого комплексу агрозаходів лише за зміною рівня урожаю недостатньо. Адже так минаємо витрати на його отримання. Тому надзвичайно актуальне визначення агротехнічної ефективності спільно з економічною, а не окремо *(Kalenska S, et. al., 2022; Каленська С. М., Новицька Н. В., 2014; Мордванюк М. О., 2020).*

Економічну оцінку вирощування зерна кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу здійснювали за такими показниками: вартість продукції з 1 га, витрати на 1 га, собівартість 1 т зерна, умовно чистий прибуток з 1 га та рівень рентабельності. Що цікаво: збільшення врожайності у 2–3 рази супроводжується зростанням витрат непоновлюваної енергії на одиницю продукції в декілька разів. Така особливість розвитку сільського господарства вже дає підстави розглядати виробництво продукції рослинництва як енергетичну проблему *(Каленська С. М.; Єрмакова Л. М.; Крестьянінов Є. В.; Антал Т. В., 2019; Kalenska S, Kashtanova O. et. al., 2022).*

Кожна технологія передбачає різні енергетичні витрати. Тож, аби оцінити доречність застосування на практиці технологічного процесу чи його окремих прийомів з енергетичної позиції, необхідно здійснити кількісну оцінку їх біоенергетичної ефективності *(Крутякова В. І., Пиляк Н. В., Нікіпелова О. М., 2021; Стоцька С., 2010).*

Задля визначення біоенергетичної методики культивування кукурудзи і порівняння між собою різних варіантів дослідження, варто користуватися підсумковими показниками, серед яких: витрати енергії на 1 га, енергоємність врожаю з 1 га посіву та коефіцієнт ефективності. Такий енергетичний аналіз дозволяє розробити та оцінити результативність енерго- та ресурсозберігаючих технологій у рослинництві.

Важливою ознакою економічної оцінки технології вирощування кукурудзи є розрахування: витрат, умовно чистого прибуток, собівартості 1 т продукції та, щонайважливіше, рентабельності.

Надзвичайно важливе збалансоване виробництво продукції з оптимальним співвідношенням матеріальних та енергетичних витрат, а також оцінкою валового виходу продукції. Серед основних показників економічної ефективності відзначимо: валові витрати на виробництва продукції, оцінка отриманої валової продукції, прибуток, собівартість продукції, рентабельність виробництва, загальна структура витрат *(Крестьянінов Є. В., Єрмакова Л. М., Антал Т. В., 2020).*
Величина цих показників визначається: 1) реакцією культури та гібриду на окремі елементи технології, що застосовувалися; 2) рівнем ресурсного забезпечення підприємств та погодними умовами року досліджень. Все це підсумовує виробництво.

Кукурудза – культура інтенсивного типу. Аби сформувати високу врожайність потребує значних виробничих витрат, за якими вона часто перевищує інші зернові. За змінних кліматичних умов та технологій вирощування адаптивність гібридів кукурудзи відіграє важливу роль *(Lavrynenko Yu. O., Hozh O. A., Vozhegova R. A., 2016; Ross, F., Matteo, J. D., Cerrudo, A., 2020; Ruiz M. B., D'Andrea K. E., Otegui M. E., 2019).* Кукурудза ефективно реагує на оптимізацію живлення рослин шляхом зростання продуктивності *(Chassot A., Stamp P., Richner W., 2021; Lopushniak V., 2015).*

Діапазон рівня урожайності в середньому за 2019–2021 рр. змінювався (табл. 6.1) у гібриду ЕС Конкорд від 6,07 (на контролі) до 8,26 т/га (за застосування

азотного добрива КАС 32) з нормою N_{120} кг д. р. на фоні $N_{22}P_{57}K_{57}$ – діамофоска. За зазначених варіантів у гібриду ЕС Астероїд ці показники відповідно становили від 6,16 до 8,50 т/га.

За показниками врожайності, добрива аміачна вода та карбамід дещо менш ефективні, порівняно з КАС 32. Таким чином, після внесення останнього отримано найвищий показник умовно чистого прибутку – 19864 грн/га у гібриду ЕС Конкорд, та забезпечено серйозний рівень рентабельності – 64%, перевищивши показник варіанта контролю на 3701 грн/га. Азотні добрива (аміачна вода та карбамід) продемонстрували знижений економічний ефект від застосування: отримано менший умовно чистий прибуток, порівняно з добривом КАС 32, на 4939 грн/га та 1986 грн/га у гібриду ЕС Астероїд відповідно. Більший умовно чистий прибуток за внесення азотних добрив було виявлено у гібриду ЕС Конкорд.

Так, завдяки аміачній воді він становив 14164 грн/га, поступившись добриву КАС 32 на 5700 грн/га. Різниця умовно чистого прибутку від додавання карбаміду становила 2076 грн/га.

Варто звернути увагу і на збільшення витрат на вирощування гібридів кукурудзи упродовж зростання урожайності. За варіанта внесення високоефективного (з економічного погляду) добрива КАС, виробничі витрати складали 31136 грн/га. Хоча і зберігається загальна тенденція зростання витрат до підвищення урожайності зерна кукурудзи. Втім, даний варіант показав найвищу окупність витрат приростом врожаю.

Серед видів азотних добрив, задіяних у досліді, аміачна вода найдорожча та найзатратніша за внесенням. Цим і пояснюються нижчі показники економічної оцінки та недостатній рівень рентабельності – 44% у гібриду ЕС Конкорд та 45% у ЕС Астероїд.

Важливим показником економічної оцінки технологічних заходів при культивуванні сільськогосподарських культур є енергетичні витрати, а саме порівняння енергії, акумульованої в урожаї, до сукупної енергії, витраченої на вирощування та збирання.

Таблиця 6.1.

Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи ЕС Конкорд та ЕС Астероїд залежно від виду азотних добрив, середнє за 2019–2021 рр.

№ п/п	Варіант удобрення	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
ЕС Астероїд						
1	Без добрив (контроль)	6,07	36420	20254	16166	80
2	$N_{22}P_{57}K_{57}$ (діамофоска) Фон	7,06	42360	25073	17287	69
3	Ф + N_{120} (аміачна вода)	7,67	46020	31764	14256	45
4	Ф + N_{120} (КАС 32)	8,26	49560	30365	19195	63
5	Ф+ N_{120} (карбамід)	7,74	46440	29231	17209	59
ЕС Конкорд						
1	Без добрив (контроль)	6,16	36960	20797	16163	78
2	$N_{22}P_{57}K_{57}$ (діамофоска) Фон	7,17	43020	25646	17374	68
3	Ф + N_{120} (аміачна вода)	7,74	46440	32276	14164	44
4	Ф + N_{120} (КАС 32)	8,50	51000	31136	19864	64
5	Ф + N_{120} (карбамід)	7,96	47760	29972	17788	59

За варіантами досліду найбільші показники встановлено за застосування азотного добрива КАС 32 (N_{120} кг д. р.) у гібриду ЕС Астероїд (28924 МДж/га) та у гібриду ЕС Конкорд – 28316 МДж/га (рис. 6.1).

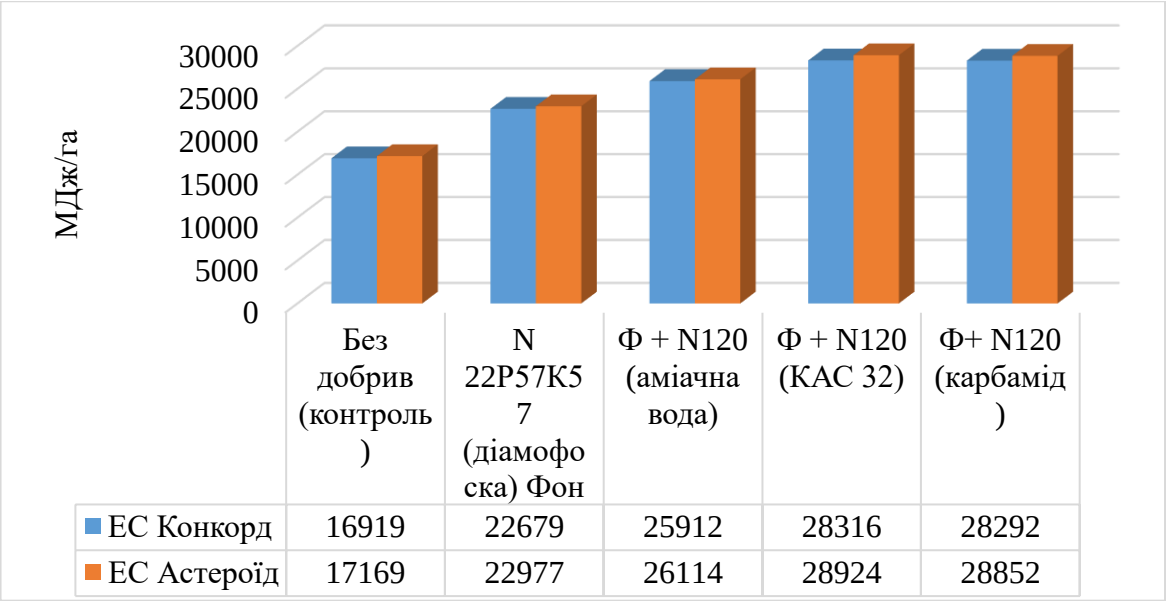
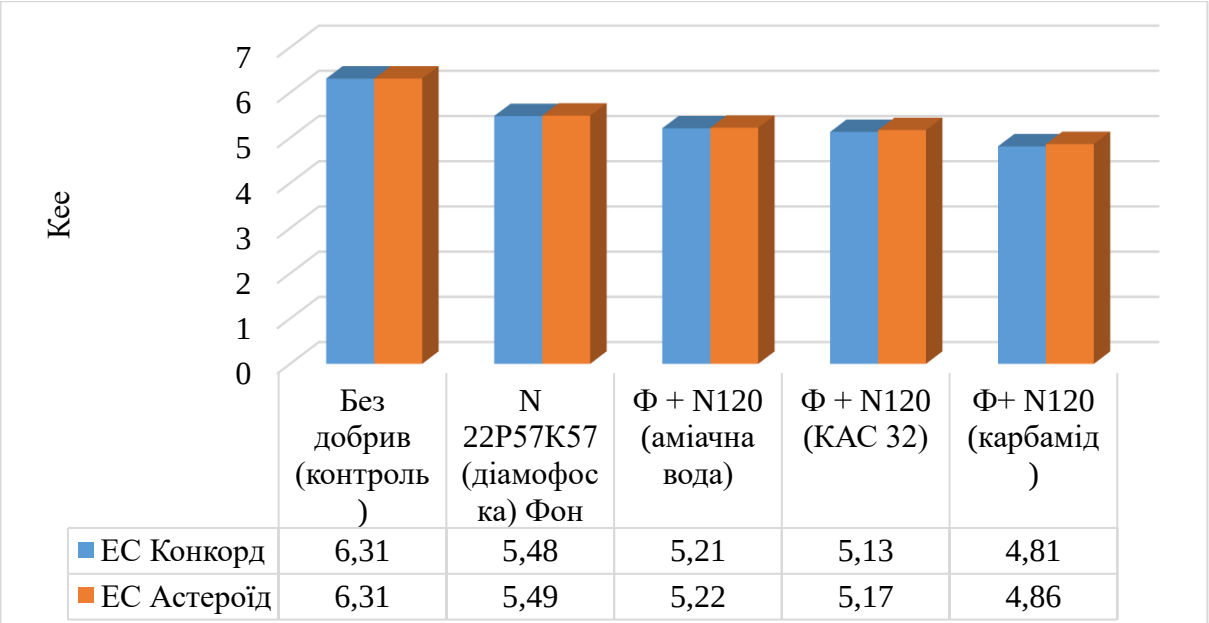


Рис. 6.1. Енерговитрати на вирощування кукурудзи залежно від виду азотних добрив, МДж/га (середнє за 2019–2021 рр.)

