

УДК 631.811.98

## ВПЛИВ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ТА ЇХ КОМПОЗИЦІЙ НА ВМІСТ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ДЕФІЦИТУ ФОСФОРУ

Н.М. МАЛЬЦЕВА, А.П. ГАЄВСЬКИЙ, К.Ю. ДЕРЕВ'ЯНКО

*Науково-інженерний центр «АКСО» Національної академії наук України  
02160 Київ, Харківське шосе, 60*

У вегетаційних дослідах з різними сортами озимої пшениці вітчизняної селекції при застосуванні біологічно активних речовин синтетичного і природного походження та їх композицій для передпосівної обробки насіння встановлено збільшення у листках рослин вмісту хлорофілів *a*, *b* та їх суми, відносного вмісту хлорофілу *a*, а також каротиноїдів. Кількість цих пігментів залежить від сортових особливостей рослин і джерела фосфорного живлення. Розглянуто можливі шляхи й механізми мобілізації фосфору з його важкорозчинних сполук — трикальційфосфату і гліцерофосфату кальцію при застосуванні біологічно активних речовин.

*Ключові слова:* *Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf., біологічно активні речовини, фосфати, фотосинтетичні пігменти.

Сучасний стан досліджень проблеми фотосинтезу дає підставу вважати, що фотосинтетична діяльність сільськогосподарських культур є основою їх продуктивності й значною мірою залежить від вмісту пігментів у рослинах. Особливе значення мають зелені пігменти, хлорофіли *a* і *b* — чутливі індикатори фізіологічного стану рослин [1, 20]. Кількість і функціональна активність цих пігментів є показником потенційної здатності рослин формувати біологічний урожай [2, 19].

Зазначені пігменти беруть безпосередню участь у формуванні структури фотосинтетичного апарату, відіграють важливу роль у фотосинтетичних та фотохімічних реакціях, пов'язаних із поглинанням і трансформацією енергії, яка використовується в процесах синтезу речовин, необхідних для росту і розвитку рослин [9, 13].

Поряд із хлорофілом постійним компонентом фотосинтетичних систем є каротиноїди — поліфункціональні пігменти, які виконують роль допоміжних світловловних пігментів у процесі фотосинтезу, захищають хлорофіл від руйнування під час окиснювального стресу, зумовленого несприятливими чинниками довкілля [9, 18]. Механізми дії цих пігментів залежать від умов вирощування рослин. Зростання вмісту каротиноїдів у листках розглядають як один із проявів адаптивної реакції у рослин [10, 12, 20].

На вміст фотосинтетичних пігментів та інтенсивність фотосинтезу в пшениці істотно впливають елементи мінерального живлення. Їх дефіцит призводить до зниження кількості пігментів у листових пластинках рослин [15].

Гострий дефіцит фосфорного живлення, який став глобальною проблемою, посів чільне місце серед агрохімічних стресів. Фосфор як компонент ключових біомолекул (нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, АТФ та ін.) пов'язаний із системами перетворення енергії в живій клітині, бере участь у контролі й регуляції головних ферментативних реакцій, метаболічних шляхів на клітинному та організменому рівнях. За його нестачі знижується інтенсивність різних фізіологічних і біохімічних процесів — фотосинтезу, дихання, біологічної фіксації молекулярного азоту атмосфери, виділення фосфору коренями, які опосередковано впливають і на азотний обмін у рослин [16].

Різні сорти пшениці неоднаково реагують на внесення фосфору в доступній формі, що пов'язано з відмінністю його поглинання [6, 7, 14].

Нині встановлено, що на утворення фотосинтетичних пігментів та інтенсивність фотосинтезу позитивно впливають регулятори росту рослин (РРР). Як відомо, застосування цих біологічно активних речовин дає змогу повніше реалізувати потенційні можливості рослин, підвищити їх стійкість до дії різних стресових чинників, збільшити врожай сільськогосподарських культур. Особливістю застосування РРР є те, що вони в малих дозах викликають значні зміни в рості й розвитку рослин, стають невід'ємним елементом сучасних інтенсивних агротехнологій [11, 12].

