

Паливода Юлія Миколаївна

аспірантка кафедри біології

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Україна

Гавій Валентина Миколаївна

кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Україна

Кучменко Олена Борисівна

доктор біологічних наук, професор, професор кафедри біології

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Україна

ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОРОСТКІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ ЗА ДІЇ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ СПЛУК

***Abstract.** The effect of seed treatment with metabolically active substances on the physiological parameters of soft wheat seedlings under conditions of water deficiency modeled with PEG 6000 was studied for the first time. linear growth of the underground part of plants. Pre-treatment with a combination of vitamin E + methionine + PHBE + MgSO₄ is the most effective combination to stimulate seed germination in drought conditions, and seed treatment with ubiquinone, vitamin E + methionine + PHBE, vitamin E + methionine + PHBE + MgSO₄, MgSO₄. helps to increase the length of the roots in conditions of water deficit.*

***Keywords:** soft wheat, metabolically active substances, PEG-6000, seed germination energy, seed germination, linear root growth, vitamin E, ubiquinone, methionine, PHBE, MgSO₄.*

Зернові культури є основним продуктом харчування людини, кормом для тварин та сировиною для багатьох галузей промисловості. Ця група рослин є найбільш поширена серед сільськогосподарських культур світу. Серед усіх природних чинників, які негативно впливають на фізіологічні процеси росту і розвитку зернових культур та призводять до зниження урожайності, є водний дефіцит, спричинений посухою [1].

Для України посухи останнім часом стали звичайним явищем. Під посухою розуміють довготривалий період без дощів, що супроводжується

підвищенням температури повітря. Шкідлива дія посухи полягає у зневодненні та порушенні метаболічних процесів у рослинах, що призводить до розпаду білків, зміни колоїдно-хімічного стану цитоплазми клітини і, як наслідок, до зниження кількості накопиченої рослинами органічної речовини [2].

Питання щодо вивчення посухостійкості зернових культур, є актуальними, оскільки вони орієнтовані на вивчення реакцій рослин на водний стрес та впровадження методів підвищення стійкості рослин до посухи. Одним з таких методів є застосування метаболічно-активних речовин, що підвищують стійкість зернових культур до різних несприятливих факторів, в тому числі і до посухи.

Метаболічно активні речовини входять до складу багатьох стимуляторів росту та інших препаратів для рослин. Щороку вивчають нові властивості метаболічно активних речовин та їхні перспективи щодо подальшого застосування. Використання метаболічно-активних речовин дає змогу краще розкрити потенціал рослини, підвищити стресостійкість і в результаті збільшити продуктивність сільськогосподарських культур. Вчені всього світу проводять дослідження в цій галузі для виявлення нових корисних властивостей, які в подальшому можна було б використовувати в рослинництві для збільшення їхньої ефективності. Метаболічно-активні речовини мають здатність прискорювати та уповільнювати ростові процеси в насінні рослин, захищати його від різних факторів, що безпосередньо впливають на подальше зростання рослини, перебіг її фізіологічних процесів та, що найголовніше, можуть підвищувати показники врожайності [3,4].

Метою даної роботи є дослідження впливу обробки насіння метаболічно-активними речовинами на фізіологічні показники проростків пшениці м'якої за умов водного дефіциту, змодельованого за допомогою ПЕГ 6000.

Методика досліджень. Для дослідження використовували насіння пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) сорту Провінціалка. Цей сорт селекції Носівської селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України, внесений до Реєстру сортів рослин України з 2016 року, та є одним із найбільш придатних

сортів для вирощування продовольчого зерна високої якості в зоні Лісостепу та Полісся, характеризується високою посухостійкістю (8-9 балів). Дослідження проводилися в навчально-науковій лабораторії з біохімічних та медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя. Для моделювання водного дефіциту використовували розчини нейногенного високомолекулярного полімеру поліетиленгліколю 6000 (ПЕГ 6000) концентрацією 12% [5].

Для вивчення впливу метаболічно-активних речовин на проростання насіння за тривалої дії водного дефіциту у чашки Петрі відбирали насіння м'якої пшениці у кількості 40 шт., замочували на 3 години у розчинах досліджуваних речовин та їх комбінацій. Нами були використані наступні варіанти:

- контроль (необроблене насіння + дистильована вода);
- обробка насіння вітаміном Е (10^{-8}M);
- обробка насіння убіхіноном (10^{-8}M);
- обробка насіння метіоніном (0,001%);
- обробка насіння параоксибензойною кислотою (ПОБК) (0,001%);
- обробка насіння MgSO_4 (0,001%);
- обробка насіння комбінаціями речовин: вітамін Е (10^{-8}M) + убіхінон (10^{-8}M); вітамін Е (10^{-8}M) + метіонін (0,001%) + ПОБК (0,001%); вітамін Е (10^{-8}M) + метіонін (0,001%) + ПОБК (0,001%) + MgSO_4 (0,001%).

