

УДК 633.15: 631.811.98: 631.559

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.16>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ЗА КОНТРАСТНИХ УМОВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Козак Л.А. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин,
Білоцерківський національний аграрний університет

Грабовський М.Б. – д.с.-г.н., професор,

професор кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин,
Білоцерківський національний аграрний університет

Качан Л.М. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин,
Білоцерківський національний аграрний університет

Павліченко К.В. – д.філос.,

асистент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин,
Білоцерківський національний аграрний університет

Німенко С.С. – д.філос.,

асистент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин,
Білоцерківський національний аграрний університет

Наведено результати досліджень із вивчення застосування регуляторів росту рослин при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Лісостепу України. Дослідження проводили у 2023–2024 рр. на дослідному полі Білоцерківського національного аграрного університету за наступною схемою: Фактор А. Гібриди кукурудзи. 1. РЖТ Дубліккс (ФАО 320) 2. РЖТ Вінккс (ФАО 360) 3. РЖТ Елеккс (ФАО 370). Фактор В. Регулятори росту рослин. 1. Контроль (без регуляторів росту) 2. Ерайз (1 л/га) 3. Еквілібріум (1,5 л/га) 4. Келпак (2 л/га). Виявлено, що найвищі показники площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та індексу листової поверхні отримано при вирощуванні гібриду кукурудзи РЖТ Елеккс з використанням регулятора росту Келпак (2,0 л/га) – 48,1 тис. м²/га, 2,34 тис. м²×дн/га і 4,81, що на 5,8–23,1 % більше, ніж на контрольних ділянках.

Максимальні показники кількості і маси зерна з качана були у гібрида РЖТ Елеккс при використанні Келпак (2,0 л/га) – 444,0 шт. і 133,5 г, а маси 1000 зерен у гібрида РЖТ Дубліккс – 302,6 г.

Не виявлено достовірного впливу регуляторів росту на якісні показники зерна кукурудзи. Вищим вмістом крохмалю (72,3 %) у зерні відзначався гібрид РЖТ Елеккс. Вміст жиру коливався в межах 4,4–4,7 % і децю вищі значення відмічено РЖТ Елеккс. Найвищий вміст протеїну отримано у РЖТ Вінккс (9,8–9,9 %), що на 0,8–1,0 % більше, ніж у інших гібридів.

Урожайність значно варіювала залежно від погодних умов: у 2023 р. вона становила 8,45–9,03 т/га та була вищою на 12,5–26,4 % ніж у 2024 р. (6,94–7,70 т/га). Найвищі значення у 2023 р. забезпечили гібриди РЖТ Вінккс та РЖТ Елеккс, а у 2024 р. – РЖТ Дубліккс. У середньому за два роки максимальна урожайність зерна отримана у гібрида РЖТ Дубліккс на варіанті із застосуванням регулятора росту Келпак (2,0 л/га) – 8,09 т/га.

Встановлено, що урожайність зерна має високий прямий кореляційний зв'язок з кількістю опадів ($r = 0,96$) і високий обернено негативний з температурою повітря ($r = -0,94$). Регресійними моделями встановлено, що додаткові 100 мм опадів за вегетаційний період кукурудзи збільшують урожайність на 2,02 т/га, а підвищення середньої температури повітря на 1°C призводить до зниження урожайності на 2,11 т/га.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, регулятори росту рослин, кліматичні умови, урожайність зерна, якість зерна.

Kozak L.A., Grabovskiy M.B., Kachan L.M., Pavlichenko K.V., Nimenko S.S. Effectiveness of plant growth regulator application in corn cultivation for grain under contrasting environmental conditions

The study presents research findings on the application of plant growth regulators in corn cultivation for grain production under the conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine. The research was conducted in 2023–2024 at the experimental field of Bila Tserkva National Agrarian University following the scheme: Factor A. Corn hybrids. 1. RAGT Dublikks (FAO 320) 2. RAGT Vinkks (FAO 360) 3. RAGT Elekks (FAO 370). Factor B. Plant growth regulators. 1. Control (no growth regulators) 2. Erise (1.0 l/ha) 3. Equilibrium (1.5 l/ha) 4. Kelpak (2.0 l/ha). It was found that the highest values of leaf area, photosynthetic potential, and leaf area index were obtained with the hybrid RAGT Elekks when using the Kelpak growth regulator (2.0 l/ha), reaching 48.1 thousand m²/ha, 2.34 thousand m²×days/ha, and 4.81, respectively. These values were 5.8–23.1% higher than in the control plots.

The highest values of kernel number and kernel weight per cob were recorded for the hybrid RAGT Elekks with Kelpak (2.0 l/ha), amounting to 444.0 kernels and 133.5 g. The highest 1,000-kernel weight was recorded for the hybrid RAGT Dublikks at 302.6 g.

No significant effect of growth regulators on corn grain quality indicators was identified. The highest starch content (72.3%) was observed in the hybrid RAGT Elekks. Fat content varied between 4.4–4.7%, with slightly higher values recorded for RAGT Elekks. The highest protein content was found in the hybrid RAGT Vinkks (9.8–9.9%), which was 0.8–1.0% higher than in the other hybrids.

