

УДК 631.53.027.2 + 631.81.095.337

## **ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН НА АДАПТАЦІЮ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ДО УМОВ ДЕФІЦИТУ ФОСФОРНОГО ЖИВЛЕННЯ**

**О.Є. ДАВИДОВА, кандидат хімічних наук**

**М.Д. АКСИЛЕНКО**

**В.М. МОКРИНСЬКИЙ, кандидати сільськогосподарських наук**

**П.Г. ДУЛЬНЄВ, кандидат хімічних наук**

**Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії Національної академії наук  
України**

У вегетаційних дослідах показано, що застосування регуляторів росту і розвитку рослин триман, агат-25К, агростимулін, біосил, радостим, лігногумат калію, мівал для передпосівної обробки насіння пшениці озимої м'якої сорту Смуглянка і твердої сорту Лагуна сприяє поліпшенню їх фосфорного живлення за рахунок активнішого використання фосфору важкорозчинних ґрунтових мінеральних фосфатів завдяки формуванню розгалуженішої та фізіологічно активної кореневої системи і збільшення виділення нею органічних кислот.

**Ключові слова: пшениця, регулятори росту і розвитку рослин, фосфорне живлення, трикальційфосфат**

Розвиток зернового господарства є пріоритетною складовою економічного добробуту нашої країни та основою її продовольчої безпеки. Провідною зерновою культурою України була і залишається пшениця, площа посівів якої становить близько 8 млн га. Експортний потенціал зерна цієї культури в Україні сягає 10 млн т. Для його реалізації і забезпечення сучасних потреб внутрішнього ринку нашої країни необхідно виробляти зерно 1-3 класу.

Великою перешкодою у справі вирішення цієї проблеми є дефіцит фосфорного живлення пшениці. В Україні лише на 47 % орних земель вміст рухомого фосфору перевищує 10 мг  $P_2O_5$  на 100 г ґрунту, і тільки біля 30 % цих

площ відповідає оптимальному рівню забезпеченості зернових культур фосфором — 12-14 мг  $P_2O_5$  на 100 г ґрунту [7]. В останні 20 років кількість внесених фосфорних добрив в Україні зменшилась з 40-46 до 3-4 кг  $P_2O_5$  на 1 га [1,6].

Дефіцит фосфорного живлення призводить до порушення в тканинах рослин пшениці ключових метаболічних процесів — фосфорилування, біосинтезу білка та фітогормонів, зниження накопичення розчинних вуглеводів. Це спричиняє зменшення урожаю зерна, погіршення його якості, зниження зимо- і морозостійкості посівів, підвищення їх схильності до вилягання [4, 9]

Таким чином, дефіцит фосфору є стресовою ситуацією для пшениці, яка належить до найчутливіших до цього стану культур. Це спонукає до проведення селекційної роботи із створення високоадаптованих до дефіциту фосфору сортів, а також розробки хіміко-біологічних засобів, спрямованих на підвищення використання рослинами фосфору важкорозчинних і залишкових ґрунтових фосфатів, вміст яких у багатьох типах ґрунтів України сягає 3-4 т  $P_2O_5$  на 1 га орного і до 22,9 т  $P_2O_5$  — метрового шару.

Такі препарати в умовах дефіциту фосфору мають позитивно впливати на розвиток і фізіологічну активність кореневої системи, інтенсивність ексудації нею кислих фосфатаз і органічних кислот, на процес фотосинтезу, виявляти антиоксидантну дію, забезпечувати підвищення, засвоєння і вивезення рослинами фосфору з ґрунту і добрив, сприяти отриманню високих урожаїв якісного зерна.

**Умови, об'єкти і методики досліджень.** Об'єктом вегетаційних дослідів була пшениця м'яка озима – сорту Смуглянка та тверда сорту Лагуна. У досліді для передпосівної обробки насіння застосовували регулятори росту і розвитку рослин (PPP): **триман** — похідний N-оксиду піридину, який характеризується високою ауксино- цитокініновою дією (Україна); **агат-25К** — продукт метаболізму ґрунтових бактерій *Pseudomonas fluorescens* Н 16, містить біостимулятори, флавоноїди з проростків рослин та мікроелементи, збагачений хвойним екстрактом, володіє фунгіцидною активністю (Росія); **агростимулін** – комплекс регуляторів росту природного походження та синтетичних аналогів фітогормонів (Україна); **біосил** — комплекс PPP природного походження,

