ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 612:616.12-008.46
DOI 10.31654/2786-8478-2023-BN-3-4-7-13

Кучменко О. Б.
доктор біологічних наук, професор,
завідувач кафедри біології,
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
kuchmeb@yahoo.com
orcid.org/0000-0002-3021-8583

Куриленко А. О.
доктор філософії з біології
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
anton.kurylenko112@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7224-1581

ВПЛИВ КОМПОЗИЦІЙ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК НА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ЖИТА ОЗИМОГО

Озиме жито є однією із найпоширеніших зернових культур в більшості агрокліматичних зон Європи. Для зони Полісся України озиме жито є дуже перспективною культурою, що пов'язано з його біологічними особливостями. Метою дослідження є дослідження впливу композицій метаболічно активних сполук на проростання насіння жита озимого. Матеріалом дослідження було насіння жита озимого (Secale cereale L.) сортів Синтетик 38 і Забава та композиції метаболічно активних речовин: вітамін Е (10^{-8} М), параоксибензойна кислота (ПОБК) (0,001%), метіонін (0,001%), убіхінон-10 (10^{-8} М) і $MgSO_4$ (0,001%). Схема досліджень передбачала 4 варіанти: 1) контроль (насіння, оброблене водою); 2) насіння, оброблене композицією речовин: вітамін Е+ПОБК+метіонін (ЕПМ); 3) насіння, оброблене композицією речовин: вітамін Е+ПОБК+метіонін+$MgSO_4$ (ЕПММg); 4) насіння, оброблене композицією речовин: вітамін Е+убіхінон-10 (EQ). Насіння жита озимого для кожної композиції відбирали в кількості 40 шт. і пророщували в чашках Петрі на фільтрувальному папері, який був змочений розчинами досліджуваних речовин. Визначали енергію проростання насіння на 3-ту добу та схожість насіння на 7-му добу. На 7-му добу вимірювали довжину стебла, кореня та кількість коренів проростків жита озимого. У роботі вперше було досліджено вплив композицій метаболічно активних речовин (ПОБК, метіоніну, MgSO4, вітаміну Е та убіхінону-10) на проростання насіння жита озимого сортів Синтетик 38 та Забава. За обробки насіння жита озимого обох сортів композиціями ЕПМ, ЕПММg і EQ спостерігалось зростання енергії проростання та схожості насіння. Найбільшу ефективність продемонстрували композиції ЕПМ і EQ. Показано ефективність обробки насіння жита озимого обох сортів щодо стимуляції ростових процесів. Зокрема, спостерігалось зростання висоти стебла, довжини кореня та кількості коренів за обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук. Найбільшу ефективність продемонстрували композиції ЕПМ і EQ.

Ключові слова: енергія проростання, схожість насіння, морфометричні показники проростків, жито озиме, метаболічно активні сполуки, параоксибензойна кислота, метіонін, вітамін Е, убіхінон, $MgSO_4$.

Вступ. Серед зернових культур, які традиційно вирощують в Україні важливе місце займає озиме жито, посідаючи друге місце в посівних культурах нашої країни після пшениці. Озиме жито є однією із найпоширеніших зернових культур в більшості агрокліматичних зон Європи. Для зони Полісся України озиме жито є дуже перспективною культурою, що пов'язано з його біологічними особливостями, зокрема, з достатньо високою адаптивною здатністю формувати врожаї на досить бідних ґрунтах. Серед озимих культур озиме жито характеризується високою морозостійкістю, менш вимогливе до вологи, ефективно використовує осінньо-зимові опади і краще витримує весняні посухи завдяки добре розвиненій кореневій системі [1].

Важливим фактором, який визначає продовольчу цінність цієї культури, є значний вміст в зерні білків (9-15%) та вуглеводів (81%), жирів, вітамінів групи А, В, Е, РР, харчових волокон та мінеральних речовин. Також білок жита містить більше незамінних амінокислот, особливо лізину, у порівнянні з білком пшениці. Слід зазначити що у житньому хлібі містяться ненасичені жирні кислоти, які сприяють метаболізму холестеролу в організмі людини, що є дуже актуальним в наш час враховуючи велику кількість людей із захворюванням серцево-судинної системи [1]. На основі останніх досліджень доведено, що жито містить ряд вітамінів які суттєво впливають на фізіологічні процеси в організмі людини, а саме провітамін А – β-каротин, що зберігає цілісність клітинної структури та захищає організм від старіння; вітаміни В1 (тіамін), В2 (рибофлавін), РР, фолієва кислота, які буть активну участь у процесах білкового, вуглеводного та жирового обміну [2]. Також треба зазначити, що жито ще є гарним антиоксидантом, а також володіє антиалергенними та протизапальними властивостями. В народній медицині цей вид злаків знайшов широке застосування будучи джерелом таких важливих елементів як калій, кальцій, магній, натрій та фосфор [3].

