

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ НА АМІЛАЗНУ АКТИВНІСТЬ, ВМІСТ ВУГЛЕВОДІВ І БІЛКІВ В ЗЕРНІ ЖИТА ОЗИМОГО

Куриленко Антон Олегович

аспірант

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя,

м. Ніжин, Україна

ORCID: 0000-0001-7224-1581

anton.kurylenko112@gmail.com

Кучменко Олена Борисівна

доктор біологічних наук, професор

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя,

м. Ніжин, Україна

ORCID: 0000-0002-3021-8583

kuchmeh@yahoo.com

*Жито озиме є традиційною культурою для зони Полісся України, тому пошук і розробка ефективних та безпечних підходів за засобів для стимуляції росту і розвитку цієї культури є актуальним. Матеріалом дослідження було насіння жита озимого (*Secale cereale* L.) сортів Синтетик 38 і Забава та композиції метаболічно активних речовин: вітамін E (10^{-8} M), параоксibenзойна кислота (ПОБК) (0,001%), метіонін (0,001%), убіхінон-10 (10^{-8} M) і $MgSO_4$ (0,001%), які використовувалися в наступних поєднаннях – вітамін E+ПОБК+метіонін, вітамін E+ПОБК+метіонін+ $MgSO_4$, вітамін E+убіхінон-10. Проводили передпосівну обробку насіння досліджуваними композиціями та дослідження вмісту білку, крохмалю та водорозчинних цукрів, а також активність амілаз в зерні жита озимого. За застосування досліджуваних композицій метаболічно активних сполук спостерігається збільшення вмісту білку в зерні жита озимого. Найбільше зростання порівняно з контрольним варіантом було продемонстровано за застосування композицій вітамін E+ПОБК+метіонін і E+ПОБК+метіонін+ $MgSO_4$. Також за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук спостерігається зростання вмісту крохмалю у зерні. Найбільш ефективними виявились композиції E+ПОБК+метіонін+ $MgSO_4$ і вітамін E+убіхінон-10 для жита озимого обох досліджуваних сортів. Вміст розчинних моно- і дисахаридів в зерні жита озимого за умов передпосівної обробки насіння зменшується. Передпосівна обробка насіння досліджуваними композиціями метаболічно активних речовин не впливала на активність амілаз в зерні жита озимого обох сортів. Тільки в зерні жита озимого сорту Забава за передпосівної обробки насіння композицією E+ПОБК+метіонін спостерігається достовірне зниження сумарної амілазної активності за рахунок зниження активності β -амілази. Результати проведеного дослідження можуть мати практичне значення для подальшого вивчення впливу цих композицій на рослинні організми з метою обґрунтування їх використання в рослинництві.*

Ключові слова: жито озиме, передпосівна обробка, вітамін E, убіхінон-10, параоксibenзойна кислота, метіонін, $MgSO_4$.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.15>

Вступ. Жито озиме є однією із найпоширеніших зернових культур в більшості країн Європи, зокрема і в Україні, завдяки своїм біологічним особливостям, зокрема, високій адаптивній здатності, морозостійкості, меншій вимогливості до вологості тощо (Kunah et al., 2018). Зерно жита широко використовується для виробництва хлібопекарського борошна. Продукти із зерна жита містять необхідні для організму людини поживні речовини – вуглеводи, білки, жири, вітаміни та мінеральні речовини. Вироби із житнього борошна мають високі харчові властивості, містять вітаміни групи B (вітамін B₁, B₂, PP), вітамін E. Крім цього, жито та продукти його переробки використовують у тваринництві, харчовій промисловості тощо (Hospodarenko & Ptashnyk, 2013; Kunkulberga et al., 2017; Demchuk, 2019). Якість зерна залежить від сукупного поєднання сортових особливостей, погодно-кліматичних, ґрунтових факторів та технології вирощування. Підвищення ефективності вирощування жита озимого

може вирішуватися як за рахунок підвищення врожайності нових сортів їх адаптивності до стресових факторів середовища, так і за рахунок використання сучасних технологічних заходів вирощування. Ці агрозаходи передбачають використання регуляторів росту рослин, що мають комплексний вплив на ріст і розвиток (Lobiuc et al., 2017; Antonenko et al., 2016; Antonets & Shramenko, 2021; Furanets & Piddubniak, 2019; Demchuk, 2019). Існують різні способи застосування регуляторів росту і розвитку рослин, зокрема передпосівна обробка насіння, бактеризація насіння, обприскування рослини на різних фазах її розвитку, позакореневе підживлення тощо, або поєднання декількох способів (Sharma et al., 2015).

