

**КОЛОЇДНИЙ РОЗЧИН І ЦИТРАТО-ХЕЛАТ МІДІ ЯК ПЕРСПЕКТИВНІ
СКЛАДОВІ НОВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МІКРОДОБРІВ ДЛЯ
ПШЕНИЦІ**

О.Є. ДАВИДОВА, кандидат хімічних наук, **М.Д. АКСИЛЕНКО**,
В.М. МОКРИНСЬКИЙ, кандидати сільськогосподарських наук

*Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії
Національної академії наук України*

В.Г. КАПЛУНЕНКО, доктор технічних наук, **М.В. КОСІНОВ**, кандидат
технічних наук

*Український державний науково-дослідний інститут
нанобіотехнологій та ресурсозбереження Кабінету міністрів України*

За результатами проведених лабораторних та вегетаційних дослідів розроблено рецептуру та регламенти застосування для передпосівної обробки насіння пшениці озимої м'якої сорту Смуглянка композиційних препаратів на основі колоїдного розчину та цитрато-хелату міді, сполук фітогормональної та антиоксидантної дії. Препарати сприяють активному розвитку кореневої системи рослин, підсиленню її фізіологічної активності, підвищенню стійкості рослин проти умов дефіциту фосфорного живлення та їх здатності використовувати фосфор важкорозчинних мінеральних ґрунтових фосфатів. Досліджені наносполуки є перспективними ефективними складовими нових комплексних наномікродобрив та композиційних препаратів для вирощування пшениці озимої м'якої.

Ключові слова: колоїдний розчин та цитрато-хелат міді, фітогормони, *Triticum aestivum L.*, пшениця озима, дефіцит фосфорного живлення

Сучасні інтенсивні сорти сільськогосподарських культур, зокрема пшениці, – потребують посиленого забезпечення елементами живлення, у тому числі мікроелементами, які підвищують в рослинах активність багатьох ферментів і ферментних систем, поліпшують використання ними макроелементів добрив, прискорюють розвиток, визрівання насіння, сприяють підвищенню стресостійкості і продуктивності, а також поліпшенню якості рослинницької продукції [1, 3, 6].

Домінуючі на українському ринку мікродобрива є препаратами на основі мінеральних солей біогенних металів або їх хелатів з використанням як ліганд етилендіамінотетраоцтової (ЕДТА) або 1-гідроксиетилідендифосфонової (ОЕДФ) кислот. Переважна більшість мікродобрив, що застосовують в Україні, зарубіжного виробництва – Нідерландів, Франції, Іспанії, Бельгії, Угорщини, Польщі та ін. Їх придбання потребує значних валютних витрат, а вартість щорічно зростає. Норми використання цих добрив становлять 0,3-5,0 кг (л) або 15-227 г на 1 га у перерахунку на мікроелементи. В Україні тільки НВЦ «Реаком» виробляє хелатні мікродобрива, але обсяги його виробництва не задовольняють потреби всієї рослинницької галузі України [2, 7].

Новітні фоліарні препарати розробляються провідними зарубіжними фірмами на основі нанорозмірних частинок біогенних елементів. Ці розробки спрямовані на підвищення засвоюваності рослинами мікроелементів і значне зменшення їх витрат на одиницю посівної площі [10, 11].

Завдяки відкриттю ерозійно-вибухової технології одержання наноматеріалів Україна має шанс увійти в світову групу провідних виробників наноматеріалів. За цією технологією у ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» (м. Київ) налагоджено виробництво аквахелатів, колоїдних розчинів та одержаних з них нанокарбоксилатів Cu, Fe, Mn, Mg, Zn, Mo, Co, Ag, Se, Ge [12, 13, 14]. Ці ультрадисперсні системи завдяки низьким дозам їх застосування, антиоксидантним властивостям являють особливий інтерес для АПК як складові нових комплексних мікродобрив. Крім того, наночастинки Cu, Zn, Fe, Ag, Mg мають бактерицидні і фунгіцидні властивості, що вірогідно дозволить

