

УДК 631.81.095.337:631.811.98

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ МІКРОЕЛЕМЕНТНИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

О.Є. ДАВИДОВА¹, В.Г. КАПЛУНЕНКО², М.Д. АКСИЛЕНКО¹, К.Ю. ДЕРЕВ'ЯНКО¹,
В.М. МОКРИНСЬКИЙ¹

¹Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії Національної академії наук України
02660 Київ, вул. Мурманська, 1
e-mail: selit@ua.fm

²Український державний науково-дослідний інститут нанобіотехнологій та
ресурсозбереження Кабінету Міністрів України
03150 Київ, вул. Боженка, 84
e-mail: kaplunenko@mail.ru

В умовах польового дослідження визначено ефективність застосування нових 8- та 14-компонентних мікроелементних комплексів, створених на основі цитрато- або сукцинатахелатів біогенних мікро- й ультрамікроелементів, композицій цих комплексів із саліциловою кислотою або гуміфілдом при вирощуванні пшениці озимої м'якої. Доведено, що ці препарати забезпечують суттєве підвищення зернової продуктивності рослин, якості зерна, сприяють його збагаченню на білковий азот, мікроелементи, сірку, кремній, істотно збільшують ефективність використання рослинами азоту та фосфору мінеральних добрив і ґрунту, виявляють антистресову дію.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., цитрато- й сукцинатахелати біогенних мікроелементів, урожайність, якість зерна, стресостійкість.

Останніми роками в зерновому господарстві України спостерігається тенденція до нарощування обсягів виробництва, що дало їй змогу повернутися на світовий ринок зерна у ролі одного з потужних виробників та експортерів. Водночас у багатьох господарствах, особливо степової зони, прибутковість і рентабельність виробництва зерна скорочуються через зниження врожайності та його якості [14]. Серед різноманітних заходів, без яких неможливо підвищити ефективність діяльності господарств у зерновій галузі, важливою є оптимізація мінерального живлення рослин. З урахуванням значного зменшення в останні десятиліття доз використання в Україні мінеральних добрив під зернові актуальними є створення і впровадження нових екологічно безпечних і технологічних засобів з метою підвищення ефективності використання рослинами поживних елементів мінеральних добрив і ґрунту. Це має сприяти зростанню зернової продуктивності рослин та якості зерна і відповідно — рентабельності його виробництва.

В Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України спільно з Українським НДІ нанобіотехнологій та ресурсозбереження КМУ ведуться дослідження, спрямовані на розробку нових засобів рістстимулювальної та антистресової дії для багатьох сільськогосподарських культур,

у тому числі зернових. Засоби, що розробляються, містять біогенні мікро- й ультрамікроелементи, хелатовані три-, двокарбонними органічними кислотами, які є природними для рослин і швидко залучаються до їх обмінних процесів, та сполуки рістстимулювальної і стреспротекторної дії [7]. Органохелати біогенних елементів отримують з їх колоїдних розчинів хелатуванням наночастинок (30–70 нм) ди- і трикарбонними органічними кислотами до повного переходу елементів в іонну форму [17]. Отримані водні розчини органохелатів не містять баластних і фітотоксичних домішок. Одна з останніх сумісних розробок — 14-компонентний мікроелементний комплекс із робочою назвою «аватар-2-ц», який містить цитратохелати Zn, Mn, Cu, Fe, Mo, Co, Mg, Ge, V, La, Ni, Ti, Se, B у формі борної кислоти. Перед цим було розроблено рецептуру мікроелементного комплексу з робочою назвою «аватар-1», до складу якого входять 8 елементів — Zn, Mn, Cu, Fe, Mo, Co, Mg і B. Одна з препаративних форм аватару-1 містить цитратохелати біогенних металів (аватар-1-ц), інша — їх сукцинатохелати (аватар-1-с).

Біологічну роль ультрамікроелементів, які введені до складу аватару-2, доведено багатьма закордонними дослідниками. Зокрема визначено, що германій виявляє властивості антигіпоксанту, активує ростові процеси, сприяє підвищенню польової схожості насіння, продуктивності, стимулює функціональний стан рослин [21, 29]. Лантан інтенсифікує розвиток кореневої системи рослин, фотосинтетичну активність, підвищує врожайність сільськогосподарських та лікарських рослин [24, 25]. Нікель входить до складу уреазы, позитивно впливає на метаболізм азоту й заліза, стабілізує структуру рибосом, підвищує стійкість рослин до захворювань, стимулює розвиток кореневої системи [20, 23]. Титан виявляє властивості біостимулятора, активує в рослинах процеси фотосинтезу, засвоєння макро- та мікроелементів, сприяє підвищенню активності антиоксидантних ферментів [12, 28]. Ванадій, аналогічно молібдену, активує процеси біологічної азотфіксації, крім того, позитивно впливає на дихання рослин, процеси фотосинтезу, підвищує продуктивність, поліпшує якість рослинницької продукції [19, 22].