синтетичних аналогів фітогормонів і біогенних мікроелементів (Україна); **радостим** — збалансована композиція біологічно активних сполук – аналогів фітогормонів, амінокислот, жирних кислот, олігосахаридів, хітозану, мікроелементів та біозахисних сполук (Україна); **лігногумат калію** — препарат, розроблений на основі калієвих солей гумінових кислот з фульвокислотами, макро- та мікроелементами (S, Ca, Si та ін.), має властивості адаптогена та імуномодулятора, сприяє відновленню життєдіяльності рослин у багатьох стресових умовах (Росія); **мівал** — синтетичний препарат комплексної дії, належить до класу кремнійорганічних сполук, має ауксинову активність (Росія).

Регулятори росту і розвитку рослин вводили безпосередньо в робочий розчин з протруйником максим стар 0,25 FS (1,5 л/т). Оброблене методом напіввологого протруювання насіння пророщували 24 год при температурі 26 °C 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 для м'якої і 28 діб — для твердої пшениці. Поживне середовище — Хогланда-Арнона без фосфору [3]. Джерело фосфору — трикальційфосфат — один з найпоширеніших важкорозчинних ґрунтових мінеральних фосфатів — вводили безпосередньо у піщаний субстрат.

У 21- та 28-добових рослин визначали інтенсивність кореневої кислотоексудації за методом Коренмана [5]; вміст малонового діальдегіду (МДА) — за методикою [8]; сухої речовини — термогравіметричним методом; загального фосфору після мокрого озолення — фотометрично за Деніже в модифікації Левицької [1]; хлорофілів а, b та загальний вміст каротиноїдів — за методом Велбурна [15]. Пігменти екстрагували диметилсульфоксидом.

Морфологічні показники кореневої системи визначали після фарбування її у 0,1 %-ному водному розчині фуксину; площу робочої поглинальної поверхні кореневої системи — за методом Сабініна і Колосова [2]. Результати досліджень обробляли статистично методом дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерних програм Exel та Agrostat.

**Результати досліджень.** У першому вегетаційному досліді (проведеному тричі) досліджували вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Лагуна розчинами регуляторів росту і розвитку рослин на здатність їх використовувати фосфор трикальційфосфату. Дані табл. 1 свідчать, що і без застосування РРР 28-добові рослини за рахунок наявності в субстраті  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  збільшили винос фосфору порівняно з рослинами, вирощеними за відсутності фосфору, на 14,9 %. Застосування для передпосівної обробки насіння регуляторів росту порівняно з контролем забезпечило підвищення виносу рослинами фосфору: агростимуліну — на 19,3 % і триману — на 16,9 %. Препарати біосил і лігногумат калію сприяли підвищенню цього показника на 8-10 %. Ці дані позитивно корелюють з підвищенням під впливом РРР інтенсивності кореневої кислотоексудації та змінами морфологічних показників кореневої системи рослин (рис. 1). Ці препарати забезпечили утворення у рослин на 7-13 % більшої кількості бічних корінців, на 35-70 % — корінців 3-го порядку та збільшення площі робочої поглинальної поверхні коренів на 12 %. Такі зміни морфологічних показників кореневої системи мають сприяти поліпшенню мінерального живлення рослин, що підтверджується збільшенням під впливом РРР накопичення рослинами сухої речовини на 5,5-13,1 %.

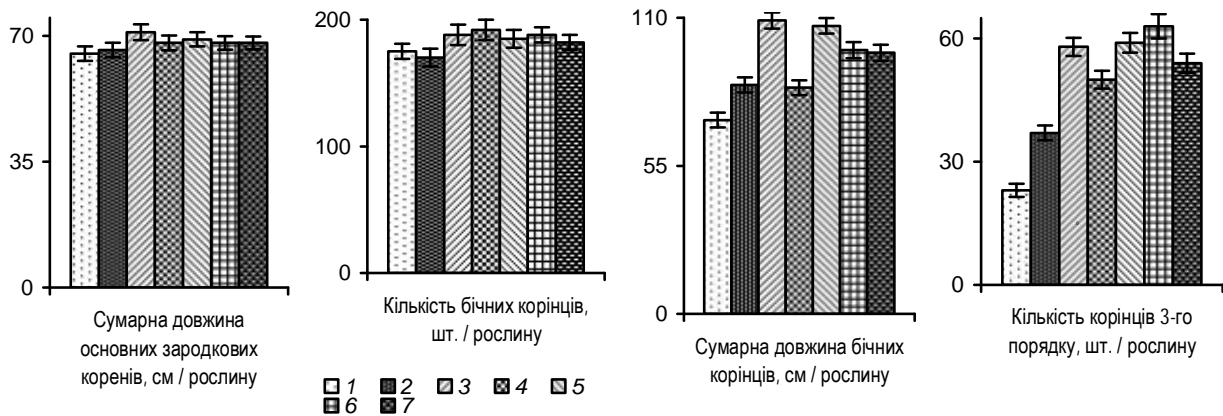
У корневих виділеннях дослідних рослин порівняно з контрольними активність позаклітинних кислих фосфатаз підвищилась з 0,250 до 0,260 ÷ 0,287 мг фенолфталеїну на 1 рослину за годину. Це свідчить про те, що препарати сприятимуть інтенсивнішому використанню рослинами пшениці фосфору і деяких ґрунтових органофосфатів.