при їх використанні зменшити дози застосування відповідних хімічних засобів захисту рослин. Результати попередньо проведених нами лабораторних та вегетаційних дослідів свідчать, що колоїдні розчини Cu, Fe, Mn, Zn, застосовані для передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смуглянка, практично однаково порівняно з ЕДТА – та ОЕДФ–хелатами цих металів підвищують енергію проростання і лабораторну схожість насіння, а також накопичення 21-добовими рослинами сухої речовини при майже в 25-100 разів менших дозах витрат біогенних металів на одиницю маси насіння. Це дало нам підставу вважати за доцільне розробку рецептури композиційних мікродобрив рістстимулюючої та антистресової дії на основі колоїдних розчинів, а також отриманих з них цитрато-хелатів біогенних металів і біологічно активних речовин фітогормональної та антиоксидантної дії.

Відомо, що найефективнішими для передпосівної обробки насіння та підживлення вегетуючих рослин є застосування мікродобрив, які містять не один, а декілька мікроелементів, важливих для цих культур [8]. Розробляючи комплексне мікродобриво з нової сировини (колоїдних розчинів та цитрато-хелатів біогенних металів), необхідно визначити оптимальну дозу застосування кожного металу, характер його впливу на рослини при сумісному використанні із сполуками фітогормональної та антиоксидантної дії.

Мета дослідження – визначення ефективності використання колоїдного розчину та цитрато-хелату міді, їх композицій із сполуками ауксинової, цитокінінової та антиоксидантної дії як складових комплексного мікродобрива для передпосівної обробки насіння пшениці озимої. Відомо, що зернові культури чутливі до рівня забезпеченості міддю, яка входить до складу багатьох ферментів, впливає на інтенсивність процесів фотосинтезу та дихання, білкового та вуглеводного обміну, бере участь у біосинтезі лігніну, що сприяє високій стійкості рослин проти вилягання.

Матеріали і методика дослідження. Об'єктом досліджень була пшениця озима м'яка сорту Смуглянка, що вирощувалась в умовах гострого дефіциту фосфорного живлення. У вегетаційних дослідах з піщаною культурою для

передпосівної обробки насіння були застосовані композиційні препарати на основі колоїдного розчину міді (розмір частинок 50 — 70 нм), її цитрато-хелату, сполук ауксинової (індолілоцтова кислота — ІОК), цитокінінової (регулятор росту і розвитку рослин — РРР триман) та антиоксидантної (саліцилова кислота — СК) дії. Доза застосування на 1 т насіння становила: міді — 200 мг, ІОК — 100 мг, РРР триман — 10 г, СК — 140 мг.

Композиційні препарати вводили безпосередньо в робочий розчин. Простерилізоване 60 %-ним етанолом і оброблене досліджуваними препаратами насіння пророщували 24 год при 26 °С температурі і висаджували у вегетаційні посудини місткістю 3 л з 2,4 кг кварцового промитого від фосфатів піску, вологістю 70 % ПВ. Кількість рослин на посудину — 15, повторність — 12-разова, тривалість дослідів — 21 доба. Поживне середовище — Хогланда-Арнона без сполук фосфору [5]. Джерело фосфору — трикальційфосфат, який є одним з найпоширеніших важкорозчинних ґрунтових мінеральних фосфатів, вводили безпосередньо у піщаний субстрат. У 21-добових рослин визначали інтенсивність кореневої кислотоексудації за методом Коренмана [9]; вміст малонового діальдегіду (МДА) — за методикою [15]; сухої речовини — термогравіметричним методом; вміст загального фосфору після мокрого озолення — фотометрично за Деніже в модифікації Левицького [4]; хлорофілів а, b і загальний вміст каротиноїдів — за методом Велбурна [16]. Пігменти екстрагували диметилсульфоксидом.

