

чорної препарату Раундап Екстра® з рекомендованою нормою витрати 2,4 л/га зумовила зниження показника врожайності насіння порівняно із контрольним варіантом на 0,04 т/га, вмісту в насінні сирого жиру – на 0,5%, показник M_{1000} зменшився на 0,20 г, лабораторна схожість – 5,7%, а енергія проростання насіння – на 11,7%. Вміст в насінні ефірної (алілової) олії не мав істотної залежності від фактору передзбиральної десикації.

Література

1. Ведмедева К. В. Перспективні олійні культури. *The Ukrainian Farmer*. 2016. № 1. С. 20.
2. Жуйков О.Г. Агроекологічні передумови вирощування гірчиці чорної в незрошуваних сівозмінах півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. Вип.1 (71). С.149–156.
3. Мельник А. В., Жердецька С. В. Стан та перспективи вирощування гірчиці в світі та на Україні. *Вісник Сумського НАУ. Серія «Агрономія і біологія»*. 2015. Вип. 3 (29). С. 166–169.
4. Мельник А. В., Жердецька С. В., Шабір Г., Шахід А. Сортові особливості формування продуктивності різних видів гірчиці ярої в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Суми. 2017. № 2. С. 103–107.
5. Поляков О., Журавель В. Перспективи вирощування гірчиці. *Пропозиція*. 2009. №2. С. 54–56.

ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРОТЕКТОРІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОМУ ЗА ЗМІНИ КЛІМАТУ

Загородний В. В., здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти

Овчарук О. В., д. с.-г. н, професор

Овчарук К. О., здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Гуска В. В., здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Шалашов М. О., здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

ЗВО «Подільський державний університет»

м. Кам'янець-Подільський, Україна

У структурі глобального харчового та кормового забезпечення людства домінантний статус належить зерновим злакам. Завдяки високому рівню екологічної пластичності та вираженій здатності адаптуватися до широкого діапазону ґрунтово-кліматичних умов, представники цієї родини успішно культивуються майже в усіх географічних зонах світу.

У групі ярих зернових культур провідне місце посідає кукурудза (*Zea mays* L.), яка характеризується унікальним, біологічно неперевершеним

потенціалом формування як зернової продуктивності, так і вегетативної біомаси. Завдяки цьому вона виступає стратегічним базисом для формування світових кормових та відновлюваних енергетичних ресурсів. Інтенсивність накопичення сухої речовини та архітектоніка рослин кукурудзи детермінуються генетичними особливостями конкретного генотипу (гібриду), а також характером його інтерференції із сукупною дією зовнішніх чинників – передусім мінливістю гідротермічного режиму вегетаційного періоду та архітектурою застосованих агротехнічних прийомів [4].

Реалізація унікального біологічного потенціалу кукурудзи, як С4-рослини з високою ефективністю фотосинтезу суттєво гальмується деструктивними змінами клімату, що набули особливої гостроти у вегетаційні періоди 2022–2025 років. Аналіз метеорологічних трендів свідчить про стрімке зміщення ізотерм, критичне підвищення температурного фону ґрунту та повітря, а також про тривалу відсутність продуктивних опадів у Лісостеповій зоні.

Кліматичні зміни супроводжуються не лише зростанням середніх показників температури, а й різкими добовими коливаннями між денними та нічними температурами. Ці коливання поєднуються із нестабільним зволоженням, коли зливи різко змінюються тривалими посушливими періодами. Подібний гідротермічний режим пригнічує фізіологічний стан рослинних організмів, погіршуючи фотосинтетичну діяльність, водний обмін і мінеральне живлення, що призводить до падіння врожайності та зниження товарної якості агропродукції [3]. Дефіцит вологи на тлі високих температур викликає у культурних рослин сильний водний стрес. Він гальмує ростові процеси, зменшує площу асиміляційної поверхні, стимулює передчасний хлороз, скручування та відмирання листкового апарату. Штучне прискорення вегетації за таких умов погіршує налив зерна чи плодів і знижує загальну біологічну продуктивність посівів [1]. Зазначені загрози зумовлюють актуальність селекції стресостійких сортів та модернізації сучасних агротехнологічних підходів до вирощування.

Періоди тривалого дефіциту вологи в поєднанні з термічним пресингом індукують розвиток водного дефіциту в тканинах рослин. Як наслідок, блокується лінійний ріст, зменшується площа листкових пластинок, прискорюється деградація хлорофілу, відбувається деформація та некроз листя. Окрім цього, за таких умов форсуються фази онтогенезу, що спричиняє дрібнозернистість чи недорозвиненість плодів, суттєво знижуючи загальну продуктивність агроценозів. Викладене вище актуалізує потребу в оптимізації систем технології вирощування та інтенсифікації селекційного процесу задля отримання адаптивних генотипів.

