

**ЦИТРАТОХЕЛАТИ ЦИНКУ, МАРГАНЦЮ ТА САЛІЦИЛОВА
КИСЛОТА — ПЕРСПЕКТИВНІ СКЛАДОВІ НОВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ
МІКРОДОБРІВ ДЛЯ ПШЕНИЦІ**

О.Є. ДАВИДОВА, кандидат хімічних наук,

М.Д. АКСИЛЕНКО, В.М. МОКРИНСЬКИЙ, кандидати
сільськогосподарських наук

С.І. КОТЕНКО, А.П. ГАЄВСЬКИЙ, наукові співробітники

*Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії Національної академії наук
України*

У вегетаційних дослідках визначали ефективність композиційних препаратів на основі саліцилової кислоти та цитратохелатів цинку і марганцю, одержаних за використання нанотехнології, як складових багатокomпонентних комплексних мікродобрив для озимої пшениці. Показано, що колоїдні розчини та цитратохелати цинку і марганцю, застосовані для передпосівної обробки насіння, забезпечують підвищення виносу рослинами пшениці фосфору важкорозчинних мінеральних фосфатів, накопичення сухої речовини, активізують роботу фотосинтетичного апарату, підвищує стресостійкість рослин.

***Ключові слова:** колоїдні розчини, цитратохелати цинку та марганцю, саліцилова кислота, *Triticum aestivum L.*, пшениця озима, дефіцит фосфорного живлення*

На українському ринку домінують мікродобрива — препарати на основі переважно хелатів з використанням як ліганду етилендіамінтетраоцтової (ЕДТА) або оксиетилидендифосфонової кислоти (ОЕДФ). ЕДТА має недоліки — розкладається в природному середовищі з утворенням токсичніших сполук,

ніж сама кислота, не виконує біорегуляторної функції. Хелати заліза, молібдену та деяких інших мікроелементів на основі ЕДТА ефективні тільки при їх застосуванні на кислих та помірно-кислих ґрунтах, у нейтральних і слаболужних вони нестабільні. ОЕДФ, прийнятніший як ліганд, але для рослин неприродна сполука. При її використанні в суміші з водою підвищеної жорсткості мікроелементи утворюють нерозчинні солі, які не засвоюються рослинами. У цьому випадку робочий розчин потребує додаткового підкислення. Тому дуже актуальною є розробка нових комплексних високого ступеня чистоти і екологічної безпеки мікродобрих з використанням для хелатування в колоїдних розчинах наночастинок окремих мікроелементів три- і двокарбонових органічних кислот, які є природними для рослин і залучаються до їх обмінних процесів [1,6].

Розробляючи рецептуру комплексного мікродобрива з нової сировини (колоїдних розчинів та цитратохелатів біогенних металів), необхідно визначити оптимальну дозу застосування кожного металу, характер його впливу на ростові процеси при їх автономному застосуванні та у поєднанні зі сполуками рістстимулюючої та антистресової дії.

Одна з наших попередніх публікацій з цього приводу була присвячена вивченню колоїдного розчину та цитратохелату міді як складових нових композиційних мікродобрих для пшениці [5], тому **метою дослідження** було вивчення ефективності застосування колоїдних розчинів і цитратохелатів цинку та марганцю, а також їх композицій із саліциловою кислотою (СК) при вирощуванні озимої пшениці. СК вводили до складу композицій як активного індуктора стійкості рослин проти різних стресів.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проводили на пшениці озимій м'якій сорту Смуглянка. Препарати для передпосівної обробки насіння застосовували як автономно, так і у відповідних композиціях. Дози застосування колоїдних розчинів і цитратохелатів металів (200 мг Zn /т, 200 мг Mn /т), а також СК (140 мг/т) визначені нами в лабораторних дослідженнях як

оптимальні для передпосівної обробки насіння пшениці.

Вегетаційні досліди закладали в посудинах ємністю 3 л. Кількість варіантів у кожному досліді – 10, повторність – п'ятиразова, тривалість дослідів – 21 доба. Кількість рослин у посудині – 15 шт. Маса сухого кварцового піску в посудині – 2,4 кг. Вологість піску – 70,0% ПВ. Рослини вирощували на поживному середовищі Хогленда-Арнона за відсутності сполук фосфору [4] при освітленні 5–6 тис. люкс і світловому періоді 12,5 години на добу. Як джерело фосфору використовували трикальційфосфат (найпоширеніший ґрунтовий мінеральний важкорозчинний фосфат), який вносили з розрахунку 0,15 г P_2O_5 на 1 кг сухого піску.

