

The results confirm that in modern climatic conditions, it is advisable to use drought-resistant hybrids and adaptive cultivation technologies aimed at maximizing soil moisture conservation. Given the increase in the cost of sunflower seeds (from 13.6 to 26.8 thousand UAH/t in 2022–2025), the issue of economic efficiency in the selection of hybrids and technologies that ensure stable yields under climatic risks is also relevant.

The research conducted deepens the understanding of the adaptive potential of modern sunflower hybrids in the Forest-Steppe zone of Ukraine and can be used to optimize crop structure and predict yields, taking into account climate change trends.

Keywords: sunflower, hybrids, yield, agroclimatic indicators, climate change, forest-steppe zone.

УДК 633.15:631.559:631.95

DOI: <https://doi.org/10.31359/2413-7642-2025-2-226>

А. Науменко, аспірант

В. Коваленко, д-р с.-г. наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Київ, Україна

ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ КОМПЛЕКСНИХ АНТИСТРЕСОВИХ ЗАХОДІВ

Кукурудза є однією з найважливіших зернових культур світу, продуктивність якої в останні роки істотно знижується під впливом абіотичних і біотичних стресів. У зв'язку із цим, оптимізація технологій вирощування з використанням біологічних і біодинамічних препаратів у поєднанні зі стимуляторами росту розглядається як перспективний шлях підвищення стійкості культури. Метою роботи було оцінити ефективність інтегрованих антистресових технологій у формуванні продуктивності кукурудзи. Дослідження проведено в польових умовах за схемою з трьома варіантами комплексних листових обробок біопрепаратами на основі *Trichoderma spp.* та *Pseudomonas spp.*, поліфункціональними стимуляторами росту і біодинамічними препаратами. Обліковували фізіолого-біохімічні параметри розвитку рослин, морфологічні показники качанів і врожайність. Установлено, що застосування біологічних препаратів у поєднанні зі стимуляторами росту забезпечує підвищення довжини качанів на 1,0 см, маси качанів на 38–46 г, кількості зерен на 47–49 шт. і маси 1000 зерен на 13–20 г порівняно з контролем. Так, у 2023–2025 рр. приріст врожайності склав 12,9–14,9 %, причому найбільш виражений ефект спостерігався за комплексного використання біопрепаратів, стимуляторів росту та біодинамічних засобів. Практична цінність роботи полягає у доведенні доцільності впровадження інтегрованих антистресових систем у технологію вирощування кукурудзи, що дозволяє підвищити її продуктивність і стабільність урожаю в умовах глобальних кліматичних змін.

Ключові слова: біологічні препарати, стимулятори росту, антистресові технології, біодинамічні засоби, продуктивність кукурудзи, адаптація до стресу.

Вступ. Кукурудза (*Zea mays* L.) належить до провідних зернових культур світу, однак її продуктивність істотно обмежується впливом

абіотичних і біотичних стресів, насамперед посухи, різних коливань теплових хвиль та хімічного навантаження. Вивчення проблеми стресу рослин і факторів, які його викликають — фізичних, хімічних і біологічних, — засвідчує, що негативний вплив комплексу стресорів може бути знижений за рахунок оптимізації технологій вирощування. Зокрема, надмірне застосування хімічних препаратів доцільно обмежувати шляхом упровадження ефективних механічних методів боротьби з бур'янами або використання бінарних посівів, що успішно апробовано в органічному землеробстві. Перспективним напрямом є також заміна хімічних засобів захисту на біологічні, які активують імунну систему рослин та не спричиняють фітотоксичності. Додатковим інструментом є пофазне застосування комплексних багатофункціональних стимуляторів росту з вмістом гормонів, амінокислот, фульвових кислот та мікроелементів. Серед найбільш ефективних систем захисту рослин виділяють науково-обгрунтовану інтегровану систему захисту рослин (ІЗЗР). Проте останнім часом спостерігається розмиття цього поняття серед агровиробників, хімічних компаній і деяких науковців, коли рекомендації щодо агрономічних заходів, таких як обробіток ґрунту, вибір стійких сортів та фітомоніторинг, часто поєднуються лише з використанням хімічних засобів захисту (FAO, 2022). Національні джерела, зокрема Інститут захисту рослин НААН України, недостатньо обгрунтовує регіональні ІЗЗР, обмежуючись фрагментарними програмами досліджень, такими як «Інтегрована система захисту зернових культур від шкідників, хвороб і бур'янів» (NAAS, 2023).

