УДК 631.53.027.2 + 631.81.095.337

ВПЛИВ СПОЛУК АНТИОКСИДАНТНОЇ ДІЇ НА АДАПТАЦІЮ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ДО УМОВ ДЕФІЦИТУ ФОСФОРНОГО ЖИВЛЕННЯ

О. Є. Давидова, кандидат хімічних наук

М. Д. Аксиленко, В.М. Мокринський, кандидати сільськогосподарських наук

К. Ю. Дерев'янко, науковий співробітник

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України

Досліджено вплив сполук антиоксидантної дії на підвищення фізіологічної активності кореневої системи рослин пшениці озимої м'якої та твердої, що сприяло покращенню їх фосфорного живлення за рахунок більш активного використання ними фосфору важкорозчинних мінеральних фосфатів.

Пшениця озима, антиоксиданти, фосфорне живлення, трикальційфосфат.

Однією з найактуальніших проблем рослинництва в багатьох країнах світу, у тому числі й в Україні, є дефіцит фосфорного живлення рослин.

© О. Є. Давидова, М. Д. Аксиленко, В. М. Мокринський, К. Ю. Дерев'янко, 2013

Вміст рухомого фосфору перевищує 10 мг P_2O_5 на 100 г ґрунту тільки на 47 % вітчизняних орних земель, а 30 % цих площ відповідає оптимальному рівню забезпеченості фосфором зернових культур – 12–14 мг P_2O_5 на 100 г ґрунту [6]. Тобто вміст рухомих сполук фосфору в ґрунтах незначний і він не має природних шляхів поповнення, а вартість одиниці діючої речовини фосфорних добрив значно вища від азотних та калійних [1, 6]. З урахуванням цієї ситуації перспективним є проведення селекційних робіт, розробка технологічних прийомів і хіміко-біологічних засобів, спрямованих 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 й до 22,9 т P_2O_5 — на 1 га метрового шару.

Пшениця відноситься до культур, які дуже чутливі до рівня забезпеченості фосфором і потерпають від його дефіциту з вагомими негативними наслідками [8, 9]. Наявність у ґрунтах України великих запасів валового, практично важкодоступного для рослин, фосфору, а також знання адаптивних реакцій пшениці на дефіцит фосфорного живлення дає реальні можливості зменшення цього дефіциту в живленні пшениць шляхом розробки хіміко-біологічних засобів, застосування яких сприятиме поліпшенню фосфорного живлення рослин за рахунок використання ними фосфору важкорозчинних ґрунтових мінеральних і органічних фосфатів [10, 11, 12, 13]. Дефіцит фосфору – це стрес для пшениці, тому ці препарати мають виявляти антиоксидантну дію, а також позитивно

впливати на розвиток і фізіологічну активність кореневої системи, інтенсивність ексудації нею кислих фосфатаз та органічних кислот, на процес фотосинтезу, забезпечувати підвищення виносу рослинами фосфору з ґрунту й добрив, сприяти отриманню високих урожаїв якісного зерна.

Мета дослідження – визначити ефективні препарати антиоксидантної дії для передпосівної обробки насіння пшениці озимої м’якої та твердої, які мають сприяти підвищенню ростових процесів та формуванню більш розгалуженої, фізіологічно активної кореневої системи з підвищеною здатністю до засвоєння важкорозчинних мінеральних фосфатів.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом вегетаційних дослідів була пшениця озима – м'яка сорту Смуглянка та тверда сорту Лагуна. У дослідах для передпосівної обробки насіння застосовані такі водні розчини антиоксидантів, як саліцилова та бензойна кислоти, селенат і сульфіт натрію.

Водні розчини цих сполук вводили безпосередньо в робочий розчин з протруйником максим стар 0,25 FS (1,5 л/т). Оброблене методом напівводогого протруювання насіння пророщували 24 год. за температури 26 ºС і висаджували у вегетаційні посудини місткістю 3 л з 2,4 кг кварцового промитого від фосфатів піску, вологість – 70 % ПВ. Кількість рослин на посудину – 15, повторність – 12-разова, тривалість дослідів – 21 доба для м’якої й 28 діб – для твердої пшениці. Поживне середовище – Хогланда-Арнона за відсутності сполук фосфору [3]. Джерело фосфору – трикальційфосфат (один з найпоширеніших важкорозчинних ґрунтових мінеральних фосфатів), який вводили безпосередньо в піщаний субстрат.