Grain yield varied significantly depending on weather conditions: in 2023, it ranged from 8.45 to 9.03 t/ha, which was 12.5–26.4% higher than in 2024 (6.94–7.70 t/ha). The highest yields in 2023 were provided by the hybrids RAGT Vinkks and RAGT Elekks, while in 2024, the highest yield was recorded for RAGT Dublikks. On average over two years, the maximum grain yield was obtained with the hybrid RAGT Dublikks in the variant with Kelpak (2.0 l/ha), reaching 8.09 t/ha.

It was established that grain yield had a strong direct correlation with precipitation ($r = 0.96$) and a strong inverse correlation with air temperature ($r = -0.94$). Regression models indicated that an additional 100 mm of precipitation during the corn growing season increased yield by 2.02 t/ha, while a 1°C rise in average air temperature led to a decrease in yield by 2.11 t/ha.

Key words: corn, hybrid, plant growth regulators, climatic conditions, grain yield, grain quality.

Постановка проблеми. Вирощування кукурудзи на зерно є стратегічно важливим напрямом у забезпеченні продовольчої та енергетичної безпеки України [1]. Проте, у сучасних умовах глобальних змін клімату спостерігається збільшення частоти та інтенсивності стресових факторів, таких як посуха, коливання температур та екстремальні погодні явища. Ці фактори суттєво впливають на ріст, розвиток та продуктивність рослин кукурудзи, зумовлюючи зниження врожайності та погіршення якості зерна [2].

Одним із перспективних підходів до мінімізації негативного впливу стресових умов навколишнього середовища є застосування регуляторів росту рослин. Відомо, що регулятори росту здатні активізувати фізіолого-біохімічні процеси, покращувати водний баланс, посилювати синтез антиоксидантних ферментів і, як наслідок, зменшувати рівень стресу у рослин. Однак ефективність таких препаратів значною мірою залежить від їх складу, способу застосування та конкретних умов вирощування рослин [3–6].

У зв'язку з цим актуальним є дослідження ефективності використання регуляторів росту рослин при вирощуванні кукурудзи на зерно за контрастних умов навколишнього середовища, що сприятиме підвищенню стабільності врожаю цієї культури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зміни клімату суттєво впливають на сільське господарство, зокрема, на вирощування кукурудзи, яка є однією з найбільш продуктивних зернових культур світу. За даними багатьох досліджень,

нестача вологи, підвищені температури та екстремальні погодні явища призводять до значного зниження урожайності. Так, у регіонах із частими посухами урожайність кукурудзи може знижуватися на 30–50 %, порівняно із середньостатистичними показниками [7]. Зміни клімату не лише впливають на урожайність кукурудзи, але й змінюють потребу в агротехнологічних підходах та необхідність вибору посухостійких гібридів [8].

Наукові роботи з оцінки кліматичних сценаріїв для кукурудзи показують, що внаслідок глобального потепління зростає ризик пошкодження рослин на ранніх етапах розвитку через підвищені температури повітря та дефіцит вологи в ґрунті. Дослідження, проведені в Україні, свідчать про скорочення вегетаційного періоду кукурудзи на 5–10 днів через підвищення середньодобових температур упродовж останніх двох десятиліть [9–10].

Аналіз літературних даних вказує на ефективність застосування регуляторів росту для покращення стійкості кукурудзи до несприятливих умов. Використання біостимуляторів та антистресантів сприяє зменшенню негативного впливу посухи, оптимізує водний баланс рослин і стимулює їх ріст навіть у складних кліматичних умовах [11–12]. Біостимулятори підвищують стійкість кукурудзи до посухи та температурних стресів [13]. Цей ефект базується на активації антиоксидантних систем та покращенні водоутримуючої здатності листків [14]. Регулятори росту сприяють оптимізації водного режиму, посилюють активність фотосинтезу та підвищують коефіцієнт використання елементів живлення [15]. За даними S. F. Lima та ін. [16] використання біостимуляторів на кукурудзі підвищує енергію проростання на 10–12 %. Обробка рослин кукурудзи біостимуляторами у фазі 3–5 листків активізує ріст листків та забезпечує формування потужного асиміляційного апарату [17]. Дослідженнями G. A. Maddonni і M. E. Otegui [18] доведено, що оптимізація фотосинтезу, при використанні регуляторів росту, забезпечує збільшення урожайності кукурудзи до 18 %. Регулятори росту на основі фітогормонів (ауксинів, цитокінінів і гіберелінів) підвищують рівень засвоєння елементів живлення та сприяють активізації процесів фотосинтезу, що позитивно впливає на продуктивність рослин [19]. Вітчизняні науковці наголошують про ефективність застосування гуматів, амінокислот та екстрактів водоростей для обробки насіння та рослин кукурудзи [20–22].

Позакореневе внесення регуляторів росту в поєднанні з мікроелементами підвищує врожайність кукурудзи на 10–15 % порівняно з контрольними варіантами. Крім того, зменшується вміст вільних радикалів у клітинах рослин, що вказує на зниження рівня окислювального стресу та покращення фізіологічного стану культури [23–24].