Більш чіткі визначення інтегрованого захисту рослин пропонують міжнародні джерела, такі як EOS Data Analytics та концепція збалансованого природокористування, які визначають ІЗЗР як комплексний підхід, спрямований на довгостроковий захист рослин і запобігання появі шкідливих організмів [3]. При цьому,сновою методу є поєднання трьох взаємопов'язаних компонентів: агротехнічних і фізико-механічних методів, біологічних засобів і хімічних препаратів. Біологічні засоби доцільно розглядати не як експериментальні нововведення, а як невід'ємну складову системи захисту, що включає охорону природних регуляторів, хижаків, паразитів та збудників хвороб фітофагів. Для контролю шкідників застосовують препарати на основі грибів, бактерій та вірусів, які пригнічують шкідливі організми, не спричиняючи резистентності та маючи низьку токсичність для рослин [4].

Відмічено, що іопрепарати мають поліфункціональну дію, регулюючи фітопатогенну мікробіоту, зменшуючи біологічне забруднення агроєкосистем і покращуючи якість продукції. Взаємодія біологічних агентів може здійснюватися через паразитизм, хижацтво та

конкуренцію, а також за рахунок метаболітів, що мають біологічну активність [5]. Приклади ефективних біопрепаратів включають: *Trichodermin M* на основі *Trichoderma viride*, що пригнічує широкий спектр патогенів; *Planriz M* на основі *Pseudomonas fluorescens*, який має фунгіцидну та бактерицидну дію; та *Biplan M*, що поєднує комплексну дію.

Огляд літератури. Дослідження в окремих регіонах підтверджують ефективність комплексних антистресових заходів у підвищенні толерантності кукурудзи до водного дефіциту та високих температурі окремих фітофагів. Так, фоліарні обробки кремнієм і цинком сприяють відновленню фотосинтетичної активності та формуванню урожайності за різних режимів зрошення [6]. Використання саліцилової та аскорбінової кислот знижує фотодеструкцію та посилює антиоксидантний захист. Біостимулятори на основі *Trichoderma* spp. і гумінових речовин сприяє кращому розвитку рослин і підвищує їхню стійкість до стресів [7]. Ефективність антистресових заходів значно зростає при їхній інтеграції з водозбережними системами зрошення: поєднання біостимуляторів і мікроелементних фоліарних обробок з раціональними режимами зрошення. Це покращує водну продуктивність і дозволяє утримувати або підвищувати урожайність кукурудзи за обмежених ресурсів води [6, 10]. Попри значну кількість досліджень, бракує даних щодо оптимальних комбінацій антистресових і фітосанітарних заходів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, що визначає актуальність подальших експериментальних досліджень. Метою роботи є оцінка ефективності інтегрованих антистресових технологій у підвищенні продуктивності та стійкості кукурудзи, а завданнями – встановлення їхнього впливу на фізіолого-біохімічні, фітосанітарні показники, водний режим і урожайність культури.

Матеріали та Методи. Хмельницький район знаходиться в лісостеповій зоні України, що впливає на формування ґрунтового покриву. Типи ґрунтів: Найбільш поширеними в регіоні є різні види чорноземів, що відзначаються високою родючістю. Це, зокрема: Чорноземи опідзолені: Утворюються під широколистяними лісами на лесових породах і мають ознаки вимивання (опідзолення). Чорноземи типові: Характеризуються високим вмістом гумусу та сприятливою структурою. Сірі лісові ґрунти: Поширені на менш родючих ділянках і вимагають внесення добрив.