У 21- та 28-добових рослин визначали інтенсивність кореневої кислотоексудації за методом Коренмана [5]; вміст малонового діальдегіду (МДА) за методикою И. Д. Стальної й Т. Г. Гавашвили [7]; сухої речовини – термогравіметричним методом; загального фосфору (після мокрого оголення) фотометрично за Деніже в модифікації Левицької [2]; хлорофілів a, b та загальний вміст каротиноїдів – за методом Велбурна [14]. Пігменти екстрагували диметилсульфоксидом.

Морфологічні показники кореневої системи визначали після фарбування її в 0,1-відсотковому водному розчині фуксину; площу робочої поглинальної поверхні кореневої системи – за методом Сабініна й Колосова [2]. Результати оброблено статистично методом дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерних програм Exel та Agrostat.

Результати дослідження та їх аналіз. У першому вегетаційному досліді вивчено вплив передпосівної обробки насіння озимої пшениці сорту Смуглянка водними розчинами антиоксидантів – саліцилової та бензойної кислот, селенату й сульфіту натрію на використання 21-добовими рослинами фосфору трикальційфосфату. Результати досліду наведено в табл. 1 та на рис. 1. З даних табл. 1 видно, що застосування саліцилової кислоти, селенату натрію та їх спільне використання забезпечує збільшення на 12–32 % накопичення цілими рослинами сухої речовини (на 12,4–29,8 % – надземною частиною, на 12,4–38,5 % – коренями), максимальне — під час застосуванні саліцилової кислоти.

Під час обробки насіння розчинами бензойної кислоти та сульфіту натрію спостерігалась тільки тенденція до підвищення цього показника, переважно за рахунок збільшення на 12,4–13,6 % маси кореневої системи рослин. Саліцилова кислота й селенат натрію забезпечили максимальне підвищення відносно контролю інтенсивності кореневої кислотоексудації – на 17–35 %, сульфіт натрію та бензойна кислота – до 8 %. Винос рослинами фосфору з трикальційфосфату позитивно корелював з інтенсивністю виділення кореневою системою органічних кислот: саліцилова кислота обумовила підвищення в порівнянні з контролем виносу рослинами фосфору на 31,3, селенат натрію – на 19,9, сульфіт натрію – на 15,6, бензойна кислота – на 4,3 %.

На підвищення здатності 21-добових рослин пшениці сорту Смуглянка використовувати фосфор трикальційфосфату, застосування антиоксидантів для передпосівної обробки насіння вплинули на підсилення фізіологічної активності кореневої системи дослідних рослин, а саме – покращення її морфологічних показників та збільшення площі робочої поглинальної поверхні (рис. 1). Усі застосовані антиоксиданти сприяли зростанню середньої кількості основних зародкових коренів у рослин (найбільше саліцилова кислота й селенат натрію) з 4,4 до 5,0 шт./росл. Сумарна довжина зародкових коренів під час використання саліцилової кислоти підвищилась відносно контролю на 90, селенату натрію – на 55, сульфіту натрію – на 23, бензойної кислоти – на 14 %. Збільшення кількості бічних корінців та їх сумарної довжини під час застосування саліцилової кислоти складало 56 і 53 % відповідно, селенату натрію – 14 і 7,5 %, за спільного застосування саліцилової кислоти й селенату натрію – на 69 і 58 %. Сульфіт натрію й бензойна кислота практично не вплинули на кількість утворених бічних корінців, але сприяли збільшенню їх довжини на 16–28 %.

Усі застосовані в досліді антиоксиданти сприяли зростанню в 2,0–3,8 раз в рослин кількості корінців 3-го порядку й на 16–34 % – площі робочої поглинальної поверхні кореневої системи.

Саліцилова кислота й менше селенат натрію обумовили також підвищення синтетичної активності листкового апарату рослин, про що свідчить зростання під їх впливом вмісту в листі хлорофілу на 12,5–30,8 % і каротиноїдів — на 10,4–34,4 %.

У виробничих умовах досліджені антиоксиданти мають сприяти поліпшенню фосфорного живлення озимої м’якої пшениці й за рахунок більш активного використання рослинами фосфору багатьох ґрунтових органофосфатів, адже всі ці препарати обумовили підвищення на 10–12 % активності позаклітинних кислих фосфатаз кореня.

1. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смуглянка розчинами антиоксидантів на використання 21-добовими рослинами фосфору трикальційфосфату

№ п/п	Варіант передпосівної обробки насіння	Маса 100 рослин, г а.с.р.			Винос фосфору 100 рослинами, мг P_2O_5			Коренева кислотоексудація, мкг яблучної к-ти на 1 росл./год.
		надземної частини	кореневої системи	цілої рослини	надземною частиною	кореневою системою	цілою рослиною	
1	Протруйник, 1,5 л/т, контроль	2,18 ±0,10	0,96 ±0,05	3,14 ±0,15	25,8 ±0,7	9,4 ±0,32	35,2 ±1,02	56,4 ±5,4
2	Протруйник, саліцилова к-та, 140 мг/т	2,83, ±0,13	1,33 ±0,06	4,16 ±0,19	27,3 ±0,08	18,9 ±0,53	46,2 ±1,33	75,4 ±6,9
3	Протруйник, селенат натрію, 2000 мг/т	2,45 ±0,12	1,06 ±0,05	3,51 ±0,17	28,2 ±0,9	14,0 ±0,48	42,2 ±1,38	66,3 ±6,1
4	Протруйник, саліцилова к-та, 140 мг/т з селенатом натрію, 2000 мг/т	2,69 ±0,12	1,11 ±0,06	3,80 ±0,18	29,8 ±0,9	16,4 ±0,51	46,2 ±1,41	76,2 ±7,0
5	Протруйник, сульфіт натрію, 20 г/т	2,20 ±0,10	1,06 ±0,05	3,26 ±0,15	26,6 ±0,8	14,1 ±0,40	40,7 ±1,20	60,8 ±5,9
6	Протруйник, бензойна к-та, 1200 мг/т	2,14 ±0,10	1,09 ±0,05	3,23 ±0,15	26,1 ±0,8	10,6 ±0,34	36,7 ±1,14	58,1 ±5,6

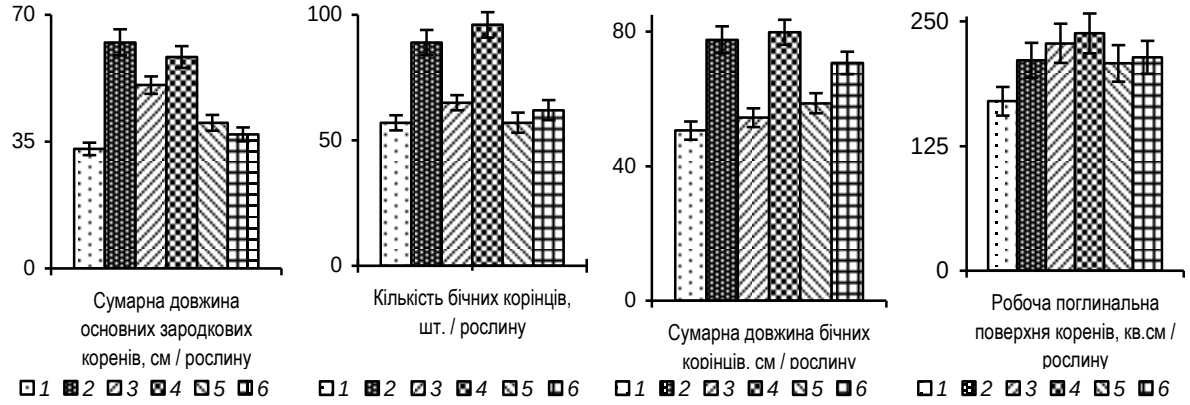

Рис. 1. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смуглянка розчинами антиоксидантів на морфологічні показники та поглинальну здатність кореневої системи 21-добових рослин (джерело фосфору – трикальційфосфат): 1 – контроль*; 2 – саліцилова кислота (140 мг/т); 3 – селенат натрію (2000 мг/т); 4 – саліцилова кислота (140 мг/т) з селенатом натрію (2000 мг/т); 5 – сульфіт натрію (20 г/т); 6 – бензойна кислота (1200 мг/т)

*Примітка. Насіння в контролі оброблено тільки протруйником максим стар (1,5 л/т), насіння варіантів 2-6 – протруйником максим стар з антиоксидантами.