Насіння є основною і життєво важливою складовою стійкого росту продуктивності сільського господарства, оскільки більше 90% продовольчих культур вирощуються із насіння (Sharma et al., 2015). 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.

Одним із найбільш перспективних напрямків сучасних агротехнологій є використання біологічних препаратів та стимуляторів росту (Jiang & Asami, 2018; Kuzminyih & Pashkova, 2016; Szczepanek, 2018; Horobets et al., 2021). Серед цих препаратів належне місце займають стимулятори росту, ефект від дії яких був досліджений на багатьох культурах. В результаті їх застосування спостерігається модуляція процесу фотосинтезу, оптимізація транспорту поживних речовин, і, як наслідок, зростання біомаси та врожайності культур, а також вони здатні впливати на імунну систему рослин, відновлювати дефіцит корисних речовин та впливати на обмінні процеси в рослинному організмі (Zumarieva et al., 2019; Asami & Nakagawa, 2018; Korotkova et al., 2021).

Метою дослідження є оцінка впливу передпосівної обробки насіння жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава композиціями метаболічно активних речовин на біохімічні показники зерна.

Матеріали і методи досліджень. 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 напрямку, 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 дб.

Сорт Забава (заявник – Носівська селекційно-дослідна станція Чернігівського Інституту АПВ НААНУ, рік реєстрації – 2010) – зернового та кормового напрямку, 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.

Польові досліді проводили на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя впродовж 2019-2021 років.

Схема досліджень передбачала 4 варіанти:

- 1) контроль (насіння, оброблене водою);
- 2) насіння, оброблене композицією речовин: вітамін Е (10^{-8} М) + параоксибензойна кислота (0,001%) + метіонін (0,001%) (ЕПМ);
- 3) насіння, оброблене композицією речовин: вітамін Е (10^{-8} М) + параоксибензойна кислота (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).

Після обробки композиціями метаболічно активних речовин насіння жита озимого висівали широкорядним способом в ґрунт поля (ширина міжрядь – 45 см). Загальна площа поля становила 88 м². Ґрунтовий покрив дослідного поля – чорнозем опідзолений, малогумусний. За профілем характеризується відносною однорідністю гранулометричного і валового хімічного складу зі значним вмістом елементів живлення в гумусовому горизонті. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту 3,5 %, ступінь насиченості основами – 90,8-91,1 %, реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН 6,0-6,3), гідролітична кислотність 2,42 мг -екв./100 г ґрунту, вміст рухомих сполук фосфору – 118 мг/кг та обмінного калію – 99 мг/кг (за Чириковим – забезпеченість підвищена), нітрогену – 64 мг/кг (за Корнфілдом – забезпеченість середня). Потреби у внесенні мінеральних добрив не було. Повторність досліду – триразова. Дослідження проводилися за (Grytsaenko et al., 2003).

Вміст моносахаридів та дисахаридів визначали спектрофотометрично за довжини хвилі 630 нм за зміною забарвлення розчину гліцерату міді при кип'ятінні його з витяжками цукрів (Kabashnikova et al., 2003). Вміст крохмалю визначали колориметрично за довжини хвилі 590 нм. Принцип методу заснований на гідролізі крохмалю при нагріванні в 80 %-му розчині азотнокислого кальцію і осадженні його із отриманого розчину йодом (Kabashnikova et al., 2003). Вміст білка визначали за Лоупі (Crusciol et al., 2018). Амілазну активність вимірювали йодометричним методом колориметрично за довжини хвилі 595 нм (Antonenko et al., 2016).