Пшениця чутлива до застосування мікродобрив, особливо на ґрунтах із дефіцитом рухомих сполук певних мікроелементів. Протягом вегетації ця культура, особливо при вирощуванні за інтенсивною технологією, потребує наявності доступних форм міді, мангану, цинку, заліза, молібдену, кобальту, магнію [2, 4, 15]. В Україні з 32 млн га ріллі 18 млн га мають низький вміст рухомих сполук цинку, 15 млн га — молібдену, 8 млн га — кобальту, 2,5 млн га — міді, 8 млн га — бору [1]. Тому використання при вирощуванні пшениці комплексних мікродобрив — важлива складова інтенсивних технологій.

Метою досліджень було визначення ефективності застосування мікроелементних комплексів аватар-1-с, аватар-1-ц, аватар-2-ц, їх композицій із гуміновим препаратом гуміфілдом і стреспротекторною сполукою — саліциловою кислотою у двох технологічних операціях вирощування озимої м'якої пшениці — для передпосівної обробки насіння та обприскування вегетуючих рослин у певні фази органогенезу (весняне кушіння, початок виходу в трубку).

Методика

Об'єктом дослідження була пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) сорту Калинова, напівкарликова, середньостигла, високоінтенсивного типу,

що належить до цінних пшениць. Оригізатори — Інститут фізіології рослин і генетики НАН України та Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла НААН України.

Польові дослідження проводили у двофакторному польовому досліді упродовж 2012—2014 рр. у Бориспільському р-ні Київської обл.

Схему досліді наведено в таблицях, де фактор А — передпосівна обробка насіння мікроелементним комплексом (аватар-1-с, аватар-1-ц, аватар-2-ц), фактор В — позакореневі підживлення рослин водними розчинами зазначених препаратів окремо та з додаванням відповідних біологічно активних речовин (БАР) — саліцилової кислоти [8, 9, 13, 26, 27] (СК) та гуміфілду [16].

Досліди закладено відповідно до методики польового досліді [3, 6] з чотириразовою повторністю, площа посівної ділянки становила 146 м², облікова — 98 м². Розміщення варіантів — систематичне. Попередником була картопля. Агротехніка вирощування — типова для Лісостепу та адаптована до умов господарства. Ґрунт — темно-сірий опідзолений, грубопилуватий, легкосуглинковий, характеризувався середньокислою реакцією ґрунтового розчину, середньою забезпеченістю гідролізованим азотом (за методом Тюріна—Кононової), рухомими формами фосфору та підвищеним вмістом обмінного калію (за Кірсановим).

Протруювач насіння — ламардор (150 мл/т), інсектицид — імідоклоприд (200 г/т). Мінеральні добрива вносили в дозі N₁₅₀P₄₅K₈₀; N₆₀ — в основне удобрення, решту — шляхом підживлень (N₆₀ — на початку весняного відновлення вегетації; N₃₀ — на початку фази виходу рослин у трубку), норма висіву — 5,5 млн зернин/га. Сівбу проводили у першу декаду жовтня 2012 р. і третю декаду вересня 2013 р.

Обліковували врожай методом пробних снопів. Рослини і ґрунт аналізували за загальноприйнятими методиками [5], вміст вільного проліну в листках визначали за методом Бейтса [18], структуру врожаю — за методом Майсуряна, вміст білкового азоту в зерні — за методом Барнштейна [5], вміст мікроелементів у зерні — за методом дисперсійної рентгенівської спектроскопії за довжиною хвилі (WDS) на приладі РЕММА-102.

Погодні умови 2012—2014 рр. були ускладнені різним ступенем забезпеченості рослин теплом, світлом, вологою, що змінило терміни початку фенофаз та їх тривалість. Аналізом відповідності температур та умов зволоження біологічним вимогам пшениці озимої виявлено відсутність критичних для неї меж зазначених показників.

Отримані результати оброблено статистично методом дисперсійного аналізу за Доспеховим [6] із використанням комп'ютерних програм Excel та Agrostat.

Результати та обговорення

В екологічному й економічному аспектах важливо було визначити, за яких технологічних операцій використання нових мікроелементних комплексів є найефективнішим — для передпосівної обробки насіння, підживлення вегетуючих рослин чи за поєднання обох цих операцій.