Морфологічні показники кореневої системи визначали після її фарбування 0,1 %-ним водним розчином фуксину; площу робочої поглинальної поверхні кореневої системи — за методом Сабініна і Колосова [4]. Результати оброблено статистично методом дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерних програм Excel та Agrostat.

Результати дослідження. Усі використані в досліді сполуки для передпосівної обробки насіння забезпечили підвищення порівняно з контролем інтегрального показника — накопичення рослинами сухої речовини як у надземній частині, так і в кореневій системі (табл. 1). За впливом на цей

показник композиції розчинів міді з сполуками фітогормональної дії та, особливо, її цитрато-хелату з саліциловою кислотою були ефективнішими, ніж окремі складові застосованих композицій: мідьвмісні розчини, PPP та СК сприяли підвищенню вмісту сухої речовини рослин на 4,6-7,0 %, а їх композиції — на 6,4-13,7 %..

Аналогічні результати отримано і з визначення впливу досліджених препаратів на інтенсивність кореневої кислотоексудації рослин (див. табл. 1). Застосування колоїдного розчину міді зумовило підвищення порівняно з контролем інтенсивності виділення кореневою системою органічних кислот на 37, ІОК — на 11, триману — на 40, саліцилової кислоти — на 25 %, а композиції колоїдного розчину і цитрато-хелату міді з ІОК — зумовили посилення кореневої кислотоексудації на 32-46 %, з триманом — на 54 %, з саліциловою кислотою — на 40-48 %. Підвищення інтенсивності кореневої кислотоексудації позитивно корелює з виносом рослинами фосфору за рахунок використання ними його з трикальційфосфату. Автономне використання колоїдного розчину міді або ІОК для передпосівної обробки насіння сприяло порівняно з контролем підвищенню виносу рослинами фосфору на 4,3-4,8 %, триману — на 15,2 %, саліцилової кислоти — на 10 %; композиції мідьвмісних розчинів з ІОК — на 7,0-9,7 %, з триманом — на 18,7-23,0 %, із саліциловою кислотою — на 14,0-15,2 %.

Таким чином, за позитивним впливом на накопичення рослинами сухої речовини, інтенсивність кореневої кислотоексудації, здатність рослин використовувати фосфор трикальційфосфату при застосуванні досліджених сполук для передпосівної обробки насіння спостерігається синергізм дії колоїдного розчину або цитрато-хелату міді з ІОК, а особливо — з триманом та саліциловою кислотою. Створені розчини на основі цитрато-хелату міді практично не поступалися за ефективністю аналогічним композиціям на основі її колоїдного розчину, але цитрато-хелати біогенних металів, отримані з їх колоїдних розчинів, не містять наночастинок металів, і є для рослин

прийнятнішими, а при обробці ними вегетуючих рослин — безпечнішими як для рослин, так і ґрунтової мікрофлори, комах тощо.

Усі використані в досліді сполуки сприяли незначному збільшенню вмісту в листі рослин хлорофілу (табл. 2). За впливом і на цей показник найефективнішими виявились саме композиційні препарати на основі мідьвмісних розчинів, ІОК, триману та саліцилової кислоти. Внаслідок їх застосування вміст хлорофілу в листі рослин збільшився на 6,5-7,0 %. Це свідчить про підвищення активності фотосинтетичного апарату рослин, які вирощувались із застосуванням цих препаратів.

Більш вагомо препарати вплинули на вміст у листі рослин загальних каротиноїдів (див. табл. 2). Цитрато-хелат і колоїдний розчин міді у композиції з триманом підвищували вміст загальних каротиноїдів на 21-32 %, із саліциловою кислотою — на 14-24 %, з ІОК — на 8-14 %. Зростання в рослинах вмісту таких ендогенних антиоксидантів як каротиноїди сприяє підвищенню стресостійкості рослин та захисту хлорофілу від окиснення.