Крім того, досліджені РРР виявили і антиоксидантні властивості. Їх застосування зумовило зниження на 23-32 % вмісту в листі малонового діальдегіду (з 49,7 нмоль/г у контролі до 33,8 ÷ 38,4 нмоль/г). Тобто, використання певних РРР у досліді зумовило зниження процесів перекисного окислення ліпідів клітинних оболонок, які активно відбуваються в рослинах за дії на них багатьох стрес-факторів. Зменшення під впливом РРР вмісту в рослинах МДА свідчить про його антистресову дію.

**1 Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Лагуна розчинами регуляторів росту і розвитку рослин на використання 28-добовими рослинами фосфору трикальційфосфату**

Варіант передпосівної обробки насіння	Маса 100 рослин, г а.с.р.			Винос фосфору 100 рослинами, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			Коренева кислотоексудатія, мкг яблучної к-ти на 1 рослину/год
	надземної частини	кореневої системи	цілих рослин	надземною частиною	кореневою системою	цілими рослинами	
Протруйник, 1,5 л/т субстрат без P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,09 ±0,19	1,10 ±0,05	5,19 ±0,24	37,9 ±1,1	8,5 ±0,27	46,4 ±1,37	72 ±6,8
Протруйник, субстрат з Са <sub>3</sub> (РО <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , контроль	4,22 ±0,20	1,20 ±0,06	5,42 ±0,26	42,7 ±1,4	10,6 ±0,29	53,3 ±1,69	118 ±10,6
Протруйник, триман, 10 г/т	4,88 ±0,22	1,24 ±0,04	6,12 ±0,26	52,0 ±1,4	10,3 ±0,29	62,3 ±1,69	140 ±12,0
Протруйник, агат-25К, 40 г/т	4,60 ±0,21	1,20 ±0,05	5,80 ±0,26	46,2 ±1,2	9,8 ±0,28	56,0 ±1,48	126 ±12,0
Протруйник, агростимулін, 25 мл/т	4,96 ±0,21	1,17 ±0,04	6,13 ±0,28	52,0 ±1,3	11,6 ±0,30	63,6 ±1,60	139 ±12,7
Протруйник, біосил. 20 мл/т	4,79 ±0,20	1,19 ±0,06	5,98 ±0,26	48,0 ±1,3	9,5 ±0,27	57,5 ±1,57	132 ±12,8
Протруйник, лігногумат калію, 100 г/т	4,49 ±0,21	1,23 ±0,05	5,72 ±0,26	45,3 ±1,3	13,3 ±0,31	58,6 ±1,61	131 ±12,9

У наступному вегетаційному досліді визначено ефективність застосування РРР для передпосівної обробки насіння пшениці м'якої озимої сорту Смуглянка для підвищення використання рослинами фосфору трикальційфосфату. У цьому досліді, на відміну від попереднього, Са<sub>3</sub>(РО<sub>4</sub>)<sub>2</sub> вносили до субстрату всіх шести варіантів. Одержані результати наведено в табл. 2 і на рис.2, з яких видно, що всі застосовані РРР порівняно з контролем забезпечили збільшення накопичення рослинами сухої речовини: надземною частиною — на 5,0-10,4 %, кореневою системою — на 14,8-31,5 %, цілими рослинами — на 8,2-14,1%. Максимальному



**Рис. 1. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Лагуна розчинами регуляторів росту і розвитку рослин на морфологічні показники кореневої системи 28-добових рослин (джерело фосфору – трикальційфосфат):**

