

УДК 631.53.027.2+631.81.095.337

ВПЛИВ КОМПЛЕКСНИХ ХЕЛАТНИХ МІКРОДОБРИВ І КОЛОЇДНОГО РОЗЧИНУ БІОГЕННИХ МЕТАЛІВ НА АДАПТАЦІЮ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ДО УМОВ ДЕФІЦИТУ ФОСФОРНОГО ЖИВЛЕННЯ

О.Є. ДАВИДОВА, М.Д. АКСИЛЕНКО, В.М. МОКРИНСЬКИЙ, А.П. ГАЄВСЬКИЙ

*Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії Національної академії наук України
02094 Київ, вул. Мурманська, 1
e-mail: kukchar@bpci.kiev.ua*

У вегетаційних дослідах показано, що застосування комплексних мікродобрив рексолін АВС і реаком-СР-зерно та колоїдного розчину біогенних металів для передпосівної обробки насіння озимої пшениці м'якої сорту Смуглянка і твердої сорту Лагуна сприяє поліпшенню їх фосфорного живлення внаслідок активнішого використання фосфору важкорозчинних ґрунтових мінеральних фосфатів, формування більш розгалуженої й фізіологічно активної кореневої системи, збільшення виділення нею органічних кислот.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., *Triticum durum* L., пшениця, мікродобрива, фосфорне живлення, трикальційфосфат.

Дефіцит фосфорного живлення рослин є однією з найактуальніших проблем рослинництва в багатьох країнах світу, в тім числі й Україні. Тільки на 47 % площі вітчизняних орних земель вміст рухомого фосфору перевищує 10 мг P_2O_5 на 100 г ґрунту, а 30 % цих площ відповідає оптимальному рівню забезпеченості фосфором зернових культур — 12—14 мг P_2O_5 на 100 г ґрунту [10]. У цій ситуації перспективними є всі селекційні роботи, технологічні прийоми і хіміко-біологічні засоби, спрямовані на мобілізацію рослинами фосфору важкорозчинних і залишкових ґрунтових фосфатів, вміст яких в основних типах ґрунтів України сягає 3—4 т P_2O_5 на 1 га орного шару і до 22,9 т P_2O_5 на 1 га метрового шару.

Пшениця належить до культур, дуже чутливих до рівня фосфорного живлення і потерпає від його дефіциту з істотними негативними наслідками [14, 15]. Знання адаптивних реакцій пшениці на дефіцит фосфорного живлення [6, 24] (посилення ексудації кореневою системою кислот фосфатаз, органічних кислот, збільшення робочої вбирної поверхні та фізіологічної активності кореневої системи [17—20, 22, 23], увімкнення антиоксидантних ензимних систем тощо), а також наявність у ґрунтах України значних запасів валового, практично недоступного для рослин, фосфору відкриває реальні можливості зменшення дефіциту фосфору в живленні пшениці шляхом розробки хіміко-біологічних засобів. Застосування останніх сприятиме поліпшенню фосфорного живлення рослин унаслідок використання ними фосфору важкорозчинних ґрунтових мінеральних і органічних фосфатів, підвищенню коефіцієнтів використання елементів живлення.

Сучасні сорти пшениці, здебільшого середньо- та короткостеблові, з поліпшеними морфологічними, агробіологічними та господарсько-економічними ознаками і властивостями, вимогливіші до умов живлення, продуктивно використовують поживні макро- та мікроелементи, вологу, тому потребують ефективних сучасних комплексних мікродобрив [9, 13]. Особливо цікавими для рослинництва є отримані за ерозійно-вибуховою технологією аніоноподібні висококоординовані аквахелати наночасточок біогенних металів вітчизняного виробництва. Це обумовлено їх низькою токсичністю, доброю сумісністю з живою клітиною, антиоксидантними властивостями [1, 2]. Такі препарати в умовах дефіциту фосфору мають позитивно впливати на розвиток і фізіологічну активність кореневої системи, інтенсивність ексудації нею кислот фосфатаз, органічних кислот, на процес фотосинтезу, виявляти антиоксидантну дію і тим самим забезпечувати підвищення засвоєння й виносу рослинами фосфору з ґрунту і добрив, сприяти отриманню високих урожаїв якісного конкурентоспроможного зерна.

Метою роботи було вивчення впливу сучасних комплексних мікродобрив та нанопрепаратів біогенних металів на адаптацію рослин пшениці до умов дефіциту фосфорного живлення.