Дослідження, проведені у США, показали, що комбіноване застосування регуляторів росту та адаптивних технологій вирощування дозволяє підвищити врожайність кукурудзи навіть у несприятливих умовах. Використання антистресантів у фазу 5–7 листків сприяло збільшенню маси зерна на 8–12 % за рахунок покращення обміну речовин та підвищення стійкості до температурного стресу [25].

Однак, слід зазначити, що ефективність регуляторів росту значною мірою залежить від правильного їх застосування та поєднання з іншими агротехнічними заходами. Так, при комбінованому застосуванні регуляторів росту з комплексними мінеральними добривами врожайність кукурудзи зростає на 15–20 %, тоді як окреме використання біостимуляторів без оптимального забезпечення рослин макро- та мікроелементами дає менш виражений ефект [26].

Також важливим фактором є економічна доцільність використання регуляторів росту. Аналіз витрат на їх застосування показує, що ефективність залежить не лише від погодних умов, а й від правильної інтеграції цих препаратів у загальну агротехнологічну схему [27].

Таким чином, сучасні дослідження підтверджують необхідність впровадження інноваційних підходів підвищення стійкості кукурудзи до несприятливих абіотичних факторів навколишнього середовища, серед яких особливе місце займають регулятори росту рослин. Подальші дослідження у цьому напрямі повинні бути спрямовані на визначення оптимальних схем застосування біостимуляторів у поєднанні з адаптивними технологіями вирощування.

Метою досліджень було визначення ефективності застосування регуляторів росту при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Лісостепу України.

Постановка завдання. Дослідження проводили у 2023–2024 рр. на дослідному полі Білоцерківського національного аграрного університету. Схема двохфакторного дослідження передбачала вирощування гібридів кукурудзи РЖТ Дубліккс (FAO 320), РЖТ Вінккс (FAO 360), РЖТ Елеккс (FAO 370) та чотири варіанти застосування регуляторів росту: 1. Контроль (без регуляторів росту) 2. Ерайз (1 л/га) 3. Еквілібріум (1,5 л/га) 4. Келпак (2 л/га).

Облікова площа дослідної ділянки становила 115,8 м². Повторність триразова. Дослідження проводили згідно загальноприйнятих методик [28–29].

Технологія вирощування кукурудзи в досліді, за винятком факторів, поставлених на вивчення, загальноприйнята для кукурудзи в Лісостеповій зоні. Застосування регуляторів росту здійснювали у фазу 3–5 листків (BBCH 13–15) позакорневим обприскуванням рослин.

Погодні умови визначали за допомогою стаціонарної метеостанції Meteotrek RW 2.0 розміщеної в Науково-виробничому центрі Білоцерківського національного аграрного університету.

Визначення елементів структури врожаю кукурудзи проводили відповідно до Методики державного сорто випробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові) [28].

Визначення якісних показників зерна проводили в лабораторії ДП «Київоблстандартметрологія» (м. Біла церква). Вміст крохмалю визначали поляриметричним методом, що передбачає гідроліз крохмалю до глюкози з подальшим вимірюванням оптичної активності розчину [30]. Вміст жиру визначали методом Сокслета, який полягає в екстракції жиру органічним розчинником з подальшим його кількісним визначенням [31]. Вміст протеїну визначали методом К'ельдаля, що включає мінералізацію зразка, дистиляцію аміаку та його титрування для розрахунку вмісту азоту, який перераховують на сирий протеїн [32].

Урожайність визначали шляхом збирання та зважування зерна з облікової площі ділянки з подальшим перерахунком на 14 % вологисть. Статистичну обробку даних проводили дисперсійним аналізом з використанням пакету програм Statistica 12. Оцінку достовірності різниць між середніми значеннями проводили за критерієм Дункана при $p < 0,05$.

Виклад основного матеріалу дослідження. За даними спостережень за кліматичними показниками встановлено, що у 2023 р. травень характеризувався помірним дефіцитом опадів. Вологозабезпечення посівного шару ґрунту перед сівбою у квітні становило 52–58 % від найменшої польової вологоємкості, що забезпечило задовільні умови для проростання насіння. Температурний режим травня становив +15,5 °C, що на 0,5 °C вище багаторічних значень (табл. 1). Літо

2023 р. характеризувалося нерівномірним розподілом опадів, їх кількість у червні та липні становила 68,1 мм та 54,2 мм, що на 5,1 і 20,8 мм менше норми, але цей дефіцит не завадив нормальному росту та розвитку рослин кукурудзи. У серпні опадів випало 52,7 мм, що відповідало середньобагаторічному рівню. Температурний фон залишався близьким до середніх значень, проте, у липні і серпні температура досягала 21,5 і 21,0 °С, що на 1,9 і 2,3 °С вище багаторічних показників.

Таблиця 1

Характеристика погодних умов в роки проведення досліджень

Місяць	Температура повітря, °С			Опади, мм		
	2023 р.	2024 р.	Середньо-багаторічні дані	2023 р.	2024 р.	Середньо-багаторічні дані
Травень	15,5	15,8	15,0	48,3	42,5	50,1
Червень	18,4	19,6	17,5	68,1	56,4	73,2
Липень	21,5	22,1	19,6	54,2	43,4	75,0
Серпень	21,0	21,7	18,7	52,7	32,7	60,2
Вересень	14,9	15,7	14,0	65,5	38,3	45,6
За вегетацію	18,3	19,0	17,0	288,8	213,3	304,1

Осінь 2023 року була сприятливою для дозрівання кукурудзи. У вересні випало 65,5 мм опадів, що на 19,9 мм більше норми. Температура повітря була на рівні +14,9 °С, що на 0,9 °С вище середньобагаторічного показника.