Здійснений розрахунок по досліду 1 демонструє, що найменші енерговитрати на один гектар посіву кукурудзи були, залежно від азотних добрив, у контрольному варіанті та змінювалися від 16919 у гібриду ЕС Конкорд до 17169 МДж/га у гібриду ЕС Астероїд (Додаток І).

Головним критерієм енергетичної оцінки вирощування кукурудзи є коефіцієнт енергетичної ефективності (Кее). (рис. 6.2.).

Це відношення маси енергії в отриманій з урожаєм продукції, до тієї енергії, що була витрачена на її отримання. Тож, нами встановлено залежність між збільшенням витрат на 1 т продукції та зменшенням коефіцієнту енергетичної ефективності.



	Без добрив (контроль)	N 22P57K57 (діамофоска) Фон	Ф + N120 (аміачна вода)	Ф + N120 (КАС 32)	Ф+ N120 (карбамід)
ЕС Конкорд	6,31	5,48	5,21	5,13	4,81
ЕС Астероїд	6,31	5,49	5,22	5,17	4,86

Рис. 6.2. Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування кукурудзи за застосування азотних добрив, (середнє за 2019–2021 рр.)

Так, у варіантах контролю в досліді 1 даний показник становив 6,31. Коефіцієнт енергетичної ефективності варіював від 4,81 у гібриду ЕС Конкорд до 4,86 у гібриду ЕС Астероїд у варіанті застосування добрива карбамід (N_{120} кг д.р.).

6.2. Економічна ефективність та енергетична оцінка технології вирощування кукурудзи за позакореневого підживлення посівів

За результатами Ільїна В. Ю., у підвищенні продуктивності кукурудзи надважливий добір високопродуктивних гібридів та застосування добрив нового покоління макро- та мікроелементного складу, нанодобрив та пролонгованої дії. Це, своєю чергою, забезпечує цільове використання рослинами елементів живлення *(Balawejder M. et. al., 2020; Batsmanova L. et. al., 2020; Konuma H., 2015).*

Рекомендовано обирати гібриди інтенсивного типу, стресостійкі та адаптивні до умов вирощування *(Ільїн В. Ю., 2015).*

Проведені розрахунки економічної та енергетичної ефективності запровадження підживлення посівів добривом Гумілін Стимул. Виявлено кращий варіант одноразового внесення добрива у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-

17) на фоні добрива КАС 32. Як наслідок – отримано найвищий умовно чистий прибуток: 24241 грн/га з рівнем рентабельності 84% у гібриду ЕС Конкорд, що вказує на окупність виробничих витрат (28979 грн/га) приростами врожаю (табл. 6.2–6.3).

Таблиця 6.2.

Економічна ефективність вирощування гібриду кукурудзи ЕС Астероїд залежно від обробки посівів препаратом Гумілін Стимул, середнє за 2019–2021 рр.

№ п/п	Варіант підживлення	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %	Кее
1	Без обробки – контроль	7,60	42360	21759	20601	95	6,45
2	Аміачна вода + 5-7 л	7,77	46620	29196	17424	60	4,29
3	Аміачна вода + 7-9 л	7,29	43740	28466	15274	54	4,17
4	Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	7,58	45480	29219	16261	56	4,23
5	КАС + 5-7 л	8,56	51360	28102	23258	83	4,46
6	КАС + 7-9 л	8,03	48180	27296	20884	77	4,35
7	КАС + 5-7 та 7-9 л	8,26	49560	27958	21602	77	4,39
8	Карбамід + 5-7 л	8,33	49980	27408	22572	82	4,41
9	Карбамід + 7-9 л	7,72	46320	26481	19839	75	4,28
10	Карбамід + 5-7 та 7-9 л	7,79	47820	27174	20646	76	4,32

Аналогічна закономірність встановлена і в ЕС Астероїд, проте показники економічної оцінки дещо нижчі: умовно чистий прибуток становив 23258 грн/га, рівень рентабельності – 83%.

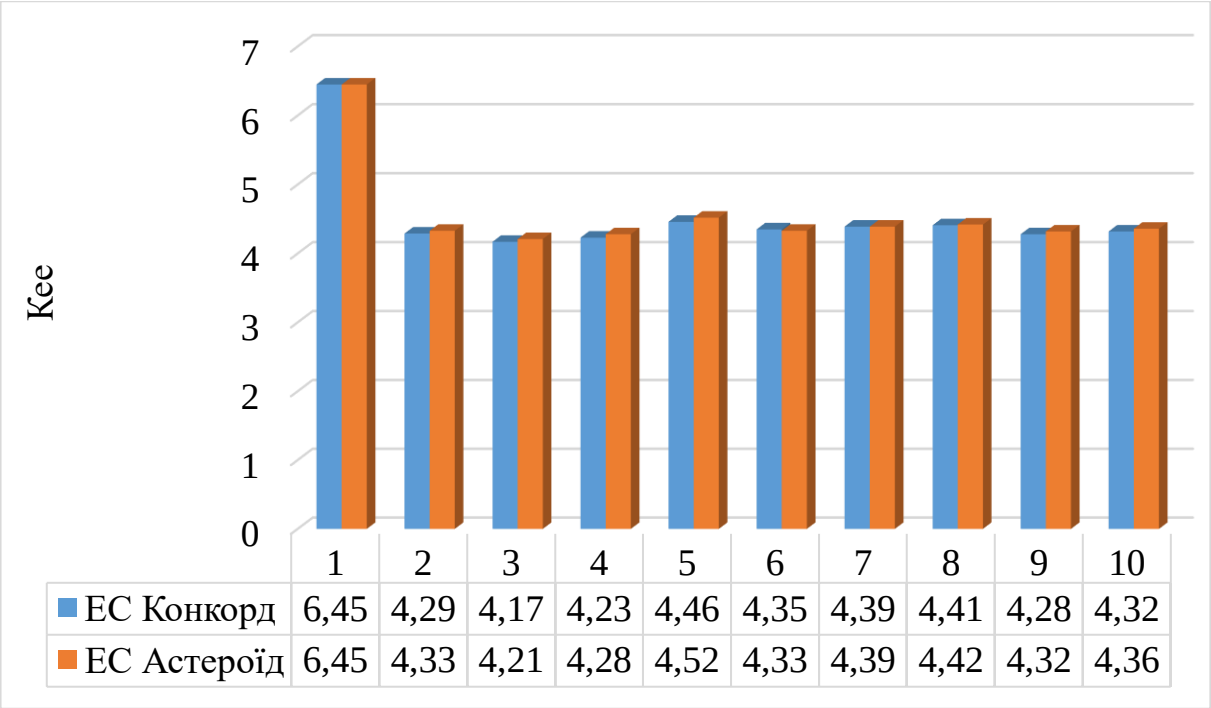
Таблиця 6.3.

Економічна ефективність вирощування гібриду кукурудзи ЕС Конкорд залежно від обробки посівів препаратом Гумілін Стимул, середнє за 2019–2021 рр.

№ п/п	Варіант підживлення	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %	Кее
1	Без обробки – контроль	7,16	42960	22317	20643	92	6,45
2	Аміачна вода + 5-7 л	7,99	47940	29937	18003	60	4,33
3	Аміачна вода + 7-9 л	7,46	44760	29131	15629	54	4,21
4	Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	7,81	46860	29975	16885	56	4,28
5	КАС 32 + 5-7 л	8,87	53220	28979	24241	84	4,52
6	КАС 32 + 7-9 л	7,99	47940	27642	20298	73	4,33
7	КАС 32 + 5-7 та 7-9 л	8,32	49920	28456	21464	75	4,39
8	Карбамід + 5-7 л	8,37	50220	27875	22345	80	4,42
9	Карбамід + 7-9 л	7,94	47640	27222	20418	75	4,32
10	Карбамід + 5-7 та 7-9 л	8,14	48840	27838	21002	75	4,36

Найменші енерговитрати на 1 га посіву кукурудзи були, залежно від обробки посівів препаратом Гумілін Стимул за 2019–2021 роки, у контрольному варіанті. Вони змінювалися від 19288 у гібриду ЕС Конкорд до 19552 МДж/га в гібриду ЕС Астероїд.

За варіантами досліду найбільші показники встановлено за одноразового підживлення посівів Гумілін Стимул у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) на фоні азотного добрива КАС 32 (N_{120} кг д. р.) у гібриду ЕС Астероїд – 34553 МДж/га та в ЕС Конкорд – 33779 МДж/га (рис. 6.3).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЕС Конкорд	6,45	4,29	4,17	4,23	4,46	4,35	4,39	4,41	4,28	4,32
ЕС Астероїд	6,45	4,33	4,21	4,28	4,52	4,33	4,39	4,42	4,32	4,36

* Варіанти підживлення:

В-1 – без обробки – контроль;
В-2 – аміачна вода + 5-7 л;
В-3 – аміачна вода + 7-9 л;
В-4 – аміачна вода + 5-7 та 7-9 л;
В-5 – КАС + 5-7 л;
В-6 – КАС + 7-9 л;
В-7 – КАС + 5-7 та 7-9 л;
В-8 – Карбамід + 5-7 л;
В-9 – Карбамід + 7-9 л;
В-10 – Карбамід + 5-7 та 7-9 л.

Рис. 6.3. Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування кукурудзи залежно від обробки посівів препаратом Гумілін Стимул,
(середнє за 2019–2021 рр.)

Розрахунок коефіцієнтів енергетичної ефективності (дослід 2) по вивченню доцільності застосування добрива Гумілін Стимул засвідчує, що на темно-сірих опідзолених ґрунтах Лівобережного Лісостепу величина коефіцієнту енергетичної ефективності залежала від затрат енергії на формування 1 т продукції і зменшувалася пропорційно їх збільшенню.

На контролі даний показник становив 6,45 в обох гібридів. Він зменшувався за варіантів проведення позакореневих підживлень у фенологічні фази 5–7 (ВВСН 15-17) та 7–9 листків (ВВСН 17-19) до рівня 4,17; 4,35; 4,28 у гібриду ЕС Конкорд та 4,21; 4,28; 4,32 у гібриду ЕС Астероїд.

Висновки до розділу 6.

Проаналізувавши дослідження у 2019–2021 рр., встановлено ефективність застосування азотного добрива КАС 32 при вирощуванні кукурудзи на темно-сірих опідзолених ґрунтах Лівобережного Лісостепу України. Завдяки чому отримано найбільший умовно чистий прибуток у гібриду ЕС Конкорд – 19864 грн/га з рівнем рентабельності 64%.

За здійсненими розрахунками економічної та енергетичної ефективності введення підживлення посівів добривом Гумілін Стимул, виявлено найліпший варіант одноразового внесення препарату в фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) на фоні добрива КАС 32. Звідси і найвищий чистий прибуток – 24241 грн/га з рівнем рентабельності 84%, що вказує на окупність витрат приростами врожаю.

Проведений розрахунок економічної оцінки позакореневих підживлень кукурудзи Гуміліном Стимул дозволяє мовити про більш високий економічний ефект від внесення добрива у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) одноразово, за додавання в нормі 3 л/га на фоні добрива КАС 32. В середньому за три роки встановлена аналогічна закономірність по обох гібридах та отримано кращу економічну користь від застосування.

За даного варіанту була отримана найбільша від реалізації продукція. Так, вартість валової продукції у гібриду ЕС Конкорд становила 53220 грн/га, умовно чистий прибуток – 24241 грн/га. Рівень рентабельності 84%.

Публікації до розділу 6.

Kalenska S., Kashtanova O., Kalenskyi V., Hovenko R., Antal T. (2022) Economic and Energy Efficiency of Technologies for Growing Corn Hybrids Depending on the Type and Methods of Applying Fertilizers. *Plant and soil science.* №1. P. 1–13. URL: https://agriculturalscience.com.ua/uk/current?page=2

ВИСНОВКИ

1. **Встановлено**, що: 1) продуктивність кукурудзи залежала від забезпечення тепловими одиницями та живлення різними видами азотних добрив; 2) сума накопичених теплових одиниць за вегетаційний період об'єктивніше характеризує теплові ресурси території, порівняно із сумами позитивних, активних та ефективних температур, що дозволяє точніше встановлювати оптимальні строки сівби та закінчення вегетації культури в умовах регіону проведення досліджень; 3) внесення азоту декількома прийомами оптимізує живлення рослин кукурудзи, забезпечуючи зростання показників індивідуальної продуктивності та врожайності зерна до 18,6%.