У літературі трапляються поодинокі повідомлення щодо комплексних препаратів біологічно активних речовин [5, 17].

Метою наших досліджень було вивчення вмісту фотосинтетичних пігментів у листках різних сортів озимої пшениці при застосуванні біологічно активних речовин та їх композицій в умовах дефіциту фосфору, зумовленого внесенням у субстрат важкорозчинних мінеральних або органічних фосфатів.

## Методика

Дослідження виконано з рослинами м'якої (*Triticum aestivum* L.) і твердої (*T. durum* Desf.) озимої пшениці. Сорти м'якої пшениці Золотоколосо, Смуглянка і селекційна лінія УК 1057 отримано з колекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, сорти твердої пшениці Дельфін, Лагуна, Айсберг одеський — із Селекційно-генетичного інституту НААН України. Рослини вирощували у вегетаційних дослідах на промитому і прожареному кварцовому піску на поживному середовищі Хогленда—Арнона [1]. Джерелами фосфору слугували трикальційфосфат і гліцерофосфат кальцію, які вносили з розрахунку відповідно 150 і 100 мг  $P_2O_5$  на 1 кг сухого піску.

Насіння перед висіванням обробляли водними розчинами біологічно активних речовин у поєднанні з протруйником зернових культур Максим 025FS (1,5 л/т), насіння контрольного варіанта — тільки протруйником і протягом 1 доби пророщували в термостаті за 26 °С у чашках Петрі на вологому фільтрувальному папері. Проростки висаджували у вегетаційні посудини місткістю 3 л, маса піску в посудині — 2,8 кг, вологість піску — 70 % ПВ.

Рослини вирощували за освітлення 5—6 тис. лк і світлового періоду 12,5 год на добу. Кількість рослин в одній посудині — 15, повторність дослідів — шестиразова. Термін вирощування рослин — 21 доба.

Як біологічно активні речовини використовували РРР — неофіт, радостим, лігногумат калію і триман, суміш мікроелементів (Zn, Cu, B,

Mn, Mo, Co), а також антиоксиданти — селенат натрію, саліцилову кислоту. Варіанти дослідів наведено в таблицях.

Вміст пігментів — хлорофілів *a*, *b* і загальний вміст каротиноїдів у листках рослин пшениці визначали за методом Велбурна [23] із застосуванням спектрофотометра СФ-46. Екстрагували пігменти диметилсульфоксидом у термостаті за температури 67 °С протягом 4 год. Спектрофотометричне вимірювання оптичної густини розчинів проводили за довжин хвиль 665, 649 і 480 нм. Розчином порівняння був ДМСО.

Вірогідність отриманих даних встановлювали методами математичної статистики [4] з використанням комп'ютерних програм Excel та Agrostat. Довірчий інтервал середніх значень визначали за вірогідності 0,95.

### Результати та обговорення

Однією з важливих фізіологічних реакцій рослин на дію стресових чинників є зміни в їхньому пігментному комплексі (вмісті пігментів та їх співвідношенні) [13].

Згідно з результатами наших досліджень, застосування біологічно активних речовин для передпосівної обробки насіння викликає певні зміни у пігментному складі рослин озимої пшениці. В окремих варіантах дослідів збільшувався вміст хлорофілів *a* і *b*, а також сума цих пігментів, що засвідчує створення сприятливіших умов життєдіяльності рослин.

Із численних результатів ми наведемо лише деякі приклади, які підтверджують позитивний вплив досліджуваних препаратів на вміст фотосинтетичних пігментів у листках різних сортів озимої пшениці.

Так, у досліді із сортом Смуглянка за внесення в субстрат трикальційфосфату відбувалися позитивні зміни вмісту хлорофілів у разі застосування селенату натрію, саліцилової кислоти та композиції біологічно активних речовин, яка складалася з лігногумату калію й мікроелементів (табл. 1). Стимулювальну дію саліцилова кислота виявляла також у досліді з УК 1057, у сорту Золотоколосо вміст хлорофілу *a* збільшувався під впливом селенату натрію та композиції селенат натрію з мікроелементами (див. табл. 1).

