

УДК 633.15: 631.816.11: 631.89  
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.6>

## ВПЛИВ ДОБРИВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ОСНОВНОЇ І ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ КУКУРУДЗИ

**Вахній С.П.** – д.с.-г.н., професор,  
професор кафедри технологій в рослинництві та захисту рослин,  
Білоцерківський національний аграрний університет  
**Засуха А.А.** – аспірант кафедри технологій в рослинництві та захисту рослин,  
Білоцерківський національний аграрний університет

В статті наведено результати досліджень впливу добрив та регуляторів росту рослин на формування елементів структури врожаю рослин кукурудзи та урожайності основної та побічної продукції. Дослідження проводили в 2022–2023 рр. в ПСП Агрофірма «Світанок» Київської області за наступною схемою: Фактор А. Мінеральні добрива (кг/га д. р.) 1. Без добрив; 2.  $N_{50}P_{30}K_{30}$ ; 3.  $N_{70}P_{50}K_{50}$ ; 4.  $N_{90}P_{70}K_{70}$  Фактор В. Позакореневе підживлення добривами та регуляторами росту рослин 1. Без застосування; 2. Нутривант Універсальний (2 кг/га) у фазі BBCH 13–16; 3. Нутривант плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі BBCH 13–16 + Атланте (0,5 л/га) у фазі BBCH 17–18; 4. Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі BBCH 13–14 + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі BBCH 15–16 + Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі BBCH 17–18. Встановлено, що найкращі умови для рослин кукурудзи були на варіанті із внесенням добрив  $N_{90}P_{70}K_{70}$  та позакореневим підживленням препаратами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі 3–4 листків кукурудзи (BBCH 13–14) + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі 4–5 листків кукурудзи (BBCH 15–16) + Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі 7–8 листків кукурудзи (BBCH 17–18), які забезпечують найвищі параметри структури зернової частини врожаю, довжину качана – 18,1 см, діаметр качана – 4,9 см, кількість зерен з качана – 520,5 шт., масу зерна з качана – 154,2 г та масу 1000 зерен – 295,6 г. Максимальні значення маси рослини кукурудзи (556,6 г) та її структурних елементів – качана з зерном (183,2 г), стебла (254,5 г), листків (95,8 г) та волоті (23,1 г) отримано також на цьому варіанті. В загальній структурі рослини на стебло припадає 40,1%, листки – 14,5%, зерно – 38,0%, обгортки і стрижень качана – 4,3% та волоть – 3,1%.

Урожайність основної і побічної продукції кукурудзи залежала від погодних умов та забезпечення елементами живлення. В більш сприятливому за кліматичними умовами 2023 р., урожайність зерна була в межах 8,95–11,25 т/га, а побічної продукції – 12,17–16,35 т/га, а у 2022 р. вона становила 7,52–9,46 т/га і 10,11–14,56 т/га, відповідно. В середньому, за два роки досліджень максимальні показники урожайності зерна і побічної продукції, а також індекс урожайності отримано на варіанті досліду який передбачав внесення  $N_{90}P_{70}K_{70}$  у поєднанні із позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 10,35 і 15,46 т/га та 0,38.

**Ключові слова:** кукурудза, добрива, позакореневе підживлення, зерно, побічна продукція, індекс урожайності.

### **Vakhniy S.P., Zasukha A.A. Influence of fertilizers and plant growth regulators on the productivity of main and by-products of maize**

The article presents the results of research on the effect of fertilizers and plant growth regulators on the formation of elements of the maize yield structure and the yield of main and by-products. The research was conducted in 2022–2023 at the private agricultural enterprise "Svitanok" in Kyiv region according to the following scheme: Factor A. Mineral fertilizers (kg/ha d.m.) 1. No fertilizers; 2.  $N_{50}P_{30}K_{30}$ ; 3.  $N_{70}P_{50}K_{50}$ ; 4.  $N_{90}P_{70}K_{70}$  Factor B. Foliar fertilization with fertilizers and plant growth regulators 1. No application; 2. Nutrivant Universal (2 kg/ha) in the phase of BBCH 13–16; 3. Nutrivant plus Grain (2 kg/ha) in the phase of BBCH 13–16 + Atlante (0.5 l/ha) in the phase of BBCH 17–18; 4. Icar Bigo Roots (0.5 l/ha) in the phase of BBCH 13–14 + Icar Fosto (0.5 l/ha) in the phase of BBCH 15–16 + Icar Zinto (0.5 l/ha) in the

phase of BBCH 17-18. It was established that the best conditions for maize plants were in the variant with the application of fertilizers N90P70K70 and foliar feeding with Icar Bigo Roots (0.5 l/ha) in the phase of 3-4 leaves of maize (BBCH 13-14) + Icar Fosto (0.5 l/ha) in the phase of 4-5 leaves of maize (BBCH 15-16) + Icar Zinto (0, 5 l/ha) in the phase of 7-8 leaves of maize (BBCH 17-18), which provide the highest parameters of the structure of the grain part of the crop, cob length – 18.1 cm, cob diameter – 4.9 cm, number of grains per cob – 520.5 pcs, grain weight per cob – 154.2 g and weight of 1000 grains – 295.6 g. The maximum values of maize plant weight (556.6 g) and its structural elements – cob with grain (183.2 g), stem (254.5 g), leaves (95.8 g) and panicle (23.1 g) were also obtained in this variant. In the overall structure of the plant, the stem accounts for 40.1%, leaves – 14.5%, grain – 38.0%, wrappers and cob core – 4.3% and panicle – 3.1%.

