

та Арізона становила відповідно 1,51; 1,82; 1,34 та 1,47 т/га. Водночас застосування комплексної системи удобрення забезпечувало істотне підвищення продуктивності та частково нівелювало негативний вплив погодних чинників. Найвищі показники врожайності отримано за комплексного застосування $N_{50}P_{40}K_{50}$, біопрепарату та П.П.: у гібрида РТЖ Вольф – 3,11 т/га, Бельведер – 3,05, НК Конді – 2,73 та Арізона – 2,44 т/га.

За результатами трирічних досліджень встановлено, що врожайність гібридів соняшнику істотно залежала від погодних умов року вирощування, генотипових особливостей та системи удобрення. Найсприятливішим за рівнем продуктивності виявився 2024 р., тоді як у 2025 р. спостерігалось її зниження внаслідок менш сприятливих погодних умов. Застосування мінерального удобрення $N_{50}P_{40}K_{50}$ забезпечувало підвищення врожайності порівняно з контролем, а найвищі показники отримано за комплексного застосування мінеральних добрив, біопрепарату та П.П. Максимальну врожайність сформував гібрид РТЖ Вольф – 4,45 т/га у 2024 р., що свідчить про високу ефективність поєднання адаптованого генотипу з оптимізованою системою живлення рослин.

Література

1. Паламарчук В. Д., Кричковський В. Ю. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від позакоренових підживлень. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 78 (1). DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(78\)-1-9](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(78)-1-9).

2. Інноваційні підходи до фіторемедіації та фіторекультивуації у сучасних системах землеробства : монографія / Я. Г. Цицюра та ін. Вінниця : ТОВ «Друк», 2022. 1200 с.].

ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ОПТИМІЗАЦІЇ МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Кедрун О. В., асистент

Прищеп А. М., д. с.-г. н., професор

Навчально-науковий інститут агроєкології та землеустрою
Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна

Зміна клімату посилює нестабільність умов формування врожаю: рослини частіше зазнають температурних стресів, дефіциту вологи та різких коливань гідротермічного режиму. За таких умов ефективність традиційної системи живлення дедалі більше залежить не лише від забезпечення макроелементами, а й від своєчасної корекції мікроелементного статусу та підтримання фізіологічної активності рослин [1, 2, 3].

Особливого значення набувають позакореневі підживлення, які дають змогу оперативно забезпечувати рослину фізіологічно важливими елементами та біологічно активними сполуками у критичні фази розвитку [4].

Для бобових культур особливе значення мають молібден (Mo) і кобальт (Co), оскільки їх дія безпосередньо пов'язана з біологічною фіксацією азоту. Молібден входить до функціональної системи ферменту нітрогеназа, який забезпечує відновлення молекулярного атмосферного азоту азотфіксуючими мікроорганізмами. Кобальт пов'язаний із синтезом кобаламіну (вітаміну B12), необхідного для життєдіяльності ризобій [5].

У сучасних системах живлення мікроелементи доцільно розглядати у взаємодії з біостимуляторами. Так до прикладу, екстракти морських водоростей *Ascophyllum nodosum* містять комплекс біологічно активних речовин – фітогормональні сполуки, бетаїни, амінокислоти та вітаміни. У дослідженнях відзначено їхню здатність підтримувати розвиток кореневої системи, симбіоз із бульбочковими бактеріями, цвітіння та зав'язування бобів, а також покращувати використання азоту, фосфору і мікроелементів. За стресових умов такі екстракти розглядаються як «біологічний буфер», що допомагає рослині зберігати продуктивність [3, 6].

Метою роботи є узагальнення та систематизація результатів польових досліджень ефективності позакореневого застосування мікроелементів і біологічно активних речовин для оптимізації мінерального живлення сої, встановлення закономірностей їх впливу на продуктивність культури та обґрунтування диференційованого підходу до оптимізації живлення сільськогосподарських культур в умовах зміни клімату.

Польові дослідження проводили у 2023 р. на дослідному полі в с. Зоря Рівненського району Рівненської області. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений темно-сірими середньо- та важкосуглинковими ґрунтами зі слабокислою реакцією ґрунтового розчину. Метеорологічні умови вегетаційного періоду характеризувалися достатнім зволоженням. Значення гідротермічного коефіцієнта (ГТК) становило 1,00, що свідчило про умови, близькі до гідротермічного оптимуму для вирощування сільськогосподарських культур.