Повторність дослідів була чотирьохкратна.

Оброблене насіння заливали 20 мл 12% розчину ПЕГ 6000 і пророщували протягом 7 діб. На 3 день визначали енергію проростання насіння, а на 7 день – схожість насіння, фізіологічні показники проростків. Статистично опрацьовували матеріал за допомогою методів математичної статистики з використанням стандартних вбудованих функцій пакета спеціалізованого програмного забезпечення MS Office Excel-2010.

Результати досліджень. У процесі проростання насіння зародок, використовуючи запасні поживні речовини насінини, перетворюється на проросток, який здатний самостійно житися. У цей період важлива роль

приділяється енергії проростання та силі росту насіння, від яких залежить врожайність польових культур [6]. Під час фази бубнявіння сухе насіння поглинає воду до настання критичної вологості, в результаті чого у насініні посилюються процеси гідролізу, дихання, мобілізація запасних поживних речовини, що надходять до точки росту. Водний стрес може пригнічувати проростання насіння шляхом уповільнення надходження в нього води, впливаючи на мобілізацію поживних резервів насініні, що проростає. Обробка насіння метаболічно активними речовинами впливає на енергію проростання та схожість [7].

Нами було проведено визначення посівних якостей насіння пшениці м'якої за умов моделювання водного стресу за допомогою ПЕГ 6000, визначення біоморфологічних параметрів проростків за дії метаболічно-активних сполук за умов впливу 12 % ПЕГ 6000.

Визначення посівних якостей насіння за умов водного дефіциту вважається простим та чутливим параметром, що дає уяву про стійкість насіння до проростання за стресових умов [8]. Результати визначення посівних якостей насіння м'якої пшениці за пророщування в умовах уповільненого надходження води на розчині ПЕГ 6000 із попереднім замочуванням у розчинах метаболічно-активних сполук наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

**Посівні якості насіння пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) сорту
Провінціалка за умов водного дефіциту, змодельованого за допомогою
ПЕГ 6000 за дії метаболічно-активних речовин**

	Енергія проростання	Схожість насіння
	%	%
Контроль	97,5±2,0	52,5±3,0
ПЕГ 6000	97,5±1,3	47,5±1,8
Вітамін Е	96,3±2,2	57,5±2,3
Убіхінон	97,5±2,0	52,5±2,7
Метіонін	93,8±2,0	57,5±1,7
ПОБК	95,0±2,1	47,5±2,7
MgSO ₄	96,3±3,0	61,3±2,0*
Вітамін Е + Убіхінон	98,8±1,1	60±2,1*

Продовження таблиці 1

Вітамін+ Метіонін + ПОВК	96,3±2,0	60±2,2*
Вітамін+ Метіонін + ПОВК + MgSO ₄	97,5±2,0	72,5±2,0*

*Різниця достовірна порівняно з контролем ($p < 0,05$)

Згідно отриманих результатів, пророщування насіння м'якої пшениці за дії метаболічно активних речовин на розчинах осмотично-активної речовини ПЕГ 6000 не призвело до достовірного зниження енергії проростання дослідного насіння у порівнянні із контролем (дистильована вода). Визначення схожості насіння м'якої пшениці за умов водного дефіциту за дії метаболічно-активних речовин показало, що застосування MgSO₄ та комбінацій вітамін Е + убіхінон; вітамін Е + метіонін + ПОВК; вітамін Е + метіонін + ПОВК + MgSO₄ не тільки зняли пригнічуючу дію ПЕГ 6000, а виявили стимулюючий ефект та підвищили схожість насіння пшениці м'якої. У результаті проведених досліджень було встановлено, що найвища схожість насіння пшениці в умовах водного дефіциту була виявлена за попередньої обробки насіння комбінацією метаболічно-активних сполук вітамін Е + метіонін + ПОВК + MgSO₄ і складала 72,5%, що перевищило показники контролю на 20% та ПЕГ 6000 на 23 %. Це пов'язано тим, що вітамін Е та убіхінон відіграють важливу роль у функціонуванні рослинного організму. Зокрема, вони залучені до біоенергетичних процесів, захисту від пошкоджуючої дії активних форм кисню та продуктів окиснення, що утворюються за умов водного дефіциту і є ефективними імуностимуляторами [9, 10]. MgSO₄ є для рослинного організму одним із джерел магнію, який необхідний для функціонування понад 300 ферментів [11]. Параоксибензойна кислота завдяки своїм антиоксидантним властивостям слугує своєрідним захисним бар'єром для насіння [12].