У листках озимої пшениці сорту Дельфін у варіанті з неофітом вміст хлорофілу *b* збільшувався на 0,99 мг/г сухої речовини або на 48,5 % порівняно з контролем (див. табл. 1). У варіанті без внесення в середовище для вирощування рослин трикальційфосфату як важкодоступного джерела фосфорного живлення вміст хлорофілів *a*, *b*, каротиноїдів, а також суми хлорофілів і хлорофілу *a* в загальній сумі хлорофілів мало відрізнялися від контрольного (внесення трикальційфосфату) (див. табл. 1).

Слід зазначити, що сумарний вміст хлорофілів у фотосинтетичних тканинах листків рослин озимої пшениці залежить від їхніх сортових особливостей. Згідно з нашими узагальненими даними, кількість цих пігментів була максимальною у сорту Смуглянка, що свідчить про добре розвинений у цього сорту фотосинтетичний апарат.

Широку генотипну мінливість озимої пшениці за пігментним складом хлоропластів установили також інші автори [7, 8], які, вивчивши фізіологічний стан різних екотипів цієї культури, виявили різний вміст хлорофілів у досліджуваних сортів.

Збільшення кількості хлорофілу в листках озимої пшениці в разі вирощування рослин на середовищі з трикальційфосфатом і застосування

ТАБЛИЦЯ 1. Вплив передпосівної обробки насіння озимої пшениці біологічно активними речовинами на вміст фотосинтетичних пігментів (джерело фосфорного живлення — трикальційфосфат)

| Варіант  | Фотосинтетичний пігмент, мг/г сухої речовини листків |                   |                 |             |
|--|--|-------------------|-----------------|-------------|
|  | Хлорофіл <i>a</i>                                    | Хлорофіл <i>b</i> | Сума хлорофілів | Каротиноїди |
| Контроль   | 11,49±0,18   | 2,50±0,20         | 13,99           | 2,08±0,12   |
| Лігноугмаг каїю з мікроелементами, 100 г/т             | 12,27±0,22   | 3,01±0,28         | 15,28           | 1,98±0,14   |
| Селенат натрію, 20 мг/т                                | 11,74±0,23   | 3,11±0,30         | 14,85           | 1,97±0,14   |
| Саліцилова кислота, 140 мг/т                           | 12,10±0,13   | 2,78±0,22         | 14,88           | 2,13±0,11   |
|  | УК 1057  |                   |                 |             |
| Контроль   | 11,59±0,17   | 2,23±0,21         | 13,82           | 2,10±0,11   |
| Саліцилова кислота, 140 мг/т                           | 12,02±0,25   | 2,67±0,28         | 14,69           | 2,14±0,14   |
|  | Золотоколоса   |                   |                 |             |
| Контроль   | 11,73±0,21   | 2,16±0,28         | 13,89           | 2,28±0,12   |
| Селенат натрію, 20 мг/т                                | 12,40±0,21   | 2,09±0,30         | 14,49           | 2,57±0,17   |
| Селенат натрію, 20 мг/т + суміш мікроелементів, 10 г/т | 12,88±0,19   | 2,25±0,34         | 15,13           | 2,71±0,15   |
|  | Дельфін  |                   |                 |             |
| Без джерела фосфорного живлення                        | 10,78±0,28   | 2,16±0,28         | 12,94           | 2,77±0,13   |
| Контроль   | 10,74±0,27   | 2,04±0,33         | 12,78           | 2,78±0,17   |
| Неофіт, 40 мг/т  | 10,51±0,23   | 3,03±0,29         | 13,54           | 2,68±0,11   |