2. Дослідженнями **доведено**, що різні види азотних добрив сприяють подовженню (на 6–8 діб) тривалості міжфазних періодів та періоду вегетації кукурудзи. Звідси і підвищення її продуктивності. Доведено закономірність зростання тривалості міжфазних періодів, залежно від позакореневого підживлення посівів добривом Гумілін Стимул. Так, найефективнішим виявилося одноразове підживлення у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17). Тривалість міжфазного періоду за позакореневої обробки посівів у зазначену фенологічну фазу на фоні добрива КАС 32 становила 56 діб (відтак збільшився міжфазний період молочної – повної стиглості на 5 діб), а вегетаційного періоду гібриду – 113 діб.

3. **Виявлено**, що найбільша різниця за висотою рослин спостерігалася у фазу викидання волоті. Так, максимальної висоти рослини у цю фазу досягали у гібриду ЕС Конкорд, при застосуванні добрива КАС 32 в передпосівну культивацію (варіант 4), і становили в середньому за три роки 298,40 см. Оскільки обидва гібриди високорослі, то і гібрид ЕС Астероїд підтвердив цю особливість висотою рослин, яка за цього ж варіанта була 289,40 см.

4. **Підтверджено**, що внесення азотних добрив забезпечує формування показника найбільшої площі листкової поверхні у фазу викидання волоті – 45,6 та 46,5 тис. $м^2$/га у досліджуваних гібридів кукурудзи ЕС Астероїд та ЕС Конкорд.

Його зростання становило відповідно 53,5 та 50,4%, порівняно з варіантом контролю без добрив.

5. **Зафіксовано**, що показники елементів структури врожаю змінювалися залежно від виду азотних добрив на фоні діамофоски. Водночас маса 1000 зерен була найбільшою і варіювала в межах 310–317 г. Найвищий показник маси зерна з качана був за застосування добрива КАС 32 і становив у гібриду ЕС Астероїд 155,3 та гібриду ЕС Конкорд – 149,9 грамів, що перевищило варіант контролю у ЕС Астероїд на 44,0 г та ЕС Конкорд – 40,7 г.

6. **Продемонстровано** ефективну дію на елементи структури врожаю застосування добрива Гумілін Стимул у фенологічну фазу 5–7 листків на фоні трьох видів азотних добрив та діамофоски у гібриду ЕС Конкорд за варіанту застосування КАС 32. Проте показник маси зерна з качана був нижчим на 7,0 г, порівняно з варіантом внесення карбаміду, і на 18,4 г – за внесення аміачної води.

Варто відзначити, що важлива роль у формуванні урожайності кукурудзи належала елементам мінерального живлення рослин, серед яких чільне місце займає азот. Проте засвоєння його рослинами значною мірою визначається гідротермічними умовами року. А рівень урожайності мав суттєву різницю залежно від виду азотних добрив та погодних умов. Найсприятливішим для росту, розвитку та формування урожайності кукурудзи виявився 2020-й. За цього року максимальна урожайність гібриду ЕС Конкорд становила 9,2 т/га за варіанту застосування добрив КАС 32 у нормі 120 кг/га д. р., що перевищило показник рівня урожайності на контролі на 2,40 т/га.

Найбільший позитивний ефект від застосування добрива Гумілін Стимул у нормі 3 л/га показав варіант застосування підживлення у фенологічну фазу 5–7 листків (ВВСН 15-17) та одноразового внесення. Рівень урожайності в середньому за три роки у гібриду ЕС Конкорд за даного варіанту складав 8,87, а найвищий у 2020 році – 9,69 т/га. У гібриду Астероїд – 8,56 та 9,02 т/га відповідно, з істотним приростом урожайності по варіантах досліду та щодо контролю. Проведений розрахунок частки участі факторів у формуванні урожайності зерна кукурудзи,

залежно від підживлення посівів добривом Гумілін Стимул, дозволяє підсумувати, що найбільша частка – це чинник С: “удобрення” – 43%, “гібрид” – 33%, “рік” – 20%, “взаємодія факторів” – 2%, “інші” – 2%.

Застосування азотних добрив забезпечило отримання найбільшого умовно чистого прибутку гібриду кукурудзи ЕС Конкорд – 19,2 тис. грн/га. Рівень рентабельності за внесення аміачної води та карбаміду становив 63%.

Економічно доцільним та енергетично вигідним виявилося і позакореневе підживлення посівів. Так, найбільший умовно чистий прибуток був у гібриду ЕС Конкорд – 23,3 тис. грн/га з рівнем рентабельності 83%.

За розрахунку коефіцієнту енергетичної ефективності вирощування кукурудзи, залежно від обробки посівів добривом Гумілін Стимул, підтверджено, що даний показник в середньому за роки досліджень становив 4,17; 4,35; 4,28 у гібриду ЕС Конкорд за різних видів азотних добрив.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На темно-сірих опідзолених ґрунтах Лівобережного Лісостепу України, задля реалізації генетичного потенціалу продуктивності кукурудзи, бажано впроваджувати у виробництво високопродуктивний гібрид ЕС Конкорд. Технологія вирощування передбачає застосування добрива КАС 32 з нормою азоту 120 кг/га д. р. на фоні діамофоски $N_{22}P_{57}K_{57}$. Це забезпечить високу економічну ефективність – умовно чистий прибуток 23,3 тис. грн/га, рівень рентабельності 83%.

Посівам кукурудзи корисне позакореневе підживлення. Тож, обирати слід добриво органічного походження, макро- та мікроелементного складу – Гумілін Стимул. Застосовувати у фенологічну фазу 5–7 листків одноразово, з нормою внесення 3 л/га на фоні діамофоски – $N_{22}P_{57}K_{57}$ та азотного добрива КАС 32 з нормою внесення (N_{120} кг/га д. р.).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агротехнологічні особливості вирощування озимих та ярих культур у посушливих умовах Південного Степу: наук.-метод. Ред Херсон: Айлант, 2012. С. 15–18.

2. Анішин Л. А., Пономаренко С. П., Грицаєнко З. М. Регулятори росту рослин : рек. по застосуванню. К.: МНТЦ “Агробіотех”, 2011. 54 с.

3. Асанішвілі Н. М. Оптимізація мінерального живлення гібридів кукурудзи на основі рослинної діагностики. *Рослинництво та грунтознавство.* 2020. Т. 11. №3. 22 с. URL: http://dx.doi.org/10.31548/agr

4. Асанішвілі Н. М., Юла В. М., Шляхтурова С. П. Формування елементів структури врожаю кукурудзи під впливом технології вирощування в Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва.* Умань, 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 663-676.

5. Барчукова А., Коваленко О. А. Кукурудза без стресів. *Пропозиція.* 2013. №5 (215). С. 74–75.

6. Бублик Л. І., Червякова Л. М., Панченко Т. П., Комплексні мікродобрива. Вплив обробки насіння цукрових буряків на його посівні якості. Карантин і захист рослин. 2007. №7. С. 14–16.

7. Булигін С. Ю., Фатєєв А. І., Демішев Л. Ф., Мікродобрива важливий резерв підвищення урожайності сільськогосподарських культур. *Вісн. аграр. науки.* 2000. №11. С. 13–15.

8. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов : пер. с англ. М. : Мир, 1986. 422 с.

9. Вересеєнко С. І., Шевчук М. Й. Грунтознавство : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2015. 300 с.

10. Виробництво кукурудзи у 2021/22 МР https://latifundist.com (дата звернення 05.06.2022).

11. Виробництво кукурудзи у 2021/22 МР. Latifundist. Електронне джерело: https://latifundist.com/rating/top-10-krayin-virobnikiv-kukurudzi-2021-22-mr\

12. Влащук А. Н., Прищепо Н. М., Колпакова А. С. Влияние приемов агротехники на урожайность гибридов кукурузы различных групп спелости. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.* 2017. Вып. 4. С. 105–108.

13. Вожегова Р. А., Влащук А. М., Дробіт О. С. Продуктивність і економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Вісник аграрної науки.* Київ, 2018. Вип. 7. С. 18–26.

14. Гавриленко Н. М., Широкий Г. М. Світовий ринок зерна: стан та тенденції. Національний Інститут стратегічних досліджень. Центр зовнішньополітичних досліджень. 2022. С. 1–9. URL:https://niss.gov.ua/sites/default/files/2022-02/rynok-rna_gavrylenko_0422022.pdf (дата звернення: 12.05.2022).

15. Гаврилюк В. М. Гібриди кукурудзи: грані проблеми. Насінництво. 2015. №3/4. С. 4–7.

16. Говенько Р. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи. *Збірник наукових праць* "*Агробіологія*". 2022. №2 (174). С. 112–121.

17. Говенько Р. В., Антал Т. В. Продуктивність кукурудзи залежно від виду азотних добрив, позакореневого підживлення та погодних умов. Таврійський науковий вісник. *Сер. Сільськогосподарські науки.* 2022. Вип. №127. С. 73–81.

18. Говенько Р. В., Каленська С. М., Антал Т. В. Застосування різних видів рідких азотних добрив на посівах кукурудзи в умовах ФГ "Богатирівське". Органічне агровиробництво: освіта і наука : тези Всеукраїнської наук.-практ. конф., м. Київ, 31 жовтня 2019 р. Київ, 2019. С. 47–49.

19. Говенько Р. В., Каленська С. М. Вплив азотних добрив та підживлення посівів на якість зерна кукурудзи. Тези доповідей на IV Міжнародній наук.-

практ.онлайн конф. “Тенденції розвитку та виклики сучасній аграрній науці й освіті за кліматичних та політичних умов”, м. Київ, 28-30 листопада 2022 року. К., 2022. С. 10–12.

20. Голда Д. М. Генетика з основами селекції. Київ : Фітосоціоцентр, 2000. 292 с.

21. Господаренко Г. М. Система застосування добрив : навч. посіб. Київ : ТОВ “СІК ГРУП Україна”, 2015. 332 с.

22. Гуропаєва І. А., Рябчун В. К., Козубенко Л. В. Методичні рекомендації польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи. 2-ге вид. Харків, 2003. 43 с.

23. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. К., 2011. 106 с.

24. Дзюбецький Б. В., Рибка В. С., Черчель В. Ю. Скоростиглі гібриди як фактор енерго- і ресурсозбереження у виробництві зерна кукурудзи. *Таврійський науковий вісник.* 2007. Вип. 53. С. 27–35.

25. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. К. Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

26. Дудка М., Черчель В. Позакореневе підживлення кукурудзи: необхідність чи альтернатива. URL: https://propozitsiya.com/ua/pozakoreneve-pidzhiv-lennyaneobhidnist-chi-lternativa

27. Електронний ресурс: Державна служба статистики України (ukrstat.gov.ua).

28. Ефективне внесення КАСУ під кукурудзу. (https://growex.ua/ua/blog/vnesenie-kas-pod-kukuruzu).

29. Ефективні рішення вирощування кукурудзи та сої: вебсайт. URL: https://www.dekalb.ua/novini-ta-podii/efektivni-risenna-virosuvanna-kukurudzi-ta-soi (дата звернення: 24.04.2017).

30. Ефективність позакореневого підживлення кукурудзи мікроелементними препаратами сумісно з азотним мінеральним добривом / В. С.

Циков, М. І. Дудка, О. М. Шевченко та ін. Бюл. Ін-ту сіл. госп-ва степ. зони НААН України. Дніпро : Нова ідеологія, 2016. № 11. С. 23–27.

31. Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісн. Полтав. держ. аграр. акад.* 2016. №4. С. 63–65.

32. Пащенко Ю. М., Кордін О. І., Скринник Я. Т. Ефективність застосування комплексних мікро- та макродобрив в технології вирощування кукурудзи. Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве : сб. материалов междунар. конф. Київ : Експоцентр України, 2007. С. 16–18.