Фізіолого-біохімічними методами визначали: активність гваяколпероксидази та каталази — за методом [3, 9]; кількість органічних кислот у корневих ексудатах — за методом Коренмана [7]; вміст малонового діальдегіду – за методикою з тіобарбітуровою кислотою [10]; хлорофілів та каротиноїдів — в екстракті диметилсульфоксидом (ДМСО) за методикою Wellburn [11]; сухої речовини в рослинному матеріалі — термогравіметричним методом.

Ацидофікуючу активність коренів (ААКС), яка свідчить про інтенсивність функціонування на плазмолемі коренів H^+ - АТФазної помпи і є найбільш інформативним показником поглинальної здатності кореневої системи, визначали методом рН-метрії середовища, в якому інкубували корені досліджуваних 7-добових паростків [2,8].

Результати дослідження. В проведених попередніх дослідженнях ми спостерігали позитивний вплив водних розчинів СК, застосованих як для передпосівної обробки насіння пшениці, так і для обприскування вегетуючих рослин, на ріст і розвиток рослин, їх адаптацію до умов дефіциту фосфору в живленні, на урожайність та якість зерна. Тому при розробці нових багатокомпонентних мікродобрив на основі колоїдних розчинів та карбоксилатів біогенних металів було вирішено провести дослідження з визначення ефективності застосування за вирощування пшениці СК у

поєднанні з колоїдними розчинами і цитратохелатами мікроелементів, зокрема — цинку і марганцю.

Результати дослідів, наведені у табл. 1-4, свідчать, що досліджувані цинк- і марганецьвмісні препарати майже однаково вплинули на накопичення рослинами сухої речовини — цинквмісні препарати сприяли підвищенню її вмісту порівняно з контролем у цілих рослинах — на 4-6 %, кореневій системі — на 3,0-9,5 %, марганецьвмісні відповідно — на 4,0-6,2 % і 5,8-12,5 %. СК також сприяла незначному (на 4 %) підвищенню накопичення 21-добовими рослинами сухої речовини. Винос фосфору рослинами цього варіанта лише на 4,7 % перевищував контроль. Цинквмісні розчини підвищили цей показник на 8 %, а композиція саліцилової кислоти з цитратохелатом цинку — на 9,5 %, в той час як марганецьвмісні розчини забезпечили підвищення виносу рослинами фосфору на 12-13 %, кореневою системою — на 35-36 %. При застосуванні композиції колоїдного розчину марганцю з СК винос рослинами фосфору перевищував контроль на 20 %. У рослин цього варіанта (вар. 9) й інтенсивність виділення кореневою системою органічних кислот порівняно з варіантами автономного застосування окремих складових композиції була більшою. Показники виносу рослинами фосфору позитивно корелюють з інтенсивністю виділення їх кореневою системою органічних кислот, яка перевищувала контроль на 15 % за використання СК, на 20-23 % — цинк- та марганецьвмісних розчинів, на 23-25 % — композиційних цинквмісних- і на 19-35 % — марганецьвмісних композиційних препаратів (табл.1).

Усі застосовані в досліді сполуки сприяли інтенсивнішому біосинтезу в листі рослин хлорофілу та загальних каротиноїдів (табл. 2). При застосуванні СК вміст хлорофілу в листі порівняно з контролем підвищився на 6,0-6,7 %, загальних каротиноїдів — на 11,6 %. Аналогічно на ці показники вплинув і колоїдний розчин цинку. Цитратохелат цинку більш вагомо вплинув на активність фотосинтетичного апарату рослин: забезпечив підвищення порівняно з контролем вмісту хлорофілу в листі на 13,3 %, загальних каротиноїдів — на 23 %, але при застосуванні цитратохелату в композиції з СК

ці показники дещо знижувались — відповідно до 8,4 та 15,7 %. Вплив композиції колоїдного розчину цинку з СК на вміст у листі рослин хлорофілу і загальних каротиноїдів практично не відрізнявся від дії саліцилової кислоти при автономному її застосуванні — вміст хлорофілу підвищувався на 6,6 %, загальних каротиноїдів — на 11 %. Марганецьвмісні розчини та їх композиції з СК практично не вплинули на вміст у листі хлорофілу b, але забезпечили підвищення вмісту хлорофілу a на 4,7-7,5 %, загальних каротиноїдів — на 15-20 %. За впливом на ці показники найефективнішими були цитратохелати обох металів та їх композиції з СК.