Об'єктом досліджень була соя (*Glycine max* (L.) Merr.) середньораннього сорту STINE 11N20. У досліді вивчали ефективність позакореневого застосування комплексу мікроелементів на основі молібдену і кобальту (Mo+Co), екстракту морських водоростей *Ascophyllum nodosum* та вільних L-амінокислот рослинного походження. Застосування досліджуваних препаратів здійснювали у відповідні фази вегетації сої з урахуванням фізіологічних потреб рослин: Mo+Co – у фазі 3–5 трійчатих листків, *Ascophyllum nodosum* – у фазі початку бутонізації, L-амінокислоти – у фазі завершення цвітіння – формування бобів.

Ефективність досліджуваних чинників визначали за основними показниками росту та розвитку рослин, формуванням структурних елементів продуктивності та рівнем урожайності сої.

Схема досліду (чотири варіанти: контрольний та три дослідні) передбачала порівняння контрольного варіанта з варіантами, у яких застосовували окремі складові системи фоліарного живлення сої з різними нормами внесення. У контрольному варіанті вирощування сої проводили без застосування досліджуваних препаратів. У першому дослідному варіанті передбачалося позакореневе застосування комплексу мікроелементів на основі молібдену та кобальту (Mo + Co) з нормами внесення 0,3; 0,5; 0,7 і 0,9 л/га, у другому – екстракту морських водоростей *Ascophyllum nodosum* з нормами внесення 0,5; 1,0; 1,5 і 2,0 л/га, у третьому – вільних L-амінокислот рослинного походження з нормами внесення 0,5; 1,0; 1,5 і 2,0 л/га.

Застосування препаратів здійснювали у визначені фази вегетації сої відповідно до схеми досліду.

Контрольний варіант використовували як базовий для оцінювання впливу досліджуваних препаратів на ріст і розвиток рослин, формування структурних елементів урожаю, урожайність та вміст білка в зерні. Урожайність у контролі становила 2,56 т/га, а вміст білка у зерні – 37,0%.

Результати досліджень першого варіанта засвідчили, що застосування мікроелементного препарату, який містив молібден (Mo) у концентрації 80 г/л та кобальт (Co) 8 г/л, сприяло оптимізації мікроелементного живлення рослин сої. Кобальт у складі препарату перебував у хелатній формі з EDTA. Застосування зазначеного препарату було спрямоване на підтримання процесів симбіотичної азотфіксації та ефективного використання азоту рослинами сої [4, 5, 7, 8].

Фоліарне внесення Mo + Co у фазі BBCH 13–15 (3–5 трійчастих листків) забезпечило чітку дозозалежну реакцію. За норми 0,3 л/га врожайність підвищилася до 2,94 т/га, тобто на 0,38 т/га або 14,8% відносно контролю. За 0,5 л/га одержано 3,13 т/га (+22,3%), за 0,7 л/га – 3,23 т/га (+26,2%), а за максимальної норми 0,9 л/га – 3,27 т/га, що відповідало приросту 0,71 т/га або 27,7%. Одночасно вміст білка зріс від 37,0% на контролі до 38,6% за норми 0,9 л/га.

Важливо, що зі збільшенням норми темп приросту врожайності поступово сповільнювався. Усі досліджені норми визначено як окупні, а найбільш рентабельним виявився діапазон 0,3–0,7 л/га. Отже, оптимізація мікроелементного живлення має базуватися на пошуку зони максимальної віддачі, а не на механічному збільшенні норми. Для сої це особливо важливо, оскільки Mo і Co не просто усувають потенційний дефіцит, а підтримують функціонування симбіотичної системи, від якої залежить азотне живлення та формування білка [4, 7, 8].

Другий варіант досліду передбачав внесення екстракту морських водоростей *Ascophyllum nodosum* (концентрація еквівалентна вмісту синтетичних фітогормонів 132 ppm/л) у фазі BBCH 51–52 (початок бутонізації). В нормі 0,5 л/га це підвищило врожайність до 2,89 т/га (+0,33 т/га; +12,9%). За 1,0 л/га врожайність становила 3,29 т/га (+0,73 т/га; близько +28,5%), за 1,5 л/га – 3,36 т/га (+31,3%), а за 2,0 л/га – 3,37 т/га (+31,6%). Вміст білка зростав

відповідно від 37,0% на контролі до 38,0% за максимальної норми. Після 1,0 л/га приріст урожайності різко сповільнювався: збільшення норми удвічі – від 1,0 до 2,0 л/га – дало лише близько 0,08 т/га додаткового врожаю. Саме тому найбільш рентабельним у дослідженні визначено діапазон 0,5–1,0 л/га.