Аналізом даних із визначення ефективності застосування нових препаратів тільки для передпосівної обробки насіння в дозі 500 мл/т (табл. 1, вар. 1, 5, 9, 12) виявлено таке. За впливом на всі контрольовані структурні показники урожаю зерна цитратохелатна форма комплексу

ТАБЛИЦА 1. Влияние биологически активных веществ на структурные показатели урожая пшеницы озимой мягкой сорта Калинова за 11 выращивания на агрофоне $N_{150}P_{45}K_{80}$ (усреднено за 2012–2014 гг.)

Вариант дос-луду	Вариант застосування біологічно активних речовин		Озерненість головного колоса, шт.		Маса 1000 зернин, г			Зернова продуктивність однієї рослини, г			
	Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Позакореневе підживлення (фактор В)	2013 р.	2014 р.	2013 р.	2014 р.	середня	2013 р.	2014 р.	середня	
1	Хімічні засоби захисту рослин (ХЗЗР), ламардор, 150 мл/т, іміджлопрід, 200 г/т	Вода, контроль	32,6	34,8	33,7	45,9	46,5	46,2	1,63	1,73	1,68
2		Аватар-2-ц, 250 мл/га — двічі	41,8	43,0	42,4	47,5	48,3	47,9	1,94	2,21	2,08
3		Аватар-1-с, 250 мл/га — двічі	34,1	38,1	36,1	45,7	48,1	46,9	1,83	2,00	1,92
4		Аватар-1-ц, 250 мл/га — двічі	37,0	41,2	39,1	48,8	48,4	48,6	2,11	2,24	2,18
5	ХЗЗР, аватар-1-ц, 500 мл/т	Вода, контроль	38,7	39,9	39,3	50,8	52,0	51,4	2,00	2,18	2,09
6		Аватар-1-ц, 250 мл/га — двічі	38,0	41,2	39,6	52,7	53,9	53,3	2,17	2,29	2,23
7		Аватар-1-ц, 250 мл/га, салцилова кислота, 2,8 г/га — двічі	38,1	40,9	39,5	51,4	52,4	51,9	2,19	2,35	2,27
8		Аватар-1-ц, 250 мл/га, гуміфілд, 50 г/га — двічі	40,2	42,2	41,2	51,8	54,2	53,0	2,35	2,55	2,45
9	ХЗЗР, аватар-1-с, 500 мл/т	Вода, контроль	35,0	38,0	36,5	51,7	53,3	52,5	2,00	1,92	1,96
10		Аватар-1-с, 250 мл/га — двічі	38,8	40,6	39,7	47,5	50,1	48,8	1,96	2,08	2,02
11		Аватар-1-с, 250 мл/га, салцилова кислота, 2,8 г/га — двічі	42,4	41,7	42,1	47,3	49,9	48,6	2,17	2,33	2,25
12	ХЗЗР, аватар-2-ц, 500 мл/т	Вода, контроль	42,3	41,9	42,1	46,6	49,8	48,2	2,20	2,28	2,24
13		Аватар-2-ц, 250 мл/га — двічі	38,8	40,9	39,8	50,2	51,4	50,8	2,24	2,36	2,30
14		Аватар-2-ц, 250 мл/га, гуміфілд, 50 г/га — двічі	39,8	41,5	40,7	48,6	50,8	49,7	2,32	2,44	2,38
НІР ₉₅ за фактором А			3,33	2,28		1,29	1,93		0,19	0,14	
НІР ₉₅ за фактором В			2,90	2,20		1,24	1,42		0,14	0,14	

аватар-1 (вар. 5) виявилась ефективнішою порівняно з його сукцинатохелатною формою (вар. 9), а саме — сприяла збільшенню відносно контролю (вар. 1) озерненості головного колоса на 16 %, маси 1000 зернин — на 11 %, зернової продуктивності однієї рослини — на 24,4 %, а сукцинатохелатна форма — відповідно на 8,0; 13,6 і 16,7 %. Застосування для передпосівної обробки насіння 14-компонентного мікроелементного комплексу аватар-2-ц (вар. 12) у дозі 500 мл/т забезпечило підвищення озерненості головного колоса на 25 % (42,1 проти 33,7 шт. у контролі), маси 1000 зернин — на 43,7 %, зернової продуктивності однієї рослини — на 33 % (2,24 г проти 1,68 г у контролі). Цей засіб виявився також доволі ефективним за його застосування для дворазового підживлення (по 250 мл/га) вегетуючих рослин (вар. 2). При цьому озерненість головного колоса зростала на 25 %, маса 1000 зернин — на 3,7 %, зернова продуктивність однієї рослини — на 23,8 %. Аватар-1-ц, застосований для дворазового підживлення рослин (вар. 4), на відміну від аватару-2-ц сприяв збільшенню озерненості головного колоса на 16 %, маси 1000 зернин — на 5,2 %, зернової продуктивності рослини — на 26 %. Отже, за позитивним впливом на структурні показники й продуктивність однієї рослини при застосуванні препаратів тільки для підживлення вегетуючих рослин аватар-1-ц не поступався аватару-2-ц і навіть дещо перевищував його. Застосування сукцинатохелатної форми аватару-1 для підживлення вегетуючих рослин (вар. 3) виявилось найменш ефективним — зернова продуктивність збільшилась лише на 14 %.