Пріоритетом до вирощування культури озимого жита є те, що воно невибагливе до умов, вирощується на бідніших ґрунтах Полісся, менш вибагливе до азоту, менше уражається хворобами та шкідниками. Тому, можна сміливо стверджувати що жито ніколи не буде збитковим [1]. Посушливі умови жито витримує добре, адже має потужну й розгалужену кореневу систему. Вона дозволяє краще використовувати мінеральні добрива й поживні речовини з ґрунту, краще протистояти стресам, хворобам і шкідникам [1].

Одним із найбільш перспективних напрямків сучасних агротехнологій є використання біологічних препаратів та стимуляторів росту [4, 5]. Насіння є основною і життєво важливою складовою стійкого росту продуктивності сільського господарства, оскільки більше 90% продовольчих культур вирощуються із насіння [6]. Тому одним із ефективних способів впливу на процеси росту і розвитку рослини, формуванню стійкості до різноманітних стресових факторів зовнішнього середовища, включаючи хімічні, фізичні та біологічні, є саме передпосівна обробка насіння препаратами біологічно активних речовин. На сьогодні застосовуються різні методи обробки насіння з використанням безпечних препаратів для людей, тварин та комах, ґрунтового покриву. Серед цих препаратів належне місце займають стимулятори росту, ефект від дії яких був продемонстрований на багатьох культурах. В результаті застосування таких препаратів спостерігається модуляція процесу фотосинтезу, оптимізація транспорту поживних речовин, і, як наслідок, зростання біомаси та врожайності культур. Крім того, ці препарати можуть також виконувати захисну функцію та запобігати розвитку хвороб у рослин. Стимулятори росту можуть впливати на імунну систему рослин, збільшуючи стійкість рослин до дії несприятливих факторів зовнішнього середовища [7].

Метою дослідження є дослідження впливу композицій метаболічно активних сполук на проростання насіння жита озимого.

Методи та організація дослідження. Матеріалом дослідження було насіння жита озимого (*Secale cereale* L.) сортів Синтетик 38 і Забава та композиції метаболічно активних речовин: вітамін Е (10^{-8} М), параоксибензойна кислота (ПОБК) (0,001%), метіонін (0,001%), убіхінон-10 (10^{-8} М) і $MgSO_4$ (0,001%).

Сорт Синтетик 38 (заявник – Носівська селекційно-дослідна станція Чернігівського Інституту АПВ НААНУ, рік реєстрації – 2006) – зернового та кормового напряму, озимий, стійкий до вилягання, засухи, осипання, зимостійкість вище середньої; має високий потенціал урожайності (максимальна врожайність – 79,8 ц/га), добре реагує на мінеральне живлення, високостійкий до грибкових захворювань, має крупне зерно, довгий колос та високе стебло (115-120 см), вегетаційний період складає 282-305 діб.

Сорт Забава (заявник – Носівська селекційно-дослідна станція Чернігівського Інституту АПВ НААНУ, рік реєстрації – 2010) – зернового та кормового напряму, озимий, стійкий до вилягання, засухи, осипання, має високий потенціал урожайності (44,5 ц/га), добре реагує на мінеральне живлення, високостійкий до грибкових захворювань, має крупне зерно, колос напівпохилий, середньої довжини, нещільний, висота рослини 115-120 см.

Дослідження виконували в навчально-науковій лабораторії з біохімічних та медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

Схема досліджень передбачала 4 варіанти:

1. контроль (насіння, оброблене водою);
2. насіння, оброблене композицією речовин: вітамін Е (10^{-8} М) + ПОБК (0,001%) + метіонін (0,001%) (ЕПМ);
3. насіння, оброблене композицією речовин: вітамін Е (10^{-8} М) + ПОБК (0,001%) + метіонін (0,001%) + $MgSO_4$ (0,001%) (ЕПММg);
4. насіння, оброблене композицією речовин: вітамін Е (10^{-8} М) + убіхінон-10 (10^{-8} М) (EQ).