Останні роки досліджень продемонстрували посилення аридності клімату в основних зонах вирощування культури, що супроводжувалося тривалими періодами високих температур повітря та дефіцитом продуктивної вологи у критичні фази онтогенезу рослин. Жорсткий гідротермічний стрес, викликаний повітряною та ґрунтовою посухою, призводить до значного зниження ефективності фотосинтетичних процесів, порушення метаболізму азоту та, як

наслідок, до суттєвих втрат урожайності, які в окремих регіонах можуть перевищувати 40–50% порівняно з оптимальними роками.

Оскільки кукурудза відзначається високим транспіраційним коефіцієнтом та значною потребою у волозі, жорсткий гідротермічний стрес у критичні фази онтогенезу (зокрема, у період закладки генеративних органів та викидання волоті) зумовлює глибокі фізіолого-біохімічні порушення:

- зниження інтенсивності чистий продуктивності фотосинтезу внаслідок термічної деградації хлорофіло-білкових комплексів та закриття продихового апарату для запобігання надмірній втраті вологи.

- розвиток окислювального (оксидативного) стресу, що супроводжується неконтрольованим накопиченням активних форм кисню (АФК), які руйнують клітинні мембрани й викликають лізис тканин листка.

- порушення пилкової фертильності через термічний шок під час цвітіння, що призводить до череззерниці, недовиповненості качанів та різкого падіння індексу врожаю (harvest index).

Зазначені кліматичні виклики зумовлюють наукову потребу у відході від жорстких шаблонів інтенсифікації та переході до концепції еліситорного захисту та біостимуляції посівів. Ефективним агротехнічним важелем оптимізації фізіологічного стану рослин за умов гідротермічного пресингу є своєчасне інтегрування у технологічні схеми біостимуляторів-антистресантів нового покоління.

Дія цих біологічно активних речовин базується на запуску ендогенних систем адаптації рослинного організму. Використання препаратів на основі L-амінокислот, екстрактів бурих макрофітів (*Ascophyllum nodosum*) та гумінових комплексів дозволяє активувати роботу захисних ферментів (каталази, пероксидази), оптимізувати осмотичний потенціал клітинного соку та стабілізувати провідність продихів. Критично важливим аспектом при цьому є чітке визначення регламентів та етапів позакореневого внесення антистресантів, оскільки їх застосування має випереджати або оперативно нівелювати дію несприятливих чинників довкілля, забезпечуючи архітектонічну стабільність посіву та збереження зернової продуктивності культури.

Ефективність позакореневого (листяного) підживлення полягає у здатності рослинного організму до швидкої абсорбції та метаболізації нутрієнтів через епідерміс і продиховий апарат листової пластинки. Зазначений агротехнічний захід виступає інструментом оперативного коригування трофічного статусу посівів, що набуває детермінуючого значення у критичні етапи органогенезу, а також є дієвим вектором еліситорної підтримки для нівелювання деструктивного впливу абіотичних і біотичних стресорів [5]

На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу кукурудза (*Zea mays* L.) відзначається широким ареалом вирощування, охоплюючи ключові агрокліматичні регіони України. Високий рівень ксерофітності та відносна посухостійкість культури детерміновані потужним морфогенезом кореневої системи та значним об'ємом надземної вегетативної біомаси, що дозволяє рослинам ефективно абсорбувати вологу з глибоких горизонтів едафотопу та

великої площі живлення. Фізіологічною особливістю кукурудзи є висока економність водоспоживання: на формування одиниці сухої речовини вона витрачає удвічі менше води порівняно з пшеницею озимою (*Triticum aestivum* L.), а її середній транспіраційний коефіцієнт становить близько 250.

За групами стиглості відповідно вегетаційного періоду гібриди і сорти кукурудзи на зерно поділяються на ранньостиглі (середній період вегетації – від 85 до 106 днів), середньоранні (від 94 до 119), середньостиглі (від 111 до 126), середньопізні (від 115 до 128), пізньостиглі (від 135 до 140). Генетично зумовлена тривалість вегетації чітко корелює з потребою генотипів у теплових ресурсах. Так, сума біологічно активних температур (вище +10 °C), необхідна для повного дозрівання зерна скоростиглих гібридів, становить 2100–2200 °C, для середньостиглих – близько 2400 °C, тоді як для форм пізньостиглої групи цей показник зростає до 2500–2700 °C.

Високий виробничий рівень, низькі витрати на післязбиральну обробку зерна передбачають вибір насіння за різними групами стиглості. Їх частку в структурі виробництва потрібно диференціювати залежно від можливостей та спеціалізації господарства.

У контексті подолання гідротермічного пресингу вегетаційних періодів 2022–2025 років та забезпечення збалансованого живлення кукурудзи, особливу науково-практичну цінність у межах нашого дослідження мало вивчення ефекту висококонцентрованої суспензії Вуксал Мікроплант (WUXAL Microplant).