В усіх варіантах дослідження з використанням мікроелементних комплексів для передпосівної обробки насіння (вар. 5—14) проведення наступної технологічної операції — дворазового підживлення рослин у фазі весняного кушіння та початку виходу в трубку цими комплексами (двічі по 250 мл/га) та їх композиціями з СК (2,8 г/га) або гуміфілдом (50 г/га) забезпечувало додаткове підвищення зернової продуктивності рослин.

Рослини вар. 6—8, які вирощували з використанням для передпосівної обробки насіння аватару-1-ц, виявились дуже чутливими до проведення позакореневих підживлень, особливо композицією аватару-1-ц з гуміфілдом (вар. 8). Зернова продуктивність рослин цього варіанта перевищувала контрольну на 45 % і становила 2,45 г. Це відбувалось як унаслідок збільшення озерненості головного колоса до 41,2 шт. проти 33,7 шт. у контролі, так і маси 1000 зернин — 53,0 г проти 46,2 г у контролі. Позакореневі підживлення вегетуючих рослин аватаром-1-ц окремо та з додаванням СК (вар. 6, 7) були менш ефективними. Так, показники зернової продуктивності однієї рослини сягали лише 2,23 і 2,27 г відповідно. За використання композиції аватару-1-ц із СК (вар. 7) зернова продуктивність рослин підвищувалась порівняно з рослинами вар. 5 переважно унаслідок росту продуктивності бічних колосів.

У результаті застосування для позакореневих підживлень рослин сукцинатохелатної форми аватару-1 та його композиції з СК (вар. 10, 11) озерненість головного колоса збільшувалась із 36,5 шт. (вар. 9) до 39,7 і 42,5 шт. відповідно з одночасним зменшенням маси 1000 зернин із 52,5 (вар. 9) до 48,6—48,8 г. Вірогідне підвищення зернової продуктивності рослин (до 2,25 г) при цьому спостерігали тільки у варіанті 11 із застосуванням композиції аватару-1-с з саліциловою кислотою.

Мікроелементний комплекс аватар-2-ц виявився ефективнішим за його застосування для передпосівної обробки насіння (вар. 12) порівня-

но з позакореневими підживленнями рослин (вар. 13). Композиція аватару-2-ц з гуміфілдом, застосована для позакорневих підживлень рослин, сприяла збільшенню зернової продуктивності до 2,38 г/рослина, що на 41 % вище за контрольну (вар. 1) і на 6,2 % вище за продуктивність рослин вар. 12, вирощуваних із застосуванням аватару-2-ц для передпосівної обробки насіння.

Результати дослідів з визначення зернової продуктивності рослин позитивно корелювали з урожайністю пшениці на ділянках відповідних варіантів досліду (табл. 2). У контролі (вар. 1) урожай зерна в перерахунку на 14 %-ву вологість становив 5,22 т/га. Дворазове позакореневе підживлення рослин розчинами аватару-1-ц або аватару-2-ц (вар. 4, 2) обумовило практично однакове підвищення урожаю зерна — відповідно до 6,58 і 6,46 т/га, а застосування аватару-1-с виявилось менш ефективним і забезпечило підвищенню урожаю зерна до 5,96 т/га (вар. 3).

З урахуванням щорічного зростання цін на сировину для виробництва мікродобрив важливо було дослідити вплив нових засобів на урожайність пшениці при їх застосуванні тільки для передпосівної обробки насіння, оскільки ця технологічна операція потребує витрат препаратів на 1 га посіву пшениці в 4 рази менших, ніж при підживленні ними вегетуючих рослин. З'ясувалось, що обидва комплекси (аватар-1, аватар-2) у цитратохелатній формі, застосовані тільки для передпосівної обробки насіння в дозі 500 мл/т, сприяють підвищенню врожаю зерна у більшому ступені (вар. 5, 12), ніж сукцинатохелатна форма аватару-1 (500 мл/т) (вар. 9), тобто за впливом на зернову продуктивність рослин пшениці найдоцільніше використовувати комплекс аватар-2-ц. Стосовно цього мікроелементного комплексу слід також зазначити, що в листках 50-добових рослин, які вирощували з його застосуванням для передпосівної обробки насіння, після дії температурного стресу — нічних приморозків до $-6...-8$ °C (друга декада грудня) вміст вільного проліну перевищував цей показник контрольних рослин у 5—6 разів і досягав 36—43 мг/г абсолютно сухої речовини проти 7,3—8,0 мг/г у контрольному варіанті. Аватар-1-ц сприяв підвищенню цього показника відносно контрольного на 65—70 %, аватар-1-с — на 10—12 %. Відомо, що вільний пролін є важливим елементом захисної системи рослин — виявляє осморегуляторні, протекторні, антиоксидантні та інші функції, спрямовані на підтримання клітинного гомеостазу і стабілізацію мембран за умов стресу, на процеси адаптації рослини [10, 11]. Отже, активуючи в рослинах процеси біосинтезу проліну, мікроелементний комплекс аватар-2-ц сприяє підвищенню стресостійкості, зокрема морозостійкості рослин озимої пшениці.