біологічно активних речовин пов'язане з поліпшенням умов фосфорного живлення рослин. Відомо, що біологічно активні речовини різної природи стимулюють розвиток кореневої системи, посилюють кореневу ексудацію і надходження в ризосферу органічних кислот, які позитивно впливають на розчинність зазначеного джерела фосфорного живлення. Наслідком цього є зростання кількості рухомого фосфору в зоні кореневої системи рослин, що підтверджують дані з поглинання фосфору рослинами. Так, за вирощування озимої пшениці сорту Смуглянка на субстраті з трикальційфосфатом та застосування селенату натрію, саліцилової кислоти і композиційного препарату — лігногумату калію з мікроелементами винесення фосфору цілою рослиною відносно контролю збільшувалось відповідно на 19,8; 31,2 і 9,2 %, а маси сухої речовини рослин у зазначених варіантах — на 11,8; 32,5 і 8,0 % (табл. 2).

У результаті вивчення вмісту фотосинтетичних пігментів у листках озимої пшениці за внесення в субстрат гліцерофосфату кальцію як джерела фосфорного живлення виявлено певні відмінності між варіантами дослідів. Так, у сорту Лагуна вміст хлорофілу *a* під впливом селенату натрію зростав на 1,29, саліцилової кислоти — на 1,53 мг/г сухої речовини, або відповідно на 10,9 і 12,9 % порівняно з контролем (табл. 3). У сорту Айсберг одеський статистично вірогідно відносно контролю збільшувались кількості хлорофілів *a* і *b* (відповідно на 3,3 та 12,2 %) при застосуванні триману (див. табл. 3).

У листках пшениці сорту Смуглянка композиція радостим + саліцилова кислота + селенат натрію забезпечувала підвищення вмісту хлорофілу *a* на 9,3, хлорофілу *b* — на 17,6, суми хлорофілів — на 10,6 % порівняно з контролем (див. табл. 3). Ці дані пояснюються поліпшенням режиму фосфорного живлення рослин під впливом біологічно активних речовин та узгоджуються з результатами визначення поглинання фосфору й маси сухої речовини рослин. Винесення фосфору в зазначеному варіанті збільшувалось на 38 %, тоді як за індивідуального застосування селенату натрію, саліцилової кислоти і радостиму — відповідно на 11,5; 27,3 та 27,2 %. Маса сухої речовини зростала від 13,1 до 22,6 % відносно контролю (див. табл. 2).

Заслужують на увагу дані з порівняння вмісту пігментів у варіантах із внесенням гліцерофосфату кальцію і без джерела фосфорного живлення. У досліді з озимою пшеницею сорту Айсберг одеський виявлено підвищення вмісту хлорофілів *a*, *b*, їх суми та каротиноїдів у контрольних рослин у разі застосування гліцерофосфату кальцію без біологічно активних речовин відносно варіанта без внесення джерела фосфорного живлення (див. табл. 3). За наявності зазначеної фосфорорганічної сполуки як субстрату для позаклітинних кислих фосфатаз коренів активується дія цих ферментів і відбувається гідролітичне розщеплення органічного фосфату з вивільненням доступного для рослин мінерального фосфору. Цю реакцію можна розглядати як прояв одного з адаптаційних механізмів рослин у відповідь на нестачу фосфору.

Вміст каротиноїдів у наших дослідях змінювався незначно. У деяких варіантах їх кількість збільшувалась під впливом біологічно активних сполук, наприклад у сорту пшениці Золотоколоса за передпосівної обробки насіння селенатом натрію (на 12,7 %), селенатом натрію із сумішшю мікроелементів (на 18,9 %) (див. табл. 1), у сорту Лагуна при застосуванні селенату натрію — на 14,2, саліцилової кислоти — на 20,4 % (див. табл. 3). Ці дані можна пояснити захисною адаптаційною реакцією рослин на дефіцит фосфору як стресор абіотичної природи.