Yields of main and by-products of corn depended on weather conditions and nutrient supply. In the more favorable climate year of 2023, grain yields ranged from 8.95-11.25 t/ha and by-products from 12.17-16.35 t/ha, while in 2022 they were 7.52-9.46 t/ha and 10.11-14.56 t/ha, respectively. On average, for two years, the maximum grain and by-product yields and yield index were obtained in the experiment variant that involved the application of N90P70K70 in combination with foliar fertilization with Icar Bigo Roots (0.5 l/ha) + Icar Fosto (0.5 l/ha) + Icar Zinto (0.5 l/ha) – 10.35 and 15.46 t/ha and 0.38.

**Key words:** corn, fertilizers, foliar feeding, grain, by-products, yield index.

**Постановка проблеми.** Кукурудза (*Zea mays* L.), як важлива харчова культура має важливий вплив на людське суспільство. Переробка кукурудзи дає багато побічних продуктів, таких як борошно з кукурудзяного глютену, кукурудзяне лушпиння та кукурудзяний напій, багатий білком, олією, вуглеводами та іншими поживними речовинами. Їх накопичення у великих кількостях під час виробничого процесу призводить не лише до навантаження на навколишнє середовище, а й до втрати потенційно цінних харчових матеріалів, які можна переробити. Фактично, побічні продукти переробки кукурудзи частково використовувалися у функціональних харчових продуктах, поживних речовинах, кормах та інших галузях. Вторинна утилізація цих побічних продуктів може не тільки вирішити проблему спричиненого ними забруднення відходами, а й виробляти продукти з високою доданою вартістю та покращувати економічні переваги від вирощування кукурудзи [1].

Сільськогосподарський та харчовий сектори щорічно створюють велику кількість відходів [2], тому необхідно ефективно переробляти ці сільськогосподарські відходи, щоб зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Крім того, ці сільськогосподарські відходи можна використовувати, як дешеве джерело білків, вуглеводів і харчових волокон. Зокрема, побічні продукти переробки зерна багаті багатьма поживними речовинами, які корисні для людей та мають різноманітне застосування в харчовій промисловості. Однак сільськогосподарські побічні продукти, як правило, вважаються малоцінними [3].

У нинішньому столітті енергозбереження, скорочення викидів і охорона навколишнього середовища є одними з найбільших проблем, які постають перед промисловим виробництвом і людьми. Як показали численні дослідження, усі побічні продукти сільськогосподарських культур мають потенційну цінність і користь [4]. Тому ефективна переробка та циклічне використання цих побічних продуктів має велике значення [5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні гібриди кукурудзи дуже вимогливі до технології вирощування і термінів проведення певних операцій. Порушення певних елементів технології, стресові погодні умови можуть привести до різкого зниження продуктивності культури [6].

Потенціал врожайності сучасних гібридів дуже високий, і у виробничих умовах становить до 16–18 т/га за оптимального поєднання максимальної кількості

факторів життя рослин [7–8]. Оптимальне забезпечення рослин поживними речовинами, вологою і теплом сприяє досягненню таких високих показників врожайності [9].

При вирощуванні кукурудзи на зерно, найважливішим є не тільки кількість поживних речовин, що вносяться з тим чи іншим добривом, але і співвідношення елементів живлення між собою [10]. Макро- та мікроелементи можуть набувати нових функцій, що визначаються їх фізичними, хімічними та біологічними властивостями. Таким чином, вивчення можливих взаємодій між окремими елементами відкриває широкі можливості для їх ефективного поглинання кореневою системою або листовим апаратом та наступним транспортуванням в рослинний організм [11–12].

Ефективність внесення добрив залежить від погодних умов, родючості ґрунту, біологічних характеристик сорту або гібриду, типу, способу внесення та норми внесення добрив, співвідношення поживних речовин і т. д. [13]. Позакореневе підживлення різними видами добрив є економічно вигідним способом заповнити дефіцит поживних речовин, особливо за несприятливих умов навколишнього середовища [14–15]. За оптимального забезпечення мікроелементами пришвидшується розвиток рослин і досягання насіння, підвищується посухо- та холодостійкість [16].