Усі використані в досліді препарати виявили значну антиоксидантну дію. Це підтверджується зниженням на 31–33 %, порівняно з контролем, вмісту малонового діальдегіду в листі – за використання саліцилової кислоти або селенату натрію, на 38 % – за їх спільного застосування, на 37 % – під час застосування бензойної кислоти й на 21 % – сульфіту натрію.

Таким чином, досліджені антиоксиданти на ранніх стадіях росту й розвитку рослин пшениці пом’якшують негативний вплив такого стресу, як гострий дефіцит фосфору в живленні рослин.

Інакше вплинули антиоксиданти на накопичення сухої речовини та на використання фосфору трикальційфосфату 28-добовими рослинами твердої пшениці озимої сорту Лагуна (табл. 2). Препарати, порівняно з контролем, практично не вплинули на накопичення сухої речовини рослин, але значно підвищили їх коренезабезпеченість – співвідношення маси кореневої системи та її надземної частини у контрольних рослин – 0,36; у дослідних – 0,41–0,43 (підвищення на 14–20 %). Збільшення на 8–15 % маси кореневої системи дослідних рослин обумовлено підвищенням на 10–33 % сумарної довжини їх основних зародкових коренів і на 25–35 % – бічних корінців. Застосування антиоксидантів для передпосівної обробки пшениці цього сорту привело до значного збільшення робочої поглинальної поверхні кореневої системи рослин: внаслідок використання саліцилової кислоти – на 26, селенату натрію – на 38, бензойної кислоти – на 45, сульфіту натрію – на 25 %. Для озимої твердої пшениці, дуже чутливої до несприятливих умов вирощування, такий вплив на кореневу систему – збільшення глибини її проникнення в ґрунт, підвищення розгалуженості та поглинальної здатності – має сприяти поліпшенню

перезимівлі рослин і більш активному відновленню їх у період весняної вегетації.

2. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Лагуна розчинами антиоксидантів на використання 28-добовими рослинами фосфору трикальційфосфату

№ п/п	Варіант передпосівної обробки насіння	Маса 100 рослин, г а.с.р.			Винос фосфору 100 рослинами, мг P_2O_5			Коренева кислотоексудація, мкг яблучної к-ти на 1 росл./год.
		надземної частини	кореневої системи	цілої рослини	надземною частиною	кореневою системою	цілою рослиною	
1	Протруйник, 1,5 л/т, контроль	3,34 ±0,16	1,20 ±0,05	4,54 ±0,21	34,1 ±1,6	11,9 ±0,4	46,0 ±2,0	54,0 ±4,7
2	Протруйник, саліцилова к-та, 140 мг/т	3,12 ±0,14	1,34 ±0,06	4,46 ±0,20	32,9 ±1,5	14,2 ±0,5	47,1 ±2,0	63,4 ±5,8
3	Протруйник, селенат натрію, 2000 мг/т	3,35 ±0,16	1,38 ±0,06	4,73 ±0,22	34,0 ±1,6	13,9 ±0,4	47,9 ±2,0	70,7 ±6,0
4	Протруйник, сульфіт натрію, 20 г/т	3,06 ±0,85	1,29 ±0,05	4,35 ±0,20	33,2 ±1,7	13,0 ±0,5	46,2 ±2,2	58,1 ±4,7
5	Протруйник, бензойна к-та, 1200 мг/т	3,22 ±0,15	1,33 ±0,06	4,55 ±0,21	34,3 ±1,7	12,8 ±0,4	47,1 ±2,1	55,2 ±4,4

Щодо впливу антиоксидантів на використання 28-добовими рослинами пшениці сорту Лагуна фосфору трикальційфосфату, то слід відзначити лише тенденцію до росту цього показника для цілих рослин – підвищення на 2,5–4,0 %. Однак винос фосфору кореневою системою рослин збільшився під час застосування саліцилової кислоти на 20, селенату натрію – на 17, сульфіту натрію та бензойної кислоти – на 8–9 %. Вірогідно, це пов'язано зі збільшенням під впливом антиоксидантів на 17–31 % інтенсивності кореневої кислотоексудації, позитивними змінами морфологічних показників кореневої системи.