ТАБЛИЦЯ 2. Вплив передпосівної обробки насіння озимої пшениці сорту Смуглянка біологічно активними речовинами на вміст фосфору та вміст сухої речовини в рослинах

| Варіант  | Внесення фосфору, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 рослин |                       |                | Збільшення внесення фосфору рослинами, % контролю | Маса сухої речовини, г/100 рослин | Збільшення маси сухої речовини, % контролю |
|--|--|-----------------------|----------------|---|-----------------------------------|--|
|  | надземною частиною   | коренями              | цілою рослиною |   |                                   |  |
| Контроль   | 25,78±0,06   | 9,36±0,07             | 35,14          | —   | 3,14                              | —  |
| Лігноумат кальо з мікроелементами, 100 г/т                                 | 26,59±0,09   | 11,78±0,20            | 38,37          | 9,2   | 3,39                              | 8,0  |
| Селенат натрію, 20 мг/т  | 28,16±0,34   | 13,93±0,17            | 42,09          | 19,8  | 3,51                              | 11,8                                       |
| Салцилова кислота, 140 мг/т  | 27,30±0,32   | 18,82±0,08            | 46,12          | 31,2  | 4,16                              | 32,5                                       |
|  |  | Трикальційфосфат      |                |   |                                   |  |
| Контроль   | 43,04±0,24   | 15,80±0,18            | 58,84          | —   | 3,28                              | —  |
| Селенат натрію, 20 мг/т  | 47,60±0,12   | 18,03±0,10            | 65,63          | 11,5  | 4,02                              | 22,6                                       |
|  |  | Гліцерофосфат кальцію |                |   |                                   |  |
| Салцилова кислота, 140 мг/т  | 54,11±0,57   | 20,80±0,28            | 74,91          | 27,3  | 3,81                              | 16,2                                       |
| Салцилова кислота, 140 мг/т + селенат натрію, 20 мг/т                      | 53,49±0,26   | 22,86±0,44            | 76,35          | 29,8  | 3,70                              | 12,8                                       |
| Радостим, 250 мг/т   | 41,72±0,38   | 33,12±0,88            | 74,84          | 27,2  | 3,71                              | 13,1                                       |
| Радостим, 250 мг/т + салцилова кислота, 140 мг/т + селенат натрію, 20 мг/т | 56,65±0,08   | 24,56±0,20            | 81,21          | 38,0  | 3,78                              | 15,2                                       |

ТАБЛИЦЯ 3. Влия передпосівної обробки насіння озимої пшениці біологічно активними речовинами на вміст фотосинтетичних пігментів (джерело фосфорного живлення — гліцерофосфат кальцію)

| Варіант  | Фотосинтетичний пігмент, мг/г сухої речовини листків |                   |                 |             |
|--|--|-------------------|-----------------|-------------|
|  | Хлорофіл <i>a</i>                                    | Хлорофіл <i>b</i> | Сума хлорофілів | Каротиноїди |
| Контроль   | 11,88±0,15   | 3,30±0,25         | 15,18           | 2,25±0,12   |
| Салцідова кислота, 140 мг/т  | 13,41±0,27   | 3,32±0,26         | 16,73           | 2,71±0,16   |
| Селенаг натрію, 20 мг/т  | 13,17±0,17   | 3,49±0,19         | 16,66           | 2,57±0,12   |
|  | Айсберг одеський                                     |                   |                 |             |
| Без джерела фосфорного живлення  | 10,23±0,11   | 2,40±0,16         | 12,63           | 1,97±0,08   |
| Контроль   | 12,60±0,13   | 2,55±0,24         | 15,15           | 2,61±0,09   |
| Триман, 10 г/т   | 13,01±0,13   | 2,86±0,12         | 15,87           | 2,49±0,06   |
|  | Смулянка   |                   |                 |             |
| Контроль   | 10,55±0,06   | 2,05±0,09         | 12,60           | 2,07±0,12   |
| Селенаг натрію, 20 мг/т  | 10,69±0,07   | 2,55±0,11         | 13,24           | 1,84±0,12   |
| Салцідова кислота, 140 мг/т  | 10,56±0,12   | 2,54±0,20         | 13,10           | 1,88±0,10   |
| Салцідова кислота, 140 мг/т + селенаг натрію, 20 мг/т                      | 10,85±0,16   | 1,99±0,17         | 12,84           | 2,12±0,09   |
| Радостим, 250 мг/т   | 10,75±0,12   | 2,38±0,16         | 13,13           | 1,90±0,10   |
| Радостим, 250 мг/т + салцідова кислота, 140 мг/т + селенаг натрію, 20 мг/т | 11,53±0,26   | 2,41±0,26         | 13,94           | 1,99±0,11   |