33. Заболотна А. В., Заболотний О. І, Розборська Л. В. Вміст пігментів і чиста продуктивність фотосинтезу кукурудзи за використання регуляторів росту рослин. 2021. 46 (4). С. 9–15.

34. Заверталюк В. Ф. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослині рівня мінерального живлення : матер. Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів зпроблем виробництва зерна в Україні, 5–6 березня 2002 р. Дніпро, 2002. С. 58–59.

35. Заверталюк В. Ф. Реакція гібридів кукурудзи на рівень мінерального живлення і густотустояння рослин. / Бюл. Інститут зернового господарства УААН. 2001. №17. С. 70–72.

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

37. Зайцев О., Ковальов В. Розширення площ вирощування зернової кукурудзи в Україні – нагальна потреба сьогоднішнього дня. Пропозиція. 2003. №11. 53 с.

38. Землеробство з основами грунтознавства і агрохімії : підруч. для викладачів і студ. з екон. спец. вищ. навч. закладів III-IV рівнів акредитації / В. П. Гудзь та ін. ; ред. В. П. Гудзь. К. : Вища школа, 1995. 310 с.

39. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво : підруч. ; за ред. О.І. Зінченка. К. : Аграрна освіта, 2001. С. 249–265.

40. Ільїн В. Ю. Вплив інновацій на конкурентоспроможність сільськогосподарських підприємств в умовах глобалізації. Часопис економічних реформ. №1 (17). 2015. С. 84–88.

41. Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно – гарантія стабілізації урожайності на рівні 90-100 ц/га : практ. рек. / Дніпропетровськ / Ін-т сільського господарства степової зони, 2012. 187 с.

42. Каленська С. М., Єременко О. А., Таран В. Г. Адаптивність польових культур за змінних умов вирощування. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2017. Вип. 25. С. 48–57.

43. Каленська С. М., Таран В. А. Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, норм добрив та погодних умов вирощування. Plant Varieties Studying and protection. 2018. Vol. 14. №4. P. 141–149. URL: https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151909

44. Каленська С. М., Таран В. Г., Данилів П. О. Розвиток кореневої системи кукурудзи на ранніх етапах розвитку. Науковий вісник НУБІП України. Сер. Агрономія. 2017. Вип. 269. С. 10–17.

45. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Реакція гібридів кукурудзи різних груп стиглості на удобрення та економічна ефективність вирощування. *Таврійський науковий вісник.* 2019. Вип. 106. С. 72–78.

46. Каленська С. М., Говенько Р. В. Продуктивність кукурудзи залежно від забезпечення тепловими одиницями та живлення різними видами азотних добрив. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* 2022. Вип. 30. С. 112–121.

47. Коваленко О., Полянчиков С., Ковбель А. Позакореневі обробки – важлива складова збалансованої системи живлення. *Пропозиція*. 2015. №4. С. 64–65.

48. Каленська С. М., Новицька Н. В., Барзо І. Т. Економічна ефективність вирощування нуту в умовах правобережного Лісостепу України. Молодий вчений. *Сільськогосподарські науки.* 2014. №10 (13). С. 18–20.

49. Каленська С. М., Новицька Н. В., Стрихар А. Є. Управління процесами формування високоякісного насіння сільськогосподарських культур. *Науковий вісник НАУ.* 2008. Вип. 123. С. 11–17.

50. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Реакція гібридів кукурудзи різних груп стиглості на удобрення та економічна ефективність вирощування. *Таврійський науковий вісник.* 2019. Вип. 106. Херсон: Видавничий дім "Гельветика", 2019. С. 63–69.

51. Каленська С. М., Говенько Р. В. Особливості формування рослин кукурудзи залежно від удобрення, гібриду та метеорологічних чинників : тези доп. III Міжнародної наук.-практ. конф. "Рослинництво XXI століття: виклики та інновації. До 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБіП України", м. Київ, 25–26 вересня листопада 2019 року. К., 2019. С. 84–85.

52. Каленська С. М., Говенько Р. В. Вплив азотних добрив на підвищення врожаю кукурудзи на темно-сірих опідзолених грунтах : тези доп. на IV Міжнар. наук.-практ. конф. "Інновації в освіті, науці та виробництві" До 100 річчя дня народження професора М. А. Білоножка, м. Київ, 24–25 листопада 2020 року. К., 2020. С. 84–85.

53. Каленська С. М., Говенько Р. В. Вплив позакореневих підживлень на формування урожайності зерна кукурудзи в Лівобережному Лісостепу України : тези доп. на V Міжнародній наук.-практ. конф. "Інновації в освіті, науці та виробництві". Присвячена 100-річчю від дня заснування ВСП "Мукачівський фаховий коледж НУБіП України", м. Київ, 24–26 листопада 2021 року. К., 2021. С. 46–47.

54. Каленська С. М., Говенько Р. В., Антал Т. В. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від виду азотних добрив : тези доп. на V Міжнар. наук.-практ.

конф. “TOPIC ALISSUESOF MODERN SCIENCE, SOCIETYAND EDUCATION”, м. Харків, 28–30 листопада 2021 року. Харків, 2021. С. 49–51.

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

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

57. Камінський В. Ф., Сайко В. Ф., Душко М. В. (2017). Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур : монографія. Київ : Вініченко, 2017. 580 с.

58. КАС-32. Режим доступу до ресурсу: https://superagronom.com /dobriva-kompleksni/kas-32-id18058

59. Квітка Г. Кукурудза – «за» євроінтеграцію! Пропозиція. 2013. № 2 (222). С. 38–40.

60. Кернасюк Ю. Кукурудза у світі. Агробізнес Сьогодні. 14.04.2021. Електронний ресурс: http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/21184-kukurudza-u-sviti.html

61. Климчук О. В. Ефективність комплексного використання кукурудзи в біоенергетиці. Наукові пр. Ін-ту біоенергет. культур і цукрових буряків НААН. Київ, 2013. Вип. 19. С. 150–154.

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

63. Коваленко О., Полянчиков С., Ковбель А. Позакореневі обробки – важлива складова збалансованої системи живлення. *Пропозиція.* 2015. №4. С. 64–65.

64. Комплексне мінеральне добриво нітроамофоска. Режим доступу до ресурсу: https://tetra-agro.com.ua/products/nitroamofoska_m

65. Крамарьов С. М., Краснєнков С. В., Писаренко П. В. (2009). Водоспоживання гібридів кукурудзи та їх батьківських форм у залежності від

строків сівби, густоти рослин і мінеральних добрив в умовах північного Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. №4. С. 23–32.

66. Крестьянінов Є. В., Єрмакова Л. М., Антал Т. В. Економічна та енергетична ефективність вирощування кукурудзи залежно від мінеральних добрив та позакореневого підживлення посівів. *Наукові доповіді НУБіП України.* 2020. №5 (87). doi: 10.31548/dopovidi2020.05.006

67. Кукурудза на зрошуваних землях / Ю. О. Лавриненко, Р. А. Вожегова, С. В. Коковіхін та ін. Херсон : Айлант, 2011. 468 с.

68. Куперман Ф. М. Биологический контроль за развитием и ростом кукурузы. Селекция и семеноводство, 1956.

68. Лавриненко Ю. О., Найдьонов В. Г. Параметри адаптивності нових гібридів кукурудзи. *Зрошуване землеробство.* 2007. № 48. С. 42–46.

69. Лебедь Є. М., Андрусенко І. І., Пабат І. А. Сівозміни при інтенсивному землеробстві. Київ : Урожай, 1992. 224 с.

70. Лебідь Л. Повернення королеви полів. Аграрний тиждень. 2013. №14–15. 22 с.

71. Лихочвар В. В. Рослинництво. Київ : Центр навч. літ., 2004. 210 с.

72. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : Українські технології, 2002. 800 с.

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

74. Лісовал А. П., Макаренко В. М., Кравченко С. М. Система застосування добрив : підруч. К.: Вища школа, 2002. 317 с.

75. Лісовий М. П. Інтегровані методи захисту рослин і можливості альтернативного (біологічного) землеробства в Україні. *Вісн. аграр. науки.* 1997. №9. С. 37–40.

76. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування якісних показників зерна кукурудзи. Сільське господарство і лісівництво. Вінниця, 2017. №6, т. 1. С. 7–14.

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

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

79. Маслак О. Переваги – за кукурудзою. Пропозиція. 2013. №5 (215). С. 32–34.

80. Мерленко І. М., Зінчук М. І., Штань С. С. Застосування стимуляторів росту рослин та біопрепаратів як один з факторів біологізації сільськогосподарського виробництва. Охорона родючості ґрунтів : матеріали Міжнар. наук.-практич. конф. К., 2004. Вип. 1. С. 105–114.

81. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Київ : Алефа, 2001. Вип. 2. Зернові, круп'яні та зернобобові культури / за ред. В. В. Волкодав. 65 с.

82. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. II. М. : Колос. 2001. 239 с.

83. Міленко О. Г. Вплив агроекологічних факторів на врожайність сої. Молодий вчений. 2015. № 6 (21) червень., ч. 1. С. 52–56. http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/8237

84. Міленко О. Г., Вишняк Л. В. Урожайність гібридів соняшнику залежно від удобрення : матеріали III всеукр. наук.-прак. конф. Збалансований розвиток агроекосистем України: м. Полтава, 21 листопада 2019 р. Полтава, 2019. С. 162–164. http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/8223

85. Мокрієнко В.А. Мінеральне живлення кукурудзи. Агроном. №2. 2009. С. 102–104.

86. Мокрієнко В. А., Усатий Г. Ю. Особливості засвоєння поживних речовин гібридами кукурудзи. Землеробство. 2006. №151. С. 12–20.

87. Молдован Ж. А., Собчук С. І. Вплив строків сівби , густоти рослин та абіотичних факторів на формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Лісостепу Західного. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2016. №11. С. 31–38.

88. Мордванюк М. О. Вплив елементів технології вирощування на врожайність нуту. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2020. №16. С. 238–250.

89. Мусатенко Л. І. Фітогормони і фізіологічно активні речовини в регуляції росту і розвитку рослин. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку : у 2 т. / НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Укр. т-во фізіологів рослин. К. : Логос, 2009. Т. 1. С. 508–536.

90. Надь Янош. Кукурудза / Янош Надь. Вінниця : Корзун Д. Ю., 2012. 580 с.

91. Наукові основи ведення зернового господарства / В. Ф. Сайко та ін. ; за ред В. Ф. Сайка. Київ : Урожай, 1994. 336 с.

92. Паламарчук В. Д., Мазур В. А., Зозуля О. Л. Кукурудза; селекція та вирощування гібридів. Вінниця : Данилюк В. Г., 2011. 432 с.

93. Пащенко Ю. М., Кордін О. І., Скринник Я. Т. Ефективність застосування комплексних мікро- та макродобрив в технології вирощування кукурудзи. Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве : сб. материалов междунар. конф. Киев : Экспоцентр Украины, 2007. С. 16–18.

94. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи : монографія. Дніпропетровськ : Арт-прес, 2009. 224 с.

95. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкін О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи : монографія. Д. : АРТ-ПРЕС, 2009. 224 с.

96. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с.

97. Пиляк В. І., Нікіпелова О. М. Біоенергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно з використанням нових біодобрив на основі осадів стічних вод. *Таврійський науковий вісник.* 2021. №119. С. 56–61. doi: 10.32851/2226-0099.2021.119.8

98. Писаренко П. В., Біляєва І. М., Пілярський В. Г. Фотосинтетичний потенціал рослин кукурудзи залежно від умов вирощування. *Миронівський вісник.* 2015. №1. С. 243–251.

99. Полевой А. Н., Адаменко Т. И. Моделирование формирования урожая кукурузы. *Метеорология, климатология и гидрология.* 2002. Вип. 46. С. 149–154.

100. Пономаренко С. П. Створення та впровадження нових регуляторів росту рослин в агропромисловому комплексі України. Ефективність хімічних засобів у підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур : зб. наук. праць. Умань : Уманська державна аграрна академія, 2001. С. 15–23.