Для пом'якшення наслідків негативних факторів застосовували обробку насіння біопрепаратами, позакореневе підживлення мікроелементами та регуляторами росту з антистресовою дією.

Об'єктом дослідження були процеси фізіологічного розвитку рослин та формування врожаю кукурудзи, а предметом — гібрид

кукурудзи ФАО СИ Фрегат, комплекс мікробіологічних препаратів фунгіцидної та інсектицидної дії, а також поліфункціональні стимулятори росту на основі фульвових кислот, амінокислот, мікроелементів та фітогормонів. Робоча гіпотеза полягала в тому, що мінімізація наслідків негативної дії стресових факторів (шкідників, патогенів та хімічних пестицидів) разом із застосуванням стимуляторів росту дозволить збільшити період продуктивного розвитку рослин і підвищити врожайність.

Дослідження проводили за схемою польового досліду з чотирикратною повторністю та послідовним розміщенням варіантів. Площа облікової ділянки становила 70 м², посівної – 108 м²; загальна площа облікових ділянок – 1120 м², посівних – 1536 м². Контрольні ділянки залишалися необробленими. Обробки здійснювали у три фази розвитку кукурудзи за шкалою ВВСН: V1 – перший листок з комірцем, V4 – четвертий листок з комірцем, V9 – дев'ятий листок з комірцем.

1. Схема польового досліду

Варіанти	Строки проведення обробок / фаза розвитку кукурудзи		
	V1 – перший листок з комірцем	V4 – четвертий листок з комірцем	V9 – дев'ятий листок з комірцем
Контроль	Обробки не проводились		
Варіант №1	Триходермін – 2л/га; Планриз – 1л/га; Біплан – 2л/га;	Триходермін – 2л/га; Бітоксібацілін – 2л/га; Лепідоцид – 2л/га;	Триходермін – 2л/га; Бітоксібацілін – 2л/га; Лепідоцид – 2л/га;
Варіант №2	Триходермін – 2л/га; Планриз – 1л/га; Біплан – 2л/га; Щедродар К – 1л/га;	Триходермін – 2л/га; Бітоксібацілін – 2л/га; Лепідоцид – 2л/га; Щедродар – 1л/га;	Триходермін – 2л/га; Бітоксібацілін – 2л/га; Лепідоцид – 2л/га; Щедродар – 1л/га;
Варіант №3	Триходермін – 2л/га; Планриз – 1л/га; Біплан – 2л/га; Щедродар К – 1л/га; БД препарат;	Триходермін – 2л/га; Бітоксібацілін – 2л/га; Лепідоцид – 2л/га; Щедродар – 1л/га; БД препарат;	Триходермін – 2л/га; Бітоксібацілін – 2л/га; Лепідоцид – 2л/га; Щедродар – 1л/га; БД препарат;

У всіх варіантах дослідів ставилася задача дослідити вплив листових обробок на формування врожаю кукурудзи. Варіант №1 передбачав оцінку ефективності профілактичних обробок біологічними фунгіцидами та інсектицидами. Варіант №2 включав комплексні листові обробки біопрепаратами та стимуляторами росту Щедродар К та Щедродар. Варіант №3 поєднував біопрепарати, стимулятори росту та біодинамічні препарати (Бочковий компост ССР та Препарований роговий гній 500Р).

Коротка характеристика застосованих препаратів: Триходермін М – фунгіцидний та бактерицидний біопрепарат на основі *Trichoderma*

viride; Планриз М – фунгіцидний та віруліцидний препарат на основі *Pseudomonas fluorescens*; Біплан М – фунгіцидний та інсектицидний препарат на основі *Pseudomonas aureofaciens*; Бітоксібацилін М – інсектицид на основі *Bacillus thuringiensis var. thuringiensis*; Лепідоцид М – інсектицид на основі *Bacillus thuringiensis var. kurstaki*; Щедродар та Щедродар К – комплексні поліфункціональні стимулятори росту на основі амінокислот, фульвових кислот та мікроелементів. Біодинамічні препарати ССР та 500Р використовувалися для покращення структури ґрунту та активізації мікробіоти. Препарат ССР вносився під час першого обприскування (V1), а 500Р – під час другого (V4).

