

УДК 631.811.98:631.559:633/635(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.9>

АНАЛІЗ ВПЛИВУ БІОСТИМУЛЯТОРІВ НА ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА УМОВ ПОСУХИ

Глеваський В.І. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри генетики, селекції і насінництва,

Білоцерківський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-3939-7215

Тимчий К.І. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри біотехнології та безпеки життєдіяльності,

Навчально-науковий інститут «Український хіміко-технологічний університет»

Українського державного університету науки і технологій

orcid.org/0000-0003-4141-6224

Лапчинський В.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри садівництва і виноградарства,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

orcid.org/0000-0002-8367-6334

У статті здійснено комплексний аналіз сучасних наукових підходів до застосування біостимуляторів у сільському господарстві. Посуха є серйозною загрозою для глобального виробництва сільськогосподарських культур, оскільки негативно впливає на їхній ріст та продуктивність. Крім безпосереднього уповільнення росту, вона також змінює хімічні, фізичні та біологічні властивості ґрунту, що позначається на загальному стані рослин і здоров'ї ґрунтового середовища. Розкрито сутність біостимуляторів як природних або напівсинтетичних сполук, здатних активізувати фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, підвищуючи їхню стійкість до стресових чинників, зокрема до посухи, а також сприяючи росту, розвитку та підвищенню врожайності. Визначено основні типи біостимуляторів: екстракти морських водоростей, гумінові кислоти, мікробні консорціуми, амінокислоти, фітогормони та хелатні мікроелементи. Проаналізовано наукові джерела щодо механізмів їхньої дії, зокрема впливу на фотосинтез, розвиток кореневої системи, синтез гормонів росту, регуляцію водного обміну та антиоксидантного захисту рослин. Також розглянуто ефективність біостимуляторів на прикладі вирощування соняшнику – однієї з основних олійних культур України. Здійснений аналіз свідчить, що застосування таких препаратів, як «Радіфарм» (для обробки насіння) і «Титон Бор Актив» (для позакореневого підживлення), оптимізує живлення рослин, прискорює їхній початковий ріст, покращує формування генеративних органів та забезпечує стабільну врожайність за несприятливих кліматичних умов. Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність і перспективність застосування біостимуляторів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, особливо в умовах кліматичних змін і підвищеного ризику посух. Встановлено необхідність подальших досліджень для визначення найефективніших типів біостимуляторів залежно від виду сільськогосподарської культури, типу ґрунту та конкретних умов вирощування. Такий підхід дасть змогу сформувати науково обґрунтовані рекомендації щодо їхнього оптимального застосування в різних агрокліматичних зонах України.

Ключові слова: сільське господарство, кліматичні умови, адаптація до стресу, ріст рослин, ефективність препаратів.

Hlevaskiy V.I., Timchyi K.I., Lapchynskiy V.V. Analysis of the impact of biostimulants on increasing the yield of agricultural crops under drought conditions

The article provides a comprehensive analysis of modern scientific approaches to the use of biostimulants in agriculture. Drought is a serious threat to global crop production because it negatively affects their growth and productivity. In addition to directly slowing down growth, it

also changes the chemical, physical and biological properties of the soil, which affects the overall condition of plants and the health of the soil environment. The essence of biostimulants as natural or semi-synthetic compounds capable of activating physiological and biochemical processes in plants, increasing their resistance to stress factors, in particular drought, as well as promoting growth, development and yield increase, has been revealed. The main types of biostimulants are identified: seaweed extracts, humic acids, microbial consortia, amino acids, phytohormones and chelated microelements. Scientific sources on the mechanisms of their action have been analysed, in particular their effect on photosynthesis, root system development, growth hormone synthesis, water metabolism regulation and antioxidant protection of plants. The effectiveness of biostimulants has also been examined using the example of sunflower cultivation, one of Ukraine's main oil crops. The analysis shows that the use of preparations such as Radifarm (for seed treatment) and Titon Bor Active (for foliar feeding) optimises plant nutrition, accelerates their initial growth, improves the formation of generative organs and ensures stable yields under unfavourable climatic conditions. Thus, the results of the study confirm the feasibility and promise of using biostimulants in crop cultivation technologies, especially in conditions of climate change and increased risk of drought. Further research is needed to determine the most effective types of biostimulants depending on the type of crop, soil type and specific growing conditions. This approach will allow the development of scientifically sound recommendations for their optimal use in different agroclimatic zones of Ukraine.

Key words: agriculture, climatic conditions, stress adaptation, plant growth, product efficiency.