101. Пономаренко С. П. Біотехнології – резерв врожаю 2010. Зерно. вересень, 2009. С. 6–7.

102. Пономаренко С. П. Українські регулятори росту рослин. Елементи регуляції в рослинництві : зб. наук. праць. НАН України. К. : Компас, 1998. С. 10–16.

103. Петриченко В. П. Рідкі азотні добрива на кукурудзі – основа стабільних врожаїв. Агроном. 2019. №7. С. 31–34.

104. Присяжнюк Л. М., Шовгун О. О., Король Л. В. Оцінка показників стабільності й пластичності нових гібридів кукурудзи (Zea mays L.) в умовах Полісся та Степу України. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2016. С. 16–21.

105. Програма “Зерно України” [Електронний ресурс] Режим доступу: www.uaan.gov.ua/sites/default/files/zerno.doc.

106. Реакція ФАО на глобальні виклики продовольчої безпеки https://www.fao.org (дата звернення 09.05.2022).

107. Ресурсозберігаючі технології вирощування зернових культур : навч. посіб. / О. А. Дереча та ін. Житомир : Полісся, 2005. 187 с.

108. Ринок кукурудзи : Agro Newshttps://agronews.ua (дата звернення 11.04.2022).

109. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М., Попов С. І., Музафаров Н. М.; Бухало В. Я., Криштоп Є. А. Дослідна справа в агрономії. Харків : Майдан, 2016. Кн. 1. 300 с.

110. Рожков А. О., Каленська С. М., Пузік Л. М. Дослідна справа в агрономії. Харків : Майдан, 2016. Книга 2: Статистична обробка результатів агрономічних досліджень. 298 с.

111. Рудишин С. Д. Основи біотехнології рослин. Вінниця, 1998. С. 22–37.

112. Санін Ю. (2010). Технологія підживлення кукурудзи макро- та мікроелементами, їхнє значення та застосування в посівах кукурудзи URL: http://www.propozitsiya.com/page=146&itemi d=3288

113. Санін Ю. В., Санін В. А. Позакореневе підживлення сільськогосподарських культур макроелементами. Зерно. 2014. №6. С. 44–48.

114. Санін Ю. В., Санін В. А. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. *Агробізнес сьогодні.* 2012. №6 (229). Березень 2012. URL: www.agro-business.com.ua.

115. Санін Ю. В. Технологія підживлення кукурудзи макро- та мікроелементами, їхнє значення та застосування в посівах кукурудзи. *Пропозиція.* 2010. №5. С. 20–22.

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

117. Сільське господарство www.statista.com (дата звернення 10.06.2022).

118. Сільське господарство України. Статистичний збірник/ за ред. Ю. М. Остапчука. К. : Держ. комітет статистики України, 2008. 391 с.

119. Скоростиглі гібриди як фактор енерго- і ресурсозбереження у виробництві зерна кукурудзи / Б. В. Дзюбецький, В. С. Рибка, В. Ю. Черчель, Н. О. Ляшенко. *Таврійський науковий вісник.* 2007. Вип. 53. С. 27–35.

120. Скринник Я. Т. Особливості застосування комплексних рідких добрив при вирощуванні кукурудзи в умовах північного Степу України. Бюл. ін-ту зернового господарства. 2010. №39. С. 103–106.

121. Сорт і його значення в підвищенні врожайності / В. В. Шелепов та ін.. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. Київ : Алефа, 2006. 140 с.

122. Статистика продовольства та сільського господарства https://www.fao.org/faostat (дата звернення 11.05.2022).

123. Стоцька С. Біоенергетична оцінка технології вирощування конюшини лучної на листостеблову масу в умовах Полісся. Житомирський національний агроекологічний університет. 2010. С. 33–45.

124. Сувворов М. Внесення мінеральних добрив та позакореневе підживлення кукурудзи. Ерідон. 04.04.2022. Електронний ресурс: https://www.eridon.ua/vnesennya-mineralnih-dobriv-ta-pozakoreneve-pidjivlennya-kukurudzi

125. Талавиря М. П. Розвиток біорієнтованої економіки на науковій основі. Науковий вісник Ужгородського університету. *Сер. Економіка.* 2015. Вип. 1 (45). Т. 2. Ужгород. 2015. С. 225–230.

126. Танчик С. П., Мокрієнко В. А. Формування оптимальної площі асиміляційної поверхні – запорука високих врожаїв зерна кукурудзи. Хімія. *Агрономія.* Сервіс. 2008. №4. 12 с.

127. Таран В. Г. Регулятори росту у формуванні адаптивних реакцій рослин до посухи. *Вісник аграрної науки.* 2004. №8. С. 29–31.

128. Тараріко Ю. О., Несмашная О. Є., Глущенко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур : метод. рек. К. : Нора-прінт, 2001. 60 с.

129. Технології виробництва продукції рослинництва : метод. посіб. з лаб.-практ. занять / О. Ф. Смаглій та ін. Житомир : Євенок О. О., 2014. Ч. 2. Основи землеробства. 144 с.

130. Ткаліч Ю. І., Ткаліч О. В., Кохан А. В. Продуктивність та економічна оцінка вирощування кукурудзи при використанні стимуляторів росту і мікродобрив. *Вісн. Дніпропетр. держ. аграр.-економ. ун-ту.* 2016. С. 26–31, 123.

131. Труфанов О. Мікроелементи, хелати, мікродобрива. *Пропозиція.* 2013. №5 (215). С. 63–65.

132. Удосконалена методика визначення доз мінеральних добрив на запланований рівень урожаю сільськогосподарських культур при зрошенні : наук.-метод. рек. / Р. А. Вожегова, І. Д. Філіпґєв, О. М. Димов, В. В. Гамаюнова. Херсон : Айлант, 2012. 14 с.

133. Україна входить до числа країн-лідерів за виробництвом кукурудзи в світі. Електронний ресурс: https://superagronom.com/news/9446-ukrayina-vhodit-do-krayin-lideriv-za-virobnitstvom-kukurudzi-v-sviti

134. Фотосинтетичні показники гібридів кукурудзи залежно від груп стиглості та строків сівби / І. В. Михаленко, В. Г. Найдьонов, В. М. Нижеголенко, В. О. Ярмак. *Зрошуване землеробство.* 2013. Вип. 59. С. 39–43, 152.

135. Фурдичко О. І., Дребот О. І. Про пріоритетність екологоекономічних досліджень в аграрній науці й виробництві. *Вісник аграрної науки.* 2012. №6. С. 5–9.

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

137. Циков В. С., Дудка М. І., Шевченко О. М., Носов С. С. Ефективність застосування макро- і мікродобрив при вирощуванні кукурудзи. Бюлетень Інституту зернового господарства. Дніпропетровськ, 2017. Т. 1. №1. С. 75–79.

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

139. Шимкова М. Світовий ринок кукурудзи та місце України в ньому. Електронний ресурс: https://pricereview.com.ua/articles/svitovij-rinok-kukurudzi-ta-miscze-ukra%D1%97ni-na-nomu

140. Шляхи підвищення родючості ґрунтів у сучасних умовах сільськогосподарського виробництва : рек. / Б. С. Носко, В. П. Патика, О. Г. Тараріко та інші. К. : Аграрна наука, 1999. 111 с.

141. Шпаар Д. та ін. (2009). Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання. К. : Альфа-стевія ЛТД., 2009. 396 с.

142. Шпаар Д., Гінапп К., Каленська С. Кукурудза. Київ : Альфа-стевія ЛТД. 2009. 396 с.

143. Шпар Д., Гінапп К., Дрегер Д., Захаренко А., Каленська С. Кукурудза: вирощування, збирання, консервування і використання. 2009. Київ : Альфа-стевія ЛТД. 2010. С. 42–48.

144. Штукін М. О., Оничко В. І. Особливості підбору гібридів кукурудзи для умов північно-східного Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. *Сер. Агрономія і біологія.* 2013. №11. С. 213–217.

145. Якунін О. П., Пащенко Ю. М., Рибка В. С. Ефективність вирощування гібридів кукурудзи в різних технологічних системах. *Вісн. Дніпропетр. держ. аграр. ун-ту.* 2005. №1. С. 7–11.

146. Якунін О. П. Економічна і біоенергетична ефективність вирощуваннння гібридів кукурудзи в у мовах північної підзони Степу України. Вісник

Дніпропетровського державного аграрного університету. *Екологія, рослинництво, землеробство.* 2010. №1. С. 7–10.

147. Якунін О. П., Котченко М. В. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від умов вирощування. *Вісник Дніпропетровського ДАУ.* 2007. №2. С. 13–16.

148. Якунін О. П., Заверталюк В. Ф. Підвищення врожайності кукурудзи в умовах північного Степу. *Хранение и переработка зерна.* 2002. №6 (36). С. 26–28.

149. Якунін О. П., Заверталюк В. Ф. Ріст, розвиток і урожайність кукурудзи залежно від доздобрив та густоти рослин. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного ун-ту.* 2001. №1. С. 41–43.

150. Ямковий В. Сучасні позакореневі мікродобрива для сільськогосподарських культур. *Агроном.* 2015. №4. С. 40–43.

151. Antal T., Kalenska S. , Govenko R., Mokrienko V., Karpenko L., Kovalenko A. Efficiency of corn hybrids growing technologies depending on the kinds of fertilizer application. Book of abstracts 13th International Agricultural Symposium „AGROSYM 2022". Jahorina,Bosnia and Herzegovina, 6–9 October 2022.

152. Balawejder M., Matłok N., Gorzelany J., Pieniazek M., Antos P., Witek G., Szostek M. Foliar fertilizer based on calcined bones, boron and molybdenum – a study on the development and potential effects on maize grain production. Sustainability. 2020. Vol. 11, 5287. doi: 10.3390/su11195287

153. Balawejder M., Szostek M., Gorzelany J., Antos P., Witek G., Matłok N. A. Study on the potential fertilization effects of microgranule fertilizer based on the protein and calcined bones in maize cultivation. Sustainability. 2020. Vol. 12, №4, 1343. doi: 10.3390/su12041343

154. Batsmanova L., Taran N., Konotop Y., Kalenska S., Novytska N. Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as fertilizer for increasing soybean productivity. Journal of Central European Agriculture. 2020. Vol. 21, №2. P. 311–319. doi: 10.5513/JCEA01/21.2.2414

155. Brown D. M., Bootsma A. Crop heat units for corn and other warm-season crops in Ontario. Ontario Ministry of Agriculture and Food Factsheet. 1993. No. 93–119, Agdex 111/31, 4pp.

156. Brown D. M., Bootsma A. Crop Heat Units for Corn and Other Warm Season Crops in Ontario. FACTSHEET. v. 1.24.10.2014, 2K https://sites. google. com/site/andybootsma/home/crop-heat-unit-reports

157. Balawejder M., Szostek M., Gorzelany J. Study on the potential fertilization effects of microgranule fertilizer based on the protein and calcined bones in maize cultivation. Sustainability. 2020. Vol. 12, Iss. 4. Article 1343. doi: 10.3390/su12041343

158. Capustin S. E., Kovtun N. V., Capustin A. S. (2009). Influence of sowing terms on maize yield, structural indices of plants and its water consumption. Scientific bulletin of Lugansk National Agrarian University. The series "Agricultural Sciences". 2009, no. 11, pp. 22–29.

159. Casali L., Herrera J. M., Rubio G. Resilient soybean and maize production under a varying climate in the semi-arid and sub-humid Chaco. European Journal of Agronomy. 2022. Vol. 135. Article 126463. doi: 10.1016/j.eja.2022.126463

160. Chassot A., Stamp P., Richner W. Root distribution and morphology of maize seedlings as affected by tillage and fertilizer placement. Plant and Soil. 2001. Vol. 231. P. 123–135. doi: 10.1023/A:1010335229111

161. Chakwizira E., Teixeira E. I., de Ruiter J. M. Harvest index for biomass and nitrogen in maize crops limited by nitrogen and waterm : Proceedings of the 2016 International Nitrogen Initiative Conference, “Solutions to improve nitrogen use efficiency for the world”, 4–8 December 2016, Melbourne, Australia. URL: http://www.ini2016.com/pdfpapers/INI2016_Chakwizira_Emmanual.pdf

162. Crops and livestock products. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL (дата звернення: 12.05.2022).

163. Distribution of global corn production in 2019/2020, by country. URL: www.statista.com/statistics/254294/distribution_of-global-corn-production-by-country-2022/ (дата звернення: 12.05.2022).