Необхідність застосування мікродобрив при вирощуванні сільськогосподарських культур, зумовлена кількома причинами: використання високоврожайних гібридів, збільшення врожайності яких може призвести до зниження вмісту мікроелементів у продуктивній масі; покращення якості зерна; підвищення стійкості до хвороб та несприятливих факторів; збалансоване живлення рослин та збагачення рослинницької продукції мікроелементами [17–20].

Отримані Siam H. S. та ін. [21] результати свідчать про те, що висота рослин, сира та суха маса рослин, маса качана, маса 1000 зерен, врожайність та вміст NPK у рослинах кукурудзи були значно вищими за внесення аміачної селітри. Підвищення рівня азоту до 140 кг д.р./га значно збільшувало висоту рослин, вміст сухої речовини, масу качана, масу 1000 зерен та врожайність зерна. Концентрація заліза та марганцю в зеленій масі кукурудзи значно зростала в результаті застосування сульфату амонію, але не була суттєвою для вмісту цинку. Застосування сульфату амонію забезпечило найвищий вміст заліза, марганцю та цинку у зерні кукурудзи.

За даними О. В. Трубілова [22] під впливом мінеральних добрив  $N_{45}P_{45}K_{45}$ , які вносили під першу культивуацію, приріст врожайності зерна становив 0,40 т/га, практично таким він був за внесення добрив при сівбі дозою  $N_{30}P_{30}K_{30}$  (приріст 0,41 т/га). Максимальний ефект одержано від внесення  $N_{45}P_{45}$  під культивуацію і  $N_{15}P_{15}K_{15}$  при сівбі, приріст урожайності зерна дорівнював 0,80 т/га.

Говенько Р. В. та Антал Т. В. [23] було науково обґрунтовано та доведено, що ефективність застосування азотних добрив залежить 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). Найбільшу кількість зерен у ряду (36,0 шт.) та зерен у качані (504 шт.) сформовано 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. 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.

Застосування добрив та проведення позакорневих підживлень позитивно впливає на врожайність зерна кукурудзи. При збільшенні норм добрив збільшувалася врожайність. Найбільшу ефективність мало проведення позакореневого підживлення у фазі ВВСН 20 (10 листків) мікродобривами, карбамідом та сульфатом магнію. Найвищий рівень врожайності отримали за удобрення  $N_{160}P_{80}K_{140}$  при підживленні у фазі 10 листків, що становить 13,24 т/га [24].

За рахунок післясходового застосування комплексних мінеральних добрив Plantonit Frumentum і Plantonit Grain продуктивність культури зростала в середньому на 6,0 і 5,4%, порівняно із внесенням лише  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . При внесенні  $N_{60}P_{60}K_{60}$  + Plantonit Grain ранньостиглі гібриди збільшували врожайність зерна на 1,76 т/га, середньоранні на 2,11 т/га, середньостиглі на 1,96 т/га у порівнянні з варіантом без добрив [25].

Найвищу врожайність зерна кукурудзи було одержано за дворазового підживлення Моноцинк + Біомаг + Вимпел у фазу 5–7 та 10–12 листків – 8,18 т/га у гібрида ранньостиглої групи. Приріст врожайності, залежно від позакорневих підживлень та групи стиглості гібрида становив 0,72–1,50 т/га [26].

Структурні компоненти врожаю є визначальними в урожайності гібридів. Управління ними можливе за рахунок норм добрив, густоти стояння рослин та властивостей гібридів. Кількість зерен у качані гібридів кукурудзи змінюється від 418 до 680 шт., за середньої кількості зерен – 469–636 шт. І значно залежить від погодних умов в період цвітіння, зокрема максимальних температур повітря. Маса 1000 зерен в середньому складає 167–244 грами і суттєво залежить від погодних умов в період формування та наливу зернівки. За внесення  $N_{150}P_{135}K_{135}$  та 60 тис. рослин/га формується найбільша маса, а за внесення  $N_{120}P_{105}K_{105}$  або навіть  $N_{90}P_{60}K_{60}$  – 90 тис. рослин/га. Маса зерна в початку складає 91,4–148 г [27].

Найбільш сприятливі умови живлення рослин гібриду кукурудзи СИ Зефір складаються на варіанті із внесенням азотних добрив ( $N_{40}$  перед сівбою) у поєднанні із мікродобривом Вуксал Р Мах, які забезпечують найвищі параметри структури врожаю, а саме довжину качана – 18,3 см, діаметр качана – 5,0 см, масу зерна з качана – 178,2 г та масу 1000 зерен – 267,6 г, що на 0,3 см, 0,4 см, 30,9 г та 29,0 г більше, в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив). Поліпшення умов живлення рослин кукурудзи за рахунок внесення азотних добрив та мікроелементів сприяє зростанню рівня урожайності на 0,68–2,21 т/га, в порівнянні із контрольним варіантом [28].

**Метою дослідження** було визначення впливу добрив та регуляторів росту рослин на формування елементів структури врожаю рослин кукурудзи та урожайності основної та побічної продукції.