Коренева система відіграє важливу роль у мінеральному живленні рослин, що значною мірою впливає на продуктивність пшениці.

Фізіологічні показники розвитку кореневої системи проростків насіння м'якої пшениці за пророщування в умовах уповільненого надходження води

на розчині ПЕГ 6000 із попереднім замочуванням у розчинах метаболічно-активних сполук наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Фізіологічні показники розвитку кореневої системи проростків насіння м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.) сорту Провінціалка за умов водного дефіциту, змодельованого за допомогою ПЕГ 6000 за дії метаболічно-активних речовин

	Кількість коренів		Довжина коренів		Коефіцієнт депресії довжини коренів, %
	шт.	% до контролю	см	% до контролю	
Контроль	4,7±0,19	100	7,53±0,48#	100	
ПЕГ 6000	4,5±0,18	95,1	6,13±0,28*	81,4	81,4
Вітамін Е	4,6±0,12	98,1	6,7±0,2*	89	89
Убіхінон	4,7±0,12	99,4	8,8±0,23*#	116,9	116,9
Метіонін	5,1±0,10*	108,5	6,9±0,18#	91,6	91,6
ПОБК	4,6±0,13	97,2	7,58±0,3#	100,7	100,7
MgSO ₄	4,7±0,11	99,8	8,2±0,2*#	108,9	108,9
Вітамін Е + Убіхінон	4,9±0,06	105,1	7,5±0,2#	99,6	99,6
Вітамін Е+ Метіонін + ПОБК	4,8±0,08	102,1	8,6±0,2*#	114,2	114,2
Вітамін Е+ Метіонін + ПОБК + MgSO ₄	4,8±0,09	102,1	8,3±0,2*#	110,2	110,2

*Різниця достовірна порівняно з контролем ($p < 0,05$);

- достовірно порівняно з групою рослин, насіння яких пророщували в умовах уповільненого надходження води на розчині ПЕГ.

Дослідження впливу метаболічно-активних речовин на кількість коренів кореневої системи проростків пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) показали, що обробка насіння метіоніном найефективніше стимулювала утворення коренів на проростках пшениці в умовах одного дефіциту, кількість яких склала 5,1 шт. на одній рослині. Якщо порівнювати показники лінійного росту коренів проростків пшениці, насіння якої було попередньо оброблене метаболічно активними речовинами з показниками насіння, що знаходилося в змодельованих умовах посухи (ПЕГ 6000), то можна зробити висновок, що метаболічно активні речовини володіють рістрегулюючими і антистресовими властивостями, сприяють росту кореневої системи в умовах посухи (табл. 2).

Найбільш ефективно стимулює лінійний ріст коренів пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) за умов водного дефіциту убіхінон, перевищуючи показник контролю на 16,9% та знімає інгібуючий вплив ПЕГ 6000. Це пояснюється тим, що убіхінон має антиоксидантну дію і захищає мембрани клітин від руйнівного впливу активних форм кисню, що накопичуються в умовах водного дефіциту [13]. Висока ефективність щодо стимулювання лінійного росту коренів проростків пшениці в умовах посухи була відмічена також при використанні таких комбінацій метаболічно активних речовин: вітамін E + метіонін + ПОБК, вітамін E+ метіонін + ПОБК + MgSO₄ та солі MgSO₄. Ефективність використаних комбінацій метаболічно активних сполук можна пояснити тим, що вітамін E є антиоксидантом, впливає на мембранопроникність та збільшує поглинання поживних речовин, що є важливим в умовах посухи. [9]. ПОБК регулює активність комплексу антиоксидантних ферментів та виконує в клітині функцію сигнальних молекул при формуванні захисних реакцій. Метіонін стимулює розвиток кореневої системи та оптимізує водний обмін [14]. MgSO₄ – це джерело іонів Mg²⁺, що підтримують осмотичний потенціал клітин. Він позитивно впливає на засвоєння фосфору та його переміщення рослиною, процеси дихання, перетворення мінерального азоту на білкові сполуки. Також, він активує більшість ферментів та бере участь у формуванні пектинових речовин стінок клітин [15].

Показники лінійного росту коренів проростків пшениці за обробки насіння вітамін E + убіхінон та ПОБК не перевищують значення контролю, але знімають негативний вплив на ріст кореневої системи ПЕГ 6000.

Таким чином, обробка насіння пшениці метаболічно активними речовинами стимулює процес коренеутворення, покращує ріст кореневої системи в умовах посухи. Це підвищує посухостійкість ернових культур.