Підвищення вмісту ендогенних антиоксидантів — загальних каротиноїдів у листі молодих рослин озимої пшениці можна розглядати як показник активації антиоксидантної системи, важливої для захисту фотосинтетичного апарату рослин від деструктивного впливу різних стресових чинників, що має сприяти підвищенню стійкості рослин проти несприятливих умов перезимівлі. Підвищуючи в рослинах вміст каротиноїдів, досліджувані препарати самі виявили антиоксидантні властивості: СК сприяла зниженню вмісту в листі рослин МДА — проміжного продукту перекисного окиснення ліпідів, переважно клітинних оболонок, на 22 %. Колоїдний розчин цинку при автономному його застосуванні та у поєднанні з СК сприяв зниженню вмісту МДА в листі на 24-26 %, цитратохелат цинку та його композиція з саліциловою кислотою — на 21-22 %. Марганецьвмісні препарати також забезпечували зниження цього показника — колоїдного розчину марганцю — на 11, а у поєднанні з саліциловою кислотою — на 28 %. Цитратохелат марганцю зумовив порівняно з колоїдним розчином вагомніше зниження вмісту МДА в листі — на 23 %, (табл. 3). Слід зауважити, що у композиції колоїдного розчину марганцю та СК спостерігали синергізм антиоксидантної дії.

Таким чином, використані в досліді сполуки та їх композиції з СК значною мірою пригнічували інтенсивність перебігу деструктивних для рослин окисних процесів ліпідів і хлорофілу, підвищували адаптацію рослин до стресових умов вирощування, зокрема в нашому досліді — до гострого

дефіциту фосфору в живленні рослин. Застосовані в досліді препарати зумовили значні позитивні зміни морфологічних показників кореневої системи 21-добових рослин та значне підвищення ацидофікуючої активності (ААКС) коренів 7-добових паростків (табл. 4). СК сприяла утворенню у рослин майже на 20 % більшої кількості зародкових коренів (з 4,8 на контролі до 5,6 шт./росл.), збільшення їх сумарної довжини і кількості бічних корінців — на 24-25 %, сумарної довжини бічних корінців — на 35 % і довжини головного зародкового кореня — майже на 20 % —. У рослин цього варіанта (вар. 2) корінців 3-го порядку утворювалось в 1,8 раза більше, ніж на контролі.

На відміну від СК, цинквмісні розчини підвищували у рослин кількість зародкових коренів тільки на 4-5 %, але сприяли збільшенню їх сумарної довжини на 37-40 %. При майже однаковому з СК впливу на кількість у рослин бічних корінців (перевищення контролю на 20-22 %) ці розчини зумовили збільшення їх сумарної довжини лише на 9-18 %. Довжина головного зародкового кореня рослин внаслідок застосування цинквмісних розчинів збільшувалась відносно контролю на 7-9 %. Серед усіх цинквмісних препаратів за впливом на морфологічні показники кореневої системи найефективнішою виявилась композиція цитратохелату цинку з СК: її застосування зумовило утворення у рослин пшениці на 10 % більшої кількості зародкових коренів, підвищило їх сумарну довжину і кількість бічних коренів на 35 %. Корінців третього порядку у рослин цього варіанта (вар. б) утворювалось в 1,8 раза більше, ніж у контрольному. Довжина головного зародкового кореня була на 8-10 % більшою за контроль. Висока ефективність цієї композиції підтверджується і тим, що при її застосуванні ацидофікуюча активність кореневої системи підвищується порівняно з контролем майже на 60 %, що в польових умовах сприятиме вагомому зростанню зернової

продуктивності рослин. Інші досліджені сполуки також сприяли активізації роботи H^+ - насосів кореневої системи рослин: автономне застосування саліцилової кислоти та її композиції з колоїдним розчином цинку (вар. 2, 5) зумовило підвищення ААКС відповідно на 26 і 15 %. Автономне використання як цитратохелату цинку, так і його колоїдного розчину, забезпечило підвищення цього показника на 50 %. За позитивним впливом на цей важливий показник спостерігали синергізм дії СК і цитратохелату цинку, чого не відбувалося при використанні композиції з колоїдним розчином цинку.