**Постановка завдання.** Дослідження проводили в 2022–2023 рр. в ПСП Агрофірма «Світанок» Київської області за наступною схемою: Фактор А. Мінеральні добрива (кг/га д. р.) 1. Без добрив; 2.  $N_{50}P_{30}K_{30}$ ; 3.  $N_{70}P_{50}K_{50}$ ; 4.  $N_{90}P_{70}K_{70}$  Фактор В. Позакоренеve підживлення добривами та регуляторами росту рослин 1. Без застосування; 2. Нутривант Універсальний (2 кг/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи (ВВСН 13–16); 3. Нутривант плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі 3–5 листків кукурудзи

(ВВСН 13–16) + Атланте (0,5 л/га) у фазі 7–8 листків кукурудзи (ВВСН 17–18); 4. Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі 3–4 листків кукурудзи (ВВСН 13–14) + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі 4–5 листків кукурудзи (ВВСН 15–16) + Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі 7–8 листків кукурудзи (ВВСН 17–18). Висівали гібрид кукурудзи СИ Октеон (ФАО 380). Площа облікової ділянки – 294 м<sup>2</sup>. Повторність – триразова. Розміщення варіантів послідовне. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем глибокий середньосуглинковий на лесовидному суглинку.

Технологія вирощування кукурудзи загальноприйнята для зони Лісостепу, крім прийомів, які були поставлені на вивчення. Сівбу гібридів кукурудзи проводили у третій декаді квітня за температури ґрунту на глибині загортання насіння 8–10 °С. Мінеральні добрива (нітроамофоска) вносили восени, решту азотних (аміачна селітра) – перед сівбою. Добрива Нутривант, Атланте і Ікар вносили у позакореневе підживлення у відповідні фази кукурудзи з витратою робочого розчину 250 л/га. Дослідження проводили згідно методичних рекомендацій [29].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Формування елементів структури врожаю істотно залежить від забезпеченості рослин кукурудзи елементами живлення. В даних літературних джерелах приведено багато інформації, яка підтверджує взаємозв'язок формування елементів структури врожаю та застосування добрив [30–33].

В середньому за два роки, найкращі умови для рослин кукурудзи були на варіанті із внесенням добрив N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>70</sub>, які забезпечують найвищі параметри структури зернової частини врожаю, довжину качана – 18,0–18,1 см, діаметр качана – 4,9 см, кількість зерен з качана – 503,0–520,5 шт., масу зерна з качана – 147,6–154,2 г та масу 1000 зерен – 292,9–295,6 г, що на 3,8–4,3%, 10,2%, 7,5–7,8%, 15,3–17,1% та 7,1–8,5% більше, в порівнянні з контролем (табл. 1).

Таблиця 1

**Елементи структури врожаю качана кукурудзи  
(середнє за 2022–2023 рр.), см**

Мінеральні добрива (А)	Позакореневе підживлення (В)	Довжина качана, см	Діаметр качана, см	Кількість зерен з качана, шт	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г
Без добрив	Без застосування	17,3	4,4	466,5	126,1	269,9
	Нутривант Універсальний	17,4	4,4	479,5	131,2	273,3
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	17,4	4,4	481,0	131,7	273,5
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	17,4	4,4	484,0	133,7	276,0
N <sub>50</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	Без застосування	17,6	4,6	489,0	140,4	286,8
	Нутривант Універсальний	17,7	4,6	501,0	145,9	290,9
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	17,7	4,6	502,5	146,3	290,9
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	17,7	4,6	505,0	147,1	291,1
N <sub>70</sub> P <sub>30</sub> K <sub>50</sub>	Без застосування	17,8	4,7	495,5	144,4	291,0
	Нутривант Універсальний	17,9	4,7	509,0	149,6	293,5
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	17,9	4,7	511,0	150,1	293,2
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	17,9	4,7	513,0	150,9	293,7



Продовження таблиці 1

$N_{30}P_{70}K_{70}$	Без застосування	18,0	4,9	503,0	147,6	292,9
	Нутривант Універсальний	18,1	4,9	517,0	152,6	294,6
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	18,1	4,9	518,0	153,3	295,4
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	18,1	4,9	520,5	154,2	295,6
НІР <sub>05</sub>	А	0,3	0,1	4,3	5,7	5,2
	В	0,1	0,1	0,3	0,8	0,9
	АВ	0,4	0,1	4,2	6,3	6,0

При застосуванні дози добрив  $N_{70}P_{50}K_{50}$  це збільшення становило 2,6–2,9%, 5,7%, 6,0–6,2%, 12,9–14,5% та 6,4–7,8%. А при внесенні  $N_{50}P_{30}K_{30}$  – 1,7–2,0%, 3,4%, 4,3–4,8%, 10,0–11,3% та 5,5–6,4%, відповідно.