Насіння жита озимого для кожної композиції відбирали в кількості 40 шт., пророщували в чашках Петрі, які поміщали в термошафу за температури 20–25 °С на фільтрувальному папері, який був змочений розчинами досліджуваних речовин. У контрольній групі насіння пророщували на фільтрувальному папері, змоченому дистильованою водою. Повторність дослідів була трикратна. Експеримент тривав 7 діб. Визначали енергію проростання насіння на 3-ту добу та схожіть насіння на 7-му добу (відсоток насінин, що проросли, наприкінці експерименту) [8]. На 7-му добу вимірювали довжину стебла, кореня та кількість коренів проростків жита озимого.

Статистично опрацьовували матеріал за допомогою методів математичної статистики з використанням стандартних вбудованих функцій пакета спеціалізованого програмного забезпечення MS Office Excel-2010. Для перевірки статистичних гіпотез використовували t-критерій Стьюдента. Достовірними вважали відмінності за рівня значущості $p < 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення. У результаті проведених досліджень було продемонстровано, що енергія проростання та схожість насіння жита озимого сорту Синтетик 38 становила 77,5 % у контрольній групі. Енергія проростання та схожість насіння жита озимого сорту Синтетик 38 при обробці його композицією ЕПМ становила 82,5 % (табл. 1). При обробці насіння жита озимого композицією ЕПММg енергія проростання становила 75 %, а схожість – 77,5 %. При обробці насіння жита озимого сорту Синтетик 38 композицією EQ енергія проростання становила 80 %, а схожість – 85 % (табл. 1).

Таблиця 1

Енергія проростання та схожість насіння жита озимого сортів Синтетик 38 та Забава після замочування в розчинах композицій метаболічно активних речовин

Групи	Енергія проростання насіння		Схожість насіння	
	шт.	%	шт.	%
Синтетик 38				
контроль	31	77,5	31	77,5
ЕПМ	33	82,5	33	82,5
ЕПММg	30	75	31	77,5
EQ	32	80	34	85
Забава				
контроль	31	77,5	32	80
ЕПМ	27	67,5	35	87,5
ЕПММg	32	80	33	82,5
EQ	30	75	36	90

Подібна тенденція спостерігалась і при дослідженні енергії проростання та схожості насіння жита озимого сорту Забава. Так, у контрольній групі енергія проростання становила 77,5 %, схожість – 80 % (табл. 1). При обробці насіння композиціями ЕПМ, ЕПММg і EQ енергія проростання становила відповідно 67,5 %, 80 % і 75 %, а схожість – відповідно 87,5 %, 82,5 % і 90 %. Порівнюючи отримані результати, показники схожості насіння жита озимого сорту Забава були вищими за такі показники у насіння жита озимого сорту Синтетик 38.

Відомо, 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 окислення, виступають в якості є ефективних імуностимуляторів тощо [9, 10]. Вітамін Е входить до складу всіх композицій, що досліджується. Його поєднання з убіхіноном-10 в композиції EQ продемонструвало найбільший вплив на показники схожості насіння жита озимого обох сортів, що досліджувалися.

У результаті проведених досліджень було показано, що обробка насіння жита озимого сорту Синтетик 38 композиціями ЕПМ, ЕПММg і EQ впливає на морфометричні показники проростків жита. Так, за обробки насіння композиціями ЕПМ, ЕПММg і EQ збільшується довжина стебла відповідно на 42 %, 26 5 і 30 %, довжина кореня – відповідно на 71%, 37 % і 40 % порівняно з контрольною групою (табл. 2). При цьому кількість коренів достовірно зростає тільки при обробці насіння композицією ЕПМ на 40 % і композицією EQ – на 29 % порівняно з контролем (табл. 2). Це може свідчити про стимулюючий вплив композицій метаболічно активних сполук, що вивчаються, на ростові процеси. Найбільше зростання висоти стебла, довжини кореня та кількості коренів спостерігалось за обробки насіння жита озимого сорту Синтетик 39 композицією ЕПМ.