164. Drulis P, Kriauciuniene Z, Liakas V. (2022). The influence of different nitrogen fertilizer rates, urease inhibitors and biological preparations on maize grain yield and yield structure elements. Agronomy. 2922. Vol. 12. P. 741. doi: 10.3390/agronomy12030741

165. Duvick D. N., Cassman K. Y. Post-green revolution trends in yields potential of temperate mais in the north-central USA. Crop Science. 1999. Vol. 39, Iss. 6. P. 1622–1630. doi: 10.2135/cropsci1999.3961622x

166. Egli D. B. Modelling the effect of variation of in-row spacing on kernel m -2 in maize. Europen Journal of Agronomy. 2022. Vol. 136. 126486. doi: 10.1016/j.eja.2022.126486

167. Fernández M. C., Rubio G. (2015). Root morphological traits related to phosphorus-uptake efficiency of soybean, sunflower, and maize. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 2015. Vol. 178. P. 807–815.

168. Shafi M., Bakht J., Ali S. Effect of planting density on phenology, growth and yield of maize (Zea mays L.). Pakistan Journal of Botany. 2012. Vol. 44, Iss. 2. P. 691–696.

169. Smetanska I., Tonkha O., Patyka T. The influence of yeast extract and jasmonic acid on phenolic acids content of in vitro hairy root cultures of Orthosiphon aristatus. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2021. Vol. 15. P. 1–8. doi: 10.5219/1508

170. Trachsel S., San Vicente F. M., Suarez E. A. Effects of planting density and nitrogen fertilization level on grain yield and harvest index in seven modern tropical maize hybrids (Zea mays L.). Journal of Agricultural Science. 2015. Vol. 154, Iss. 4. P. 689–704. doi: 10.1017/S0021859615000696

171. Hrytsyk N. M. Chemistry. Agronomy. Service. 2011. №11. P. 34– 37.

172. Hrytsyk N. M. Winter rye for growing in mono-cropping on intensive technology

173. Information support of the competitive organic agriculture’ development in Ukraine

174. Kalenska S., Rahmetov D., Yeremenko O., Novytska N., Yunyk A., Honchar L., Stolayrchuk T., Taran V., Rigenko A., Goenko V. Biodiversity of field crops in conditions of climate changing. SEAB. 2018.

175. Kalenska S., Kashtanova O., Kalenskyi V., Hovenko R., Antal T. Economic and Energy Efficiency of Technologies for Growing Corn Hybrids Depending on the Type and Methods of Applying Fertilizers. Plant and soil science. 2022. №1. P. 1–3. URL: https://agriculturalscience.com.ua/uk/current?page=2

176. Kalenska S., Ryzhenko A., Novytska N. et al. Morphological Features of Plants and Yield of Sunflower Hybrids Cultivated in the Northern Part of the Forest-Steppe of Ukraine. American Journal of Plant Sciences. 2020. Vol. 11, Iss. 8. P. 1331–1344. doi: 10.4236/ajps.2020.118095

177. Khalili M., Naghavi M. R., Aboughadareh A. P., Rad H. N. Effects of Drought Stress on Yield and Yield Components in Maize Cultivars (Zea mays L.). International Journal of Agronomy and Plant Production. 2013. Vol. 4 (4). P. 809–812.

178. Konuma H. Climate Smart Agriculture: A call for action. FAO. Synthesis of the Asia Pacific Regional Workshop. Bangkok, Thailand, 2015. 120 p.

179. Lavrynenko Yu. O., Hozh O. A., Vozhegova R. A. Productivity of com hybrids of different FAO groups depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation in the south of Ukraine. Agricultural and practice. 2016. №1. P. 55–60.

180. Lopushniak V. Fertilization system as a factor of transforming the humus state of the soil. Agricultural Science and Practice. 2015. Vol. 2, № 2. P. 39–44. doi: 10.15407/agrisp2.02.039

181. Lopushniak V. Influence of fertilizing schemes in the crop rotation system on the organic matter and nitrogen content in the dark-grey podzolized soil in the western Forest-Steppe of the Ukraine. Polish Journal of Soil Science. 2011. Vol. 44, Iss. 1. P. 19–25.

182. Liu Y., Mi G., Chen F., Zhang J., Zhang F. (2004). Rhizosphere effect and root growth of two maize (Zea mays L.) genotypes with contrasting P efficiency at low P availability. Plant Science 2004. Vol. 167. P. 217–223.

183. Mac Ed. by J. Hormonal regulation of development of plants. Berlin ; Milan : Springer, 1980. 681 p.

184. Marchenko T. Y. Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation. Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph. Lviv; Torun: Liha-Pres, 2019. P. 137–153.

185. Neilson E. H., Edwards A. M., Blomstedt C. K., Berger B., Møller B. L., Gleadow R. M. Utilization of a high-throughput shoot imaging system to examine the dynamic phenotypic responses of a C4 cereal crop plant to nitrogen and water deficiency over time. J Exp Bot 2015. Vol. 66(7). P. 1817–1832. https://doi.org/10.1093/jxb/eru526

186. Novytska N., Gadzvsokiy G., Mazurenko B. et al. Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in Western Polissya of Ukraine. Agronomy Research. 2020. Vol. 18, Iss. 3. P. 2512–2519. doi: 10.15159/ar.20.203

187. Paponov I. A., Engels C. Effect of nitrogen supply on leaf traits related to photosynthesis during grain filling in two maize genotypes with different N efficiency. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2003. Vol. 166. P. 756–763.

188. Pierson, Warren (2013). The effects of starter fertilizer on root and shoot growth of corn hybrids and seeding rates and plant-to-plant variability in growth and grain yield. Graduate Theses and Dissertations. 2013.13330. URL: https://lib.dr.iastate.edu/etd/13330

189. Ross F., Matteo J.., Cerrudo A. Maize prolificacy: a source of reproductive plasticity that contributes to yield stability when plant population varies in drought prone environments. Field Crops Res. 2020. Vol. 247. 107699. doi: 10.1016/j.fcr.2019.107699

190. Rossini M. A., Otegui M. E., Martínez E. L., Maddonni G. A. Contribution of the earlyestablished plant hierarchies to maize crop responses to N fertilization. Field Crops Research. 2018. Vol. 216. P. 141–149. doi: 10.1016/j.fcr.2017.11.015

191. Ruiz M. B., D'Andrea K. E., Otegui M. E. Phenotypic plasticity of maize grain yield and related secondary traits: Differences between inbreds and hybrids in

response to contrasting water and nitrogen regimes. Field Crops Research. 2019. Vol. 239. P. 19–29. doi: 10.1016/j.fcr.2019.04.00420

192. Shafi M., Bakht J., Ali S., Khan H., Khan M. A., Sharif M. (2012). Effect of planting density on phenology, growth and yield of maize (Zea mays L.). Pak. J. Bot. 2012, 44(2). P. 691–696.

193. Thimann K. Hormone action in the whole life of plants. Amherts: University Massach. Press. 1977. 448 p.

194. Under the conditions of European integration. Geo-management in organic agriculture : monograph / eds. P. Skrypchuk, J. Zat'ko. Podhajska, Slovensko :Europsky institute d'alsieho vzdelavania, 2019. P. 264–272.

195. Venis M. Hormone binding sites in plants. London ; New York : Springer, 1985. 191 p.

196. Yang L., Muhammad I., Chi Y. X., Wang D., Zhou X. B. Straw return and nitrogen fertilization to maize regulate soil properties, microbial community, and enzyme activities under a dual cropping system. Front. Microbiol. 2022. Vol. 15 doi: 10.3389/fmicb.2022.823963

197. Yu P., Li X., Yuan L., Li C. (2013). A novel morphological response of maize (Zea mays) adult roots to heterogeneous nitrate supply revealed by a split-root experiment. Physiologia Plantarum. 2013. Vol. 150. P. 133–144.

198. Zhoua B., Suna X., Wangb D., Dinga Z., Lia C., Maa W., Zhaoa M. Integrated agronomic practice increases maize grain yield and nitrogen use efficiency under various soil fertility conditions. The Crop Journal. 2019. Vol. 7, Issue 4. P. 527–538. doi: 10.1016/j.cj.2018.12.005

ДОДАТКИ

Додаток А

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Говенько Р. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи. Агробіологія. 2022. № 2 (174). С. 68–78.

2. **Говенько Р. В.**, Антал Т. В. Продуктивність кукурудзи залежно від виду азотних добрив, позакореневого підживлення та погодних умов. Аграрні інновації. 2022. Вип. 15. С. 22–29. *(Здобувачем узагальнено експериментальні дані та написано статтю).*

3. Каленська С. М., **Говенько Р. В.** Продуктивність кукурудзи залежно від забезпечення тепловими одиницями та живлення різними видами азотних добрив. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2022. Вип. 30. С. 33–43. *(Здобувачем описано розрахунок теплових одиниць, підготовлено матеріали до друку).*

4. Kalenska S, Kashtanova O., Kalenskyi V., **Hovenko R.**, Antal T. Economic and energy efficiency of technologies for growing corn hybrids depending on the type and methods of applying fertilizers. Plant and Soil Science. 2022. № 1. P. 1–13. *(Здобувачем узагальнено науково-практичні матеріали щодо економічної ефективності вирощування кукурудзи та підготовлено статтю до друку).*

Тези наукових доповідей

5. Каленська С. М., **Говенько Р. В.** Особливості формування рослин кукурудзи залежно від удобрення, гібриду та метеорологічних чинників. Рослинництво XXI століття: виклики та інновації. До 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБіП України: ІІІ Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 25–26 вересня 2019 року: тези доповіді. Київ, 2019. С. 84–85. *(Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).*

6. **Говенько Р. В.**, Каленська С. М., Антал Т. В. Застосування різних видів рідких азотних добрив на посівах кукурудзи в умовах ФГ «Богатирівське».

Органічне агровиробництво: освіта і наука: Всеукраїнська науково-практична конференція, м Київ, 31 жовтня 2019 року: тези доповіді. Київ, 2019. С. 6–9. *(Здобувачем проведено дослідження щодо застосування різних видів азотних добрив та написано тези).*

7. Каленська С. М., **Говенько Р. В.** Вплив позакореневих підживлень на формування урожайності зерна кукурудзи в лівобережному Лісостепу України. Інновації в освіті, науці та виробництві: V Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 100-річчю від дня заснування ВСП «Мукачівський фаховий коледж НУБіП України», м. Київ, 24–26 листопада 2021 року: тези доповіді. Київ, 2012. С. 46–47. *(Здобувачем отримано частину експериментального матеріалу, на основі якого підготовлено тези).*

8. Каленська С. М., **Говенько Р. В.,** Антал Т. В. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від виду азотних добрив. Topical issues of modern science, society and education: V Міжнародна науково-практична конференції, м. Харків, 28–30 листопада 2021 року: тези доповіді. Харків, 2021. С. 49–51. *(Здобувачем взято участь у зборі експериментального матеріалу, на основі якого підготовано тези).*

9. Antal T., Kalenska S., **Govenko R.**, Mokrienko V., Karpenko L., Kovalenko A. Efficiency of corn hybrids growing technologies depending on the kinds of fertilizer application. AGROSYM 2022: 13th International Agricultural Symposium, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 6–9 October 2022: book of abstracts. Jahorina, 2022. P. 276–281. *(Здобувачем опрацьовано літературу та написано тези).*

10. **Говенько Р. В.**, Каленська С. М. Вплив азотних добрив та підживлення посівів на якість зерна кукурудзи. Тенденції розвитку та виклики сучасній аграрній науці й освіті за кліматичних та політичних умов: IV Міжнародна науково-практична онлайн конференції, м. Київ, 28–30 листопада 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 10–12. *(Здобувачем отримано експериментальні дані, опрацьовано їх та підготовлено тези).*