Крім того, важливим виявилось підвищення за дії досліджених мікроелементних комплексів ефективності використання рослинами фосфору й азоту мінеральних добрив та ґрунту (див. табл. 2). Так, аватар-1-ц і аватар-1-с, застосовані тільки для позакореневого підживлення рослин (вар. 3, 4), практично не вплинули на вміст фосфору в зерні, але внаслідок підвищення врожайності забезпечили збільшення відносно контролю вносу фосфору врожаєм зерна відповідно на 26,8 і 15,1 %. Аватар-2-ц, застосований у цій технологічній операції (вар. 2), сприяв незначному підвищенню вмісту фосфору в зерні і збільшенню вносу фосфору зерном на 27,4 %. У разі застосування досліджуваних комплексів тільки для передпосівної обробки насіння внос фосфору урожаем зерна перевищував контрольні показники на 26 % за використан-

ТАБЛИЦА 2. Влияние биологично активных речовин на вынос фосфору и азоту врожасем зерна пшениці озимой мягкой сорту Кашнова за її вирощування на агрофоні N₁₅₀P₄₅K₈₀ (усереднено за 2012—2014 рр.)

Вариант дослідлиду	Вариант застосування біологично активних речовин		Зерно										
	Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Позакореневе підживлення (фактор В)	Урожай, т/га		Винос фосфору врожасем, кг P ₂ O ₅ /га		Винос азоту врожасем, кг N/га		Вміст білка, %				
			2013 р.	2014 р.	середній	2013 р.	2014 р.	середній	2013 р.	2014 р.			
1	Хімічні засоби захисту рослин (ХЗЗР), ламарлор, 150 мг/т, імдоклоприм, 200 г/т	Вода, контроль	4,64	5,80	5,22	43,0	54,0	48,5	85	105	95	11,2	11,1
2		Аватар-2-ц, 250 мг/га — двічі	5,61	7,31	6,46	54,9	68,7	61,8	109	137	123	11,8	11,6
3		Аватар-1-с, 250 мг/га — двічі	5,28	6,67	5,96	50,4	61,2	55,8	102	126	114	11,9	11,7
4		Аватар-1-ц, 250 мг/га — двічі	5,67	7,49	6,58	55,0	68,0	61,5	106	140	123	11,4	11,4
5	ХЗЗР, аватар-1-ц, 500 мг/т	Вода, контроль	5,74	7,44	6,59	53,2	69,0	61,1	127	155	141	13,5	13,1
6		Аватар-1-ц, 250 мг/га — двічі	6,14	7,92	7,03	60,0	74,4	67,2	134	170	152	13,3	13,2
7		Аватар-1-ц, 250 мг/га, салцилова кислота, 2,8 г/га — двічі	6,24	8,08	7,16	63,2	80,0	71,6	122	158	140	11,9	11,9
8		Аватар-1-ц, 250 мг/га, гуміфілд, 50 г/га — двічі	6,68	8,76	7,72	62,4	83,6	73,0	133	175	154	12,1	12,2
9	ХЗЗР, аватар-1-с, 500 мг/т	Вода, контроль	5,48	6,80	6,14	50,0	60,4	65,2	129	157	143	14,4	14,3
10		Аватар-1-с, 250 мг/га — двічі	5,71	6,95	6,33	52,2	65,0	58,6	128	154	142	13,7	13,7
11		Аватар-1-с, 250 мг/га, салцилова кислота, 2,8 г/га — двічі	6,23	7,87	7,05	59,3	71,1	65,2	144	180	162	14,0	14,1
12	ХЗЗР, аватар-2-ц, 500 мг/т	Вода, контроль	6,53	7,77	7,15	57,8	67,0	62,0	128	150	139	12,0	11,9
13		Аватар-2-ц, 250 мг/га — двічі	6,78	7,90	7,34	57,5	70,3	63,9	155	169	162	13,9	13,5
14		Аватар-2-ц, 250 мг/га, гуміфілд, 50 г/га — двічі	7,03	8,17	7,60	64,0	77,4	70,7	145	169	157	12,7	12,6
	НР ₉₅ за фактором А		0,23	0,21		2,80	2,00		4,85	6,59			
	НР ₉₅ за фактором В		0,26	0,23		2,43	2,60		5,25	5,36			