Результати та Обговорення. У варіантах досліджень №2 була поставлена задача дослідити вплив листових обробок з використанням біологічних засобів захисту рослин та комплексних стимуляторів росту на формування врожаю кукурудзи. Перелік біопрепаратів (БП) і норми їх використання залишилися такими ж, як і в варіанті №1. Для стимуляції росту були використані препарати Щедродар К та Щедродар.

В варіанті №2 було проведено три обробки:

У фазі розвитку кукурудзи V1 (перший листок): БП + Щедродар К (1 л/га).

У фазі розвитку кукурудзи V4 (четвертий листок) та V9 (дев'ятий листок): БП + Щедродар (1 л/га).

2. Вплив на продуктивність кукурудзи листових обробок біопрепаратами та стимуляторами росту, (середнє 2023-2025 рр.)

Варіант досліджу	Середня довжина качана, см	Середня маса качана, г	Середня кількість зерен, шт.	Середня маса зерна в качані, г	Маса 1000 зерен, г	Маса зерна з 1 м ² , г
Контроль	18,7	196	592	182,4	308	1368
Варіант №2	19,7	234	641	205,8	321	1544

Примітка: різниця між контролем і варіантом достовірна на рівні $p < 0,05$

Аналізуючи отримані дані в варіанті досліджу №2, наведені в табл. 2, можна дійти висновку, що зростання врожайності на 12,9% у порівнянні з контролем було забезпечено, в першу чергу, за рахунок збільшення кількості зерна в качані (+8,3%), а також за рахунок підвищення маси 1000 насінин (+4,2%). Отже, можна зробити висновок, що використання стимуляторів росту та мікроелементів може суттєво вплинути на формування першого качана кукурудзи, що в кінцевому результаті призведе до зростання врожайності.

У варіанті дослід № 3 було досліджено вплив на формування врожаю кукурудзи використання мікробіологічних препаратів,

комплексних стимуляторів росту та біодинамічних препаратів CPP (Фляденпрепарат) та 500P (препарований роговий гній).

У варіанті № 3 було проведено три обробки.

У фазі розвитку кукурудзи V1 (перший листок): БП + Щедродар К (1л/га) + CPP (0,25 кг/га).

У фазі розвитку кукурудзи V4 (четвертий листок): БП + Щедродар (1л/га) + 500P (0,1 кг/га).

У фазі розвитку кукурудзи (дев'ятий листок): БП + Щедродар (1л/га).

3. Вплив на продуктивність кукурудзи комплексних антистресових заходів, (середнє 2023-2025 рр.)

Варіант досліджу	Середня довжина качана, см	Середня маса качана, г.	Середня кількість зерна в одному качані, шт.	Середня маса зерна в 1 качані, г.	Маса 1000 зерен, г	Маса зерна з 1м ² , г
Контроль	18,7	196	592	182,4	308	1368
Варіант №3	19,7	242	639	209,8	328	1572

Примітка: різниця між контролем і варіантом достовірна на рівні $p < 0,05$

Аналізуючи отримані дані у варіанті досліджу №3, які наведені в табл. 3, можна дійти висновку, що результати варіанту №3 дуже близькі до результатів варіанту №2. Зростання врожайності на 14,9%, збільшення кількості зерна в качані (+8,0%), а також збільшення маси 1000 насінин (+6,5).

Отримані результати підтверджують важливість інтегрованого використання антистресових заходів у технології вирощування кукурудзи. Встановлено, що біологічні препарати на основі *Trichoderma spp.* та *Pseudomonas spp.*, у поєднанні зі стимуляторами росту, позитивно впливають на формування генеративних органів та підвищують масу зерна з качана. Застосування біодинамічних препаратів додатково покращувало показники продуктивності, хоча їхній вплив на кількість зерен у качані був обмеженим за посухи.