Активувальна дія селенату натрію на утворення фотосинтетичних пігментів, встановлена в наших дослідах, може бути пов'язана з важливістю селену в фізіологічних і біохімічних процесах самих рослин, його адаптогенними та стреспротекторними властивостями за несприятливих умов вирощування [3].

Виявлене нами збільшення вмісту хлоропластних пігментів у листках озимої пшениці за передпосівної обробки насіння саліциловою кислотою пов'язане з впливом цієї біологічно активної речовини на розвиток захисних реакцій в рослинному організмі. Зокрема відомо, що в умовах дефіциту фосфору як стресора абіотичної природи саліцилова кислота, що належить до природних регуляторів росту, викликає зміни пероксидного окиснення ліпідів, проникності клітинних мембран та виділення етилену [21, 22].

Стосовно досліджених нами мікроелементів відомо, що вони біологічно активні, виконують як структурну, так і регуляторну функцію, відіграють вкрай важливу роль у життєдіяльності рослин (у процесах дихання, азотфіксації, фотосинтезу, азотного й вуглецевого обміну, в адаптації рослин до несприятливих умов довкілля).

Отже, в результаті вегетаційних дослідів із важкорозчинними сполуками фосфору в листках рослин м'якої і твердої озимої пшениці виявлено збільшення вмісту фотосинтетичних пігментів під впливом біологічно активних речовин та їх композицій, які застосовували для передпосівної обробки насіння. Вміст цих пігментів залежить від сортових особливостей рослин і джерела фосфорного живлення. Обговорено можливі шляхи й механізми використання рослинами пшениці важкорозчинних мінеральних та органічних фосфатів.

1. *Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М.* Краткий справочник по физиологии растений. — Киев: Наук. думка, 1973. — 591 с.
2. *Гуляев Б.И.* Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень // *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть.* — 2001. — 1. — С. 60—74.
3. *Давидова О.Є., Вешицький В.А., Яворівський П.П.* Фізіолого-біохімічні та стреспротекторні функції селену в рослинах // *Физиология и биохимия культ. растений.* — 2009. — 41, № 2. — С. 109—123.
4. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985. — 352 с.
5. *Драгозов І.В., Богданович А.В., Яворська В.К. та ін.* Природний стимулятор росту озимої пшениці біовітрекс // *Вісн. аграрної науки.* — 2006. — № 5. — С. 29—32.
6. *Кірізій Д.А., Починок В.М., Рижикова П.Л.* Роль фотосинтетичного апарату та характер перерозподілу азоту у формуванні якості зерна пшениці // *Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Екологія: наука, освіта, природоохоронна діяльність».* — К.: Наук. світ, 2007. — С. 29.
7. *Климашевский Э.Л.* Генетический аспект минерального питания растений. — М.: Агропромиздат, 1991. — 415 с.
8. *Кононюк Л.М., Мелешко А.О., Улинець В.З.* Агрофізіологія озимої пшениці різних екотипів в умовах Київського Полісся // *Вісн. аграрної науки.* — 2005. — № 6. — С. 25—28.
9. *Лебедева Т.С., Сытник К.М.* Пигменты растительного мира. — Киев: Наук. думка, 1986. — 87 с.
10. *Мокронос А.Т., Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В.* Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты. — М.: Academia, 2006. — 448 с.
11. *Пацула О.І., Кобилецька М.С., Терек О.І.* Пігментний склад рослин прирусової ділянки ріки Тиса / *Зб. наук. праць Уман. аграр. ун-ту «Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування».* — К., 2008. — С. 51—56.
12. *Пономаренко С.П.* Регуляторы роста растений. — Киев, 2003. — 319 с.
13. *Рубин А.Б., Венедиктов П.С., Кренделева Т.Е., Пащенко В.З.* Регуляция первичных стадий фотосинтеза при изменении физиологического состояния растений // *Фотосинтез и продукционный процесс.* — М.: Наука, 1989. — С. 29—39.
14. *Стахів М.П.* Фізіологічні особливості фосфорного живлення короткостеблових сортів озимої пшениці: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — К., 2008. — 20 с.