**1 – субстрат\* без фосфору, передпосівна обробка насіння тільки протруйником; 2 – контроль, субстрат з трикальційфосфатом, передпосівна обробка насіння тільки протруйником; 3 – триман (10 г/т); 4 – агат-25К (40 г/т); 5 – агростимулін (25 мл/т); 6 – біосил (20 мл/т), 7 – лігногумат калію (100 г/т)**

**Примітка: \*Насіння варіантів 3-6 оброблено протруйником максимум (1,5 л/т) з РРР в одному робочому розчині**

збільшенню цього показника сприяло застосування препаратів радостим і агат-25К. Всі використані препарати забезпечили інтенсивніше використання рослинами фосфору трикальційфосфату. Винос фосфору рослинами внаслідок застосування РРР порівняно з контролем збільшився на 13-27 %, максимально — при застосуванні мівалу — на 27 % і лігногумату калію — на 23 %.

Препарати триман і агат-25К забезпечили підвищення виносу фосфору рослинами на 13-14 %, радостим — на 20 %. Це, безумовно, частково пов'язано з підвищенням на 11-24 %, внаслідок використання РРР, інтенсивності виділення кореневою системою органічних кислот, які реагують з трикальційфосфатом,



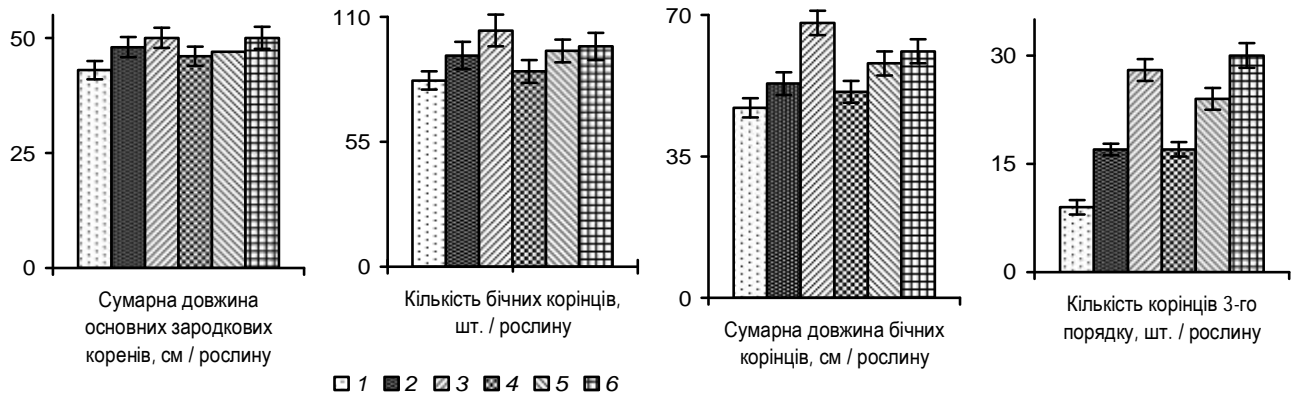
## 2. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смуглянка розчинами регуляторів росту і розвитку рослин на використання 21-добовими рослинами фосфору трикальційфосфату

Варіант передпосівної обробки насіння	Маса 100 рослин, г а.с.р.			Винос фосфору 100 рослинами, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			Коренева кислотоексудация, мкг яблучної к-ти на 1 рослину/год
	надземної частини	кореневої системи	цілих рослин	надземною частиною	кореневою системою	цілими рослинами	
Протруйник, 1,5 л/т, контроль	4,03 ±0,18	1,08 ±0,05	5,11 ±0,23	41,6 ±1,7	8,9 ±0,34	50,5 ±2,04	54,2 ±5,3
Протруйник, триман, 10 г/т	4,23 ±0,20	1,30 ±0,06	5,53 ±0,26	45,9 ±1,9	11,1 ±0,37	57,0 ±2,27	59,7 ±6,0
Протруйник, агат-25К, 40 г/т	4,38 ±0,20	1,42 ±0,06	5,80 ±0,26	45,8 ±1,9	11,9 ±0,39	57,7 ±2,29	67,0 ±6,1
Протруйник, радостим, 250 мл/т	4,45 ±0,21	1,38 ±0,07	5,83 ±0,28	48,1 ±2,0	12,3 ±0,41	60,4 ±2,41	60,0 ±5,8
Протруйник, лігногумат калію, 100 г/т	4,32 ±0,20	1,38 ±0,06	5,70 ±0,26	49,8 ±2,0	12,3 ±0,41	62,1 ±2,41	67,3 ±6,3
Протруйник, мівал, 60 г/т	4,30 ±0,21	1,24 ±0,06	5,54 ±0,27	52,2 ±2,0	11,9 ±0,38	64,1 ±2,38	60,4 ±5,7

утворюючи ди- та монокальційфосфати, які краще розчиняються і тому доступніші для рослин як джерело фосфорного живлення.