Весна 2024 р. відзначалася дефіцитом опадів у травні, коли випало лише 42,5 мм опадів, що становило 84 % від норми. Середньомісячна температура у травні становила +15,8 °С, що на 0,8 °С вище середньобагаторічного значення. Літо 2024 року виявилось надзвичайно спекотним та посушливим. У червні випало 56,4 мм опадів (на 23,0 % менше норму), а у липні ситуація погіршилася – випало лише 43,4 мм опадів (57,9 % від середньобагаторічного рівня), у серпні – 32,7 мм (54,3 % від середньобагаторічних значень). Температурний режим у літній період був значно підвищеним: у липні на 2,5 °С, а у серпні – на 3,0 °С вище норми. Вересень відзначався дефіцитом опадів – випало 38,3 мм, що становило 84,0 % від середньобагаторічної норми.

Умови 2024 р. виявилися несприятливими для росту і розвитку кукурудзи через значний дефіцит опадів (90,8 мм) та високий температурний режим, що негативно позначилося на вологозабезпеченості рослин та зерновій продуктивності.

В досліді виявлено зміну фотосинтетичних показників посівів кукурудзи (площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу, індексу листової поверхні) залежно від особливостей гібридів та застосування регуляторів росту. Серед контрольних варіантів, де не застосовували регулятори росту, найбільшу площу листової поверхні зафіксовано у гібрида РЖТ Елеккс (45,2 тис. м²/га). Внесення Ерайзу (1,0 л/га) дозволило збільшити площу листової поверхні, залежно від гібрида, на 1,7–2,2 тис. м²/га, Еквілібріуму (1,5 л/га) – на 2,1–2,5 тис. м²/га (табл. 2).

Найкращі показники площі листової поверхні посівів кукурудзи отримано при застосуванні Келпак (2,0 л/га), приріст асиміляційної поверхні відносно контролю становив 2,7–2,9 тис. м²/га або 5,8–7,6 %. Фотосинтетичний потенціал є важливим показником продуктивності посівів, оскільки характеризує ефективність

використання світлової енергії рослинами. Подібно до площі листової поверхні, застосування регуляторів росту призвело до підвищення цього показника за період обліків (ВВСН 30–76). Найбільший приріст відзначено при застосуванні препарату Келпак (2,0 л/га) – 0,35–0,42 тис. м²×дн/га, що на 20,1–23,1 % більше порівняно з контролем.

Таблиця 2

Вплив регуляторів росту на площу листової поверхні, фотосинтетичний потенціал та індекс листової поверхні гібридів кукурудзи (середнє за 2023–2024 рр.)

Гібрид	Регулятор росту рослин	Площа листової поверхні (ВВСН 76), тис. м ² /га	Фотосинтетичний потенціал (ВВСН 30–76), тис. м ² ×дн/га	Індекс листової поверхні (ВВСН 65)
РЖТ Дубліккс	Контроль	41,5	1,75	4,15
	Ерайз (1 л/га)	43,5	2,02	4,35
	Еквілібріум (1,5 л/га)	44,0	2,05	4,40
	Келпак (2 л/га)	44,3	2,10	4,43
РЖТ Вінккс	Контроль	42,9	1,85	4,29
	Ерайз (1 л/га)	44,6	2,12	4,46
	Еквілібріум (1,5 л/га)	45,0	2,19	4,50
	Келпак (2 л/га)	45,6	2,27	4,56
РЖТ Елеккс	Контроль	45,2	1,92	4,52
	Ерайз (1 л/га)	47,4	2,24	4,74
	Еквілібріум (1,5 л/га)	47,7	2,27	4,77
	Келпак (2 л/га)	48,1	2,34	4,81

Індекс листової поверхні (ІЛП) є важливим інтегральним показником, що характеризує здатність рослин формувати асиміляційний апарат та ефективно використовувати фотосинтетичні процеси. Для досягнення максимальної урожайності важливо оптимізувати листову поверхню, контролюючи рівень ІЛП через підбір гібридів, схему сівби, систему удобрення та застосування регуляторів росту [33]. На контрольних варіантах ІЛП становив 4,15–4,52, а використання регуляторів росту підвищувало цей показник до 4,35–4,81.

Отримані нами дані свідчать про вплив регуляторів росту на формування кількості зерен і масу зерна з качана та масу 1000 зерен у досліджуваних гібридах кукурудзи. Кількість зерен у качані є ключовим показником, що визначає потенційну продуктивність рослин. У контрольному варіанті (без регуляторів росту) найкращий показник зафіксовано у РЖТ Елеккс (438 шт), тоді як у РЖТ Дубліккс і РЖТ Вінккс це значення становило 423 та 435 шт, відповідно (табл. 3).