Постановка проблеми. В умовах інтенсифікації технологій рослинництва досягнення високої продуктивності новітніх сортів і гібридів сільськогосподарських культур можливе завдяки впровадженню до технологічних схем додаткових біостимуляційних засобів. Особливої актуальності це питання набуває в умовах глобальних кліматичних змін, що призводять до зростання частоти посушливих періодів, зниження вологості ґрунту та атмосферного повітря, що негативно впливає на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах та їхню врожайність. Посуха є однією з основних загроз для світового виробництва сільськогосподарських культур, оскільки має негативний вплив на ріст і продуктивність економічно важливих культур. Крім фізичного обмеження росту рослин, такі умови також змінюють хімічні, фізичні та біологічні характеристики ґрунту, що прямо чи опосередковано позначається на стані рослин та здоров'ї ґрунтового середовища. Одним з основних наслідків водного дефіциту, спричиненого сильним стресом від посухи, є зниження активності, чисельності та різноманітності мікробних популяцій у ґрунті, а також зміни у складі їхніх спільнот [1]. Традиційні методи боротьби з наслідками посухи, такі як зрошення або зміна агротехнічних прийомів, не завжди є доступними або ефективними, особливо в умовах обмежених водних ресурсів. У зв'язку з цим зростає інтерес до біостимуляторів – речовин природного або синтетичного походження, здатних активізувати метаболічні процеси в рослинах, посилити їхню адаптацію до стресових чинників середовища, зокрема водного дефіциту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах сучасних викликів для українського сільського господарства, зокрема через російську збройну агресію, важливими стали дослідження, які оцінюють чинники впливу на конкурентоспроможність продукції сільськогосподарських культур і тваринництва. Одним із таких досліджень є робота Ю. Перегуди, у якій проаналізовано вплив російської військової агресії на конкурентоспроможність продукції тваринництва в Україні [2]. Л. Федоришина наголосила на тому, що це є значним викликом для агросектору України, потребує врахування не лише адаптаційних стратегій для продовольчих, але й кормових культур, важливих для тваринництва [3]. Одним із

підходів до підвищення урожайності в стресових умовах, зокрема посухи, є застосування біостимуляторів, здатних активізувати метаболічні процеси в рослинах та підвищити їхню стійкість.

Дослідження вітчизняних та закордонних науковців демонструють, що біостимулятори можуть значно покращити адаптацію рослин до негативних впливів навколишнього середовища. Зокрема, робота В. Алмашової та С. Скок висвітлює роль біопрепаратів і регуляторів росту рослин у забезпеченні високого потенціалу сільськогосподарського виробництва з мінімальним впливом на агроєкосистеми [4]. Ефективність застосування біостимуляторів, зокрема для інкрустації соняшнику, було підтверджено в дослідженні О. Ласло [5]. М. Соломійчук та М. Піковський виявили, що обґрунтований вибір системи біофунгіцидів і стимуляторів росту сприяє збільшенню врожайності сої та зменшенню поширення грибкових хвороб, усуваючи необхідність застосування хімічних препаратів [6]. М. Колесніков та Ю. Пашенко з'ясували, що спільне використання мікробіологічного препарату «Ризогумін» та біостимуляторів («Стимпо», «Регоплант») сприяє збільшенню кількості кореневих бульбочок на горохових рослинах у різних фазах їхнього розвитку [7].

Окремі дослідження підтверджують ефективність біостимуляторів, зокрема екстрактів морських водоростей, у покращенні поглинання поживних речовин і зростанні врожайності сільськогосподарських культур. Так, згідно з результатами досліджень низки авторів, зокрема П. Шукла (P. Shukla), Е. Мантін (E. Mantin), М. Аділ (M. Adil), С. Баджаї (S. Bajpai) та ін. екстракти *Ascophyllum nodosum* демонструють позитивний вплив на фізіолого-біохімічні процеси, пов'язані із живленням, розвитком кореневої системи, фотосинтезом та антиоксидантною активністю рослин. Встановлено, що завдяки вмісту фукоїданів, маніту, ламінарино, а також природних фітогормонів (ауксинів, цитокінінів, гіберелінів), водорості здатні значно підвищувати стійкість культур до несприятливих умов середовища, зокрема до посухи [8].

Таким чином, результати останніх досліджень свідчать про значний потенціал біостимуляторів у покращенні врожайності. Проте, попри прогрес у цій сфері, залишається відкритим питання підвищення стійкості сільськогосподарських культур до посухи.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз впливу біостимуляторів на продуктивність сільськогосподарських культур в умовах посухи.