Марганецьвмісні препарати як і цинквмісні сприяли незначному підвищенню кількості зародкових коренів у рослин, збільшенню їх сумарної довжини на 11-17 %. За використання колоїдного розчину марганцю спостерігали підвищення кількості бічних коренів у рослин на 35 %, при цьому середня довжина одного бічного кореня перевищувала контроль лише на 5 % (0,80 см проти 0,76 см). При застосуванні цитратохелату марганцю, на відміну від колоїдного розчину, кількість бічних коренів у рослини збільшувалась лише на 15 %, але на 21 % зросла середня довжина одного бічного кореня до 0,92 см. Обидва марганецьвмісні розчини зумовили практично однакове збільшення у рослин кількості коренів третього порядку (в 1,9-2,0 рази) і довжини головного зародкового кореня — на 15-19 % вище за контроль.

Серед марганецьвмісних композиційних препаратів за впливом на морфологічні показники кореневої системи ефективнішою виявилась композиція цитратохелату марганцю з СК: Її застосування зумовило збільшення на 35 % сумарної довжини зародкових коренів, на 22 % — кількості бічних коренів з підвищеною майже на 10 % середньою довжиною одного бічного кореня; в 2,1 раза — збільшення кількості коренів третього порядку і на 32 % — довжини головного зародкового кореня. Висока ефективність цієї композиції підтверджується і тим, що за її використання

підвищувалась порівняно з контролем ацидофікуюча активність кореневої системи 7-добових паростків — майже на 90 %.

Колоїдний розчин марганцю сприяв підвищенню ААКС майже на 80 %, цитратохелат марганцю — на 112 %, композиції СК з колоїдним розчином марганцю — на 34%. Отже, ААКС рослин, що вирощувались з автономним використанням марганецьвмісних розчинів, була дещо вищою, ніж при використанні обох композицій з СК, але за позитивним впливом на цей показник цитратохелат марганцю як при автономному використанні, так і в складі композиції з СК був більш ефективним, ніж колоїдний розчин марганцю.

Висновки.

1. Композиції СК (140 мг/т) з цитратохелатами цинку (200 мг Zn/т) та марганцю (200 мг Mn/т), отримані за використання нанотехнології, є ефективними цинк- та марганецьвмісними мікродобривами, важливими складовими багатокomпонентних комплексних мікродобрив.

2. Застосування цих композицій для передпосівної обробки насіння озимої м'якої пшениці сорту Смуглянка сприяє підвищенню здатності рослин використовувати фосфор важкорозчинних мінеральних ґрунтових фосфатів, активізує роботу фотосинтетичного апарату рослин, підвищує їх стресостійкість, забезпечує формування у рослин вже на ранніх строках їх росту і розвитку значно розгалуженішої та фізіологічно активної кореневої системи, що в польових умовах має сприяти поліпшенню перезимівлі, а за умов спеки — підвищенню посухостійкості посівів;

3. Композиція СК з колоїдним розчином цинку менш ефективна, ніж з цитратохелатом цинку за впливом на більшість показників; обидві складові композиції СК з цитратохелатом цинку виявляють синергізм позитивної дії, впливаючи на здатність рослин пшениці засвоювати фосфор трикальційфосфату, на активність їх фотосинтетичного апарату, стійкість рослин проти стресових умов вирощування;

4. Композиція СК з колоїдним розчином марганцю за позитивним впливом на більшість показників практично не поступалась композиції з його цитратохелатом, за винятком дещо менш вагомого позитивного впливу на накопичення рослинами сухої речовини, загальних каротиноїдів та ацидофікуючу активність кореневої системи; за впливом на здатність рослин використовувати фосфор трикальційфосфату композиція СК з колоїдним розчином марганцю була навіть ефективнішою;