Колоїдний розчин міді, застосований для передпосівної обробки насіння, виявив антиоксидантні властивості, знижуючи вміст малонового діальдегіду в листі 21-добових рослин на 9 %. Триман забезпечив зменшення кількості МДА на 10 %, ІОК — на 4 %, СК — на 13 %. Композиційні препарати колоїдного розчину і цитрато-хелату міді з ІОК сприяли зниженню цього показника на 19,8 %, з триманом — на 24-29 %, із саліциловою кислотою — на 14-29 %. Таким чином, досліджені композиційні препарати не тільки позитивно впливали на ростові процеси, але й забезпечували значний антиоксидантний захист рослин пшениці, вирощуваної в стресових умовах гострого дефіциту фосфору в її живленні.

Дослідні препарати вагомо вплинули також на морфологічні показники кореневої системи 21-добових рослин — сприяли утворенню у рослин більшої кількості коренів: зародкових — на 10-30 %, бічних — на 12-58 % та 3-го порядку — у 2,2-4,5 рази. Застосування композиційних препаратів забезпечило збільшення довжини головного зародкового кореня на 22-30 %, а площі робочої

поглинальної поверхні кореневої системи рослин — на 11-20 % (табл. 3). У польових умовах це має сприяти підвищенню посухостійкості рослин та поліпшенню їх мінерального живлення.

Найбільший позитивний вплив на морфологічні показники кореневої системи рослин мали композиції цитрато-хелату міді з ІОК, триманом та СК, а також колоїдного розчину міді з триманом.

Висновки

Колоїдний розчин та отриманий з нього цитрато-хелат міді є ефективними складовими нових комплексних наномікродобрив і композиційних препаратів, які містять біогенні нанометали або їх цитрато-хелати, сполуки фітогормональної та антиоксидантної дії, стимулюють ріст та є антистресорами, підвищують здатність рослин озимої м'якої пшениці до використання фосфору важкорозчинних мінеральних ґрунтових фосфатів.

Список літератури

1. Адамень Ф.Ф. Нанотехнології в аграрній сфері / Ф.Ф Адамень // Вісник НАН України. — 2007. — С.15 — 17.
2. Булыгин С.Ю., Микроэлементы в сельском хозяйстве. / [С.Ю Булыгин, Л.Ф. Демичев, В.А. Доронин и др.] / – Днепропетровск: Сич, 2007. — 100 с.
3. Гончар Л.М. Використання наноматеріалів у технології вирощування пшениці озимої сорту Національна. / Л.М. Гончар // Вісн. Полтавської державної аграрної академії. — 2009. — № 4. — С. 185 — 188.
4. Грицаенко З.М. В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / [З.М Грицаенко, А.О Грицаенко, В.П Карпенко] — К.: Нічлава, 2003. — 320 с.
5. Гродзинский А.М. Краткий справочник по физиологии растений. / [А.М Гродзинский., Д.М Гродзинський] — К.: Наук. Думка, 1973. — 591 с.
6. Егоров Н.П. Разработка и проведение экспериментальной оценки эффективности применения в растениеводстве новых видов удобрений,

полученных с использованием нанотехнологий / [Н.П Егоров, О.Д Шафронов, Д.Н. Егоров и др.] // Вестник Нижегородского университета им.

Н.И. Лобачевского. — 2008. — № 6. — С. 94 — 99.

7. Каплуненко В.Г. Нанотехнологии в сельском хозяйстве. В.Г Каплуненко, Н.В Косинов, А.Н. Бовсуновский [и др.] // Зерно. — № 4(25). — 2008. — С. 46 — 54

8. Копілевич В.А. До створення мікроелементних композицій на основі функціональних нанобіоматеріалів. / [В.А Копілевич, В.І Максін, В.Г Каплуненко [и др.] // Біоресурси і природокористування. Наук. журнал. — 2010. — Т.2, № 1-2. — С. 1 — 6

9. Коренман И.Н. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений./ И.Н Коренман — М.: Химия, 1975. — С. 267—269.