Використання препарату Ерайз (1,0 л/га) збільшувало кількість зерен на 1,0–1,2 %, Еквілібріум (1,5 л/га) – на 1,1–1,5 %, Келпак (2,0 л/га) – 1,4–1,9 %, порівняно з контролем. Однак, збільшення кількості зерен у качані не завжди означає підвищення маси зерна, оскільки при несприятливих умовах зростає частка недорозвинених зерен. В наших дослідженнях застосування регуляторів росту сприяло не лише збільшенню кількості зерен, але і їх маси.

Таблиця 3

**Вплив регуляторів росту на елементи структури врожаю гібридів кукурудзи
(середнє за 2023–2024 рр.)**

Гібрид	Регулятор росту рослин	Кількість зерен з качана, шт	Маса зерна з качана, г	Маса 1000 зерен, г
РЖТ Дубліккс	Контроль	423,0	126,3	298,6
	Ерайз (1 л/га)	428,0	128,5	300,2
	Еквілібріум (1,5 л/га)	429,0	129,3	301,4
	Келпак (2 л/га)	431,0	130,4	302,6
РЖТ Вінккс	Контроль	435,0	128,5	295,4
	Ерайз (1 л/га)	439,0	130,2	296,6
	Еквілібріум (1,5 л/га)	440,0	131,0	297,7
	Келпак (2 л/га)	441,0	131,6	298,4
РЖТ Елеккс	Контроль	438,0	130,5	297,9
	Ерайз (1 л/га)	443,0	132,4	298,9
	Еквілібріум (1,5 л/га)	443,0	132,8	299,8
	Келпак (2 л/га)	444,0	133,5	300,7

На контрольних варіантах маса зерна з качана у гібридів РЖТ Дубліккс, РЖТ Вінккс і РЖТ Елеккс становила 126,3, 128,5 і 130,5 г відповідно. Внесення Ерайз (1,0 л/га) підвищило цей показник на 1,4–2,8 %, Еквілібріум (1,5 л/га) – 1,8–2,9 %, Келпак (2,0 л/га) – 2,3–3,5 %.

Маса 1000 зерен є основним показником крупності та виповненості зерна, і частково впливає на якість урожаю. Найкращі показники маси 1000 зерен у досліджуваних гібридів кукурудзи отримано при застосуванні препарату Келпак (2,0 л/га) – 298,4–302,6 г.

Дослідженнями М.В. Степаненко виявлено, що застосування азотних добрив та мікроелементів істотно впливає на хімічний склад зерна, за якого вміст крохмалю та жиру знижується на 0,20–0,85 % та 0,25–0,41 %, а вміст білку зростає на 0,33–0,71 % в порівнянні із контрольним варіантом [34–35].

Вміст крохмалю в зерні кукурудзи значною мірою залежить від генетичних особливостей гібриду і в наших дослідженнях коливався від 70,5 % у РЖТ Дубліккс до 72,1 % у РЖТ Елеккс (табл. 4).

Вміст жиру в наших дослідженнях був в межах 4,4–4,7 % і простежувалася тенденція до вищих значень у гібриду РЖТ Елеккс. Найвищий вміст протеїну отримано у РЖТ Вінккс – 9,8–9,9 %, що на 0,8–1,0 % більше, ніж у інших гібридів.

Дані таблиці свідчать про відсутність достовірної різниці між варіантами застосування регуляторів росту на вміст крохмалю, білку та жиру в зерні кукурудзи, що підтверджується показниками $НІР_{05}$.

Отримані нами результати свідчать про суттєвий вплив погодних умов, генетичних особливостей гібридів та регуляторів росту на урожайність зерна кукурудзи у 2023 та 2024 рр.

В 2023 році урожайність зерна у досліджуваних гібридів була в межах від 8,45 до 9,03 т/га (табл. 5).

Таблиця 4

**Якісні показники зерна кукурудзи залежно від застосування
регуляторів росту рослин, %**

Гібрид	Регулятор росту рослин	Вміст крохмалю	Вміст жиру	Вміст протеїну
РЖТ Дубліккс	Контроль	70,4	4,4	8,8
	Ерайз (1 л/га)	70,5	4,5	8,9
	Еквілібріум (1,5 л/га)	70,6	4,5	8,9
	Келпак (2 л/га)	70,5	4,5	8,9
РЖТ Вінккс	Контроль	71,2	4,5	9,8
	Ерайз (1 л/га)	71,3	4,6	9,9
	Еквілібріум (1,5 л/га)	71,4	4,6	9,9
	Келпак (2 л/га)	71,3	4,6	9,9
РЖТ Елеккс	Контроль	72,3	4,6	8,9
	Ерайз (1 л/га)	72,4	4,7	9,0
	Еквілібріум (1,5 л/га)	72,5	4,7	9,0
	Келпак (2 л/га)	72,4	4,7	9,0
НІР ₀₅	гібридів	1,2	0,5	1,4
	регуляторів росту	0,6	0,3	1,7
	взаємодія	2,2	1,2	2,5