Антиоксиданти не сприяли підвищенню активності позаклітинних кислих фосфатаз кореня, а, навпаки, під час застосування саліцилової кислоти відмічено її зниження з 0,229 мг фенолфталеїну/росл./год. на контролі до 0,180, селенату натрію – до 0,200, сульфіту натрію або бензойної кислоти – до 0,208–0,211. На ранніх термінах росту рослин пшениці озимої твердої сорту Лагуна антиоксиданти, застосовані для передпосівної обробки насіння, не будуть сприяти більш інтенсивному використанню рослинами фосфору певних ґрунтових органофосфатів.

Як і в досліді з озимою м'якою пшеницею сорту Смуглянка, застосування антиоксидантів для передпосівної обробки насіння пшениці твердої сорту Лагуна обумовило значне зниження в листі рослин вмісту малонового діальдегіду: за використання саліцилової кислоти – на 33, селенату або сульфіту натрію – на 21, бензойної кислоти – на 36 %, тобто застосовані препарати сприяють підвищенню адаптації рослин до стресових умов дефіциту фосфору в схемі живлення.

Таким чином, застосування таких антиоксидантів як саліцилова кислота й селенат натрію, а особливо їх спільне використання для передпосівної обробки насіння озимої м'якої пшениці сорту Смуглянка, виявилось ефективним у багатьох аспектах – активізація процесів фотосинтезу й кореневої кислотоексудації, формування в 21-добових рослин більш розвиненої та фізіологічно активної кореневої системи, збільшення накопичення рослинами сухої речовини й на 20–30 % – виносу ними фосфору за рахунок використання цього елементу з важкорозчинних мінеральних фосфатів, підвищення адаптації рослин до стресових умов дефіциту фосфору в живленні рослин.

У 28-добових рослин озимої твердої пшениці сорту Лагуна ці антиоксиданти, перш за все, забезпечили значне поліпшення морфологічних показників кореневої системи – збільшення довжини основних зародкових коренів, кількості та довжини бічних корінців і корінців 3-го порядку, а також на 38–45 % збільшення площі робочої поглинальної поверхні кореневої системи (рис. 2). Препарати сприяли підвищенню вмісту в листі хлорофілу, каротиноїдів, значному зниженню вмісту малонового діальдегіду, але не забезпечили достовірного підвищення накопичення рослинами сухої речовини й виносу ними фосфору за вирощування на трикальційфосфаті.

Використані в дослідах бензойна кислота та сульфіт натрію виявились менш ефективними й не можуть бути рекомендовані для передпосівної обробки насіння пшениці з метою протистояння рослин такому стресу, як дефіцит фосфорного живлення. Підвищуючи адаптивні властивості рослин, антиоксиданти, мабуть, не сприятимуть більш активному використанню рослинами твердої пшениці на ранніх етапах їх росту фосфору важкорозчинних мінеральних ґрунтових фосфатів. У цьому випадку у

виробничих умовах необхідне допосівне внесення малих доз фосфорних добрив, а на більш пізніх етапах росту й розвитку рослин їх могутня й розгалужена внаслідок застосування антиоксидантів коренева система з посиленою кислотоексудацією має сприяти активному використанню рослинами фосфору ґрунтових фосфатів.

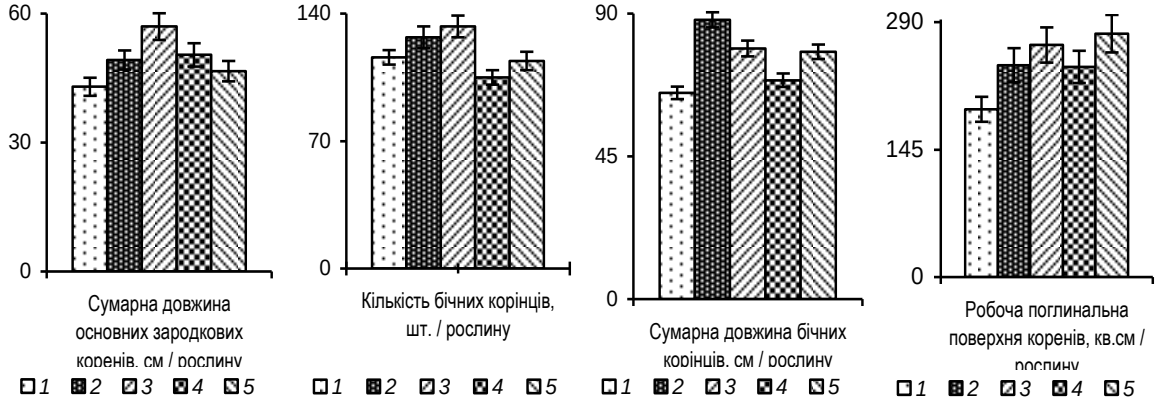

Рис. 2. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Лагуна розчинами антиоксидантів на морфологічні показники та поглинальну здатність кореневої системи 28-добових рослин (джерело фосфору – трикальційфосфат): 1 – контроль*; 2 – саліцилова кислота (140 мг/т); 3 – селенат натрію (2000 мг/т); 4 – сульфіт натрію (20 г/т); 5 – бензойна кислота (1200 мг/т)