Для досягнення цієї мети було поставлено такі завдання:

- 1) проаналізувати сучасні наукові підходи до застосування біостимуляторів у сільському господарстві;
- 2) вивчити вплив різних типів біостимуляторів на фізіолого-біохімічні показники рослин за умов посухи;
- 3) оцінити ефективність застосування біостимуляторів на прикладі соняшнику шляхом аналізу показників росту, розвитку та врожайності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Упродовж тривалого часу заходи боротьби з посухою залишалися традиційними, проте через погіршення кліматичних умов їх уже недостатньо. Сучасні виклики потребують розробки нових технологій для мінімізації негативного впливу на сільськогосподарські культури. Наукові дослідження свідчать, що впродовж останніх 100 років знання про посухи суттєво розширилися, а методи їхнього подолання та усунення наслідків значно вдосконалилися [3, с. 63].

Інтенсифікація агровиробництва часто призводить до зниження родючості ґрунтів та ослаблення стійкості культур до негативних чинників. Застосування

комплексів мікробіологічних препаратів і біостимуляторів у технологіях вирощування сільськогосподарських рослин активізує процеси росту, покращує засвоєння мінеральних речовин і сприяє підвищенню врожайності навіть за несприятливих умов [7, с. 24].

Біостимулятори – це сполуки або мікроорганізми, що впливають на фізіологічні процеси рослин, зокрема сприяють активнішому фотосинтезу, покращують засвоєння поживних речовин і підвищують стійкість до абіотичних чинників [9]. Завдяки цьому рослини здатні повніше реалізувати свій генетичний потенціал і формувати якіснішу сільськогосподарську продукцію.

Біостимулятори впливають на фізіологічні процеси рослини, підвищуючи її стійкість до абіотичних стресів, таких як нестача вологи, посуха та засоленість ґрунту. Наприклад, їхнє застосування на ріпаку сприяє активному розвитку кореневої системи й зміцненню імунітету рослин, що зумовлює їхню кращу адаптацію до несприятливих умов та здатність протистояти хворобам [10].

Можна виділити кілька груп біостимуляторів, які оптимізують взаємодію між рослиною та ґрунтовим середовищем і сприяють продуктивнішому використанню природного потенціалу ґрунтів (рис. 1). Так, екстракти водоростей містять широкий спектр біоактивних речовин, що покращують фізіологічні процеси рослин, зокрема фотосинтез і засвоєння поживних речовин. Гумінові кислоти сприяють покращенню структури ґрунту, підвищенню його родючості й поліпшенню поглинання поживних речовин. Мікробні препарати активізують корисну мікрофлору ґрунту, що також позитивно впливає на ріст і розвиток рослин [11, р. 74].

Серед основних сільськогосподарських культур, що вирощуються в Україні, особливе значення мають зернові, олійні та технічні. До них належать пшениця, ячмінь, кукурудза, соняшник, соя, ріпак, а також картопля та овочі, які відіграють важливу роль у гарантуванні продовольчої безпеки країни та розвитку аграрного сектору.

В умовах зростання кліматичних ризиків важливим напрямом підвищення врожайності є поєднання агротехнологій із біостимуляторами та впровадження у виробництво стійких до стресу культур. Однією з таких є спельта – *Triticum spelta* L., яка завдяки додатковим лускам і природній стійкості до хвороб та шкідників демонструє високу адаптивність до несприятливих кліматичних умов. У поєднанні з біостимуляторами ця культура може забезпечити ще вищий рівень продуктивності, що відкриває нові можливості для органічного та ресурсоефективного землеробства. Досвід вирощування спельти в умовах кліматичного стресу підтверджує ефективність такого підходу й підкреслює важливість застосування біологічно активних препаратів і для інших культур [11]. Зокрема, істотне значення має підвищення посухостійкості однієї з ключових олійних культур – соняшнику.

Україна продовжує утримувати позицію найбільшого виробника насіння соняшнику, яке високо цінується за його продуктивність та економічну вигоду. Соняшник є основним джерелом високоякісної рослинної олії, яка використовується в харчовій промисловості та експортується в багато країн світу. Розглянемо вплив біостимуляторів на врожайність сільськогосподарських культур в умовах посухи на прикладі соняшнику. Для дослідження було обрано два препарати, що мають науково підтверджену ефективність у покращенні стійкості рослин до стресових умов і стимулюванні їхнього росту: «Тітон Бор Актив» та «Радіфарм» (табл. 1).