Методика

Об'єктом досліджень була озима пшениця м'яка сорту Смоглянка та тверда сорту Лагуна. У вегетаційних дослідах для передпосівної обробки насіння застосовано хелатні комплексні мікродобрива рексолін АВС («Акзо-Нобель», Голландія) в дозах 200 і 400 г/т, реаком-СР-зерно (НВЦ «Реаком», Україна) в дозах 3 і 4 л/т [2, 3], а також суміш колоїдних розчинів біогенних металів (Cu, Zn, Mg, Mn, Fe, Co) з розміром наночасточок 50—100 нм (ТОВ «Наноматеріали та нанотехнології», Україна) [1, 12, 16, 21]. При застосуванні колоїдних розчинів на 1 т насіння витрачалось Fe, Zn, Mn, Mg — по 300 мг, Cu — 80 мг, Co — 30 мг.

Комплексні добрива вносили безпосередньо в робочий розчин із протруйником максим стар 0,25 FS (1,5 л/т). Оброблене методом напіввологого протруювання насіння пророщували 24 год при 26 °С і висаджували у вегетаційні посудини місткістю 3 л з 2,4 кг кварцового відмитого від фосфатів піску, вологість — 70 % ПВ. Число рослин на посудину — 15, повторність дослідів — 12-разова, тривалість дослідів — 21 доба для м'якої і 28 діб — для твердої пшениці. Поживне середовище — Хогланда—Арнона за відсутності сполук фосфору [5]. Джерело фосфору — трикальційфосфат, один із найпоширеніших важкорозчинних ґрунтових мінеральних фосфатів, який вводили безпосередньо у піщаний субстрат.

У 21- та 28-добових рослин визначали інтенсивність кореневої ексудації кислот за методом Коренмана [8]; вміст малонового діальдегіду (МДА) — за методикою [11]; сухої речовини — термогравіметричним методом; загального фосфору — після мокрого озолення — фотометрично за Деніже в модифікації Левицької [4], хлорофілів *a*, *b* і загальний вміст каротиноїдів — за методом Велбурна [25]. Пігменти екстрагували диметилсульфоксидом.

Морфологічні показники кореневої системи визначали після фарбування її в 0,1 %-му водному розчині фуксину, площу робочої вбирної поверхні кореневої системи — за методом Сабініна і Колосова [4]. Ре-

зультати оброблено статистично методом дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерних програм Excel та Agrostat.

Результати та обговорення

У двох вегетаційних дослідах (кожен проведено тричі) досліджено вплив передпосівної обробки насіння пшениці м'якої сорту Смуглянка та твердої сорту Лагуна мікродобривами рексолін АВС і реаком-СР-зерно, а також сумішню колоїдних розчинів біогенних металів на здатність рослин пшениці використовувати фосфор трикальційфосфату. Згідно з даними табл. 1, застосування рексоліну АВС у рекомендованих дозах практично не вплинуло на накопичення сухої речовини рослинами пшениці сорту Смуглянка. Реаком-СР-зерно забезпечив підвищення маси надземної частини рослин на 9–13, кореневої системи — на 17–24, цілої рослини — на 12,2–13,6 %. Можливо, це пов'язано з наявністю у складі цього добрива фосфору та калію і більш прийнятної комплексоутворювача — оксіетилідендифосфонові кислоти, порівняно з етилендіамінтетраоцтовою кислотою, яку використовують при виробництві рексоліну АВС. Найбільше накопичення рослинами сухої речовини порівняно з контролем забезпечило застосування колоїдного розчину біогенних металів: надземною частиною — на 22,5, кореневою системою — на 30,5, цілою рослиною — на 24,2 %. У цьому варіанті зафіксовано й максимальне збільшення порівняно з контролем виносу рослинами фосфору: надземною частиною — на 12, кореневою системою — на 14,7, цілою рослиною — на 12,5 %. Реаком-СР-зерно підвищив використання рослинами фосфору трикальційфосфату на 5,2–5,7 %, рексолін АВС — на 3,6 % і тільки в дозі 200 г/т. Збільшення дози до 400 г/т виявилось неефективним. Усі досліджені препарати сприяли посиленню виділення кореневою системою рослин органічних кислот: рексолін АВС — на 15–33, реаком-СР-зерно — на 6–8, колоїдний розчин металів — на 52 %, що має позитивно впливати на перетворення важкорозчинних ґрунтових мінеральних фосфатів у форми, доступніші для рослин. Застосування мікродобрива вірогідно змінило морфологічні показники кореневої системи рослин (табл. 2) — зумовило збільшення середньої кількості основних зародкових коренів однієї рослини з 4,2 шт. у контролі до 4,4–4,8, збільшення на 15–17 % їх сумарної довжини, до 16 % — кількості бічних коренів, у 2–3 рази — кількості коренів 3-го порядку.