Додаток Б

Абсолютні максимальні та мінімальні температури, °С

Рік	Місяць																		
	квітень	травень			червень			липень			серпень			вересень			жовтень		
	Декада																		
	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Абсолютна максимальна температура, °С																			
2019	20,12	16,75	22,55	27,03	26,67	29,47	27,25	23,71	22,95	29,72	23,43	27,46	30,65	27,00	20,40	14,91	13,77	20,63	11,79
2020	15,74	17,54	16,68	16,67	25,00	29,47	27,95	27,05	23,92	29,24	26,36	25,58	28,99	30,63	21,53	22,33	20,28	15,92	14,55
2021	10,97	16,38	20,18	21,82	20,12	25,31	29,67	28,66	31,29	30,82	28,68	27,74	27,20	18,36	19,79	11,57	13,64	11,54	13,23
Абсолютна мінімальна температура, °С																			
2019	5,87	9,28	11,74	15,63	16,54	17,74	15,72	12,57	12,36	16,82	11,84	15,32	15,02	13,56	8,72	5,38	5,07	7,39	4,71
2020	3,50	8,67	5,72	9,04	14,24	18,73	16,32	15,52	13,03	15,22	14,85	11,56	14,54	15,71	8,04	9,47	11,42	6,52	6,66
2021	1,37	4,94	10,35	11,22	11,61	15,93	18,88	17,43	19,13	17,12	18,19	14,75	15,54	13,85	14,43	8,77	7,51	6,92	6,99

Додаток Б1

Розрахунок ГТК за середньомісячними даними

Показник	Роки	Місяць						
		квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень
Середня температура повітря ($t_{сер}$), °С	2019	9,3	16,6	22,2	19,0	19,9	15,0	10,2
	2020	7,6	11,9	21,4	19,9	19,4	17,1	12,1
	2021	6,8	13,6	20,2	23,2	21,0	14,2	9,6
Сума опадів, мм	2019	33,1	67,5	42,0	56,2	9,7	40,3	22,4
	2020	32,3	147,2	54,0	60,4	29,6	33,5	30,1
	2021	67,2	83,4	73,1	51,5	61,3	6,8	0
Сума активних температур ($t_{акт}$>10), °С	2019	163	497	667	591	619	403	248
	2020	88	319	634	620	603	514	311
	2021	69	383	607	722	652	671	483
ГТК	2019	2,0	1,4	0,6	1,0	0,1	1,0	1,0
	2020	3,6	4,6	0,8	0,9	0,5	0,7	1,0
	2021	9,7	2,1	1,2	0,7	0,9	0,1	0

Додаток В

Структура врожайності гібридів кукурудзи залежно від виду азотних добрив, середнє за 2019–2021 рр.

Варіант	Кількість рядів, шт.	Кількість зерен у ряду, шт.	Кількість зерен у качані, шт.	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га
ЕС Конкорд						
Без добрив – контроль	14	30	420	109,2	260	6,0
Діамофоска $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Фон	14	32	448	127,6	285	7,0
Фон + аміачна вода ($N_{20,5}$), 120 кг/га д.р.	14	32	448	138,8	310	7,6
Фон + КАС (N_{32}), 120 кг/га д.р.	14	34	476	149,9	315	8,2
Фон + карбамід (N_{46}), 120 кг/га д.р.	14	33	462	140,9	305	7,7
$НІР_{05}$	–	*2,41*	*33,75*	*25,40*	*36,80*	*1,37*
ЕС Астероїд						
Без добрив – контроль	14	30	420	111,3	265	6,1
Діамофоска $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Фон	14	33	462	129,3	280	7,1
Фон + аміачна вода ($N_{20,5}$), 120 кг/га д.р.	14	33	462	140,9	305	7,7
Фон + КАС (N_{32}), 120 кг/га д.р.	14	35	490	155,3	317	8,5
Фон + карбамід (N_{46}), 120 кг/га д.р.	14	34	476	145,1	305	7,9
$НІР_{05}$	–	*3,04*	*42,57*	*27,36*	*34,55*	*1,48*

Додаток В 1

Структура врожайності зерна гібридів кукурудзи залежно від обробки посіву добривом Гумілін Стимул, середнє за 2019–2021 рр.

Варіант	Кількість рядів, шт.	Кількість зерен у ряду, шт.	Кількість зерен у качані, шт.	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га
1	2	3	4	5	6	7
ЕС Конкорд						
Без обробки – контроль	14	32	448	128,5	287	7,0
Аміачна вода + 5-7 л	14	34	476	140,4	295	7,7
Аміачна вода + 7-9 л	14	33	462	132,5	287	7,2
Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	14	32	448	137,9	308	7,5
КАС + 5-7 л	14	35	490	155,8	318	8,5
КАС + 7-9 л	14	34	476	146,1	307	8,0
КАС + 5-7 та 7-9 л	14	35	490	149,4	305	8,2
Карбамід + 5-7 л	14	34	476	151,8	319	8,3
Карбамід + 7-9 л	14	33	462	141,3	306	7,7
Карбамід + 5-7 та 7-9 л	14	34	476	145,1	305	7,9
$НІР_{05}$	–	*1,07*	*15,01*	*8,49*	*11,08*	*0,48*

Продовження додатку В 1

1	2	3	4	5	6	7
ЕС Астероїд						
Без обробки – контроль	14	33	462	129,3	280	7,1
Аміачна вода + 5-7 л	14	35	490	144,5	295	7,9
Аміачна вода + 7-9 л	14	34	476	135,6	285	7,4
Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л	14	33	462	143,2	310	7,8
КАС + 5-7 л	14	36	504	161,2	320	8,8
КАС + 7-9 л	14	34	476	145,1	305	7,9
КАС + 5-7 та 7-9 л	14	35	490	150,9	308	8,3
Карбамід + 5-7 л	14	34	476	151,8	319	8,3
Карбамід + 7-9 л	14	33	462	145,0	314	7,9
Карбамід + 5-7 та 7-9 л	14	34	476	147,5	310	8,1
$НІР_{05}$	–	*0,99*	*13,88*	*8,71*	*13,64*	*0,48*

Додаток Г

Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від виду азотних добрив, 2019 р., т/га

Варіант		Повторення				Середнє
Гібрид (фактор А)	Удобрення (фактор В)*	I	II	III	IV	
ЕС Конкорд	В – 1	5,31	5,50	5,01	5,42	5,31
	В – 2	6,23	6,46	5,93	6,30	6,23
	В – 3	6,81	6,53	7,35	6,55	6,81
	В – 4	7,37	7,08	7,68	7,35	7,37
	В – 5	6,45	6,67	6,15	6,53	6,45
ЕС Астероїд	В – 1	5,54	5,18	5,09	4,91	5,18
	В – 2	6,38	6,02	6,59	6,53	6,38
	В – 3	6,71	6,57	6,90	6,66	6,71
	В – 4	7,34	7,10	7,40	7,52	7,34
	В – 5	6,97	7,32	6,85	6,74	6,97
$НіР_{0,5}$, т/га	*Фактор А*	*0,13*				
$НіР_{0,5}$, т/га	*Фактор В*	*0,31*				
$НіР_{0,5}$, т/га	*Взаємодія факторів АВ*	*0,44*				

Варіант удобрення, фактор В

1. Без добрив – контроль
2. Діамофоска $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Фон
3. Фон + аміачна вода ($N_{20,5}$), 120 кг/га д.р.
4. Фон + КАС (N_{32}), 120 кг/га д.р.
5. Фон + карбамід (N_{46}), 120 кг/га д.р.

Додаток Г 1

Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від виду азотних добрив, 2020 р., т/га

Варіант		Повторення				Середнє
Гібрид (фактор А)	Удобрення (фактор В)*	I	II	III	IV	
ЕС Конкорд	В – 1	7,04	6,55	6,03	6,58	6,55
	В – 2	7,57	7,61	8,19	7,07	7,61
	В – 3	8,37	8,18	8,61	7,56	8,18
	В – 4	9,74	8,93	8,78	8,27	8,93
	В – 5	8,67	8,59	9,11	7,99	8,59
ЕС Астероїд	В – 1	6,3	6,80	6,92	7,16	6,80
	В – 2	8,29	7,69	7,13	7,65	7,69
	В – 3	8,39	8,30	7,72	8,79	8,30
	В – 4	9,42	9,20	9,78	8,40	9,20
	В – 5	8,42	8,49	8,98	8,07	8,49
НіР$_{0,5}$, т/га	*Фактор А*	*0,15*				
НіР$_{0,5}$, т/га	*Фактор В*	*0,34*				
НіР$_{0,5}$, т/га	*Взаємодія факторів АВ*	*0,46*				

Варіант удобрення, фактор В

1. Без добрив – контроль
2. Діамофоска $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Фон
3. Фон + аміачна вода ($N_{20,5}$), 120 кг/га д.р.
4. Фон + КАС (N_{32}), 120 кг/га д.р.
5. Фон + карбамід (N_{46}), 120 кг/га д.р.

Додаток Г 2

Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від виду азотних добрив, 2021р., т/га

Варіант		Повторення				Середнє
Гібрид (фактор А)	Удобрення (фактор В)*	I	II	III	IV	
ЕС Конкорд	В – 1	5,99	6,34	6,67	6,36	6,34
	В – 2	8,47	7,35	6,67	6,39	7,35
	В – 3	8,02	8,53	7,39	8,14	8,02
	В – 4	8,56	8,00	8,48	8,88	8,48
	В – 5	7,89	8,17	5,82	8,10	8,17
ЕС Астероїд	В – 1	6,01	6,49	7,02	6,44	6,49
	В – 2	6,82	7,99	7,44	7,51	7,44
	В – 3	8,14	8,22	8,71	7,81	8,22
	В – 4	9,43	8,90	9,04	8,47	8,96
	В – 5	8,36	8,41	8,05	8,82	8,41
НіР$_{0,5}$, т/га	*Фактор А*	*0,11*				
НіР$_{0,5}$, т/га	*Фактор В*	*0,29*				
НіР$_{0,5}$, т/га	*Взаємодія факторів АВ*	*0,41*				

Варіант удобрення, фактор В

1. Без добрив – контроль
2. Діамофоска $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Фон
3. Фон + аміачна вода ($N_{20,5}$), 120 кг/га д.р.
4. Фон + КАС (N_{32}), 120 кг/га д.р.
5. Фон + карбамід (N_{46}), 120 кг/га д.р.

Додаток Г 3

Урожайність зерна гібриду кукурудзи залежно від обробки посіву добривом Гумілін Стимул, середнє за 2019-2021рр., т/га

Варіант №	Варіант підживлення (фактор В)*	ЕС Конкорд (фактор А)				Приріст	
		2019р.	2020р.	2021р.	середнє	середнє, т/га	середнє, %
1	В-1	6,23	7,61	7,35	7,06	-	-
2	В-2	6,72	8,47	8,12	7,77	0,71	8,98
3	В-3	6,61	7,71	7,55	7,29	0,23	3,23
4	В-4	6,53	8,18	8,02	7,58	0,51	6,64
5	В-5	7,55	9,21	8,92	8,56	1,50	17,49
6	В-6	7,19	8,69	8,22	8,03	0,97	12,12
7	В-7	7,37	8,93	8,48	8,26	1,20	14,53
8	В-8	7,32	9,02	8,65	8,33	1,27	15,18
9	В-9	6,81	8,39	7,96	7,72	0,66	8,49
10	В-10	6,97	8,77	8,17	7,97	0,91	11,29

Варіант підживлення, фактор В

В - 1. Без обробки – контроль

В - 2. Аміачна вода + 5-7 л.

В - 3. Аміачна вода + 7-9 л.

В - 4. Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л.

В - 5. КАС + 5-7 л.

В - 6. КАС + 7-9 л.

В - 7. КАС + 5-7 та 7-9 л.

В - 8. Карбамід + 5-7 л.

В - 9. Карбамід + 7-9 л.

В - 10. Карбамід + 5-7 та 7-9 л.