Статистичну обробку матеріалу проводили із застосуванням методів математичної статистики шляхом використання стандартних вбудованих редакцій пакета спеціалізованого програмного забезпечення MS Office Excel 2010. Для перевірки статистичних гіпотез використовували t-критерій Стьюдента. Числові дані представлені в формі середньої величини з стандартною помилкою ($M \pm m$). Достовірними вважали відмінності за рівня значущості $p < 0,05$.

Результати. Результати досліджень показників вмісту білку та вуглеводів в зерні жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава наведено в таблиці 1. Так, вміст білку в зерні жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава у варіантах передпосівної обробки досліджуваними композиціями метаболічно активних речовин дещо збільшувався порівняно з контрольним варіантом, проте достовірне зростання спостерігалось лише при обробці композиціями ЕПМ і ЕПММg відповідно на 10% і 14% в зерні жита озимого сорту Синтетик 38 і при обробці композицією ЕПМ на 12% в зерні жита озимого сорту Забава (табл. 1).

За передпосівної обробки насіння в зерні жита озимого також зростає вміст крохмалю. Так, в зерні жита озимого сорту Синтетик 38 достовірне зростання спостерігається у варіанті передпосівної обробки композицією ЕПММg на 11%. В зерні жита озимого сорту Забава достовірне зростання спостерігалось у всіх досліджуваних варіантах передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин: ЕПМ – на 8%, ЕПММg – на 12% і EQ – на 9% порівняно з контролем.

Вміст білка, крохмалю та моно-і дисахаридів в зерні жита озимого за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин, 2019–2021 рр.

Варіанти	Вміст білка, мг/г сирової маси	Вміст крохмалю, мг/г сирової маси	Вміст моно- і дисахаридів, мг/г сирової маси	Вміст моносахаридів, мг/г сирової маси	Вміст дисахаридів, мг/г сирової маси
сорт Синтетик 38					
Контроль	3,75±0,11	295,67±7,99	238,40±12,94	79,60±8,28	150,86±9,92
ЕПМ	4,13±0,16*	312,33±10,92	212,80±17,45	68,40±5,6	137,18±18,05
ЕПММg	4,28±0,11*	327,07±18,03*	195,20±14,22*	76,80±8,61	112,48±13,57*
EQ	4,07±0,19	319,67±8,00*	207,20±15,77	78,00±7,24	122,74±15,94*
сорт Забава					
Контроль	3,31±0,09	285,60±9,92	258,80±10,57	74,80±7,47	174,80±14,65
ЕПМ	3,71±0,09*	309,60±4,84*	202,40±23,95*	56,00±6,29*	139,08±18,16*
ЕПММg	3,58±0,10	318,67±7,35*	232,00±14,53*	67,20±6,65	156,56±15,44
EQ	3,46±0,06	312,00±7,20*	231,20±9,91*	64,20±7,00	158,65±11,37

Примітка: * – різниця достовірна порівняно з контролем, $p < 0,05$.

Вміст водорозчинних цукрів в зерні жита озимого обох досліджуваних сортів за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук зменшувався порівняно з контрольним варіантом. При цьому вміст суми моно- і дисахаридів в зерні жита озимого сорту Синтетик 38 достовірно зменшується у варіанті передпосівної обробки ЕПММg на 18%, в зерні жита озимого сорту Забава у варіантах передпосівної обробки ЕПМ, ЕПММg і EQ відповідно на 22%, 10% і 11% порівняно з контролем. Достовірні зміни у вмісті моносахаридів спостерігаються тільки в зерні жита озимого сорту Забава у варіанті передпосівної обробки ЕПМ на 25%. При цьому вміст дисахаридів достовірно зменшується в зерні жита озимого сорту Синтетик 38 у варіантах передпосівної обробки ЕПММg і EQ відповідно на 25% і 19%, а в зерні жита озимого сорту Забава у варіанті ЕПМ на 20% порівняно з контролем.

В таблиці 2 наведено результати дослідження сумарної амілазної активності в зерні жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава.