Кукурудза як C_4 -рослина відзначається високим рівнем виносу мікроелементів, критичний дефіцит яких гостро проявляється на ранніх етапах органогенезу, а також посилюється за умов посухи через блокування поглинальної здатності кореневої системи з підсохлого едафотопу [2]. Специфіка дії препарату Вуксал Мікроплант полягає у його глибоко збалансованому багатокомпонентному складі, де кожен елемент міститься у повністю хелатованій формі (EDTA), що гарантує його максимальну біодоступність при позакореновому (листяному) внесенні:

Цинк (Zn): є ключовим лімітуючим елементом для кукурудзи, оскільки входить до складу ферменту карбоангідрази та безпосередньо бере участь у біосинтезі ауксинів (триптофану). Достатнє цинкове живлення стимулює лінійний ріст меристематичних тканин та посилює жаростійкість рослин.

Магній (Mg): виступає центральним атомом молекули хлорофілу та активатором ферменту РУБІСКО, забезпечуючи стабільність фотосинтетичного фосфорилування і транспорт асимілятів навіть за умов температурного шоку.

Бор (B): критично важливий для проростання пилкових трубок та фертильності пилку, що дозволяє мінімізувати явище череззерниці та недовиповненості качанів під впливом суховіїв у фазу цвітіння.

Залізо (Fe), Марганець (Mn), Мідь (Cu) та Молібден (Mo): функціонують як каталізatori редокс-процесів дихання та азотного метаболізму, перешкоджаючи накопиченню токсичних нітратів у клітинах за умов дефіциту води.

Окремою технологічною перевагою Вуксал Мікроплант є наявність у його складі спеціальних добавок-ад'ювантів (прилипачів та зволожувачів), що оптимізують рН робочого розчину, запобігають змиванню препарату опадами та забезпечують пролонговане проникнення поживних речовин через кутикулу листка без ризику фітотоксичних опіків.

Аналіз зернової продуктивності гібридів кукурудзи зафіксував високу ефективність застосування полікомпонентного мікродобрива-антистресанта Вуксал Мікроплант, яка суттєво варіювала залежно від кратності внесення, дозування препарату та генотипу.

Одноразове позакореневе підживлення посівів у фазу 3–5 листків (ВВСН 13–15) нормою 0,5 та 1,0 л/га забезпечило формування врожайності зерна в діапазоні 14,4–16,3 т/га. Диференціація отриманих прибавок щодо контрольних варіантів мала таку сортову специфіку: максимальний приріст урожаю відзначено у гібрида ДКС 3609 (1,0 т/га), дещо нижчим він був у ДКС 3972 (0,7 т/га), а мінімальну реакцію продемонстрував гібрид ДКС 4351 (0,5 т/га).

Найбільш вагомий агрономічний ефект і максимальні прибавки зерна зафіксовано за умови дворазової обробки посівів у критичні фази онтогенезу – ВВСН 13–15 (новою 1,0 л/га) + ВВСН 18–19 (нормою 2,0 л/га). У середньому за роки досліджень рівень урожайності за цієї технологічної схеми становив: ДКС 3609 – 15,6 т/га (із максимальною абсолютною продуктивністю в окремі роки до 18,4 т/га, що достовірно перевищило контроль на 2,2 т/га); ДКС 3972 – 16,7 т/га (із чистим приростом урожайності щодо контролю на рівні 2,0 т/га); ДКС 4351 – 17,4 т/га (із прибавкою 1,1 т/га порівняно з контролем).



Рис. 1. Рослини кукурудзи ВВСН 15 та ВВСН 19 в період застосування препаратів біопротекторів (2025 рік)

Кліматичні особливості 2025 вегетаційного року виявилися найбільш сприятливими для реалізації адаптивного потенціалу культури. За дворазового внесення Вуксал Мікроплант (1,0 + 2,0 л/га) у посівах гібрида ДКС 3972 було отримано рекордно високу врожайність зерна – 18,6 т/га, що забезпечило максимальну в досліді прибавку до контролю на рівні 4,2 т/га.

Експериментально доведено, що оптимізація нутрієнтного статусу та еліситорна підтримка кукурудзи за схемою двократного застосування Вуксал Мікроплант є високоефективним технологічним рішенням, проте інтенсивність відгуку посівів чітко детермінується генетичними особливостями досліджуваних гібридів компанії DEKALB (Монсанто).

Література

1. Stolyarchuk T., Kalenska S., Taran V., Eremenko O., Kalenskyi V., Mokrienko V., Ovcharuk O. Productivity of corn hybrids depending on root system development, plant density and fertilizer. SSRN Electronic Journal. 2022. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4134870>.

2. Коваленко О. А., Дробітько А. В. Вплив мікро- та функціональних добрив на стресостійкість і продуктивність кукурудзи за умов зміни клімату. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 13–14 березня 2018 р.). Київ : Агроосвіта, 2018. С. 727–730.

3. Овчарук О. В., Рахметов Д. Б., Єременко О. А., Федорчук М. І. Вплив абіотичних і біотичних факторів на сільськогосподарські рослини. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика* : збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 20–22 жовтня 2021 р.). Київ : НУБіП України, 2021. С. 215–217.

4. Шевченко Л. А., Чмель О. П., Хоменко С. В. Вплив мікродобрив та рістрегуляторів на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах Півночі України. *Аграрні інновації*. 2020. № 4. С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.11>.