ня аватару-1-ц, на 13,8 — аватару-1-с і на 28,6 % — аватару-2-ц. Згідно з цими даними, застосування нових мікроелементних комплексів у одній з технологічних операцій — для передпосівної обробки насіння або для підживлення вегетуючих рослин — забезпечує практично однакове збільшення виносу фосфору врожаєм зерна. Відмінність полягає в тому, що внаслідок передпосівної обробки насіння більшою мірою зростає урожай зерна, але дещо зменшується вміст у зерні фосфору. Застосування нових комплексів у другій технологічній операції — підживленні вегетуючих рослин — сприяло додатковому збільшенню виносу фосфору врожаєм зерна. Значне підвищення цього показника внаслідок позакоренових підживлень відмічено у вар. 7 і 8, в яких передпосівну обробку насіння здійснювали з використанням аватару-1-ц, а підживлення рослин — композиціями аватару-1-ц з гуміфілдом або з СК: винос фосфору врожаєм зерна цих варіантів перевищував контрольні показники відповідно на 50,5 і 47,6 %.

Композиції СК з аватаром-1-с, гуміфілду з аватаром-2-ц виявились також дуже ефективними в разі їх застосування для позакоренових підживлень рослин (вар. 11, 14) — забезпечили перевищення контрольного показника за виносом фосфору зерном відповідно на 34,4 і 45,7 %.

В усіх варіантах дослідів із застосуванням нових засобів відмічено підвищення вмісту в зерні білкового азоту (з 2,11 % у контрольному варіанті до 2,17—2,74 %) і, відповідно, виносу азоту врожаєм зерна (див. табл. 2). Так, комплекси аватар-1-ц й аватар-2-ц, застосовані тільки для позакоренового підживлення рослин, забезпечили однакове збільшення виносу азоту врожаєм зерна — на 24,2 % (вар. 2, 4), аватар-1-с — на 20 % (вар. 3). Застосування препаратів для передпосівної обробки насіння (вар. 5, 9, 12) сприяло істотнішому порівняно з підживленням ними вегетуючих рослин (вар. 2—4) підвищенню вмісту в зерні білкового азоту: аватар-1-ц — до 2,49 %, аватар-1-с — до 2,72, аватар-2-ц — до 2,27 %, при цьому й винос азоту врожаєм зерна в цих варіантах перевищував контрольні показники на 46,3—50,5 %.

Серед засобів, застосованих тільки для позакоренового підживлення рослин, додаткове підвищення виносу азоту зерном, переважно за рахунок збільшення врожаю, забезпечили аватар-1-ц (вар. 6) та його композиція з гуміфілдом (вар. 8), а також аватар-2-ц (вар. 13) та його композиція з гуміфілдом (вар. 14) унаслідок збільшення як врожаю зерна, так і вмісту в ньому білкового азоту. Важливо зазначити, що в усіх варіантах дослідів із застосуванням нових мікроелементних комплексів у двох технологічних операціях (крім вар. 7, 12) отримане зерно за вмістом білка слід віднести до 2-го (вар. 5, 6, 8, 10, 13, 14) і 1-го (вар. 9, 11) класів, зерно контрольного варіанта — до 3-го класу. Застосування нових засобів тільки для підживлення вегетуючих рослин (вар. 2—4) не сприяло підвищенню класності зерна.

Можна припустити, що збільшення внаслідок застосування нових мікроелементних комплексів ефективності використання рослинами пшениці фосфору та азоту добрив і ґрунту значною мірою пов'язано з поліпшенням під впливом цих засобів морфологічних показників кореневої системи рослин, підвищенням її кислотоексудативної та ацидофікувальної активності. Органічні кислоти коренових виділень збільшують розчинність фосфатів ризосферного ґрунту, переводячи фосфор добрив і ґрунту в доступні для рослин і мікроорганізмів форми. Це має активувати також процеси асоціативної біологічної азотфіксації.

Аватар-2-ц забезпечив підвищення відносно контрольного варіанта вмісту в зерні магнію — на 12—18 %, мангану — на 30—43, заліза — на 14—42, міді — на 17—25, цинку — на 27—65, сірки — на 16—32, кремнію — на 18—34 %, молібдену — в 1,7—2,6 раза, сумарний винос цих елементів урожаєм зерна перевищував контрольний показник на 75—86 %, що свідчить про зростання біологічної цінності отриманого зерна пшениці.