Цей результат має принципове значення для адаптивних технологій. Біостимулятор не замінює мінерального живлення, але може підвищувати ефективність його використання та підтримувати фізіологічні процеси у критичні періоди. В умовах кліматичної нестабільності це дозволяє зміщувати акцент від простого наросування кількості елементів живлення до керування їх засвоєнням і метаболічною ефективністю [3, 6].

Третім компонентом дослідженої системи були вільні L-амінокислоти рослинного походження (екстракт концентрацією 200 г/л). Основна їх роль пов'язується зі зниженням гербіцидного та температурного стресів, участю у синтезі хлорофілу, роботі фотосистем і азотному обміні, підтримкою бульбачкового апарату та доступності мікроелементів. Вільна L-форма має перевагу швидкого включення у метаболічні процеси порівняно з більшими пептидними молекулами, що особливо актуально тоді, коли власний синтез амінокислот рослиною обмежений стресом [3, 6].

Позакореневе застосування екстракту вільних L-амінокислот у фазі ВВСН 69–71 (завершення цвітіння - формування бобів) дало найвищу абсолютну врожайність серед трьох досліджених напрямів. За норми 0,5 л/га врожайність становила 2,92 т/га (+14,1%), за 1,0 л/га – 3,37 т/га (+31,6%), за 1,5 л/га – 3,41 т/га (+33,2%), за 2,0 л/га – 3,44 т/га (+34,4%). Вміст білка підвищився від 37,0% до 38,6%. Найбільш інтенсивне зростання врожайності спостерігалось у діапазоні 0,5–1,0 л/га; подальше збільшення норми забезпечувало лише незначний додатковий ефект. Економічно найбільш рентабельними визначено норми 0,5–1,0 л/га.

Порівняння трьох досліджень показує спільну закономірність: оптимізоване фоліарне живлення впливало не лише на врожайність, а й на структурні показники рослин та якість зерна. За підвищення норм досліджуваних продуктів зростали висота рослин, галуження, кількість бобів і частка бобів із 3–4 насінинами. Максимальний приріст урожайності відносно єдиного контролю становив 27,7% для Мо + Со, 31,6% для *Ascorphyllum nodosum* і 34,4% для вільних L-амінокислот. Водночас в усіх трьох випадках проявлявся ефект спадної граничної віддачі: після досягнення певної норми додаткове збільшення дози давало дедалі менший приріст.

На основі отриманих результатів оптимізацію мікроелементного живлення в умовах зміни клімату доцільно будувати як фазово орієнтовану систему. На ранніх етапах розвитку сої пріоритетним є забезпечення функціонування азотфіксуючого симбіозу, де важливу роль відіграють Мо і Со. У період бутонізації доцільним є застосування біостимуляторів, здатних підтримати кореневу систему, цвітіння, зав'язування та ефективність використання елементів живлення. У фазі завершення цвітіння - формування

бобів особливого значення набуває підтримка метаболізму та антистресової стійкості за допомогою швидкодоступних вільних L-амінокислот [3–6].

Такий підхід не слід трактувати як універсальну рецептуру для всіх сільськогосподарських культур: наведені кількісні результати отримано саме на сої STINE 11N20 у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах покордоння Західного Полісся та Західного Лісостепу. Водночас дослідження підтверджують загальну технологічну логіку, актуальну в умовах кліматичних змін: діагностувати найбільш уразливий фізіологічний процес, забезпечувати потрібний елемент або біостимулюючу сполуку у відповідну фазу та оцінювати не тільки максимальний біологічний ефект, а й економічний оптимум.

Отже, позакореневе застосування молібдену і кобальту, екстракту морських водоростей *Ascophyllum nodosum* та вільних L-амінокислот рослинного походження позитивно впливало на врожайність і вміст білка у зерні сої. Найвищий приріст урожайності забезпечили L-амінокислоти – 34,4%, екстракт *Ascophyllum nodosum* – 31,6%, а Mo + Co – 27,7%. Оптимальні норми застосування становили відповідно 0,5–1,0; 0,5–1,0 та 0,3–0,7 л/га. Отримані результати підтверджують доцільність оптимізації фоліарного живлення сої з урахуванням урожайності, якості зерна та економічної ефективності.