Таблиця 5

Урожайність зерна кукурудзи, т/га

Гібрид	Регулятор росту рослин	2023 р.	2024 р.	Середнє
РЖТ Дубліккс	Контроль	8,45	7,43	7,94
	Ерайз (1 л/га)	8,60	7,57	8,09
	Еквілібріум (1,5 л/га)	8,65	7,63	8,14
	Келпак (2 л/га)	8,73	7,70	8,21
РЖТ Вінккс	Контроль	8,64	6,98	7,81
	Ерайз (1 л/га)	8,84	7,19	8,02
	Еквілібріум (1,5 л/га)	8,88	7,22	8,05
	Келпак (2 л/га)	8,94	7,29	8,11
РЖТ Елеккс	Контроль	8,82	6,94	7,88
	Ерайз (1 л/га)	8,96	7,07	8,01
	Еквілібріум (1,5 л/га)	8,99	7,10	8,05
	Келпак (2 л/га)	9,03	7,14	8,08
НІР ₀₅	гібридів	0,56	0,42	
	регуляторів росту	0,06	0,04	
	взаємодія	0,65	0,52	

Найвищі значення урожайності зерна в цей рік були у гібрида РЖТ Елеккс – 8,95 т/га. У 2024 р. під впливом несприятливих погодних умов вона була меншою на 12,5–26,4 % і становила 6,94–7,70 т/га. Вищою продуктивністю цього року відзначався РЖТ Дубліккс – 7,58 т/га. Коливання урожайності за роками у вказаного гібрида не перевищували 12,5–14,2 %, що пояснюється кращою адаптивністю до стресових факторів. Відповідно в середньому за два роки і найвища зернова продуктивність отримана у гібрида РЖТ Дубліккс – 7,94–8,21 т/га.

Серед регуляторів росту рослин, в середньому за два роки, найкращі показники урожайності отримано при застосуванні регулятора росту Келпак (2,0 л/га) (8,21, 8,11 і 8,08 т/га), що вказує на його вищу ефективність незалежно від погодних умов. У гібридів РЖТ Дубліккс, РЖТ Вінккс і РЖТ Елеккс при застосуванні препарату Ерайз (1 л/га) урожайність зерна складала 8,09, 8,02 і 8,01 т/га, а препарату Еквілібріум (1,5 л/га) – 8,14, 8,05 і 8,05 т/га, відповідно.

Аналіз кліматичних даних 2023 і 2024 рр. вказує на дуже тісний зв'язок між урожайністю зерна кукурудзи та температурою повітря і сумою опадів за вегетаційний період. Зокрема, урожайність має високий прямий кореляційний зв'язок з кількістю опадів і високий обернено негативний з температурою повітря. Обчислений коефіцієнт кореляції Пірсона між сумою опадів та урожайністю ($r=0,96$) вказує на майже повну пряму кореляцію: у рік з більшою кількістю опадів отримано найвищу урожайність зерна. Між середньою температурою вегетаційного періоду та зерновою продуктивністю спостерігається обернено негативна кореляція ($r=-0,94$) і підвищення температури повітря супроводжує зниження врожайності зерна.

Для візуальної оцінки впливу кліматичних умов побудовано регресійні рівняння (лінійні моделі) залежності урожайності зерна від суми опадів і середньої температури повітря за вегетацію. Регресійне рівняння урожайність–опадів ($y=0,02x+2,95$) означає, що додаткові 100 мм опадів за вегетаційний період кукурудзи збільшують урожайність на 2,02 т/га, а 1 мм опадів – на 0,02 т/га (рис. 1).

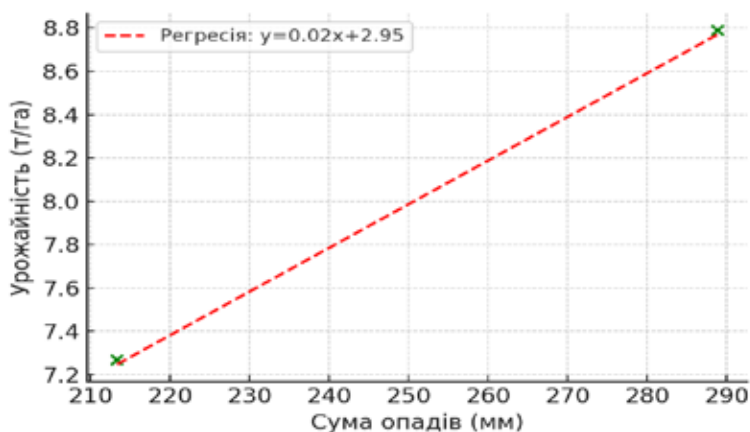


Рис. 1. Регресійна залежність між сумою опадів та урожайністю

Регресійне рівняння урожайність–температура повітря ($y=-2,11x+47,36$) вказує, що підвищення середньої температури на 1 °C приводить до зниження

урожайності орієнтовно на 2,11 т/га (рис. 2). Для досліджуваного діапазону (18,3–19,0 °C) модель добре описує вплив температури на продуктивність кукурудзи але за межами цього інтервалу лінійна залежність може не зберігатися.