Позакореневе підживлення добривами та регуляторами росту рослин, в середньому по варіантах з мінеральними добривами, забезпечувало зростання кількості зерен з качана у гібриду кукурудзи СИ Октеон на 13,1–17,1 шт., маси зерна з качана – 5,2–6,9 г та масу 1000 зерен – 2,9–4,0 г, порівняно з ділянками без їх використання. При цьому найбільш ефективним виявився варіант Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі 3–4 листків кукурудзи (ВВСН 13–14) + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі 4–5 листків кукурудзи (ВВСН 15–16) + Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі 7–8 листків кукурудзи (ВВСН 17–18).

Під впливом досліджуваних факторів, аналогічно зерновій частині рослини кукурудзи, змінювалися і вегетативні органи (табл. 2).

Таблиця 2

**Маса структурних частин рослин кукурудзи перед збиранням  
(середнє за 2022–2023 рр.), г**

Мінеральні добрива (А)	Позакореневе підживлення (В)	Качан (разом з зерном)	Стебло	Листки	Волозь	Вся рослина
Без добрив	Без застосування	154,7	216,8	80,0	21,1	472,5
	Нутривант Універсальний	157,3	220,3	83,0	21,3	481,8
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	157,9	222,7	85,4	21,2	487,1
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	160,3	227,5	88,5	21,4	497,6
$N_{50}P_{30}K_{30}$	Без застосування	168,3	225,2	84,5	21,6	499,6
	Нутривант Універсальний	170,5	228,8	86,5	21,7	507,4
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	171,4	229,8	88,1	21,7	510,9
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	173,4	233,0	91,3	21,8	519,4
$N_{70}P_{50}K_{50}$	Без застосування	173,1	232,6	87,3	21,8	514,8
	Нутривант Універсальний	174,9	235,3	88,8	22,0	521,0
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	175,7	237,6	90,7	22,1	526,1
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	177,9	242,2	92,7	22,1	534,9

Продовження таблиці 2

N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	Без застосування	177,4	243,9	90,3	22,7	534,2
	Нутривант Універсальний	179,0	245,7	92,2	22,9	539,7
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	180,2	248,1	93,2	22,9	544,3
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	183,2	254,5	95,8	23,1	556,6
НІР <sub>05</sub>	А	5,3	6,7	1,8	0,3	7,5
	В	0,4	1,4	1,3	0,7	2,3
	АВ	5,9	7,4	3,4	1,1	9,8

Найвищі значення маси рослини відмічено на варіанті із внесенням N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>70</sub> та позакореновому підживленні Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто – 556,6 г. Маса качана з зерном (183,2 г), стебла (254,5 г), листків (95,8 г) та волоті (23,1 г) мали максимальні значення також на цьому варіанті. Мінеральні добрива, в більшій мірі, впливали на наростання вегетативних органів, ніж на качана з зерном, а позакореневе підживлення регуляторами росту впливало як на вегетативну, так і генеративну масу рослин кукурудзи. Не виявлено достовірного впливу досліджуваних факторів на формування волоті у кукурудзи.

В загальній структурі рослини на стебло припадає 40,1%, листки – 14,5%, зерно – 38,0%, обгортки і стрижень качана – 4,3% та волоть – 3,1% (рис. 1).

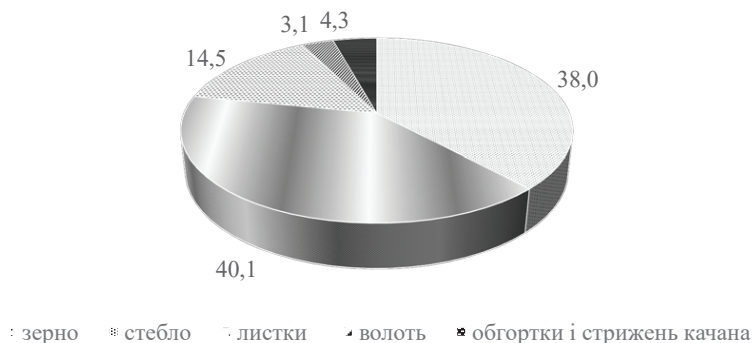


Рис. 1. Частка органів рослин кукурудзи в загальній структурі, %

Урожайність основної і побічної продукції кукурудзи залежала від погодних умов та забезпечення елементами живлення. Так, в більш сприятливому за кліматичними умовами 2023 р. урожайність зерна була в межах 8,95–11,25 т/га, а побічної продукції – 12,17–16,35 т/га (табл. 3).

В 2022 р., як наслідок посушливих умов в період цвітіння-формування зерна, продуктивність кукурудзи була меншою і становила 7,52–9,46 т/га і 10,11–14,56 т/га, відповідно.