10. Патент России № 2238140. Способ получения коллоидных растворов металлов. МПК7 ВО1J13/00. Оpubл. 20.10.2004.

11. Патент США № 20120241693A1. Aqueous-based dispersions of metal nanoparticles, опубл. 2012.

12. Патент України на корисну модель № 29450. Спосіб отримання колоїдних металевих наночастинок «Ерозійно-вибухова нанотехнологія отримання колоїдних металевих наночастинок» // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2006) ВО1J13/00. Оpubл. 10.01.2008, бюл. № 1/2008.

13. Патент Украины № 38230. Способ получения наночастиц и коллоидных растворов наночастиц электропроводных материалов «Плазменная абляция». МПК (2006) ВО1J13/00. Бюл. № 24, опубл. 23.12.2008.

14. Патент України № 39397. Надчистий водний розчин нанокарбоксилату металу. МПК (2009): С07С 51/41, С07F5/00, С07F15/00, С07С 53/00. Оpubл. 25.02.2009, бюл. № 4.

15. Стальная И.Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты. [И.Д Стальная, Т.Г Гавашвили] // Современные методы в биохимии. — М.: Медицина, 1977. — С.66 — 68.

16. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls 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 колоїдного розчину та цитрато-хелату міді із біологічно активними сполуками на засвоєння 21-добовими рослинами фосфору трикальційфосфату

Варіант дослідження	Маса 100 рослин, г сухої речовини			Винос фосфору 100 росл., мг P ₂ O ₅			Коренева кислотоексудація, мкг. ябл. кисл./росл./год
	надземної частини	кореневої системи	цілих рослин	надземною частиною	кореневою системою	цілими росл.	
Вода, контроль	3,92 ± 0,19	1,11 ± 0,05	5,03 ± 0,24	46,9 ± 1,4	12,9 ± 0,4	59,8 ± 1,8	52 ± 4,2
Колоїдний розчин міді	4,10 ± 0,20	1,16 ± 0,05	5,26 ± 0,25	47,8 ± 1,5	14,9 ± 0,5	62,7 ± 2,0	71 ± 5,7
ІОК, 100 мг/т	4,06 ± 0,20	1,15 ± 0,06	5,21 ± 0,26	47,7 ± 1,6	14,7 ± 0,5	62,4 ± 2,1	58 ± 4,6
Колоїдний розчин міді, ІОК, 100 мг/т	4,18 ± 0,21	1,17 ± 0,06	5,35 ± 0,27	49,6 ± 1,5	14,4 ± 0,5	64,0 ± 2,0	76 ± 6,0
Цитрато-хелат міді, ІОК, 100 мг/п	4,22 ± 0,21	1,17 ± 0,06	5,39 ± 0,27	50,7 ± 1,5	14,9 ± 0,5	65,6 ± 2,0	68 ± 5,4
PPP триман, 10 г/т	4,18 ± 0,20	1,20 ± 0,07	5,38 ± 0,27	51,6 ± 1,6	17,3 ± 0,7	68,9 ± 2,3	73 ± 5,4
Колоїдний розчин міді, PPP триман, 10 г/т	4,30 ± 0,22	1,26 ± 0,06	5,56 ± 0,28	55,0 ± 1,8	18,6 ± 0,7	73,6 ± 2,5	80 ± 6,1
Цитрато-хелат міді, PPP триман, 10 г/т	4,09 ± 0,20	1,19 ± 0,06	5,28 ± 0,26	55,7 ± 1,7	15,3 ± 0,5	71,0 ± 2,2	69 ± 5,5
СК, 140 мг/т	4,08 ± 0,19	1,22 ± 0,07	5,30 ± 0,26	51,1 ± 1,5	14,6 ± 0,5	65,7 ± 2,0	65 ± 5,1
Колоїдний розчин міді, СК, 140 мг/т	4,15 ± 0,20	1,27 ± 0,06	5,42 ± 0,26	51,6 ± 1,5	17,3 ± 0,6	68,9 ± 2,1	72 ± 5,8
Цитрато-хелат міді, СК, 140 мг/т	4,19 ± 0,18	1,53 ± 0,07	5,72 ± 0,25	50,2 ± 1,6	18,0 ± 0,7	68,2 ± 2,3	77 ± 6,1

2. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смуглянка композиціями колоїдного розчину та цитрато-хелату міді із біологічно активними сполуками на вміст хлорофілу, загальних каротиноїдів та малонового діальдегіду в листі 21-добових рослин

Варіант досліджу	Вміст хлорофілу, мг/100 рослин			Вміст загальних каротиноїдів, мг/100 рослин	Вміст МДА в листі, ммоль/г
	a	b	a + b		
Вода, контроль	46,1 ± 1,4	16,8 ± 0,5	62,9 ± 1,9	6,70 ± 0,36	44,5 ± 1,3
Колоїдний розчин міді	47,7 ± 1,4	17,0 ± 0,5	64,7 ± 1,9	7,23 ± 0,29	40,6 ± 1,2
ІОК, 100 мг/т	47,3 ± 1,5	16,6 ± 0,5	63,9 ± 2,0	7,10 ± 0,34	42,7 ± 1,2
Колоїдний розчин міді, ІОК, 100 мг/т	49,3 ± 1,5	18,0 ± 0,6	67,3 ± 2,1	7,20 ± 0,35	40,3 ± 1,1
Цитрато-хелат міді, ІОК, 100 мг	48,6 ± 1,4	15,3 ± 0,4	64,9 ± 1,8	7,65 ± 0,34	35,7 ± 1,1
PPP триман, 10 г/т	48,8 ± 1,5	17,4 ± 0,6	66,2 ± 2,1	7,50 ± 0,28	40,1 ± 1,3
Колоїдний розчин міді, PPP триман, 10 г/т	49,7 ± 1,4	17,4 ± 0,5	67,1 ± 1,9	8,10 ± 0,31	34,6 ± 1,0
Цитрато-хелат міді, PPP триман, 10 г/т	48,3 ± 1,5	18,1 ± 0,7	66,4 ± 2,3	8,80 ± 0,36	31,6 ± 1,1
СК, 140 мг/т	49,0 ± 1,5	17,2 ± 0,5	66,2 ± 2,0	7,63 ± 0,30	38,8 ± 1,1
Колоїдний розчин міді, СК, 140 мг/т	49,3 ± 1,4	17,7 ± 0,6	67,0 ± 2,0	8,32 ± 0,33	38,5 ± 1,0
Цитрато-хелат міді, СК, 140 мг/т	50,0 ± 1,6	17,2 ± 0,6	67,2 ± 2,2	7,57 ± 0,27	31,7 ± 1,0

3. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смуглянка композиціями колоїдного розчину та цитрато-хелату міді із біологічно активними сполуками на морфологічні показники та поглинальну здатність кореневої системи 21-добових рослин