Мікробні препарати

біостимулятори, що містять живі бактерії та гриби, а також засоби з інактивованими мікроорганізмами чи їхніми метаболітами, сприяють виділенню органічних кислот кореневою системою рослин, завдяки чому розчиняються важкодоступні речовини ґрунту та покращується засвоєння поживних елементів

Амінокислоти та пептиди (білкові гідролізати)

комплекси пептидів і амінокислот, отримані шляхом ферментативного або хімічного розщеплення білків рослинного чи тваринного походження, активізують метаболізм вуглецю та азоту, сприяють їхньому ефективному засвоєнню та регулюють функціонування ферментів фотосинтетичного циклу

Гумати та фульвові кислоти

походять із природних органічних джерел, таких як леонардит, торф, компости та вермикомпости; покращують доступність фосфору та інших поживних елементів, стимулюють транспортування іонів і метаболітів через клітинну мембрану

Екстракти морських водоростей

містять полісахариди, фітогормони та амінокислоти, що стимулюють кореневу систему, регулюють транспірацію та зміцнюють клітинні мембрани, підвищуючи стійкість рослин до стресових умов

Фітогормони

отримані шляхом ферментації або синтезу, стимулюють ріст і розвиток рослин

Мікроелементи

(Al, Co, Se, Si) діють як біостимулятори, активуючи ферментні системи, синтез фітогормонів та терморегуляцію, а фосфіти можуть мати стимулювальні та фунгіцидні властивості

Рис. 1. Види біостимуляторів та їхня дія на сільськогосподарські культури

«Тітон Бор Актив» – препарат, який завдяки синергізму бору, марганцю, молібдену та кобальту, сприяє покращенню обміну речовин у рослинах, підвищенню засвоєння поживних елементів та стимулює фотосинтез. Бор у складі добрива зміцнює клітинні мембрани, запобігаючи втраті їхньої еластичності [12]. «Радіфарм» є комплексом природних біологічно активних речовин, що не лише стимулює укорінення рослин, а й забезпечує їх необхідними ресурсами [13]. Завдяки антистресантам у складі, спрямованим на відновлення пошкодженої кореневої системи, рослини підвищують здатність поглинати вологу.

Таблиця 1

Вплив біостимуляторів на врожайність соняшнику, масу 1000 насінин та висоту рослин

Біостимулятор	Урожайність, ц/га	Маса 1000 насінин, г	Висота рослини, см
Контроль	18,5 ± 0,7	52,1	142 ± 3,1
«Тітон Бор Актив»	21,3 ± 0,6	55,4	148 ± 2,8
«Радіфарм»	24,7 ± 0,8	58,9	154 ± 3,5

Джерело: авторська розробка

Ці біостимулятори мають різні механізми дії та способи внесення. Зокрема, препарат «Радіфарм» застосовувався шляхом передпосівної обробки насіння. Такий спосіб сприяє активації початкових фаз росту рослин, забезпечуючи кращу енергію проростання, особливо в дрібнонасінневих культур (норма внесення – 0,5 л/т). «Тітон Бор Актив» – це мікродобриво на основі хелатного бору з підвищеною біодоступністю, яке вноситься переважно позакореневим методом (обприскуванням по вегетативній масі рослин) (норма внесення – 0,5 л/га).

Ефективність цих біологічних препаратів оцінювалась на посівах гібрида соняшнику «Санрайз» в умовах Півдня України, зокрема в Миколаївській області. Сівба проводилася в оптимальні строки для цієї кліматичної зони – 25 квітня. Норма висіву – 50 тис. насінин на 1 га. Облікова площа експериментальної ділянки складала 1 га, а попередньою культурою для соняшнику була озима пшениця. Спостереження та відбір проб здійснювали згідно із загальноприйнятою методикою [14].

Згідно з отриманими усередненими даними (2022–2024 рр.), застосування біостимуляторів позитивно вплинуло на показники продуктивності соняшнику в умовах посухи. Зокрема, «Тітон Бор Актив» сприяв зростанню врожайності на 15,1 % порівняно з контролем, тоді як «Радіфарм» забезпечив приріст урожайності на 33,5 %. Аналогічна тенденція спостерігається й щодо маси 1000 насінин та висоти рослин. Це свідчить про високу ефективність застосування біостимуляторів як елемента адаптивної технології вирощування соняшнику в посушливих умовах. Більшу ефективність показав біостимулятор «Радіфарм», що пов'язано з його комплексною дією, що охоплює кілька аспектів росту та адаптації рослин до посухи. Цей біостимулятор містить сапоніни, бетаїн, полісахариди та цинк, які покращують кореневу систему рослини та її стійкість до стресових умов [16]. Крім цього, «Радіфарм» активно стимулює утворення нових корінців, збільшуючи площу поглинання води й поживних речовин, що є критично важливим за умов обмеженого водозабезпечення.