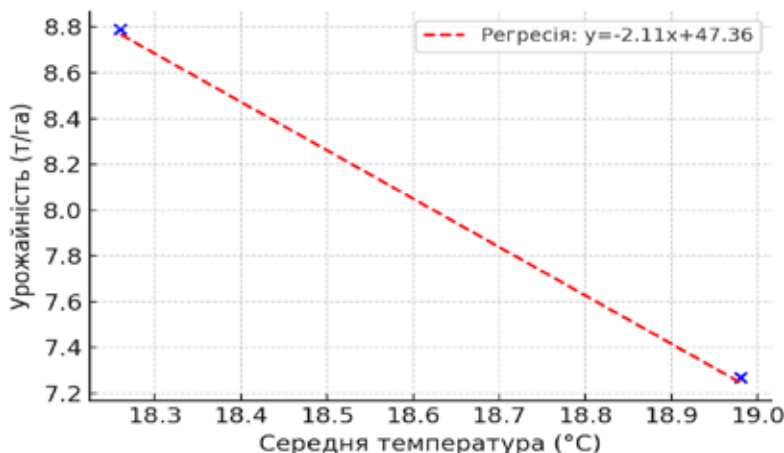


Рис. 2. Регресійна залежність між середньою температурою та урожайністю

Обидві регресійні моделі показують, що в роки із більшою кількістю опадів та меншою температурою повітря (2023) урожайність зерна кукурудзи розміщується на графіку вище а у несприятливому 2024 р. ці показники відповідають нижчим значенням.

Висновки і пропозиції. На основі проведених спостережень, виявлено, що роки досліджень характеризувалися різними погодними умовами: більш сприятливим для росту і розвитку рослин кукурудзи був 2023 р. а у 2024 р. відмічено значний дефіцит опадів (90,8 мм) та підвищений температурний режим, що негативно позначилося на вологозабезпеченості посівів та зерновій продуктивності.

Найвищі показники площі листової поверхні (48,1 тис. м²/га) фотосинтетичного потенціалу (2,34 тис. м²×дн/га) та індексу листової поверхні (ЛІП) (4,81) отримано на варіанті вирощування гібриду кукурудзи РЖТ Елеккс з використанням регулятора росту Келпак (2,0 л/га), що на 5,8–23,1 % більше, ніж на контрольних ділянках.

Максимальні показники кількості і маси зерна з качана були у гібрида РЖТ Елеккс при використанні Келпак (2,0 л/га) – 444,0 шт і 133,5 г, а маси 1000 зерен у гібрида РЖТ Дубліккс – 302,6 г.

Не виявлено достовірного впливу регуляторів росту на якісні показники зерна кукурудзи. Вищим вмістом крохмалю (72,3 %) у зерні відзначався гібрид РЖТ Елеккс. Вміст жиру в гібридів коливався в межах 4,4–4,7 % і вищі значення відмічено у РЖТ Елеккс. Найвищий вміст протеїну отримано у РЖТ Вінккс (9,8–9,9 %), що на 0,8–1,0 % більше, ніж у інших гібридів.

Урожайність значно варіювала залежно від погодних умов: у 2023 р. вона становила 8,45–9,03 т/га та була вищою на 12,5–26,4 % ніж у 2024 р. (6,94–7,70 т/га). Найвищі значення у 2023 р. забезпечили гібриди РЖТ Вінккс та РЖТ Елеккс, а у 2024 р. – РЖТ Дубліккс. У середньому за два роки максимальна урожайність

зерна отримана у гібрида РЖТ Дубліккс на варіанті із застосуванням регулятора росту Келпак (2,0 л/га) – 8,09 т/га, що вказує на його високу адаптивну здатність до стресових факторів навколишнього середовища.

Встановлено, що урожайність зерна має високий прямий кореляційний зв'язок з кількістю опадів ($r=0,96$) і високий обернено негативний з температурою повітря ($r=-0,94$). Регресійними моделями встановлено, що додаткові 100 мм опадів за вегетаційний період кукурудзи збільшують урожайність на 2,02 т/га, а підвищення середньої температури повітря на 1°C призводить до зниження урожайності на 2,11 т/га.

Отже, результати наших досліджень підтверджують необхідність добору посухостійких гібридів кукурудзи та використання регуляторів росту рослин для зменшення негативного впливу несприятливих умов навколишнього середовища на продуктивність цієї культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Калетнік Г. М. Біопаливо: продовольча, енергетична та екологічна безпека України. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 12–14.
2. Андрієнко А., Дергачев Д., Кузьмич В., Токар Б. Стресові фактори для кукурудзи та мінімізація їхнього впливу. *Пропозиція*. 2017. № 3. С. 94–97.
3. Василенко М. Г., Стадник А. П., Душко П. М., Драга М. Я., Кічігіна О. О., Зацарінна Ю. О., Перець С. В. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 96–101.
4. 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.
5. Філоненко С. В., Тищенко М. В., Попов О. О. Реалізація продуктивного потенціалу кукурудзи за позакореневого внесення регуляторів росту. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. № 3. С. 31–39.
6. Grabovskyi M., Stepanenko M., Panchenko T., Kachan L., Kozak L. Starch and bioethanol output from corn grain depending on the fertilization system. Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference “One world – one health”, Słupsk, Poland, 4-5 June 2024, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, pp. 144–147.
7. Зимароева А. А. Оцінка впливу змін клімату на продуктивність кукурудзи в межах Поліської та Лісостепової зон України. *Наукові горизонти*. 2019. № 11 (84). С. 143–145.
8. Грабовський М. Б. Агротехнологічне обґрунтування вирощування кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу : дис....-д-ра с.-г. наук: 06.01.09. ДУ Інститут зернових культур НААН України, Дніпро. 2020, 421 с.
9. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Дронова О. О. Вплив агрокліматичних умов на продуктивність кукурудзи при зміні клімату в східному степу України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2012. № 10. С. 154–162.
10. Волощук О. П., Волощук І. С., Глива В. В., Пашак М. О. Біологічні вимоги гібридів кукурудзи до умов вирощування в Західному Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. № 65. С. 22–36.
11. Гладких Є. Ю. Ефективність комбінування добрив із стресопротекторами та регуляторами росту для послаблення впливу абіотичних стресів на рослини. *AgroChemistry and Soil Science*. 2020. № 90. С. 57–64.
12. Ященко С. А., Грабовська Т. О., Грабовський М. Б., Слободенюк О. І. Ефективність біопрепарату Ентеронормін на ранніх етапах онтогенезу рослин пшениці озимої. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 2. С. 50–54.