Отже, за результатами проведених польових дослідів, застосування нових вітчизняних мікроелементних комплексів аватар-1, аватар-2, їх композицій з СК або гуміфілдом при вирощуванні пшениці озимої м'якої сприяє значному підвищенню урожаю зерна, його класності, збагаченню зерна на біогенні мікроелементи, сірку і кремній. Ці засоби значно підвищують ефективність використання рослинами азоту та фосфору добрив і ґрунту.

Оскільки цитратохелатна форма мікроелементних комплексів позитивно впливає переважно на збільшення врожаю зерна, а сукцинатохелатна — на його якість, рецептуру засобів слід доопрацювати, запровадивши хелатування наночастинок металів сумішшю лимонної та бурштинової кислот.

1. Булыгин С.Ю. Микроэлементы в сельском хозяйстве. — Днепропетровск: Сич, 2007. — 100 с.
2. Вильдфлуш И., Цыганов А., Мишура О. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста растений при возделывании сельскохозяйственных культур. — Минск: Беларуская навука, 2011. — 293 с.
3. Господаренко Г.М. Основы интегрированного застосування добрив. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2002. — 344 с.
4. Гошко В. Микроэлементы для пшеницы // Зерно. — 2006. — № 11. — С. 53—56.
5. Грицаенко З.М., Грицаенко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2003. — 320 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Агротехиздат, 1985. — 351 с.
7. Каплуненко В.Г. Нанотехнологии в сельском хозяйстве // Зерно. — 2008. — № 4 (25). — С. 46—54.
8. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В. Салициловая кислота и устойчивость растений к абиотическим стрессорам // Вісн. Харків. аграр. ун-ту. Сер. Біологія. — 2009. — Вип. 2. — С. 19—39.
9. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В., Ястреб Т.О. Колеоптили пшеницы как модельный объект для исследования стресспротекторного действия экзогенных соединений // Там же. — 2013. — Вип. 1. — С. 103—108.
10. Кузнецов В.В., Шевякова Н.И. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // Физиология растений. — 1999. — 46, № 2. — С. 321—336.
11. Маевская С.Н., Николаева Н.К. Реакция антиоксидантной и осмопротекторной систем проростков пшеницы на засуху и регидратацию // Там же. — 2013. — 60, № 3. — С. 351—359.
12. Протасова Н.А. Микроэлементы: биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека // Соросовский образоват. журн. — 1998. — № 12. — С. 32—37.
13. Рахманкулова З.Ф., Федяев В.В., Рахматуллина С.Р. и др. Влияние предпосевной обработки семян пшеницы салициловой кислотой на ее эндогенное содержание, активность дыхательных путей и антиоксидантный баланс растений // Физиология растений. — 2010. — 57, № 6. — С. 835—840.
14. Рибка В.С. Актуальні проблеми зерновиробництва в степовій зоні України та основні перспективні орієнтири підвищення його ефективності // Эксклюзивные технологии. — 2013. — № 4 (25). — С. 20—23.
15. Фатеев А.И., Захарова М.А. Основы применения микроудобрений. — Харьков: Типография, 2005. — 134 с.
16. Чаков В.В., Анненков Б.Г. Оптимизация процессов сохранения экологической емкости почв на основе применения гуминовых препаратов нового поколения // Сб. трудов