Таблиця 2

Морфометричні показники проростків жита озимого сортів Синтетик 38 та Забава на 7-й день після замочування насіння в розчинах композицій метаболічно активних речовин

Групи	Довжина стебла, мм	Довжина коренів, мм	Кількість коренів, шт
1	2	3	4
Синтетик 38			
контроль	5,00 ± 0,35	3,81 ± 0,11	5,31 ±0,24
ЕПМ	7,12 ± 0,41*	6,52 ± 0,36*	7,44 ±0,38*

Продовження таблиці 2

1	2	3	4
ЕПММg	6,32 ± 0,24*	5,23 ± 0,28*	5,22 ±0,29
EQ	6,50 ± 0,30*	5,33 ± 0,31*	6,88 ±0,41*
Забава			
контроль	3,91 ± 0,18	3,51 ±0,14	5,13 ±0,28
ЕПМ	5,21 ± 0,31*	4,50 ±0,19*	5,84 ±0,31
ЕПММg	4,14 ± 0,29*	3,75 ±0,11	5,33 ±0,18
EQ	4,63 ± 0,24*	4,23 ±0,20*	6,02±0,23*

Примітки: * – вірогідні відмінності ($p < 0,05$) порівняно до групи контролю.

Подібна тенденція спостерігається і при обробці насіння жита озимого сорту Забава композиціями ЕПМ, ЕПММg і EQ (табл. 2). При цьому найбільше зростання довжини стебла (на 33 %) та довжини коренів (на 28 %) спостерігалось при обробці насіння озимого жита сорту Забава композицією ЕПМ. Зростання кількості коренів порівняно з контрольною групою спостерігалось тільки при обробці насіння композицією EQ (на 17 %).

Очевидно, що продемонстровані ефекти композицій метаболічно активних сполук обумовлені складовими цих композицій. Зокрема, ПОБК має антиоксидантні властивості, захищає рослину від згубної дії бактеріальних та грибкових інфекцій, здатна дозозалежно впливати на ростові процеси, респіраторний метаболізм [11, 12]. $MgSO_4$ є для рослинного організму одним із джерел магнію для рослинного організму, який необхідний для функціонування понад 300 ферментів, бере участь у численних фізіологічних процесах під час росту та розвитку рослин [13]. Метіонін задіяний у багатьох метаболічних процесах рослинних організмів, у вигляді S-аденозилметіоніну є донором метильних груп [14]. Вітамін Е є сильним антиоксидантом. Високий вміст токоферолів обзумовлює стійкість до засолень, посухи, дії важких металів, озону, УФ-променів тощо [15]. Убіхінон в організмі рослин бере участь в обмінних процесах, виявляє антиоксидантні властивості, бере участь у регуляції експресії генів, передачі сигналів у клітинах [15, 16].

Висновки. У роботі вперше було досліджено вплив композицій метаболічно активних речовин (ПОБК, метіоніну, $MgSO_4$, вітаміну Е та убіхінону-10) на проростання насіння жита озимого сортів Синтетик 38 та Забава. За обробки насіння жита озимого обох сортів композиціями ЕП , ЕПММg і EQ спостерігалось зростання енергії проростання та схожості насіння. Найбільшу ефективність продемонстрували композиції ЕПМ і EQ. Показано ефективність обробки насіння жита озимого обох сортів щодо стимуляції ростових процесів. Зокрема, спостерігалось зростання висоти стебла, довжини кореня та кількості коренів за обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук. Найбільшу ефективність продемонстрували композиції ЕПМ і EQ.

Література

1. Kunah O. M., Pakhomov O. Y., Zymaroieva A. A., Demchuk N. I., Skupskyi R. et al. Agroeconomic and agroecological aspects of spatial variation of rye (Secale cereale) yields within Polesia and the Forest-Steppe zone of Ukraine: The usage of geographically weighted principal components analysis. Biosystems Diversity. 2018. 26 (4). P. 276–285.

2. Кучменко О. Б. Біохімія вітамінів. Київ: Університет «Україна», 2012. 528 с.

3. Корзун В. Н. Вимоги до якості харчування населення в умовах екологічного неблагополуччя. Екологічний вісник. 2006. 6 (40). С. 10–14.