Значно збільшилась і середня довжина бічних коренів: у варіантах із рексоліном АВС — на 33–47, з реакомом-СР-зерно — на 42–76, з колоїдним розчином металів — на 170 %. Це зумовило збільшення на 10–12 % площі робочої вбирної поверхні кореневої системи. У варіанті з рексоліном АВС виявлено тільки тенденцію до росту цього показника.

Досліджені препарати на 22–37 % знижували вміст у листках рослин МДА, що свідчить про менш інтенсивний перебіг під їх впливом процесів пероксидного окиснення ліпідів клітинних оболонок, тобто мікродобрива виявили антиоксидантні й антистресові властивості.

Відмічено позитивний вплив мікродобрив на зростання вмісту в листках хлорофілу *a* (з 14,2 до 15,1 мг/г сухої речовини) й на 11–27 % — хлорофілу *b* (з 2,8 до 3,2–3,6 мг/г сухої речовини).

Результати наступного вегетаційного дослідження, проведеного за аналогічною схемою з твердою пшеницею сорту Лагуна, наведено в табл. 3 і 4.

ТАБЛИЦА 1. Влияние передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смулянка мікробіорівками і колоїдним розчином біогенних металів на використання 21-добовими рослинами фосфору трикальційфосфату

Варіант передпосівної обробки насіння	Маса сухої речовини 100 рослин, г			Вміст фосфору 100 рослинами, мг P ₂ O ₅			Коренева ексудация, мкг яблучної кислоти на 1 рослину/год
	надземної частини	кореневої системи	цілої рослини	надземною частиною	кореневою системою	цілою рослиною	
Протруйник, 1,5 л/т, контроль	3,86±0,14	1,05±0,03	4,91±0,17	46,8±2,0	11,6±0,4	58,4±2,4	66,0±5,9
Протруйник, 1,5 л/т, реаксолін АВС, 200 г/т	3,78±0,15	1,15±0,03	4,93±0,18	45,7±1,9	14,8±0,5	60,5±2,4	76,1±6,8
Протруйник, 1,5 л/т, реаксолін АВС, 400 г/т	3,87±0,14	1,09±0,03	4,96±0,17	46,9±2,2	12,0±0,4	58,9±2,6	87,7±7,4
Протруйник, 1,5 л/т, реаком-СР-зерно, 3 л/т	4,35±0,16	1,23±0,04	5,58±0,20	47,9±2,2	13,5±0,4	61,4±2,6	69,5±6,1
Протруйник, 1,5 л/т, реаком-СР-зерно, 4 л/т	4,21±0,14	1,30±0,05	5,51±0,19	46,8±2,1	14,9±0,5	61,7±2,6	71,0±6,1
Протруйник, 1,5 л/т, колоїдний розчин металів							
Fe, Zn, Mg — по 300 мг/т, Cu — 80 мг/т, Co — 30 мг/т	4,73±0,16	1,37±0,05	6,10±0,21	52,4±2,5	13,3±0,4	65,7±2,9	100,2±9,3

ТАБЛИЦА 2. Влияние передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смулянка комплексними мікродобривами на морфологічні показники і вбирну здатність кореневої системи 21-добових рослин (джерело фосфору — трикальційфосфат)