Подібні тенденції відзначають інші дослідники. Так, Lamlom et al. [6] повідомляють, що фоліарні обробки мікроелементами сприяють відновленню фотосинтетичної активності та підвищенню урожайності за умов посухи. Csótó et al. [7] показали, що біостимулятори на основі *Trichoderma spp.* активізують ріст і підвищують стійкість кукурудзи до окремих біотичних і абіотичних стресів. Наші результати узгоджуються з цими даними та доповнюють їх тим, що інтеграція біологічних,

біодинамічних препаратів і стимуляторів росту виявилася більш ефективною за ізольоване використання окремих заходів.

З практичної точки зору результати вказують на доцільність впровадження ку виробництво омплексних антистресових систем у виробничу практику. Зокрема, поєднання біопрепаратів і водозбережних систем зрошення може забезпечити стабільну урожайність навіть за обмежених ресурсів води [10]. Разом з тим, потребує подальших досліджень визначення оптимальних комбінацій антистресових препаратів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, що має інноваційне значення для адаптації технологій до зміни клімату.

Висновки. Дослідження підтвердили ефективність інтегрованих антистресових технологій у підвищенні продуктивності сучасних гібридів кукурудзи. Застосування біологічних препаратів у поєднанні зі стимуляторами росту забезпечує достовірне збільшення довжини та маси качанів, кількості зерен у качані та маси 1000 насінин, що призводить до підвищення врожайності на 12,9-14,9% порівняно з контролем. Вирогідно виражений ефект спостерігався при комплексному використанні біопрепаратів, стимуляторів росту та біодинамічних засобів.

Впровадження біологічних препаратів на основі *Trichoderma spp.* та *Pseudomonas spp.* сприяє активізації ростових процесів і підвищенню маси зерна, тоді як біодинамічні препарати покращують загальний стан рослин на фоні контрольованої родючості ґрунту, хоча їхній вплив на кількість зерен у качані виявилась обмеженою за посухи.

Отже, інтеграція антистресових заходів із водозбережними технологіями зрошення підвищує ефективність формування врожаю навіть за обмежених ресурсів води, що є важливим у контексті змін клімату та посилення абіотичних стресів. Результати дослідження підтверджують практичну цінність комплексного підходу та обґрунтовують його впровадження у виробничі системи вирощування кукурудзи.

Подальші дослідження доцільно зосередити на оптимізації комбінацій антистресових заходів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах для забезпечення стабільної та високої продуктивності культури.

Подяки

Немає

Фінансування

Немає

Конфлікт інтересів

Немає

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. FAO. Integrated Pest Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022. URL: <https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/integrated-pest-management/en/>
2. NAAS. Інтегрована система захисту зернових культур від шкідників, хвороб і бур'янів. Національна академія аграрних наук України, 2023. URL: <https://institut-zerna.com/library/repozitariy/docs/materialy-konf/konfinternational-conference-16-17-march-2023.pdf>
3. Pandit, M. A., Kumar, J., Gulati, S., Bhandari, N., Mehta, P., Katyal, R., Rawat, C. D., Mishra, V., & Kaur, J. (2022). Major Biological Control Strategies for Plant Pathogens. *Pathogens*, 11(2), 273. <https://doi.org/10.3390/pathogens11020273>
4. Khan, M., et al. Streptomyces as a Promising Biological Control Agent for Plant Pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 2022. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2023.1285543/full>
5. Verma, P., et al. Plant Development and Protection with Biocontrol Agents and Secondary Metabolites. CRC Press, 2021. URL: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003392910-7/plant-development-protection-biocontrol-agents-secondary-metabolites-parul-johri-mala-trivedi-manish-singh-rajput-mrunal-gokhale-nazleen-jahan>
6. Lamlo, S. F., Abdelghany, A. M., Ren, H., Ali, H. M., Usman, M., Shaghaleh, H., Alhaj Hamoud, Y., El-Sorady, G. A. (2024). Revitalizing maize growth and yield in water-limited environments through silicon and zinc foliar applications. *Heliyon*, 10(15), e35118. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35118> ScienceDirectPubMed
7. Csótó, A., Tóth, G., Riczu, P., Zabiák, A., Tarjányi, V., Fekete, E., Karaffa, L., Sándor, E. (2024). Foliar spraying with endophytic *Trichoderma* biostimulant increases drought resilience of maize and sunflower. *Agriculture*, 14(12), 2360. <https://doi.org/10.3390/agriculture14122360> MDPIspace Frontiers
8. Kandil, E. E., Lamlo, S. F., Gheith, E.-S. M., Javed, T., Ghareeb, R. Y., Abdelsalam, N. R., Hussain, S. (2023). Biofortification of maize growth, productivity and quality using nano-silver, silicon and zinc particles with different irrigation intervals. *The Journal of Agricultural Science*. <https://doi.org/10.1017/S0021859623000345> ResearchGateCambridge University Press & Assessment
9. Elmahdy, A. M., Ahmed, Y. M., Bakr, A. A. A., Lamlo, S. F., et al. (2023). Revolutionizing maize farming with potassium silicate foliar spray and water management techniques. *Silicon*, 15, 7121–7135. <https://doi.org/10.1007/s12633-023-02540-1>