15. Шадчина Т.М., Гуляев Б.И., Кірізіій Д.А. та ін. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. — К.: Фітосоціоцентр, 2006. — 384 с.
16. Швартау В.В., Гуляев Б.И., Карлова А.Б. Особенности реакции растений на дефицит фосфора // Физиология и биохимия культ. растений. — 2009. — **41**, № 3. — С. 208—220.
17. Яворская В.К., Драговоз И.В., Богданович А.В., Антонюк В.Л. Регуляторы роста природного происхождения как средства повышения продуктивности сельскохозяйственных культур // Там же. — 2008. — **40**, № 4. — С. 292—298.
18. Asada K. Radical production and scavenging in the chloroplasts // Photosynthesis and the Environment. — Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 1996. — P. 123—150.
19. Kuiper P.J.C. Adaptation mechanisms of green plants to environmental stress of life // Ann. N.Y. Acad. Sci. — 1998. — **851**. — P. 209—215.
20. Oquist G. Effects of low temperature on photosynthesis // Plant Cell Environ. — 1983. — **6**. — P. 281—300.
21. Singh B., Usha K. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedling under water stress // Plant Growth Regul. — 2003. — **39**, N 2. — P. 137—141.
22. Reddy A.R., Chaitanya R.V., Vivekanandan M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants // Ibid. — 2004. — **161**, N 11. — P. 1189—1202.
23. 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 02.06.2010

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ КОМПОЗИЦИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ФОСФОРА

*Н.Н. Мальцева, А.П. Гаевский, Е.Ю. Деревянко*

Научно-инженерный центр «АКСО» Национальной академии наук Украины, Киев

В вегетационных опытах с различными сортами озимой пшеницы отечественной селекции при использовании биологически активных веществ синтетического и природного происхождения и их композиций для предпосевной обработки семян установлено увеличение в листьях растений содержания хлорофиллов *a*, *b* и их суммы, относительного содержания хлорофилла *a*, а также каротиноидов. Количество этих пигментов зависит от сортовых особенностей растений и источника фосфорного питания. Рассмотрены возможные пути и механизмы мобилизации фосфора из его труднорастворимых соединений — трикальций-фосфата и глицерофосфата кальция при использовании биологически активных веществ.

INFLUENCE OF BIOLOGICAL ACTIVE SUBSTANCES AND THEIR COMPOSITIONS ON AMOUNT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN LEAVES OF WINTER WHEAT UPON PHOSPHORUS DEFICIT

*N.N. Maltseva, A.P. Gaevski, E.U. Derevianko*

Scientific Engineering Centre «AKSO», National Academy of Sciences of Ukraine  
50 Kharkovsky highway, Kyiv, 02160, Ukraine

The increase of amount of chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, sum of total chlorophylls and carotenoids in leaves of plants was established in greenhouse experiments with different varieties of winter wheat of native selection while using of biological active substances of synthetic and natural origin and their compositions for before sowing treatment of seeds. Amount of these pigments depends on peculiarities of plant varieties and source of phosphorus nutrition. Possible ways and mechanisms of phosphorus mobilization from threecalcium phosphate and glycerophosphate calcium by application of biological active substances were discussed.

*Key words:* *Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf., biological active substances, phosphates, photosynthetic pigments.