Вариант передпосівної обробки насіння	Основні зародкові корені 1 рослини		Бічні корені 1 рослини			Робоча вбирна поверхня коренів 1 рослини, см ²
	кількість, шт.	сумарна довжина, см	кількість, шт.	сумарна довжина, см	середня довжина 1 кореня, см	
Протруйник, 1,5 л/т, контроль	4,2	52±1,7	101±4	45±1,4	0,45	275±21,3
Протруйник, 1,5 л/т, рексолін АВС, 200 г/т	4,4	61±1,8	106±5	60±2,1	0,57	287±20,8
Протруйник, 1,5 л/т, рексолін АВС, 400 г/т	4,6	57±1,6	110±5	66±2,4	0,60	281±20,9
Протруйник, 1,5 л/т, реаком-СР-зерно, 3 л/т	4,8	62±1,9	123±6	65±2,1	0,53	302±24,5
Протруйник, 1,5 л/т, реаком-СР-зерно, 4 л/т	4,4	56±1,8	117±5	79±2,9	0,68	300±26,0
Протруйник, 1,5 л/т, коллоїдний розчин металів Fe, Zn, Mg — по 300 мг/т, Cu — 80 мг/т, Co — 30 мг/т	4,4	63±1,9	119±6	122±4,7	1,03	309±25,7

ТАБЛИЦА 3. Влияние передпосівної обробки насіння пшениці сорту Лагуна мікродобривами і колоїдним розчином біогенних металів на використання 28-добовими рослинами фосфору трикальційфосфату

Варіант передпосівної обробки насіння	Маса сухої речовини 100 рослин, г			Винос фосфору 100 рослинами, мг P ₂ O ₅			Коренева ексудация, мкг яблучної кислоти на 1 рослину/год
	надземної частини	кореневої системи	цілої рослини	надземною частиною	кореневою системою	цілою рослиною	
Протруйник, 1,5 л/т, контроль	4,61±0,21	0,96±0,04	5,57±0,25	34,8±1,7	7,2±0,2	42,0±1,9	33,2±2,8
Протруйник, 1,5 л/т, реаксолін АВС, 200 г/т	4,88±0,22	0,97±0,03	5,85±0,25	45,3±2,0	9,8±0,3	55,1±2,3	47,3±4,0
Протруйник, 1,5 л/т, реаксолін АВС, 400 г/т	4,80±0,20	0,99±0,04	5,79±0,24	46,0±2,0	9,9±0,3	54,9±2,3	45,2±3,7
Протруйник, 1,5 л/т, реаком-СР-зерно, 3 л/т	5,21±0,23	1,04±0,04	6,25±0,27	48,9±1,7	9,3±0,3	58,2±2,0	59,8±4,3
Протруйник, 1,5 л/т, реаком-СР-зерно, 4 л/т	5,13±0,23	1,06±0,03	6,19±0,26	48,2±1,9	9,6±0,3	57,8±2,2	54,7±4,1
Протруйник, 1,5 л/т, колоїдний розчин металів							
Fe, Zn, Mg — по 300 мг/т, Cu — 80 мг/т, Co — 30 мг/т	5,10±0,22	1,06±0,03	6,16±0,25	47,3±2,0	10,8±0,4	58,1±2,4	55,2±4,4

ТАБЛИЦА 4. Влияние передпосівної обробки насіння пшениці сорту Лагуна комплексними мікродобривами на морфологічні показники і вбиру здатність кореневої системи 28-добових рослин (джерело фосфору — трикальційфосфат)

Варіант передпосівної обробки насіння	Основні зародкові корені 1 рослини		Бічні корені 1 рослини				Робоча вбирна поверхня коренів 1 рослини, см ²
	кількість, шт.	сумарна довжина, см	кількість, шт.	сумарна довжина, см	середня довжина 1 кореня, см	кількість коренів 3-го порядку, шт.	
Протруйник, 1,5 л/т, контроль	4,6	47±1,5	87±3	52±1,6	0,60	54±4	228±17,1
Протруйник, 1,5 л/т, рексолін АВС, 200 г/т	4,6	50±1,7	97±4	77±2,1	0,79	60±5	246±19,0
Протруйник, 1,5 л/т, рексолін АВС, 400 г/т	4,6	54±1,8	112±6	74±2,0	0,66	84±7	253±19,4
Протруйник, 1,5 л/т, реаком-СР-зерно, 3 л/т	4,6	53±1,8	92±4	63±1,9	0,69	63±5	268±20,1
Протруйник, 1,5 л/т, реаком-СР-зерно, 4 л/т	4,5	56±1,9	112±5	87±2,3	0,78	88±6	257±19,3
Протруйник, 1,5 л/т, колоїдний розчин металів Fe, Zn, Mg — по 300 мг/т, Cu — 80 мг/т, Co — 30 мг/т	4,6	67±2,2	110±6	82±2,2	0,75	79±5	264±19,7