В середньому за два роки, найкращі показники урожайності зерна і побічної продукції встановлено на варіанті досліджу, який передбачав внесення N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>70</sub> у поєднанні із позакореновим підживленням комплексом препаратів Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі 3–4 листків кукурудзи (ВВСН 13–14) + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі 4–5 листків кукурудзи (ВВСН 15–16) + Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі 7–8 листків кукурудзи (ВВСН 17–18) – 10,35 і 15,46 т/га, що на 1,64 і 3,45 т/га більше, в порівнянні

Таблиця 3

## Урожайність основної і побічної продукції кукурудзи, т/га

Мінеральні добрива (А)	Позакоренеve підживлення (В)	Основна продукція (зерно)			Побічна продукція		
		2022 р.	2023 р.	середнє	2022 р.	2023 р.	середнє
Без добрив	Без застосування	7,52	8,95	8,24	10,11	12,17	11,14
	Нутривант Універсальний	7,90	9,20	8,55	10,56	12,58	11,57
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	7,94	9,23	8,58	10,79	12,67	11,73
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	8,10	9,33	8,71	11,16	12,86	12,01
N <sub>50</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	Без застосування	8,44	9,85	9,15	12,03	14,31	13,17
	Нутривант Універсальний	8,81	10,22	9,52	12,76	14,72	13,74
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	8,86	10,27	9,57	12,88	14,81	13,84
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	9,08	10,52	9,80	13,47	15,23	14,35
N <sub>70</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	Без застосування	8,64	10,17	9,41	11,81	14,13	12,97
	Нутривант Універсальний	8,95	10,57	9,76	13,18	15,05	14,11
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	8,99	10,61	9,80	13,38	15,18	14,28
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	9,20	10,91	10,06	13,98	15,61	14,80
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	Без застосування	8,85	10,43	9,64	12,30	14,76	13,53
	Нутривант Універсальний	9,13	10,84	9,99	13,69	15,69	14,69
	Нутривант плюс Зерновий + Атланте	9,17	10,95	10,06	13,89	15,76	14,82
	Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто	9,46	11,25	10,35	14,56	16,35	15,46
НІР <sub>05</sub>	А	0,18	0,24	0,20	0,34	0,39	0,37
	В	0,08	0,12	0,15	0,16	0,25	0,23
	АВ	0,24	0,33	0,36	0,46	0,52	0,58

із контрольним варіантом (без удобрення). На аналогічних варіантах із внесенням N<sub>50</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> і N<sub>70</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> продуктивність культури становила 9,80 і 14,35 т/га і 10,06 і 14,80 т/га, що на 1,09 і 2,34 та 1,34 і 2,79 т/га більше, в порівнянні із контрольним варіантом.

Співвідношення врожайності зерна та побічної продукції, яке виражається Індексом урожайності, є відносним показником. За зростання урожайності зерна відповідно збільшується і маса побічної продукції. Проте, залежно від погодних умов, насамперед забезпечення вологою, формується різне співвідношення, яке може бути індикатором оцінки забезпечення рослин чинниками довкілля [34]. Відношення маси зерна до загальної маси надземної частини рослини характеризує направлене використання продуктів асиміляції на формування господарської (зернової) частини врожаю [35]. Також індекс урожайності вказує на фізіологічну



ефективність та здатність рослин перетворювати загальну накопичену суху речовину в економічний врожай.

За результатами наших досліджень встановлено значний вплив мінерального живлення і позакореневого підживлення на формування індексу урожайності кукурудзи (рис. 2). Так, вищі значення цього показника отримано при застосуванні  $N_{90}P_{70}K_{70}$  та четвертому варіанті позакореневого підживлення (Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто) – 0,38.

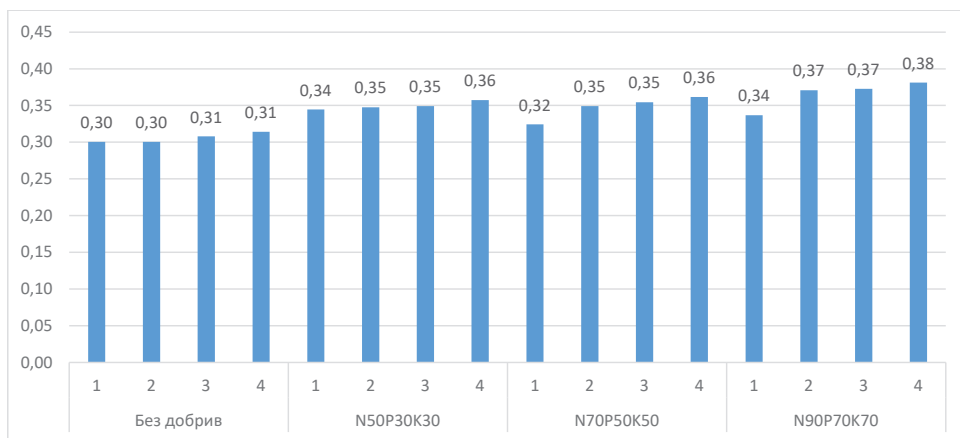


Рис. 2. Індекс урожайності кукурудзи залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2022–2023 рр.) (1 – Без застосування, 2 – Нутривант Універсальний, 3 – Нутривант плюс Зерновий + Атланте, 4 – Ікар Біго Рутс + Ікар Фосто + Ікар Зінто)

Аналогічні дані отримано і в дослідженнях С. М. Каленської та В. Г. Тарана [34], які вказують, що індекс урожайності значно різниться за вирощування гібридів кукурудзи з різною густиною стояння, змінних норм добрив та погодних умов – 0,36–0,52.