Додаток Г 4

Урожайність зерна гібриду кукурудзи залежно від обробки посіву добривом Гумілін Стимул, середнє за 2019-2021рр., т/га

№	Варіант підживлення (фактор В)*	ЕС Астероїд (фактор А)				Приріст	
		2019р.	2020р.	2021р.	середнє	середнє, т/га	середнє, %
1	В-1	6,38	7,67	7,44	7,16	-	-
2	В-2	7,43	8,20	8,35	7,99	0,83	10,50
3	В-3	6,78	8,05	7,56	7,46	0,30	4,07
4	В-4	6,91	8,30	8,22	7,81	0,65	8,25
5	В-5	7,95	9,69	8,98	8,87	1,71	19,25
6	В-6	7,45	8,13	8,40	7,99	0,83	10,48
7	В-7	7,74	8,55	8,66	8,32	1,15	13,98
8	В-8	7,69	8,68	8,75	8,37	1,21	14,55
9	В-9	7,38	8,25	8,20	7,94	0,78	9,95
10	В-10	7,53	8,49	8,41	8,14	0,98	12,15

Варіант підживлення, фактор В

В - 1. Без обробки – контроль

В - 2. Аміачна вода + 5-7 л.

В - 3. Аміачна вода + 7-9 л.

В - 4. Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л.

В - 5. КАС + 5-7 л.

В - 6. КАС + 7-9 л.

В - 7. КАС + 5-7 та 7-9 л.

В - 8. Карбамід + 5-7 л.

В - 9. Карбамід + 7-9 л.

В - 10. Карбамід + 5-7 та 7-9 л.

Додаток Д

Структура витрат на вирощування гібридів кукурудзи залежно від виду азотних добрив, середнє за 2019-2021 рр.

Варіант удобрення	Види витрат						Всього витрат
	оплата праці	насіння	добрива	засоби захисту	пальне	інші	
ЕС Конкорд							
В - 1*	13,89	19,01	0,00	4,00	43,11	20,00	100,00
В - 2	12,46	15,36	10,57	3,23	38,38	20,00	100,00
В - 3	10,44	12,12	22,86	2,55	32,03	20,00	100,00
В - 4	11,53	12,68	17,87	2,67	35,26	20,00	100,00
В - 5	11,42	13,17	17,62	2,77	35,02	20,00	100,00
ЕС Астероїд							
В - 1*	13,66	20,08	0,00	3,89	42,37	20,00	100,00
В - 2	12,31	16,28	10,34	3,16	37,91	20,00	100,00
В - 3	10,34	12,94	22,50	2,51	31,72	20,00	100,00
В - 4	11,48	13,41	17,42	2,60	35,08	20,00	100,00
В - 5	11,36	13,93	17,19	2,70	34,82	20,00	100,00

Варіант удобрення, фактор В

1. Без добрив – контроль
2. Діамофоска $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Фон
3. Фон + аміачна вода ($N_{20,5}$), 120 кг/га д.р.
4. Фон + КАС (N_{32}), 120 кг/га д.р.
5. Фон + карбамід (N_{46}), 120 кг/га д.р.

Додаток Е

Структура витрат на вирощування гібридів кукурудзи залежно від обробки посівів добривом Гумілін Стимул, середнє за 2019-2021 рр.

Варіант підживлення	Види витрат						Всього витрат
	оплата праці	насіння	добрива	засоби захисту	пальне	інші	
ЕС Конкорд							
В - 1*	14,35	17,69	0,00	3,72	44,23	20,00	100,00
В - 2	11,46	13,19	17,42	2,77	35,16	20,00	100,00
В - 3	11,23	13,52	17,87	2,85	34,54	20,00	100,00
В - 4	11,25	13,18	18,26	2,77	34,54	20,00	100,00
В - 5	12,79	13,70	11,57	2,88	39,06	20,00	100,00
В - 6	12,56	14,10	11,91	2,97	38,46	20,00	100,00
В - 7	12,52	13,77	12,52	2,90	38,29	20,00	100,00
В - 8	12,85	14,05	10,85	2,96	39,29	20,00	100,00
В - 9	12,58	14,54	11,23	3,06	38,59	20,00	100,00
В - 10	12,55	14,17	11,87	2,98	38,44	20,00	100,00
ЕС Астероїд							
В - 1*	14,14	18,71	0,00	3,63	43,53	20,00	100,00
В - 2	11,41	13,95	16,99	2,71	34,95	20,00	100,00
В - 3	11,15	14,33	17,46	2,78	34,28	20,00	100,00
В - 4	11,21	13,93	17,80	2,70	34,36	20,00	100,00
В - 5	12,74	14,41	11,21	2,80	38,84	20,00	100,00
В - 6	12,36	15,10	11,76	2,93	37,85	20,00	100,00
В - 7	12,37	14,67	12,30	2,85	37,81	20,00	100,00
В - 8	12,68	14,98	10,67	2,91	38,76	20,00	100,00
В - 9	12,49	15,34	10,93	2,98	38,27	20,00	100,00
В - 10	12,44	15,00	11,58	2,91	38,07	20,00	100,00

Варіант підживлення, фактор В: В - 1. Без обробки – контроль, В - 2. Аміачна вода + 5-7 л.,В - 3. Аміачна вода + 7-9 л., В - 4. Аміачна вода + 5-7 та 7-9 л., В - 5. КАС + 5-7 л., В - 6. КАС + 7-9 л., В - 7. КАС + 5-7 та 7-9 л., В - 8. Карбамід + 5-7 л., В - 9. Карбамід + 7-9 л., В - 10. Карбамід + 5-7 та 7-9 л.

Додаток Є

Енерговитрати на вирощування гібридів кукурудзи залежно від виду азотних добрив, МДж/га (середнє за 2019-2021 рр.)

Гібрид	Варіант удобрення	МДж/га
ЕС Конкорд	Без добрив (контроль)	16919
	$N_{22}P_{57}K_{57}$ (діамофоска) Фон	22679
	Ф + N_{120} (аміачна вода)	25912
	Ф + N_{120} (КАС 32)	28316
	Ф+ N_{120} (карбамід)	28292
ЕС Астероїд	Без добрив (контроль)	17169
	$N_{22}P_{57}K_{57}$ (діамофоска) Фон	22977
	Ф + N_{120} (аміачна вода)	26114
	Ф + N_{120} (КАС 32)	28924
	Ф+ N_{120} (карбамід)	28852

Додаток І

Вихід енергії з урожаєм зерна гібридів кукурудзи залежно від виду азотних добрив, МДж/га (середнє за 2019-2021 рр.)

Гібрид	Варіант удобрення	МДж/га
ЕС Конкорд	Без добрив (контроль)	106832
	$N_{22}P_{57}K_{57}$ (діамофоска) Фон	124256
	Ф + N_{120} (аміачна вода)	134992
	Ф + N_{120} (КАС 32)	145376
	Ф+ N_{120} (карбамід)	136224
ЕС Астероїд	Без добрив (контроль)	108416
	$N_{22}P_{57}K_{57}$ (діамофоска) Фон	126192
	Ф + N_{120} (аміачна вода)	136224
	Ф + N_{120} (КАС 32)	149600
	Ф+ N_{120} (карбамід)	140096

Додаток Ї

Енерговитрати на вирощування гібридів кукурудзи залежно від обробки посівів добривом Гумілін Стимул, МДж/га (середнє за 2019-2021 рр.)

Гібрид	Варіант підживлення	МДж/га
ЕС Конкорд	Без обробки – контроль	19278
	Аміачна вода+5-7 л	31896
	Аміачна вода+7-9 л	30752
	Аміачна вода+5-7 та 7-9 л	31523
	КАС+5-7 л	33779
	КАС+7-9 л	32516
	КАС+5-7 та 7-9 л	33144
	Карбамід+5-7 л	33231
	Карбамід+7-9 л	31777
	Карбамід+5-7 та 7-9 л	32453
ЕС Астероїд	Без обробки – контроль	19552
	Аміачна вода+5-7 л	32456
	Аміачна вода+7-9 л	31193
	Аміачна вода+5-7 та 7-9 л	32107
	КАС+5-7 л	34553
	КАС+7-9 л	32456
	КАС+5-7 та 7-9 л	33322
	Карбамід+5-7 л	33361
	Карбамід+7-9 л	32337
	Карбамід+5-7 та 7-9 л	32893

Додаток Ж

Вихід енергії з урожаєм зерна кукурудзи залежно від обробки посівів препаратом Гумілін Стимул, МДж/га (середнє за 2019-2021 рр.)

Гібрид	Варіант	МДж/га
ЕС Конкорд	Без обробки – контроль	124256
	Аміачна вода+5-7 л	136752
	Аміачна вода+7-9 л	128304
	Аміачна вода+5-7 та 7-9 л	133408
	КАС+5-7 л	150656
	КАС+7-9 л	141328
	КАС+5-7 та 7-9 л	145376
	Карбамід+5-7 л	146608
	Карбамід+7-9 л	135872
	Карбамід+5-7 та 7-9 л	140272
ЕС Астероїд	Без обробки – контроль	126016
	Аміачна вода+5-7 л	140624
	Аміачна вода+7-9 л	131296
	Аміачна вода+5-7 та 7-9 л	137456
	КАС+5-7 л	156112
	КАС+7-9 л	140624
	КАС+5-7 та 7-9 л	146432
	Карбамід+5-7 л	147312
	Карбамід+7-9 л	139744
	Карбамід+5-7 та 7-9 л	143264

ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО «АТРІУМ»

ЄДРПОУ 42799008

42076, Сумська область, Роменський район, с. Гудими, вул. Центральна, буд 19

А К Т

про впровадження у виробництво результатів наукового дослідження

Говенька Романа Володимировича

«Продуктивність кукурудзи залежно від удобрення в умовах Лівобережного Лісостепу України»

Даним актом стверджується, що результати наукового дослідження дисертації на тему: «Продуктивність кукурудзи залежно від удобрення в умовах Лівобережного Лісостепу України» було впроваджено в ФГ «Атріум» Роменського району Сумської області в 2021 році на площі 93 га.

У господарстві ФГ «Атріум» вирощувалися гібриди ЕС Конкорд та ЕС Астероїд, за застосування добрива КАС 32 з нормою внесення N_{20}/га д. р. на фоні $N_{22}P_{57}K_{57}$ – Діамофоската позакореневого підживлення посівів добривом Гумілін Стимул в нормі 3 л/га у фенологічну фазу 5-7 листка (одноразового внесення).

Отримано урожайність гібридів на рівні 8,56-8,82 т/га відповідно та високу економічну ефективність – умовно чистий прибуток склав 23,02-22,1 тис. грн/га,рівень рентабельності – 82 та 84 % відповідно.

Від Національного
Університету біоресурсів і
природокористування України
С. М. Каленська

Керівник « Атріум »
С. А.Макаренко

Здобувач Р. В. Говенько

ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО "ЛАН ЛГА"

ЄДРПОУ 30915122

42076, Сумська область, Роменський район, с. Попівщина, вул. Першотравнева,17А

А К Т

про впровадження у виробництво результатів наукового дослідження

Говенька Романа Володимировича

«Продуктивність кукурудзи залежно від удобрення в умовах Лівобережного Лісостепу України»

Даним актом стверджується, що результати наукового дослідження дисертації на тему: «Продуктивність кукурудзи залежно від удобрення в умовах Лівобережного Лісостепу України» було впроваджено в ФГ «ЛАН ЛГА» Роменського району Сумської області в 2021 році на площі 78 га.

Запропонована технологія вирощування гібридів ЕС Конкорд та ЕС Астероїд за застосування добрива КАС 32 в нормі 120 кг/га д. р. на фоні добрива Діамофоска забезпечила урожайність на рівні 8,43-8,62 т/га та високу економічну ефективність, умовно чистий прибуток склав 19,7-19,9 тис. грн/га, рівень рентабельності 64 – 62 %.

Від Національного
Університету біоресурсів і
природокористування України
Каленська С. М.

Керівник « ЛАН ЛГА »
Г. А. Литвиненко

Здобувач Р. В. Говенько