Як і в досліді з м'якою пшеницею сорту Смуглянка, передпосівна обробка насіння пшениці сорту Лагуна мікродобривом реаком-СР-зерно виявилась ефективнішою за обробку рексоліном АВС. Застосування останнього в рекомендованих дозах (200 і 400 г/т) практично не вплинуло на масу кореневої системи рослин, а маса сухої речовини цілих рослин лише на 4—5 % перевищувала контрольні значення. Реаком-СР-зерно сприяв збільшенню маси сухої речовини кореневої системи відносно контролю на 8—10 %, надземної частини — на 11—13 %. За впливом на накопичення рослинами пшениці сухої речовини колоїдний розчин металів не поступався дії препарату реаком-СР-зерно, однак слід зазначити, що на відміну від останнього колоїдний розчин не містить поживних макроелементів Р і К, а за його використання в 115—150 разів знижуються витрати мікроелементів на 1 т насіння.

Найбільше відносно контролю підвищувалось використання рослинами фосфору трикальційфосфату також у разі застосування реакому-СР-зерно й колоїдного розчину металів. Препарат реаком-СР-зерно в обох застосованих дозах забезпечив майже однакове збільшення виносу фосфору 28-добовими рослинами: надземною частиною — на 38,5—40,3, кореневою системою — на 29,2—33,3, цілими рослинами — на 37,6—38,6 %. За обробки насіння колоїдним розчином біогенних металів винос фосфору рослинами збільшувався на 38,3, надземною частиною — на 36,0, кореневою системою — на 50 %.

Рексолін АВС також сприяв істотному підвищенню використання рослинами фосфору трикальційфосфату: винос фосфору дослідними рослинами цього варіанта перевищував контрольні значення на 30,7—31,2 % (надземною частиною — на 30,2—32,2, кореневою системою — на 36,1—37,5 %).

Підвищення здатності рослин твердої пшениці сорту Лагуна під впливом біогенних мікроелементів використовувати фосфор трикальційфосфату може бути пов'язане зі значним посиленням інтенсивності виділення кореневою системою органічних кислот, які збільшують розчинність багатьох мінеральних важкорозчинних ґрунтових фосфатів. У разі застосування рексоліну АВС коренева ексудація кислот перевищувала цей показник контрольних рослин на 36—42, реакому-СР-зерно — на 65—80, колоїдного розчину металів — на 67—70 %.

Збільшення інтенсивності виділення кореневою системою органічних кислот позитивно корелювало зі збільшенням використання рослинами фосфору важкорозчинного мінерального фосфату. Іншим чинником, який напевно впливав на підвищення адаптації рослин пшениці сорту Лагуна до дефіциту фосфору, є зміни під дією застосованих препаратів морфологічних показників кореневої системи рослин (див. табл. 4). Мікродобрива не впливали на кількість основних зародкових коренів (4,6 шт/рослину), але їх сумарна довжина відносно контролю збільшувалась: за дії рексоліну АВС — на 6,4—14,9, реакому-СР-зерно — на 12,8—19,1, колоїдного розчину металів — на 42,6 %. Можна сподіватись, що зазначений вплив препаратів у виробничих умовах сприятиме також зростанню посухостійкості рослин. Під дією мікроелементів збільшувались кількість бічних коренів та їх середня довжина. У разі застосування рексоліну АВС і реакому-СР-зерно кількість бічних коренів збільшувалась на 11—28, їх середня довжина — на 10—32 %, за використання колоїдного розчину металів — відповідно на 26,4 і 25,0 %. Препарати сприяли також утворенню більшої кількості коренів 3-го поряд-

ку: рексолін АВС — на 12—56, реаком-СР-зерно — на 17—63, колоїдний розчин металів — на 46 % відносно контрольних значень. Такі зміни морфологічних показників кореневої системи привели до збільшення площі її робочої вбирної поверхні: рексолін АВС — на 8—11, реаком-СР-зерно — на 13—17, колоїдний розчин металів — на 16 % (див. табл. 4) та збільшення відношення робочої вбирної поверхні кореневої системи рослин до загальної адсорбувальної з 0,31 у контролі до 0,35—0,36.

Комплексні мікродобрива сприяли також підвищенню вмісту в листках дослідних рослин сорту Лагуна хлорофілу: в разі застосування рексоліну АВС — на 2,8—3,2, реакому-СР-зерно — на 9,0—9,4, колоїдного розчину металів — на 7,5 % та загальних каротиноїдів — відповідно на 16,4; 22,3 і 25,2 %.