Крім посилення під впливом PPP кореневої кислотоексудатії, інтенсивнішому використанню рослинами пшениці фосфору важкорозчинного мінерального фосфату сприяють також позитивні зміни морфологічних показників кореневої системи, зумовлені їх застосуванням: кількість основних зародкових коренів рослини зростала з 4,0 до 4,2-4,6, їх сумарна довжина — на 8-17 %, кількість бічних корінців — на 13-27 %, їх сумарна довжина — на 8-29 %. Кількість корінців 3-го порядку збільшилась в 1,9-3,3 раза, середня довжина одного бічного корінця — на 12 %.

Такі зміни морфологічних показників кореневої системи зумовлюють значне збільшення об'єму ризосферного ґрунту, з яким безпосередньо контактує коренева система рослини і в якому найінтенсивніше перебігають численні



**Рис. 2 – Вплив передпосівної обробки насіння пшениці сорту Смуглянка розчинами регуляторів росту і розвитку рослин на морфологічні показники кореневої системи 21-добових рослин (джерело фосфору – трикальційфосфат):**

**1 – контроль\*;** **2 – триман, 10 г/т;** **3 – агат-25К, 40 г/т;** **4 – радостим, 250 мл/т;** **5 – лігногумат калію, 100 г/т;** **6 – мівал, 60 г/т**

**\*Примітка: насіння контролю перед сівбою було оброблено тільки протруйником максим стар (1,5 л/т), у варіантах 2-6 – протруйником максим стар з РРР**

біохімічні та мікробіологічні процеси, відповідальні за інтенсивність мінерального живлення рослин, у тому числі і фосфорного.

Збільшення кількості бічних корінців (особливо третього порядку) сприяло зростанню робочої поглинальної поверхні кореневої системи рослин на 7-16 %, що також поліпшує їх кореневе живлення [11,12,13,14].

Як і в попередньому досліді з пшеницею твердою озимою сорту Лагуна, застосування РРР при вирощуванні пшениці м'якої сорту Смуглянка зумовило зниження вмісту в листі рослин малонового діальдегіду на 32-46 % — з 55,1 нмоль/г на контролі до 29,7-37,4 нмоль/г у дослідних рослинах. Максимальне зниження вмісту МДА забезпечили препарати агат-25К (на 46 %) і радостим (на 38 %), всі інші знизили цей показник на 34-35 %. Це підтверджує стреспротекторну дію застосованих у досліді РРР за вирощування пшениці



м'якої озимої сорту Смуглянка, в умовах дефіциту фосфорного живлення.

Використання у досліді РРР сприяло також підвищенню активності позаклітинних кислих фосфатаз кореня: з 0,280 мг ФФ на 1 рослину/год на контролі до 0,301-0,302 мг ФФ — при використанні триману і мівалу, до 0,314-0,316 мг ФФ — агату-25К, радостиму і лігногумату калію. Тобто, за вирощування пшениці на ґрунтах із значним вмістом орґанофосфатів, ці препарати сприяють споживанню рослинами фосфору цих сполук.

### **Висновки.**

1. Сорти м'якої і твердої пшениці озимої мають генетично зумовлену здатність у відповідь на дефіцит фосфорного живлення формувати розвинену кореневу систему і активізувати при цьому виділення нею орґанічних кислот і використовувати вже на ранніх етапах свого росту фосфор важкорозчинних мінеральних сполук. Кількість фосфору, що засвоюють рослини з цих фосфатів, позитивно корелює з морфологічними показниками кореневої системи та інтенсивністю її кислотоексудації.
2. Застосування для передпосівної обробки насіння пшениці сполук фітогормональної (ауксинової та цитокінінової) дії та комплексних на їх основі препаратів сприяє значному поліпшенню морфологічних показників кореневої системи рослин, посиленню виділення нею орґанічних кислот, збільшенню площі робочої поглинальної поверхні коренів і, як наслідок, підвищенню засвоювання рослинами фосфору трикальційфосфату.
3. Для пшениці м'якої озимої сорту Смуглянка найефективнішим виявився РРР мівал, лігногумат калію і радостим, для твердої озимої сорту Лагуна — РРР агростимулін і триман.
4. Крім поліпшення фосфорного живлення рослин пшениці, РРР сприяють підвищенню в них активності фотосинтетичних процесів, а також адаптивних властивостей рослин відносно стресових умов вирощування.