Висновки. У роботі вперше досліджено вплив обробки насіння метаболічно-активними речовинами на фізіологічні показники проростків пшениці м'якої за умов водного дефіциту, змодельованого за допомогою ПЕГ 6000. Встановлено, що використання метаболічно активних речовин в умовах

посухи сприяло кращому проростанню насіння пшениці м'якої сорту Провінціалка та лінійного росту підземної частини рослин. Попередня обробка комбінацією речовин вітамін Е + метіонін + ПОВК + $MgSO_4$ є найефективнішою комбінацією для стимуляції проростання насіння в умовах посухи, а обробка насіння убіхіноном, вітамін Е + метіонін + ПОВК, вітамін Е+ метіонін + ПОВК + $MgSO_4$, $MgSO_4$ сприяє збільшенню довжини коренів в умовах водного дефіциту. Тому, подальше вивчення впливу зазначених вище речовин на зернові культури в умовах дефіциту вологи є перспективним напрямком досліджень.

Список літератури:

1. Порівняльна оцінка методів визначення посухостійкості сортів пшениці м'якої озимої. В. Пикало, О. А. Демидов, Т. В. Юрченко, Н. І. Прокопик, М. В. Харченко.
2. Хоменко С.О. Посухостійкість та елементи продуктивності колекційних зразків пшениці м'якої ярої в умовах Лісостепу України Миронівський вісник випуск4, 2017.
3. Nardi S, Pizzeghello D, Schiavon M, Ertani A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*. 2016;73(1):18–23. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0006.
4. Біостимулятори рослин природного походження. Презентація. Сайт МНТЦ Агробіотех [Інтернет]. [цитовано 2020 квіт. 19]. Доступно на: <http://www.agrobiotech.com.ua>.
5. Борисова О.В., Ружицька О.М. Фізіолого-біохімічні показники проростків пшениць *Triticum aestivum* L. та *Triticum spelta* L. за моделювання водного дефіциту Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна, № 1129 Серія: біологія, Вип. 23, 2014р.
6. Каленська С.М. Насіннезнавство та методи вивчення якості насіння сільськогосподарських культур. Вінниця : ФОП Данилюк, 2011. 320 с.
7. Тимошук Т.М., Дереча О.А., Солодка Л.О. Вплив сумісного застосування біологічних і хімічних засобів захисту рослин на проростання насіння і розвиток озимої пшениці. 2003. № 1. С. 266 – 270.
8. Almansouri M, Kinet JM, Lutts S. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* desf.) // *Plant and Soil*. – 2001. – Vol.231: – P. 243–254.
9. Qasim Ali, Muhammad Tariq Javed, Muhammad Zulqurnain Haider, Noman Habib, Muhammad Rizwan, Rashida Perveen, Shafaqat Ali, Mohammed Nasser Alyemeri, Hamed A. El-Serehy, Fahad A. Al-Misned. α -Tocopherol foliar spray and translocation mediates

- growth, photosynthetic pigments, nutrient uptake, and oxidative defense in *Maize (Zea mays L.)* under drought stress. *Agronomy*. 2020. No. 10, P.1235.
10. Liu M, Lu S. Plastoquinone and Ubiquinone in Plants: Biosynthesis, Physiological Function and Metabolic Engineering. *Front Plant Sci*. 2016;7:1898. DOI: 10.3389/fpls.2016.01898.
 11. Guo W, Chen S, Hussain N, Cong Y, Liang Z, Chen K. Magnesium stress signaling in plant: just a beginning. *Plant Signal Behav*. 2015;10(3).
 12. Barkosky RR, Einhellig FA. Allelopathic interference of plantwater relationships by para-hydroxybenzoic acid. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 2003; 44:53–8. Available from: <http://ejournal.sinica.edu.tw/bbas/content/2003/1/bot441-08.html>.
 13. Hasanuzzaman M., Bhuyan M.H.M.B., Zulfiqar F., Raza A., Mohsin S.M., Mahmud J.A., Fujita M., Fotopoulos V. Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Abiotic Stress: Revisiting the Crucial Role of a Universal Defense Regulator. *Antioxidants*. 2020. No 9. P. 681.
 14. Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу <https://propozitsiya.com/ua/aminokysloty-mif-chy-realnist>
 15. Abid M, Haddad M, Ferchichi A. Effect of magnesium sulphate on the first stage of development of Lucerne [Internet]. In: Porqueddu C, Tavares de Sousa MM, editors. Sustainable Mediterranean grasslands and their multi-functions. Zaragoza: CIHEAM / FAO / ENMP / SPPF; 2008, p. 405–8. Available from: <http://om.ciheam.org/om/pdf/a79/00800685.pdf>.