5. Враховуючи недостатньо вивчену на сьогодні екологічну безпечність наночастинок біогенних металів, їх колоїдних розчинів та більшу прийнятність для рослин мікроелементів, хелатованих органічними кислотами циклу Кребса, перевагу слід віддати композиціям СК з цитратохелатами цинку та марганцю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Булыгин С.Ю. Микроэлементы в сельском хозяйстве. [С.Ю. Булыгин, Л.Ф.Демишев, В.А. Доронин и др.] — Днепропетровск: Сич, 2007.- 100 с.
2. Воробьев Л.Н. Регулирование ионного транспорта: теоретические и практические аспекты минерального питания растений Л.Н. Воробьев // Итоги науки и техники : ВИНТИ (Сер. «Физиология растений»). — 1988. — №5. — С. 5-160
3. Грицаєнко З.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. З.М.Грицаєнко, А.О. Грицаєнко, В.П. Карпенко — К.: ЗАТ "Нічлава", 2003. — 320 с.
4. Гродзинский А.М. Краткий справочник по физиологии растений. А.М. Гродзинский, Д.М. Гродзинский — К.: Наукова думка. — 1973. — 576 с.
5. Колоїдний розчин і цитрато-хелат міді як перспективні складові нових композиційних мікродобрив для пшениці / [О.Є. Давидова, В.Г. Каплуненко, М.Д. Аксиленко та ін.] [Електронний ресурс] / Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. —

2013.— №4 (40). — www.nubip.edu.ua

6. Нанотехнологии в сельском хозяйстве / [В.Г. Каплуненко, Н.В. Косинов, А.Н. Бовсуновский, С.А. Черный] // *Зерно*. — № 4(25). — 2008. — С. 46-54
7. Коренман И.Н. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений. И.Н. Коренман — М.: Химия, 1975. — С. 267-269.
8. Ларикова Ю.С. Ацидофицирующая активность проростков пшеницы в вытяжках из различных по окультуренности почв. [Ю.С. Ларикова, М.Н. Кондратьев] // *Мат-лы VIII симпозиума «Продукционный процесс»*, — М.: РГАУ, VI. — 2007. — С.374-376
9. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений / Х.Н. Починок — К.: Изд-во «Наукова думка». — 1976. — 334 с.
10. Стальная И.Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты. И.Д. Стальная, Т.Г. Гарашвили // *Современные методы в биохимии*. — М.: Медицина, 1977. — С.66-68.
11. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophyll a and b as well as total carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution A.R. Wellburn // *J. Plant physiol.* — 1994. — 144, № 3. — P. 307-315.

1. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смуглянка композиціями цинк- і марганецьвмісних сполук із саліциловою кислотою на використання 21-добовими рослинами фосфору трикальційфосфату