Під дією мікродобрив знизився також вміст МДА в листках рослин відносно контролю: рексоліну АВС — на 10—17, реакому-СР-зерно — на 15—20, колоїдного розчину металів — на 12—15 %. Це свідчить про підвищення адаптації рослин до стресу — гострого дефіциту фосфорного живлення.

Під впливом застосованих препаратів у рослин сорту Смуглянка істотно зростала також активність позаклітинних кислих фосфатаз кореня. У рослин сорту Лагуна досліджені препарати не впливали на цей показник. Це дає підстави сподіватися, що досліджені мікродобрива за вирощування пшениці сорту Смуглянка сприятимуть поліпшенню фосфорного живлення рослин не тільки внаслідок інтенсивнішого використання ними фосфору ґрунтового трикальційфосфату, а й фосфору деяких органофосфатів ризосфери, які гідролізуються фосфатазами корневих ексудатів з утворенням доступних для рослин мінеральних сполук фосфору [22, 23].

Отже, комплексні мікродобрива і колоїдний розчин біогенних металів у разі передпосівної обробки насіння озимої пшениці м'якої сорту Смуглянка і твердої сорту Лагуна вже на ранніх етапах росту і розвитку рослин сприяють поліпшенню їх фосфорного живлення внаслідок активнішого використання фосфору важкорозчинних ґрунтових мінеральних фосфатів і формування більш розгалуженої та фізіологічно активної кореневої системи, збільшення виділення нею органічних кислот [20]. Такий технологічний захід активує фотосинтетичні процеси, збільшує накопичення рослинами сухої речовини, чинить антистресову дію.

Комплексне мікродобриво реаком-СР-зерно, створене на основі оксіетилідендифосфонової кислоти, ефективніше для передпосівної обробки насіння пшениці, ніж рексолін АВС на основі етилендіамінтетраоцтової кислоти.

Колоїдний розчин біогенних металів за ефективністю не поступається найпоширенішому вітчизняному мікродобриву реаком-СР-зерно, а витрати мікроелементів на одиницю маси обробленого насіння за використання колоїдного розчину у 115—150 разів нижчі. Тому ці розчини перспективні для створення нових ефективних комплексних препаратів багатовекторної дії, що забезпечать отримання екологічно чистої продукції.

1. Бовсуновский А.М., Вялый С.О., Каплуненко В.Г., Косинов Н.В. Нанотехнология как движущая сила аграрной революции // *Зерно*. — 2008. — № 11 (31). — С. 80—83.
2. Бульгин С.Ю., Демисев Л.Ф., Доронин В.А. и др. Микроэлементы в сельском хозяйстве. — Днепропетровск: Сич, 2010. — 104 с.
3. Гошко В. Микроэлементы для пшеницы // *Зерно*. — 2006. — № 11. — С. 53—56.

4. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. — К.: Нічлава, 2003. — 320 с.
5. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. — Киев: Наук. думка, 1973. — 591 с.
6. Давидова О.Є., Моргун В.В., Аксиленко М.Д. Виявлення генотипів озимої пшениці з високими адаптивними властивостями до умов дефіциту фосфорного живлення // Физиология и биохимия культ. растений. — 2006. — **38**, № 6. — С. 474—482.
7. Ковалев В.М. Совершенствование способов регуляции физиолого-биохимических процессов и метаболизма живых организмов // С.-х. биология. — 2001. — № 1. — С. 13—18.
8. Коренман И.Н. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений. — М.: Химия, 1975. — С. 267—269.
9. Моргун В.В., Швартау В.В., Киризий Д.А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков // Физиология и биохимия культ. растений. — 2010. — **42**, № 5. — С. 371—392.
10. Носко Б.С. Сучасний стан та перспективні напрямки досліджень в агрохімії // Вісн. аграрної науки. — 2002. — № 9. — С. 9—12.
11. Стальная И.Д., Гавашвили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современ. методы в биохимии. — М.: Медицина, 1977. — С. 66—68.
12. Таран Н.Ю., Бацманова Л.Н., Лопатько К.Д. та ін. Вплив неіонного колоїдного розчину наночасток біогенних металів на вміст елементів металів у рослинних тканинах // Фізика живого. — 2011. — **19**, № 2. — С. 9—11.
13. Швартау В.В., Гуральчук М.З. Міндобрива в Україні. — К.: Логос, 2008. — 333 с.
14. Abel S., Ticconi C.A., Delatorre C.A. Phosphate sensing in higher plants // *Physiol. Plant.* — 2002. — **115**. — P. 1—8.
15. Botten G.D. A review of phosphorus efficiency in wheat // *Plant Soil.* — 1992. — **146**. — P. 163—168.
16. Chau C.F. The development of regulations for food nanotechnology // *Trends Food Sci. Technol.* — 2007. — **18**. — P. 269—280.
17. Fend Ke, Lu Hai-Ming, Sheng Hai-jun. Effect of organic ligands on biological availability of inorganic phosphorus in soil // *Pedosphere.* — 2004. — **19**, N 1. — P. 85—92.
18. Jones D.L., Darrah P.R. Role of root derived organic-acids in the mobilization of nutrients from the rhizosphere // *Plant Soil.* — 1994. — **166**. — P. 247—257.
19. Lambers H., Shane M.W., Gramer M.D. et al. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: matching morphological and physiological traits // *Ann. Bot.* — 2006. — P. 1—21.
20. Marschner H., Romheld V., Horst W.J., Martin P. Root-induced changes in the rhizosphere: Importance for the mineral nutrition of plants // *Z. Pflanzenenernaehr. Bodenkd.* — 1986. — **149**. — P. 441—456.
21. Racuciu M., Creanga D. Cytogenetic changes induced by betacyclodextrin coated nanoparticles in plant seeds // *Roman. J. Phys.* — 2009. — **54**. — P. 125—131.
22. Sun Haiguo, Zhang Fusuo. Влияние недостаточной обеспеченности фосфором на активность кислой фосфатазы, содержащейся в экссудатах корней пшеницы // *Chin. J. Appl. Ecol.* — 2002. — **13**, N 3. — P. 379—381.
23. Szabo-Nagy A., Olan S., Edei L. Phosphatase induction of winter wheat during adaptation to phosphorus deficiency // *Physiol. Plant.* — 1987. — **70**. — P. 544—552.
24. Vance C.P., Uhde-Stone C., Allan D.I. Phosphorus acquisition and use: critical adaptation by plants for securing a non renewable resource // *New Phytol.* — 2003. — **157** (3). — P. 423—447.
25. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b* as well as total carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution // *J. Plant physiol.* — 1994. — **144**, N 3. — P. 307—315.

Отримано 25.09.2012

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ И КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА БИОГЕННЫХ МЕТАЛЛОВ НА АДАПТАЦИЮ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ К УСЛОВИЯМ ДЕФИЦИТА ФОСФОРНОГО ПИТАНИЯ

О.Е. Давыдова, М.Д. Аксиленко, В.М. Мокринский, А.П. Гаевский

Институт биоорганической химии и нефтехимии Национальной академии наук Украины, Киев

В вегетационных опытах показано, что применение комплексных микроудобрений реколин АВС и реаком-СР-зерно, а также коллоидного раствора биогенных металлов для предпосевной обработки семян озимой пшеницы мягкой сорта Смуглянка и твердой сорта Ла-

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ

гуна способствует улучшению их фосфорного питания вследствие более активного использования фосфора труднорастворимых почвенных минеральных фосфатов, формирования более разветвленной и физиологически активной корневой системы, увеличения выделения ею органических кислот.

INFLUENCE OF COMPLEX CHELATE MICROFERTILIZERS AND COLLOID SOLUTION OF BIOGENOUS METALS ON WHEAT PLANTS ADAPTATION TO PHOSPHORUS NUTRITION DEFICITE

O.E. Davydova, M.D. Aksylenko, V.M. Mokrinskyi, A.P. Gaevski

Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry, National Academy of Sciences of Ukraine
1 Murmanska St., Kyiv, 02094, Ukraine

In pot experiments it was shown that using of complex microfertilizers rexolin ABC, reacom-SR-zerno and colloid solution of biogenous metals for presowing treatment of winter bread wheat (cultivar Smuglianka) and durum wheat (cultivar Laguna) seeds improved plants phosphorus nutrition due to more active utilization of hardsoluble soil mineral phosphates and forming of more branching and physiological active roots, more intensive organic acids exudation.

Key words: *Triticum aestivum* L., *Triticum durum* L., wheat, microfertilizers, phosphoric nutrition, tricalcium phosphate.