Література

1. Мельник А. В., Романько Ю. О., Романько А. Ю., Дудка А. А. Вплив погодно-кліматичних параметрів на врожайність зерна сучасних сортів сої в умовах північно-східного лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2019. Вип. 109(1). С. 76–83.
2. Polovyy V., Hnativ P., Balkovsky V., Ivaniuk V., Lahush N., Shestak V., Szulc W., Rutkowska B., Lukashchuk L., Lukyanik M., Lopotych N. The influence of climate changes on crop yields in Western Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11(1). P. 384–390. DOI: 10.15421/2021_56.
3. Мірошніченко М., Гладкіх Є. Агротехніка за стресових умов. *Farmer (the Ukrainian)*. 2015. № 10(70). С. 36–39.
4. Санін Ю. В., Санін В. А., Санін О. Ю. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. *Журнал Агроном*. 2015. № 4(50). С. 31–33.
5. Доломанов О. М. Сучасні мікродобрива та інокулянти від ТОВ НВФ «Агро світ». *Зерно*. 2015. № 3(108). С. 194–195.
6. Veremeenko S., Oleinik O., Furmanets O. Evaluation of the effectiveness of the use of plant growth stimulants on the productivity of agricultural crops. *Journal Sustainable Development*. Varna, 2015. Vol. 4(25). P. 40–44.
7. Польовий В. М., Кулик С. М. Формування фотосинтетичного апарату сої залежно від удобрення та післядії вапнування. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2016. Вип. 88(1). С. 60–67.
8. Польовий В. М., Кулик С. М. Вплив застосування добрив та вапнякових меліорантів на поживний режим дерново-підзолистого ґрунту за вирощування

БІОСТИМУЛЯТОРИ, КРЕМНІЙ ТА БІОЧАР ЯК ІНСТРУМЕНТИ АДАПТАЦІЇ РОСЛИННИЦТВА ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ ДО ПОСУХИ

Коваленко О. А., д. с.-г. н., провідний науковий співробітник,
Миколаївська державна сільськогосподарська
дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого
сільського господарства НААН України,
м. Миколаїв

Клімат Південного Степу України впродовж останніх десятиліть зазнає стійкої аридизації: багаторічний моніторинг фіксує зростання повторюваності та тривалості посух, зміщення меж агрокліматичних зон і скорочення ресурсів продуктивної вологи [1]. Аналіз метеорологічних рядів підтверджує довготривалий тренд посилення метеорологічних посух на більшій частині території країни, причому південні області залишаються найуразливішими [2]. Вегетаційний період 2026 року на Миколаївщині виявився показовим щодо цих процесів: за гідротермічного коефіцієнта Селянінова 0,15–0,25, дефіциту опадів близько 70% від норми та максимальних температур повітря до +36 °С посіви формувалися за істотного водного дефіциту. За таких умов класичні агротехнічні прийоми вже не гарантують стабільної продуктивності, тож на перший план виходять технології, що безпосередньо підвищують стійкість рослин до стресу.

Одним із дієвих напрямів адаптації є застосування біостимуляторів. Вони активують антиоксидантну систему, регулюють водний обмін і гормональний баланс рослини, унаслідок чого пом'якшують негативний вплив абіотичних стресів і зменшують втрати врожаю за посухи [3]. Їхня дія посилюється в поєднанні з ґрунтополіпшувачами, що утримують вологу в кореневмісному шарі.

Саме таким компонентом слугує біочар. Глобальний метааналіз польових дослідів засвідчив, що внесення біочару поліпшує гідрофізичні властивості ґрунту та підвищує ефективність використання води культурами, а найбільший приріст спостерігається на легких за гранулометричним складом ґрунтах, характерних для Степу [4]. Пориста структура біочару не лише нагромаджує вологу, а й працює як носій для поживних речовин і корисної мікрофлори, посилюючи дію внесених препаратів.

Окрему роль у формуванні посухостійкості відіграють ризосферні бактерії, що стимулюють ріст рослин (PGPR). Через синтез ферменту АЦК-дезамінази вони знижують рівень «стресового» етилену, підтримують розвиток кореневої системи й поглинання води, чим послаблюють пригнічення рослин за