13. Ashraf M., Foolad M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress tolerance. *Environmental and Experimental Botany*. 2007. № 59. pp. 206–216.
14. Hammad H. M., Abbas F., Fahad S., Saeed S., Farooq A., Aslam M. A. Growth, yield and photosynthesis performance of corn in response to foliar application of plant growth regulators. *Journal of Plant Nutrition*. 2016. doi/abs/10.1080/01904167.2016.1161779
15. Yakhin O.I., Lubyantsov A.A., Yakhin I.A., Brown P.H. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*. 2017. № 7. 2049.
16. Lima S. F., Jesus A. A., Vendruscolo E. P., Oliveira T. R., Andrade M. G. O., Simon C. A. Development and production of sweet corn applied with biostimulant as seed treatment. *Horticultura Brasileira*. 2020. № 38(1). pp. 94–100.
17. Soltani A., Sinclair T. R. Modeling photosynthesis and dry matter accumulation in corn. *Agronomy Journal*. 2006. № 98(2). pp. 556–563.
18. Maddonni G. A., Otegui M. E. (2004). Intra-specific competition in corn: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. *Field Crops Research*. № 85(1). pp. 1–13.
19. Ходаницька О. О., Колісник О. М. Застосування стимуляторів розвитку в практиці рослинництва. In *Materiály XVI mezinárodní vědecko-praktická konference «Moderní vymoženosti vědy»*, 22-30 ledna 2020, Praha Publishing House «Education and Science», S. 45–49.
20. Домарацький Є. О. Агроекологічне обґрунтування системного застосування багатофункціональних ретрегулюючих препаратів при вирощуванні польових культур у Південному Степу : дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.09. ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет». Херсон, 2019. 423 с.
21. Koberniuk O., Hryhoriev V., Nebaba K., Havrylianchyk R., Plahtiy D. The role of mycorrhizal fungi in enhancing fertilizer efficiency in agriculture. *Scientific Horizons*, 2024. № 27(9). pp. 86–97.
22. Грабовський М. Б., Грабовська Т. О., Ященко С. А. Застосування препарату Ентеронормін у посівах кукурудзи. *АгроТерра*. 2020. № 1(8). С. 49–56.
23. Цилюрик О. І., Сологуб І. М. Регулятори росту в посівах кукурудзи північного степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 132. С. 29–35.
24. 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.
25. Rady M. M., Alharby H. F., Tarfayah D. A., Ahmed S. M. Acidified Compost and Silymarin-Enriched Bio-Stimulators Integratively Improve Morpho-Physio-Biochemistry, Antioxidant Capacity, and Polyamine Metabolism Enzymes of Atriplex Nummularia Lindl Seedlings Under Saline-Calcareous Conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2023. № 23(3). pp. 4669–4690.
26. Гож О. А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від мікродобрив та стимуляторів росту в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2014. № 61. С. 118–120.
27. Ткаліч Ю. І., Ткаліч О. В., Кохан А. В. Продуктивність та економічна оцінка вирощування кукурудзи при використанні стимуляторів росту і мікродобрив. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 2. С. 26–31.
28. Волкодав В. В. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові). К.: 2001. 64 с.
29. Лебідь Є. М., Циков В. С., Пащенко Ю. М. [та ін.]. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
30. ДСТУ 4865:2007. Цукор. Метод визначання крохмалю.
31. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сорто вивчення. Одеса, 2017. 137 с.

32. ДСТУ 8076:2015. Продукти білкові рослинного походження. Макухи та шроту. Визначення вмісту розчинного протеїну титриметричним методом К'ельдаля.

33. Fang H., Baret F., Plummer S., Schaepman-Strub G. An overview of global leaf area index (LAI): Methods, products, validation, and applications. *Reviews of Geophysics*. 2019. № 57(3). pp. 739–799.

34. Степаненко М.В., Грабовський М.Б., Качан Л. М., Козак Л. А. Вміст крохмалю в зерні кукурудзи залежно від способу сівби. Матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: виклики і шляхи розвитку в умовах війни і повоєнної відбудови», с. Оброшине, 23 листопада 2023 р., Львів-Оброшине, 2023. С. 114–115.

35. Степаненко М. В. Вплив способів сівби на вміст крохмалю та білку в зерні гібридів кукурудзи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74-2. С. 107–115.