№	Варіант досліджу	Маса 100 рослин, г а.с.р.			Винос фосфору 100 рослинами, мг P ₂ O ₅			Коренева кислотоексудація, мкг. ябл. кислоти/росл./год.
		надземної частини	кореневої системи	цілих рослин	надземною частиною	кореневою системою	цілими рослинами	
1.	Контроль, вода,	3,96 ± 0,20	1,04 ± 0,05	5,00 ± 0,25	34,8 ± 1,1	11,6 ± 0,4	46,4 ± 1,5	44,5 ± 3,6
2.	Саліцилова кислота, 140 мг/т	4,06 ± 0,19	1,14 ± 0,06	5,20 ± 0,25	36,4 ± 1,2	12,2 ± 0,5	48,6 ± 1,7	51,1 ± 4,2
3.	Колоїдний розчин цинку, 200 мг Zn/т	4,07 ± 0,21	1,07 ± 0,06	5,14 ± 0,27	37,1 ± 1,2	13,0 ± 0,5	50,1 ± 1,7	54,7 ± 4,4
4.	Цитратохелат цинку, 200 мг Zn/т	4,14 ± 0,20	1,09 ± 0,06	5,23 ± 0,26	37,3 ± 1,3	12,7 ± 0,4	50,0 ± 1,7	53,8 ± 4,4
5.	Колоїдний розчин цинку, 200 мг Zn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	4,15 ± 0,21	1,07 ± 0,05	5,22 ± 0,26	37,2 ± 1,4	13,0 ± 0,5	50,2 ± 1,9	54,6 ± 4,5
6.	Цитратохелат цинку, 200 мг Zn/т, саліцилова кислота, 200 мг Mn/т	4,20 ± 0,22	1,10 ± 0,06	5,30 ± 0,28	38,0 ± 1,4	12,8 ± 0,5	50,8 ± 1,9	55,7 ± 4,3
7.	Колоїдний розчин марганцю, 200 мг Mn/т	4,08 ± 0,20	1,14 ± 0,07	5,22 ± 0,27	36,6 ± 1,4	15,8 ± 0,7	52,4 ± 2,1	53,6 ± 4,0
8.	Цитратохелат марганцю, 200 мг Mn/т	4,14 ± 0,18	1,17 ± 0,6	5,31 ± 0,24	36,2 ± 1,3	15,6 ± 0,6	51,8 ± 1,9	54,5 ± 3,9
9.	Колоїдний розчин марганцю, 200 мг Mn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	4,10 ± 0,20	1,10 ± 0,6	5,20 ± 0,26	42,1 ± 1,6	13,7 ± 0,7	55,8 ± 2,3	58,9 ± 4,1
10.	Цитратохелат марганцю, 200 мг Mn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	4,15 ± 0,20	1,15 ± 0,6	5,30 ± 0,26	37,7 ± 1,5	13,2 ± 0,5	50,9 ± 2,0	52,8 ± 3,8

2. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смуглянка композиціями цинк- та марганецьвмісних сполук із саліциловою кислотою на вміст хлорофілу та загальних каротиноїдів у листі 21-добових рослин, джерело фосфору — трикальційфосфат

№	Варіант досліджу	Вміст хлорофілу, мг/100 рослин			Вміст загальних каротиноїдів, мг/100 рослин
		a	b	a + b	
1.	Контроль, вода,	35,8 ± 1,2	9,2 ± 0,3	45,0 ± 1,5	6,9 ± 0,3
2.	Саліцилова кислота, 140 мг/т	38,2 ± 1,4	9,5 ± 0,3	47,7 ± 1,7	7,7 ± 0,4
3.	Колоїдний розчин цинку, 200 мг Zn/т	38,8 ± 1,3	9,2 ± 0,4	48,0 ± 1,7	7,6 ± 0,4
4.	Цитратохелат цинку, 200 мг Zn/т	40,9 ± 1,4	10,1 ± 0,4	51,0 ± 1,8	8,5 ± 0,4
5.	Колоїдний розчин цинку, 200 мг Zn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	38,4 ± 1,4	9,6 ± 0,3	48,0 ± 1,7	7,6 ± 0,4
6.	Цитратохелат цинку, 200 мг Zn/т, саліцилова кислота, 200 мг Mn/т	39,0 ± 1,5	9,8 ± 0,4	48,8 ± 1,9	8,0 ± 0,4
7.	Колоїдний розчин марганцю, 200 мг Mn/т	37,7 ± 1,6	9,2 ± 0,4	46,8 ± 2,0	8,0 ± 0,3
8.	Цитратохелат марганцю, 200 мг Mn/т	38,5 ± 1,6	9,2 ± 0,3	47,7 ± 1,9	8,3 ± 0,4
9.	Колоїдний розчин марганцю, 200 мг Mn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	37,5 ± 1,5	9,3 ± 0,4	46,8 ± 1,9	7,9 ± 0,3
10.	Цитратохелат марганцю, 200 мг Mn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	37,7 ± 1,4	9,3 ± 0,4	47,0 ± 1,8	8,1 ± 0,4

3. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смуглянка композиціями цинк- та марганецьвмісних сполук із саліциловою кислотою на активність каталази і гваяколпероксидази, а також вміст МДА в листі 21-добових рослин, джерело фосфору — трикальційфосфат