4. Jiang K., Asami T. Chemical regulators of plant hormones and their applications in basic research and agriculture. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 2018. 82 (8). P. 1265–1300.

5. Horobets M., Chaika T., Krykunova V. Influence of growth stimulants on the ontogenesis of spring barley (Hordeum Vulgare L.). Colloquium-journal. 2021. 7 (94). P. 41–42.

6. Sharma K., Singh U., Sharma P., Kumar A., Sharma L. Seed treatments for sustainable agriculture – a review. Journal of Applied and Natural Science. 2015. 7 (1). P. 521–539.

7. Yakhin O. I., Lubyanov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in plant science: A global perspective. Frontiers in Plant Science. 2017. 7. P. 1–32.

8. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: Едельвейс і К, 2014. 332 с.

9. Mène-Saffrané L. Vitamin E biosynthesis and its regulation in plants. Antioxidants. 2018. 7 (1). P. 2.

10. Mokrosnop V. M. Functions of tocopherols in the cells of plants and other photosynthetic organisms. Ukr. Biochem. J. 2014. 86 (5). P. 26–36.

11. Cho J. Y., Moon J. H., Seong K. Y., Park K. H. Antimicrobial Activity of 4-Hydroxybenzoic Acid and trans 4-Hydroxycinnamic Acid Isolated and Identified from Rice Hull. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 1998. 62 (11). P. 2273–2276.

12. Barkosky R. R., Einhellig F. A. Allelopathic interference of plant-water relationships by para-hydroxybenzoic acid. Bot. Bull. Acad. Sin. 2003. 44. P. 53–58.

13. 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). P. e992287.

14. Hildebrandt T. M., Nunes Nesi A., Araújo W. L., Braun H. P. Amino Acid Catabolism in Plants. Mol Plant. 2015. 8 (11). P. 1563–1579.

15. Miret J. A., Munné-Bosch S. Redox signaling and stress tolerance in plants: a focus on vitamin E. Ann N Y Acad Sci. 2015. 1340. P. 29–38.

16. Liu M., Lu S. Plastoquinone and Ubiquinone in Plants: Biosynthesis, Physiological Function and Metabolic Engineering. Front Plant Sci. 2016. 7. P. 1898.

References

1. Kunah, O. M., Pakhomov, O. Y., Zymaroieva, A. A., Demchuk, N. I., Skupskyi, R. (2018) Agroeconomic and agroecological aspects of spatial variation of rye (Secale cereale) yields within Polesia and the Forest-Steppe zone of Ukraine: The usage of geographically weighted principal components analysis. *Biosystems Diversity*, 26 (4), 276–285 [in English].

2. Kuchmenko, O. B. (2012) Biokhimiia vitaminiv [Biochemistry of vitamins]. Kyiv: Universytet «Ukraina». 528 [in Ukrainian].

3. Korzun, V. N. (2006) Vymohy do yakosti kharchuvannia naselennia v umovakh ekolohichnoho neblahopoluchchia [Requirements for the quality of nutrition of the population in conditions of ecological disadvantage]. *Ekolohichnyi visnyk – Environmental Herald*, 6 (40), 10–14 [in Ukrainian].

4. Jiang, K., Asami, T. (2018) Chemical regulators of plant hormones and their applications in basic research and agriculture. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry,* 82 (8), 1265–1300 [in English].

5. Horobets, M., Chaika, T., Krykunova, V. (2021) Influence of growth stimulants on the ontogenesis of spring barley (Hordeum Vulgare L.). *Colloquium-journal,* 7 (94), 41–42 [in English].

6. Sharma, K., Singh, U., Sharma, P., Kumar, A., Sharma, L. (2015) Seed treatments for sustainable agriculture – a review. *Journal of Applied and Natural Science*, 7 (1), 521–539 [in English].

7. Yakhin, O. I., Lubyanov, A. A., Yakhin, I. A., Brown, P. H. (2017) Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1–32 [in English].

8. Ieshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., Opryshko, V. P. (2014) Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Basics of scientific research in agronomy]. Vinnytsia: Edelveis i K. 332 [in Ukrainian].

9. Mène-Saffrané, L. (2018) Vitamin E biosynthesis and its regulation in plants. *Antioxidants*, 7 (1), 2 [in English].

10. Mokrosnop, V. M. (2014) Functions of tocopherols in the cells of plants and other photosynthetic organisms. *Ukr. Biochem. J*, 86 (5), 26–36 [in English].