10. Ocwa, A., Bojtor, C., Illés, Á. et al. (2024). Precision drip Irrigation System and Foliar Application of Biostimulant and Fertilizers Containing Micronutrients Optimize Photochemical Efficiency and Grain Yield of Maize (*Zea mays* L.). *J Soil Sci Plant Nutr* 24, 7786–7800 <https://doi.org/10.1007/s42729-024-02074-4>

11. Mazurenko, B., Hossain Sani, M. N., Litvinov, D., Kalenska, S., Kovalenko, V., Shpakovych, I., Pikovska, O., Gordienko, L., Yong, J. W. H., Ghaley, B. B., & Tonkha, O. (2025). Biostimulants-induced improvements in pea-barley intercropping systems: A study of biomass and yield optimization under Ukrainian climatic conditions. *Journal of Agriculture and Food Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102074>

12. Butenko, A., Datsko, O., Hotvianska, A., Nozdrina, N., Kovalenko, V., Rumbakh, M., Lemishko, S., Kozhushko, N., Toryanik, V., Kriuchko, L., & Davydenko, G. (2025). Assessment of the effectiveness of biofertilizers in the cultivation of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) in an organic crop rotation system. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 15(3), 1–8. <https://doi.org/10.31407/ijees15.301>

Andrii Naumenko, PhD-Student

Vitalii Kovalenko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

National university of life and environmental sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Impact of integrated anti-stress measures on maize productivity

Abstract. Maize is one of the most important cereal crops worldwide, yet its productivity is severely reduced by abiotic and biotic stresses. Optimization of cultivation technologies through the use of biological and biodynamic preparations in combination with growth stimulants is considered a promising approach to enhancing crop resilience. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of integrated anti-stress technologies in improving maize performance. The field experiment included three variants of foliar treatments with biological preparations based on *Trichoderma spp.* and *Pseudomonas spp.*, multifunctional growth stimulants, and biodynamic agents. Physiological and biochemical plant parameters, ear morphology, and grain yield were assessed. The results showed that the application of biological preparations combined with growth stimulants increased ear length by 1.0 cm, ear weight by 38–46 g, grain number per ear by 47–49, and thousand kernel weight by 13–20 g compared to the control. Grain yield increased by 12.9–14.9 %, with the strongest effect observed under combined use of biological, growth-stimulating, and biodynamic agents. The practical significance of the study lies in demonstrating the feasibility of implementing integrated anti-stress systems into maize cultivation technology, which enhances crop productivity and yield stability under climate change conditions.

Keywords: biological preparations, growth stimulants, anti-stress technologies, biodynamic agents, maize productivity, stress adaptation.