## 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.: Наукова думка, 1973. — 591 с.
4. Гуляев Б.И., Патыка В.П. Фосфор как энергетическая основа процессов фотосинтеза, роста и развития растений / Б.И. Гуляев, В.П. Патыка // Агроэкологічний журнал. – 2004. — №2. — С. 3—9.
5. Коренман И.Н. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений / И.Н. Коренман — М.: Химия, 1975. — С. 267—269.
6. Медведєв В.В. Проблема фосфору в Україні та шляхи її розв'язання / В.В. Медведєв // Вісник аграрної науки. – 2000. — №7. — С. 82—84.
7. Носко Б.С. Сучасний стан та перспективні напрямки досліджень в агрохімії / Б.С. Носко // Вісник аграрної науки. – 2002. — №9. — С.9-12.
8. 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.
9. Швартау В.В. Особенности реакции растений на дефицит фосфора / В.В. Швартау, Б.И. Гуляев, А.Б. Карлова. // Физиология и биохимия культурных растений. – 2009. — 41, №3. – С. 208–220.
10. Botten G.D. A review of phosphorus efficiency in wheat / G.D. Botten // Plant and soil. — 1992. — **146**. — P. 163—168.
11. Fend Ke. Влияние органических лигандов на биологическую доступность фосфора. Effect of organic ligands on biological availability of inorganic phosphorus in soil / Ke Fend, Lu Hai-Ming, Sheng Hai-jun // Pedosphere. — 2004. — 19, — №1. — С. 85—92.

12. Jones D.L.P. Role of root derived organic-acids in the mobilization of nutrients from the rhizosphere. / D.L. Jones, R. Darrah. // *Plant and Soil* — 1994. — v. 166. — P. 247—257
13. Lambers H. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: matching morphological and physiological traits / H. Lambers, M.W. Shane, M.D. Gramer [et al.] — *Ann. Bot.* — 2006. — P. 1—21.
14. Marschner H.. Root-induced changes in the rhizosphere: Importance for the mineral nutrition of plants / V. Romheld, W.J. Horst and P.. Martin // *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd.* — 1986. 149. — P. 441—456.
15. 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

# **ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И РОЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ НА АДАПТАЦИЮ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ К УСЛОВИЯМ ДЕФИЦИТА ФОСФОРНОГО ПИТАНИЯ**

**О.Е. ДАВЫДОВА, М.Д. АКСИЛЕНКО, В.М. МОКРИНСКИЙ,  
П.Г. ДУЛЬНЕВ**

В вегетационных опытах показано, что применение регуляторов роста и развития растений триман, агат-25К, агростимулин, биосил, радостим, лигногумат калия, мивал для предпосевной обработки семян пшеницы мягкой озимой сорта Смуглянка и твердой сорта Лагуна способствует улучшению их фосфорного питания за счет более активного использования фосфора труднорастворимых почвенных минеральных фосфатов благодаря формированию более разветвленной и физиологически активной корневой системы, усилению выделения ею органических кислот.

***Ключевые слова:* пшеница, регуляторы роста и развития растений, фосфорное питание, трикальцийфосфат.**

# **GROWTH AND DEVELOPMENT REGULATORS INFLUENCE ON WHEAT PLANTS ADAPTATION TO PHOSPHORUS NUTRITION DEFICITE CONDITIONS**

*O.E. Davydova, M.D. Aksylenko, V.M. Mokrinskyi, P.G. Dulnev*

In pot experiments it was shown, that using of growth and development regulators triman, agat-25K, agrostimulin, biosil, radostim, potassium lignohumate, mival for presowing processing of winter common wheat (cultivar Smuglianka) and durum wheat (cultivar Laguna) seeds promote to plants phosphoric nutrition improvement thanks to more active using of hardsolution mineral soil phosphates phosphorus and forming of more branching and physiological active roots, more intensive organic acids exudation.

***Key words:* wheat, growth and development regulators, phosphoric nutrition, tricalcium phosphate**