Висновки і пропозиції. Сільське господарство є основою економіки України, однак воно постає перед такими викликами, як зміна клімату, виснаження ґрунтів, зниження врожайності. У таких умовах особливої важливості набувають раціоналізація та оптимізація агротехнологій. Узагальнення результатів численних наукових праць дало змогу визначити, що біостимулятори є перспективним інструментом підвищення стресостійкості рослин, який забезпечує оптимізацію їхнього метаболізму, покращення засвоєння елементів живлення та активізацію фізіолого-біохімічних процесів. Оцінка ефективності біостимуляторів на прикладі гібрида соняшнику «Санрайз» в умовах Півдня України показала, що застосування таких препаратів, як «Радіфарм» і «Тітон Бор Актив»,

позитивно впливає на ріст, розвиток та урожайність культури. З огляду на позитивні ефекти застосування зазначених біостимуляторів, рекомендовано оцінити ці два препарати на предмет очікуваних подібних ефектів у майбутніх польових дослідженнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Impacts of biostimulants on crop yield and biological activity under drought conditions / J. Wadduwage et al. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*. 2024. № 3(1). DOI: <https://doi.org/10.1002/sae2.12093> (date of access: 25.04.2025).
2. Перегуда Ю. Фактори, що впливають на конкурентоспроможність продукції тваринництва в Україні в умовах російської військової агресії. *Менеджмент і підприємництво: тенденції розвитку*. 2022. № 4(22). С. 69-77. DOI: <https://doi.org/10.26661/2522-1566/2022-4/22-06> (дата звернення: 25.04.2025).
3. Федоришина Л. Проблема впливу глобальної зміни клімату на розвиток аграрної галузі в Україні: історичний екскурс. *Scientific Papers of the Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University Series History*. 2024. № 50. С. 60-67. URL: https://www.researchgate.net/publication/388763514_Vpliv_zmini_klimatu_na_rozvitok_agrarnogo_virobnictva (дата звернення: 25.04.2025).
4. Алмашова В. С., Скок С. В. Ефективність використання біологічних та рістрегулюючих препаратів для вирощування сільськогосподарських культур у зоні південного степу України. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*. 2022. № 47(1). С. 11-17. DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.2> (дата звернення: 25.04.2025).
5. Ласло О. О. Показники ефективності застосування регуляторів росту рослин у технології вирощування соняшнику за умов глобальних кліматичних змін. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. № 2. С. 107-112. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.12> (дата звернення: 25.04.2025).
6. Solomiychuk M., Pikovskyi M. Influence of biostimulants and biostimulating complexes on the growth and development of soybeans in the Western Forest-steppe of Ukraine. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Phytosanitary Safety*. 2021. № 67. Р. 251-269. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.251-269> (date of access: 25.04.2025).
7. Колесніков М.О., Пашенко Ю.П. Продукційний процес гороху посівного (*Pisum sativum* L.) за дії Ризогуміну та біостимуляторів в умовах Південного Степу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2022. № 1. С. 24–35. URL : <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/agro-1-2022.pdf#page=24> (дата звернення: 25.04.2025).
8. Ascomycotina-Based Biostimulants: Sustainable Applications in Agriculture for the Stimulation of Plant Growth, Stress Tolerance, and Disease Management / P. S. Shukla et al. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655> (date of access: 28.04.2025).
9. Foliar Spraying with Endophytic Trichoderma Biostimulant Increases Drought Resilience of Maize and Sunflower / A. Csótó et al. *Agriculture*. 2024. № 14(12). DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14122360> (date of access: 25.04.2025).
10. Response of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to selected biostimulants under drought conditions / D. Radzikowska-Kujawska et al. *Agriculture*. 2022. № 13(1). DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13010121> (date of access: 25.04.2025).
11. Application of biostimulants in agriculture: Effects on plant growth and yield / V. Skliar et al. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, no. 9. Р. 73–85. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor9.2024.73> (date of access: 28.04.2025).
12. Комплексне Добриво Тітон Соняшник. *Компанія Квадро Плюс. Виробник мікродобрив та стимуляторів росту рослин*. URL: <https://titon.ua/bor-aktiv> (дата звернення: 28.04.2025).

13. Біостимулятор росту Радіфарм Valagro. «Аграріан». URL: <https://agrarian.org.ua/ua/p2380658448-biostimulyator-rosta-radifarm.html> (дата звернення: 28.04.2025).

14. Методика наукових досліджень в агрономії. Ермантраут В.Р., Бобро М.А., Гопцій Т.І. та ін. Харків: ХНАУ, 2008. 63 с.

15. High temperatures modify plant responses to abiotic stress conditions / D. Balfagón et al. *Physiologia Plantarum*. 2020. № 170(3). DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.13151> (date of access: 25.04.2025).