**Висновки і пропозиції.** Найкращі умови для рослин кукурудзи були на варіанті із внесенням добрив  $N_{90}P_{70}K_{70}$  та позакореневим підживленням препаратами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі 3–4 листків кукурудзи (ВВСН 13–14) + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі 4–5 листків кукурудзи (ВВСН 15–16) + Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі 7–8 листків кукурудзи (ВВСН 17–18), які забезпечують найвищі параметри структури зернової частини врожаю, довжину качана – 18,1 см, діаметр качана – 4,9 см, кількість зерен з качана – 520,5 шт., масу зерна з качана – 154,2 г та масу 1000 зерен – 295,6 г. Максимальні значення маси рослини кукурудзи (556,6 г) та її структурних елементів – качана з зерном (183,2 г), стебла (254,5 г), листків (95,8 г) та волоті (23,1 г) отримано також на цьому варіанті. В загальній структурі рослини на стебло припадає 40,1%, листки – 14,5%, зерно – 38,0%, обгортки і стрижень качана – 4,3% та волоть – 3,1%.

Урожайність основної і побічної продукції кукурудзи залежала від погодних умов та забезпечення елементами живлення. В більш сприятливому за кліматичними умовами 2023 р., урожайність зерна була в межах 8,95–11,25 т/га, а побічної продукції – 12,17–16,35 т/га, а у 2022 р. вона становила 7,52–9,46 т/га і 10,11–14,56 т/га, відповідно. В середньому за два роки, максимальні показники

урожайності зерна і побічної продукції, а також індекс урожайності отримано на варіанті досліду, який передбачав внесення  $N_{90}P_{70}K_{70}$  у поєднанні із позакореневим підживленням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 10,35 і 15,46 т/га та 0,38.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Jiao Y., Chen H. D., Han H., Chang Y. Development and utilization of corn processing by-products: a review. *Foods*. 2022. №11 (22). 3709.
2. Ravindran R., Jaiswal A. K. Exploitation of food industry waste for high-value products. *Trends in biotechnology*. 2016. Т. 34. №. 1. p. 58–69.
3. Dey D., Richter J. K., Ek P., Gu B. J., Ganjyal G. M. Utilization of food processing by-products in extrusion processing: A review. *Frontiers in sustainable food systems*. 2021. №4. 603751.
4. Hagos K., Zong J., Li D., Liu C., Lu X. Anaerobic co-digestion process for biogas production: Progress, challenges and perspectives. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2017. №76. P. 1485–1496.
5. Dedinec A., Markovska N., Ristovski I., Velevski G., Gjorgjievska V. T., Grncarovska T. O., Zdraveva P. Economic and environmental evaluation of climate change mitigation measures in the waste sector of developing countries. *Journal of Cleaner Production*. 2015. №88. P. 234–241.
6. Штукін М. О., Оничко В. І. Особливості підбору гібридів кукурудзи для умов північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*. 2013. №11. С. 213–217.
7. Grabovskyi M., Kucheruk P., Pavlichenko K., Roubik H. Influence of macronutrients and micronutrients on maize hybrids for biogas production. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. №30. 70022–70038.
8. Басюк П.Л., Грабовський М. Б., Козак Л.А., Качан Л.М. Зміна фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин. Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції: «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта», м. Полтава, 15-16 травня 2024 року, Полтава, ПДАУ, С. 214–217.
9. Павліченко К.В., Грабовський М.Б. Урожайність зеленої і сухої маси гібридів кукурудзи та вихід біогазу залежно від застосування макро- і мікродобрив. *Зрошуване землеробство*. 2022. Вип. 77. С. 79–85.
10. Zuffo L. T., Luz L.S., Destro V., Silva M. E. J., Rodrigues M. C., Lara L. M., Faria S. V., DeLima R. O. Assessing genotypic variation for nitrogen use efficiency and associated traits in Brazilian maize hybrids grown under low and high nitrogen inputs. *Euphytica*. 2021. 217.
11. Infante P.A., Moore K.J., Lenssen A.W., Archontoulis S.V., Scott P., Fei S. Z. Phenology and Biomass Production of Adapted and Non-Adapted Tropical Corn Populations in Central Iowa. *Agronomy Journal*. 2018. №110. P. 171–182.
12. Prymak I., Grabovskyi M., Fedoruk Y., Pokotylo I., Lozinskyi M., Panchenko T., Yezerkovska L., Karaulna V., Kozak L. Change of weediness in a five-field crop rotation by minimizing the main tillage of the soil and different levels of fertilizer and its impact on crop productivity. *Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and rural development"*. 2023. Vol. 23. Is. 4. P. 725–736.
13. Румбах М. Ю. Продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти рослин та фону мінерального живлення. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2011. №. 40. С. 110–113.
14. Лавриненко Ю.О., Міщенко С.В., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Кобизева Л.Н., Грабовський М.Б. Фотосинтетичні показники гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву і обробітку біопрепаратами за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. №12 С. 41–47.