Варіант досліджу	Морфологічні показники кореневої системи 1 рослини						Площа робочої поглинальної поверхні кореневої системи 1 росл., см ²
	кількість зародкових коренів, шт	їх сумарна довжина, см	кількість бічних коренів, шт	їх сумарна довжина см	кількість коренів 3 порядку, шт	довжина головного зародкового кореня, см	
Вода, контроль	4,6	58 ± 3,5	121 ± 7	93 ± 4,7	12 ± 2	15,8 ± 1,0	152 ± 14
Колоїдний розчин міді	5,0	62 ± 3,1	131 ± 6	104 ± 5,2	31 ± 3	17,4 ± 1,1	163 ± 13
ІОК, 100 мг/т	5,0	61 ± 3,3	127 ± 8	99 ± 5,0	24 ± 4	16,8 ± 1,2	160 ± 11
Колоїдний розчин міді, ІОК, 100 мг/т	5,0	64 ± 3,4	136 ± 7	115 ± 6,1	36 ± 3	19,2 ± 1,2	167 ± 14
Цитрато-хелат міді ІОК, 100 мг	5,0	68 ± 3,3	140 ± 7	98 ± 4,9	32 ± 5	20,4 ± 1,3	168 ± 10
PPP триман, 10 г/т	5,2	64 ± 3,4	140 ± 7	100 ± 5,0	29 ± 4	18,5 ± 1,2	171 ± 13
Колоїдний розчин міді, PPP триман, 10 г/т	5,6	68 ± 3,3	164 ± 8	107 ± 5,5	29 ± 3	19,2 ± 1,4	182 ± 14
Цитрато-хелат міді, PPP триман, 10 г/т	5,2	65 ± 3,1	158 ± 7	114 ± 5,3	54 ± 6	19,8 ± 1,6	177 ± 12
СК, 140 мг/, Колоїдний розчин міді, СК, 140 мг/т	6,0	78 ± 3,8	180 ± 10	97 ± 4,6	26 ± 3	18,2 ± 1,1	169 ± 13
Цитрато-хелат міді, СК, 140 мг/т	5,2	77 ± 3,7	173 ± 9	127 ± 6,3	30 ± 5	18,1 ± 1,0	167 ± 10
Цитрато-хелат міді, СК, 140 мг/т	5,6	82 ± 4,0	192 ± 11	136 ± 6,7	37 ± 5	20,5 ± 1,4	178 ± 12

**КОЛЛОИДНЫЙ РАСТВОР И ЦИТРАТО-ХЕЛАТ МЕДИ КАК
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ НОВЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПШЕНИЦЫ**

*О.Е. ДАВЫДОВА, М.Д. АКСИЛЕНКО, В.М. МОКРИНСКИЙ,
В.Г. КАПЛУНЕНКО, Н.В. КОСИНОВ*

По результатам лабораторных и вегетационных опытов разработана рецептура и регламенты применения для предпосевной обработки семян пшеницы озимой мягкой сорта Смуглянка композиционных препаратов на основе коллоидного раствора и цитрато-хелата меди, соединений фитогормонального и антиоксидантного действия. Препараты способствуют активному развитию корневой системы растений, усилению её физиологической активности, повышению стойкости растений к условиям дефицита фосфорного питания и их способности использовать фосфор труднорастворимых минеральных почвенных фосфатов. Исследованные наносоединения являются перспективными эффективными составляющими новых комплексных наномикроудобрений и композиционных препаратов для выращивания пшеницы озимой мягкой.

Ключевые слова: коллоидный раствор и цитрато-хелат меди, фитогормоны, *Triticum aestivum L*, пшеница озимая, дефицит фосфорного питания

**COLLOIDAL SOLUTION AND COPPER CITRATE-CHELATE AS
OUTLOOK EFFICIENT COMPOSITES OF NEW COMPLEX
MICROFERTILIZERS FOR WINTER COMMON WHEAT**

*O.E. DAVYDOVA, M.D. AKSYLENKO, V.M. MOKRINSKYI,
V.G. KAPLUNENKO, M.V. KOSINOV*

On the results of conducted laboratory and vegetation research were developed

recipes and regulations for pre-seeding treatment of winter common wheat seeds Smuhlyanka with composite preparations on the basis of colloidal solution and copper citrate-chelate, compounds of phytohormonal and antioxidant action. Preparations conduce active development of plants' root system, to strengthening of physiological activity, raise of plants' resistance to phosphorus nutrition insufficiency and their ability to use phosphorus of hard dissolving soil mineral phosphates. Researched nanocompounds are perspective effective components of new complex nanomicrofertilizers and composite preparations for growing of common winter wheat.

Key words: *colloidal solution and copper citrate-chelate, phytohormons, Triticum aestivum L., winter wheat, phosphorus nutrition insufficiency*