№	Варіант досліду	Активність каталази, ммоль H ₂ O ₂ /1 г сирії маси листя /хв.	Активність гваяколпероксидази, ммоль гв. / 1 г сирії маси листя / хв	Вміст МДА, нмоль / г сирії маси листя
1.	Контроль, вода,	1058 ± 68	136 ± 10,4	51,6 ± 1,9
2.	Саліцилова кислота, 140 мг/т	943 ± 60	127 ± 9,0	40,4 ± 1,6
3.	Колоїдний розчин цинку, 200 мг Zn/т	1088 ± 71	140 ± 9,6	38,5 ± 1,6
4.	Цитратохелат цинку, 200 мг Zn/т	1104 ± 80	152 ± 11,3	40,7 ± 1,5
5.	Колоїдний розчин цинку, 200 мг Zn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	1114 ± 76	124 ± 8,6	39,1 ± 1,6
6.	Цитратохелат цинку, 200 мг Zn/т, саліцилова кислота, 200 мг Mn/т	1157 ± 82	150 ± 10,1	40,5 ± 1,7
7.	Колоїдний розчин марганцю, 200 мг Mn/т	1220 ± 64	140 ± 9	46,0 ± 2,2
8.	Цитратохелат марганцю, 200 мг Mn/т	960 ± 52	120 ± 8	39,7 ± 2,0
9.	Колоїдний розчин марганцю, 200 мг Mn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	1010 ± 54	142 ± 12	37,0 ± 1,8
10.	Цитратохелат марганцю, 200 мг Mn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	915 ± 58	109 ± 7	40,4 ± 2,1

4. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смуглянка композиціями цинк- та марганецьвмісних сполук із саліциловою кислотою на морфологічні показники кореневої системи 21-добових рослин та ацидофікуючу активність коренів 7-добових паростків, джерело фосфору — трикальційфосфат

№	Варіант досліджу	Морфологічні показники кореневої системи 1 рослини						Ацидофікуюча активність кореневої системи, мкмоль/ росл./24 год.
		кількість зародкових коренів, шт	їх сумарна довжина, см	кількість бічних корінців, шт	їх сумарна довжина, см	кількість корінців 3-го порядку, шт	довжина головного зародкового кореня, см	
1.	Контроль, вода	4,8	54 ± 3,0	92 ± 5	70 ± 3,9	19 ± 4	16,9 ± 1,0	0,86 ± 0,04
2.	Саліцилова кислота, 140 мг/т	5,6	67 ± 3,9	114 ± 6	94 ± 5,0	34 ± 6	20,1 ± 1,2	1,09 ± 0,03
3.	Колоїдний розчин цинку, 200 мг Zn/т	5,0	74 ± 4,4	112 ± 7	76 ± 4,2	25 ± 6	18,0 ± 1,1	1,29 ± 0,06
4.	Цитратохелат цинку, 200 мг Zn/т	5,0	75 ± 4,7	110 ± 6	83 ± 4,7	28 ± 5	18,3 ± 0,9	1,29 ± 0,05
5.	Колоїдний розчин цинку, 200 мг Zn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	5,2	70 ± 3,8	117 ± 4	80 ± 5,0	29 ± 6	18,0 ± 0,9	1,00 ± 0,034
6.	Цитратохелат цинку, 200 мг Zn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	5,2	72 ± 4,0	122 ± 7	91 ± 5,2	33 ± 5	18,2 ± 1,0	1,38 ± 0,06
7.	Колоїдний розчин марганцю, 200 мг Mn/т	5,0	63 ± 4	124 ± 7	99 ± 5,4	37 ± 5	20,2 ± 1,3	1,55 ± 0,05
8.	Цитратохелат марганцю, 200 мг Mn/т	5,0	60 ± 3	106 ± 5	97 ± 5,7	39 ± 7	19,5 ± 1,0	1,82 ± 0,08
9.	Колоїдний розчин марганцю, 200 мг Mn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	5,0	70 ± 5	120 ± 6	95 ± 6,0	38 ± 7	21,3 ± 1,1	1,15 ± 0,03
10.	Цитратохелат марганцю, 200 мг Mn/т, саліцилова кислота, 140 мг/т	5,0	73 ± 4	112 ± 6	93 ± 5,1	40 ± 6	22,4 ± 1,2	1,62 ± 0,05

ЦИТРАТОХЕЛАТЫ ЦИНКА, МАРГАНЦА И САЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА — ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПШЕНИЦЫ

О.Е. ДАВЫДОВА, М.Д. АКСИЛЕНКО, В.М. МОКРИНСКИЙ,
С.И. КОТЕНКО, А.П. ГАЕВСКИЙ

В вегетационных опытах определяли эффективность композиционных препаратов на основе салициловой кислоты и цитратохелатов цинка и марганца, полученных при использовании нанотехнологий, как составляющих многокомпонентных комплексных микроудобрений для озимой пшеницы. Показано, что коллоидные растворы и цитратохелаты цинка и марганца, примененные для предпосевной обработки семян, обеспечивают повышение выноса растениями пшеницы фосфора труднорастворимых минеральных фосфатов, накопления сухого вещества, активизируют работу фотосинтетического аппарата, повышают стрессоустойчивость растений.

Ключевые слова: коллоидные растворы, цитратохелаты цинка и марганца, салициловая кислота, *Triticum aestivum L.*, пшеница озимая, дефицит фосфорного питания

ZINC, MANGANESE CITRATECHELATES AND SALICYLIC ACID — AS PERSPECTIVE COMPONENTS OF NEW WHEAT COMPOSITE MICROFERTILIZERS

O.E. DAVYDOVA, M.D. AXYLENKO, V.M. MOKRINSKYI,
S.I. KOTENKO, A.P. GAEVSKYI,

In pot experiments determined the effectiveness of composition preparations from salicylic acid, zinc and manganese citratochelates obtained by using nanotechnology, as components of complex multicomponents microfertilizers for winter wheat. It is shown that colloidal solutions and zinc and manganese citratochelates, used for pre-treatment of seeds, provide increasing wheat plant removal of phosphorus hardsoluble mineral phosphates accumulation of dry matter, activates the photosynthetic apparatus, increases stress tolerance of plants.

Key words: colloidal solutions, citratechelates of zinc and manganese, salicylic acid, *Triticum aestivum L.*, winter wheat, phosphorus nutrition deficit

Автори:

Давидова Ольга Євстафіївна, канд. хім. наук, зав. відділу №15 ІБОНХ НАН України, 02160, Київ-160, Харківське шосе, 50, e-mail — selit&ua.fm;

Аксиленко Марина Дмитрівна, канд. с-г. наук, ст. наук. співроб. відділу №15 ІБОНХ НАН України, 02160, Київ-160, Харківське шосе, 50, e-mail — selit&ua.fm;

Мокринський Владислав Михайлович, канд. с-г. наук, ст. наук. співроб. відділу №15 ІБОНХ НАН України, 02160, Київ-160, Харківське шосе, 50, e-mail — selit&ua.fm;

Котенко Світлана Іванівна, наук. співроб. відділу №15 ІБОНХ НАН України, 02160, Київ-160, Харківське шосе, 50, e-mail — selit&ua.fm;

Гаєвський Анатолій Петрович, наук. співроб. відділу №15 ІБОНХ НАН України, 02160, Київ-160, Харківське шосе, 50, e-mail — selit&ua.fm.

Давыдова Ольга Евстафьевна, канд. хим. наук, зав. отдела №15 ИБОНХ НАН Украины, 02160, Киев-160, Харьковское шоссе, 50; e-mail — selit&ua.fm

Аксиленко Марина Дмитриевна, канд. с-х. наук, ст. науч. сотр. отдела №15 ИБОНХ НАН Украины; Киев-160, Харьковское шоссе, 50; e-mail — selit&ua.fm

Мокринский Владислав Михайлович, канд. с-х. наук, ст. науч. сотр. отдела №15 ИБОНХ НАН Украины; Киев-160, Харьковское шоссе, 50; e-mail — selit&ua.fm

Котенко Светлана Ивановна, науч. сотр. отдела №15 ИБОНХ НАН Украины; Киев-160, Харьковское шоссе, 50; e-mail — selit&ua.fm;

Гаевский Анатолий Петрович, науч. сотр. отдела №15 ИБОНХ НАН Украины; Киев-160, Харьковское шоссе, 50; e-mail — selit&ua.fm;

Davydova O.E., Aksylenko M.D., Mokrinskyi V.M., Kotenko S.I.,
Gaevskyi A.P.

Особа для листування — Аксиленко Марина Дмитрівна тел 559-16-45 сл.; 097-
214-53-52 моб.