- І Междунар. интернет-конф. «Современные тенденции в сельском хозяйстве». — Казань, 15—17 сентября 2012. — С. 237—242.
17. *Пам.* 49050 Україна МПК (2009), C07C 51/41, C07F 5/00, C07F 15/00, C07C 53/00, B82B 3/00. Спосіб Каплуненка—Косінова отримання карбоксилатів з використанням нанотехнологій // М.В. Косінов, В.Г. Каплуненко. — Оpubл. 12.04.2010, Бюл. № 7.
 18. *Bates L.S., Wolden R.P., Teare I.D.* Rapid determination of free proline for water-stress studies // *Plant Soil.* — 1973. — **39**. — P. 205—207.
 19. *Chongkid B., Vachirapattama N., Jirakiattikul Y.* Effect of vanadium on rice growth and vanadium accumulation in rice tissues // *Kasetsart J. (Natl. Sci.).* — 2007. — **41**. — P. 28—33.
 20. *Cuiyun Chen, Dejun Huang, Jianquan Liu.* Functions and toxicity of nickel in plants // *Recent Advances and Future Prospects Clean.* — 2009. — **37 (4—5)**. — P. 304—313.
 21. *Jong-Hwan Park, Dong-Cheol Seo, Yeong-Seok Cheon.* Effect of rice species, germanium application method and soil texture on germanium uptake and growth of rice plants with germanium // *19 World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World.* — Brisbane, Australia, 1—6 August 2010. — P. 78—79.
 22. *Larsson M.A., Baken S., Gustafsson J.P. et al.* Vanadium bioavailability and toxicity to soil microorganisms and plants // *Environ. Toxicity and Chem.* — 2009. — **32**. — P. 2266—2273.
 23. *Muhammad Sajid aqeel Ahmad, Mumtaz Husain.* Effect of nickel on seed germinability of some elite sunflower (*Helianthus annuus* L.) // *Cultivars Pak. J. Bot.* — 2009. — **41(4)**. — P. 1871—1882.
 24. *Nilima Chaturvedil, Ramnath Gannavarapu, Nabin Kumar Dhal.* Effect of lanthanum on the growth and physiological activities of *Zea mays*, *Vigna radiate* and *Vigna mungo* // *Intern. J. Environ. Sci.* — 2014. — **4**, N 5. — P. 653—659.
 25. *Radhe Shyam, Naresh Chander.* Aery influence of lanthanum on biochemical constituents and peroxidase activity of cowpea (*Vigna unguiculata*) // *Afr. J. Plant Sci.* — 2011. — **5 (2)**. — P. 87—91.
 26. *Sakhabutdinova A.R., Fatkhutdinova D.R., Bezrukova M.V. et al.* Salicylic acid presents the damaging action of stress factors on wheat plants // *Bulg. J. Plant Physiol.* — 2003. — Spec. Jssue. — P. 314—319.
 27. *Senaratna T., Merrit D., Dixon K. et al.* Benzoic acid may act as the functional group in salicylic acid and derivatives in the induction of multiple stress tolerance in plants // *Plant Grow. Regul.* — 2003. — **39**, N 1. — P. 77—81.
 28. *Thustos P., Cigler P., Hruby M.* The role of titanium in biomass production and its influence on essential elements' contents in field growing crops // *Plant Soil Environ.* — 2005. — **51 (1)**. — P. 19—25.
 29. *Yong Hwa Chcong et al.* Effect of inorganic and organic germanium treatments on the growth of lettuce (*Lactuca sativa*) // *J. Korean Soc. Appl. Bid. Chem.* — 2009. — **52 (4)**. — P. 389—396.

Отримано 04.12.2014

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ

О.Е. Давыдова¹, В.Г. Каплуненко², М.Д. Аксиленко¹, Е.Ю. Деревянко¹, В.М. Мокринский¹

¹Институт биоорганической химии и нефтехимии Национальной академии наук Украины, Киев

²Украинский государственный научно-исследовательский институт нанобиотехнологий и ресурсосбережения Кабинета Министров Украины, Киев

В условиях полевого опыта определена эффективность применения новых 8- и 14-компонентных микроэлементных комплексов, созданных на основе цитрато- или сукцинатохелатов биогенных микро- и ультрамикроэлементов, композиций этих комплексов с салициловой кислотой или гумифилдом при выращивании пшеницы озимой мягкой. Доказано, что эти препараты обеспечивают существенное повышение зерновой продуктивности растений, качества зерна, способствуют его обогащению белковым азотом, микроэлементами, серой, кремнием, существенно повышают эффективность использования растениями азота и фосфора минеральных удобрений и почвы, проявляют антистрессовое действие.

EFFECTIVENESS OF NEW MICROELEMENT COMPLEXES AT WINTER WHEAT CULTIVATION

O.E. Davydova¹, V.G. Kaplunenko², M.D. Axlenko¹, K.Y. Derevianko¹, V.M. Mokrinskyi¹

¹Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry, National Academy of Sciences of Ukraine

1 Murmanska St., Kyiv, 02660, Ukraine

²The Ukrainian State Scientific Research Institute of Nanobiotechnologies and Resource Reservation, Cabinet of Ministers of Ukraine

84 Bozhenka St., Kyiv, 03150, Ukraine

In field experiments the efficacy of new 8- and 14-component microelement complexes based on citrat- or succinat-chelates of biogenous micro- and ultramicroelements, compositions of these complexes with salicylic acid or humifild at cultivation of winter common wheat was determined. It is proved that application of these preparations provided a significant increase in grain productivity of plants and grain quality, contributed to its enrichment in protein nitrogen, microelements, sulfur and silicon, considerably increased the nitrogen and phosphorus use efficiency, exhibited anti-stress effect.

Key words: *Triticum aestivum* L., citrat and succinat-chelates of biogenous microelements, yield, grain quality, stress tolerance.