15. Степаненко М. В., Грабовський М. Б., Козак Л. А. Вплив азотного добрива та мікродобрив на площу листкової поверхні та фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи. Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції молодих учених і спеціалістів «Вклад наукових інвестицій у розвиток агропромислового комплексу в умовах обмеженого ресурсного забезпечення та флуктуацій клімату», м. Дніпро, 16–17 березня 2023 р. С. 150–151.
16. Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Бойко В.П. Засвоєння елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив кукурудзою. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 95, 1 ч. С. 128–138.
17. Enakiev Y. I., Bahitova A. R., Lapushkin V. M. Microelements (Cu, Mo, Zn, Mn, Fe) in corn grain according to their availability in the fallow sod-podzolic soil profile. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. 24 (№ 2). P. 285–289.
18. Грабовський М.Б., Грабовська Т.О., Ященко С.А. Застосування препарату Ентеронормін у посівах кукурудзи. *АгроТерра*. 2020. № 1(8). С. 49–56.
19. Панченко Т., Новохацький М., Грабовський М., Козак Л., Правдива Л. Комплексна оцінка впливу основного обробітку ґрунту й удобрення на елементи структури, врожайність зерна і зеленої маси кукурудзи. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2023. Вип. 33 (47). С. 78–93.
20. Грабовський М.Б. Особливості технології вирощування кукурудзи як сировини для виробництва біогазу. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Т. 10. №1. С. 12–17.
21. Siam H. S., Abd-El-Kader M. G., El-Alia H. I. Yield and yield components of maize as affected by different sources and application rates of nitrogen fertilizer. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 2008. №4(5). P. 399–412.
22. Трубілов О. В. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від способів обробітку ґрунту і мінерального живлення. Бюлетень *Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. № 3. С. 114–117.
23. 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.
24. Шинкарук Л. М. Вплив макро- і мікродобрив на врожайність кукурудзи. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: агрономія*. 2021. № 25. С. 162–166.
25. Грабовський М.Б., Вахній С.П., Лозінський М.В., Панченко Т.В., Басюк П.Л. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від застосування комплексних мінеральних добрив. *Агробіологія*. 2021. №2. С. 33–42.
26. Поліщук М. І., Паламарчук О. Д. Вплив позакореневих підживлень на продуктивність гібридів кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. №. 4. С. 102–109.
27. Каленська С. М., Таран В.Г., Данилів П. О. Особливості формування урожайності гібридів кукурудзи залежно від удобрення, густоти стояння рослин та погодних умов. *Таврійський науковий вісник*. № 101. 2018. С. 122–128.
28. Степаненко М. В., Грабовський М. Б. Вплив способів сівби на формування маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 133. С. 159–165.
29. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. Єщенко В. О. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
30. Паламарчук В. Д., Мазур О. В., Шевченко Н. В., Мазур О. В. Елементи структури врожаю гібридів кукурудзи залежно від внесення біологічних препаратів в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 4 (23). С. 244–252.
31. Грабовський М.Б., Павліченко К.В. Вплив макро- та мікродобрив на тривалість міжфазних періодів рослин кукурудзи. Матеріали міжнародної наукової

Інтернет-конференції «Наукові здобутки селекціонерів ННЦ «Інститут землеробства НААН» – на благо майбутнього, присвячена 120-річчю від дня народження вченого, аграрія, селекціонера Данила Лихваря», Вінниця, 8 вересня 2022 р. С. 83–86.

32. Скакун В. М., Марченко Т. Ю. Структура врожаю гібридів кукурудзи залежно від елементів агротехнології. *Аграрні інновації*. 2022. № 16. С. 135–142.

33. Цилюрик О. І., Іжболдін О. О., Сологуб І. М. Вплив стимуляторів росту рослин на біометричні показники та урожайність кукурудзи в Північному Степу. *Аграрні інновації*. 2022. № 15. С. 59–66.

34. Каленська С. М., Таран В. Г. 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.

35. Kemanian A. R., Stöckle C. O., Huggins D. R., Viega L. M. A simple method to estimate harvest index in grain crops. *Field Crops Research*, 2007. №103(3). P. 208–216.

36. Sharifi A. Remotely sensed vegetation indices for crop nutrition mapping. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020. T. 100. №. 14. P. 5191–5196.