11. Cho, J. Y., Moon, J. H., Seong, K. Y., Park, K. H. (1998) Antimicrobial Activity of 4-Hydroxybenzoic Acid and trans 4-Hydroxycinnamic Acid Isolated and Identified from Rice Hull. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 62 (11), 2273–2276 [in English].

12. Barkosky, R. R., Einhellig, F. A. (2003) Allelopathic interference of plant-water relationships by para-hydroxybenzoic acid. *Bot. Bull. Acad. Sin*, 44, 53–58 [in English].

13. Guo, W., Chen, S., Hussain, N., Cong, Y., Liang, Z., Chen, K. (2015) Magnesium stress signaling in plant: just a beginning. *Plant Signal Behav*, 10 (3), e992287 [in English].

14. Hildebrandt, T. M., Nunes Nesi, A., Araújo, W. L., Braun, H. P. (2015) Amino Acid Catabolism in Plants. *Mol Plant*, 8 (11), 1563–1579 [in English].

15. Miret, J. A., Munné-Bosch, S. (2015) Redox signaling and stress tolerance in plants: a focus on vitamin E. *Ann N Y Acad Sci*, 1340, 29–38 [in English].

16. Liu, M., Lu, S. (2016) Plastoquinone and Ubiquinone in Plants: Biosynthesis, Physiological Function and Metabolic Engineering. *Front Plant Sci*, 7, 1898 [in English].

Kuchmenko O.
Doctor of biological Sciences, Professor,
Head of the Biology Department of
Nizhyn Mykola Gogol State University
kuchmeb@yahoo.com
orcid.org/0000-0002-3021-8583

Kurylenko A.
PhD in Biology
Nizhyn Mykola Gogol State University
anton.kurylenko112@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7224-1581

INFLUENCE OF COMPOSITIONS OF METABOLICLY ACTIVE COMPOUNDS ON THE GERMINATION OF WINTER RYE SEEDS

Winter rye is one of the most common cereal crops in most agro-climatic zones of Europe. For the Polissia zone of Ukraine, winter rye is a very promising crop due to its biological features. The purpose of the study is to investigate the influence of the compositions of metabolically active compounds on the germination of winter rye seeds. The material of the study was the seeds of winter rye (Secale cereale L.) of the varieties Synthetik 38 and Zabava and the composition of metabolically active substances: vitamin E (10^{-8} M), paraoxybenzoic acid (POBA) (0.001%), methionine (0.001%), ubiquinone-10 (10^{-8} M) and $MgSO_4$ (0.001%). The research scheme provided for 4 options: 1) control (seeds treated with water); 2) seeds treated with a composition of substances: vitamin E + POBA + methionine (EPM); 3) seeds treated with a composition of substances: vitamin E + POBA + methionine + $MgSO_4$ (EPMMg); 4) seeds treated with a composition of substances: vitamin E + ubiquinone-10 (EQ). Winter rye seeds for each composition were selected in the amount of 40 pcs. and germinated in Petri dishes on filter paper that was moistened with solutions of the substances under study. The energy of seed germination on the 3rd day and seed germination on the 7th day were determined. On the 7th day, the length of the stem, root and the number of roots of winter rye seedlings were measured. In this paper, for the first time, the effect of compositions of metabolically active substances (POBA, methionine, $MgSO_4$, vitamin E, and ubiquinone-10) on the germination of winter rye seeds of Syntetyk 38 and Zabava varieties was investigated. During the treatment of winter rye seeds of both varieties with EPM, EPMMg and EQ compositions, an increase in germination energy and seed germination was observed. EPM and EQ compositions demonstrated the greatest effectiveness. The effectiveness of winter rye seed processing of both varieties in stimulating growth processes is shown. In particular, an increase in stem height, root length, and number of roots was observed when the seeds were treated with compositions of metabolically active compounds. EPM and EQ compositions demonstrated the greatest efficiency.

Key words: germination energy, seed germination, morphometric parameters of seedlings, winter rye, metabolically active compounds, paraoxybenzoic acid, methionine, vitamin E, ubiquinone, $MgSO_4$.

Стаття до редакції надійшла 17.01.2024 року
Рецензія на статтю надійшла 31.01.2024 року