*Примітка. Насіння в контролі оброблено тільки протруйником максим стар (1,5 л/т), насіння варіантів 2–5 – протруйником максим стар з антиоксидантами.

Висновки. Отже, саліцилова кислота й селенат натрію, а особливо їх спільне використання для передпосівної обробки насіння пшениці озимої м'якої сорту Смуглянка, виявилось найбільш ефективним для всіх досліджуваних показників. Рослини сорту Лагуна виявились менш чутливими до застосування досліджених антиоксидантів: не відбувалося достовірного підвищення накопичення рослинами сухої речовини й виносу ними фосфору. Використані в дослідах бензойна кислота та сульфіт натрію були менш ефективними й не можуть бути рекомендовані для передпосівної обробки насіння пшениці з метою протистояння рослин такому стресу, як дефіцит фосфорного живлення.

Список літератури

1. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив / Г. М. Господаренко. – К. : ЗАТ "Нічлава", 2002. – 344 с.

2. Грицаєнко З. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / З. М. Грицаєнко, А. О.Грицаєнко, В. П. Карпенко. – К. : Нічлава, 2003. – 320 с.

3. Гродзинский А. М. Краткий справочник по физиологии растений / А. М. Гродзинский, Д. М. Гродзинский. – К. : Наук. думка, 1973. – 591 с.

4. Давидова О. Є. Виявлення генотипів озимої пшениці з високими адаптивними властивостями до умов дефіциту фосфорного живлення / О. Є. Давидова, В. В. Моргун, М. Д. Аксиленко // Физиология и биохимия культурних растений. – 2006. – Т. 38, № 6. – С. 474–482.

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

6. Носко Б. С. Сучасний стан та перспективні напрямки досліджень в агрохімії / Б. С. Носко // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 9. – С. 9–12.
7. 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.
8. Abel S. Phosphate sensing in higher plants / S. Abel, C. A. Ticconi, C. A. Delatorre // Physiol. Plant. – 2002. – Vol. 115. – P. 1–8.
9. Botten G. D. A review of phosphorus efficiency in wheat / G. D. Botten // Plant and soil. – 1992. – Vol. 146. – P. 163–168.
10. Fend Ke. Влияние органических лигандов на биологическую доступность фосфора. Effect of organic ligands on biological availability of inorganic phosphorus in soil / Fend Ke, Lu Hai-Ming, Sheng Hai-jun // Pedosphere. – 2004. – Vol. 19, № 1. – C. 85–92.
11. Jones D. L. Role of root derived organic-acids in the mobilization of nutrients from the rhizosphere / D. L. Jones, P. R. Darrah // Plant and Soil. – 1994. – Vol. 166. – P. 247–257.
12. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: matching morphological and physiological trains / [Lambers H., Shane M.W., Gramer M.D. et. al.] // Ann. Bot. – 2006. – P. 1–21.
13. Root-induced changes in the rhizosphere: Importance for the mineral nutrition of plants / [Marschner H, Romheld V, Horst W.J., Martin P.] // Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd. – 1986. – Vol. 149. – P. 441–456.
14. 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. –Vol. 144, № 3. – P. 307–315.

Исследовано влияние соединений антиоксидантного действия на повышение физиологической активности корневой системы растений пшеницы озимой мягкой и твердой, что способствовало улучшению их фосфорного питания за счет более активного использования ими фосфора труднорастворимых минеральных фосфатов.
Пшеница озимая, антиоксиданты, фосфорное питание, трикальцийфосфат.

It was investigated the antioxydant matters influence on the of common and durum winter wheat roots physiological activity increasing, that promote to plants phosphoric nutrition thanks to more active using of hardsolution mineral soil phosphates.
Winter wheat, antioxidants, phosphoric nutrition, tricalcium phosphate.