Так, в зерні жита озимого сорту Синтетик 38 сумарна амілазна активність у варіантах передпосівної обробки

насіння достовірно не змінюється, хоча у варіанті ЕПММg спостерігається тенденція до її зменшення. В зерні жита озимого сорту Забава сумарна амілазна активність достовірно зменшується у варіанті передпосівної обробки ЕПМ на 4%. Активність α -амілази в зерні озимого жита обох сортів достовірно не змінюється у всіх варіантах передпосівної обробки. Активність β -амілази в зерні жита озимого обох сортів у варіантах передпосівної обробки має тенденцію до зменшення; достовірне зменшення спостерігається тільки в зерні жита озимого сорту Забава у варіанті передпосівної обробки ЕПМ на 11% порівняно з контролем.

Обговорення. На характеристики зерна значним чином можуть впливати різноманітні агрозаходи (Yakhin et al., 2017). Як продемонстровано в роботах (Yakhin et al., 2017; Korotkova et al., 2021), стимулятори росту здатні сприяти збільшенню біомаси, оптимізувати зростання рослин, скорочувати вегетаційний період, активізувати фотосинтетичні процеси тощо, що буде впливати на основні характеристики зерна. В даній роботі досліджуються композиції метаболічно активних сполук, які є природними метаболітами.

Таблиця 2

Активність амілаз в зерні жита озимого за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин, 2019–2021 рр.

Варіанти	Сумарна активність α - і β -амілаз, мг гідролізованого крохмалю / год. на 1 г	Активність α -амілази, мг гідролізованого крохмалю / год. на 1 г	Активність β -амілази, мг гідролізованого крохмалю / год. на 1 г
сорт Синтетик 38			
Контроль	53,53±2,82	19,49±0,37	34,04±3,46
ЕПМ	53,52±0,59	20,59±1,47	32,94±2,06
ЕПММg	51,47±1,47	19,85±0,73	31,62±0,73
EQ	51,47±2,94	21,17±2,35	30,29±0,59
сорт Забава			
Контроль	57,27±1,02	19,12±1,47	38,16±2,49
ЕПМ	54,80±1,11*	20,74±0,15	34,07±0,96*
ЕПММg	55,40±0,85	20,59±2,94	34,81±3,79
EQ	57,19±2,47	21,32±0,74	35,86±3,20

Примітка: * – різниця достовірна порівняно з контролем, $p < 0,05$.

В результаті власних попередніх досліджень було продемонстровано ефективність використання передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин, що складаються із вітаміну Е, убіхінону-10, параоксибензойної кислоти, метіоніну та $MgSO_4$, щодо стимуляції росту надземної та підземної частин рослин, збільшення вмісту загальних хлорофілів, хлорофілів *a* і *b* в листках рослин жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава (Kurylenko et al., 2021; Kurylenko et al., 2021).

За застосування досліджуваних композицій метаболічно активних сполук спостерігається збільшення вмісту білку в зерні жита озимого. При цьому найбільше зростання порівняно з контрольним варіантом має місце за застосування композицій ЕПМ і ЕПММг. Відомо, що, на відміну від пшениці, зростання вмісту білка в зерні жита зазвичай не призводить до збільшення об'єму хліба. При зростанні вмісту білка зростає активність α -амілази (Hospodarenko & Ptashnyk, 2013).

Зерно жита характеризується досить високим вмістом крохмалю (Hospodarenko & Ptashnyk, 2013). В наших дослідженнях за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук спостерігається зростання вмісту крохмалю. Найбільш ефективними при цьому виявились композиції ЕПММг і EQ у рослин жита озимого обох досліджуваних сортів. При цьому вміст розчинних моно- і дисахаридів в зерні жита озимого за умов передпосівної обробки насіння зменшується.

Біологічні та технологічні показники якості зерна жита озимого визначаються вмістом та співвідношенням в ньому запасних білків та вуглеводів, метаболізм яких при дозріванні та проростанні знаходиться під контролем відповідних ферментних систем. При цьому центральну роль у формуванні технологічних та посівних характеристик зерна відіграють амілолітичні ферменти (Stepniewska et al., 2021). Під дією цих ферментів відбувається гідроліз крохмалю з утворенням декстринів та мальтози. В зерні жита присутні обидва ферменти – α - і β -амілази, при проростанні кількість та активність α -амілази різко зростає (Muralikrishna & Nirmala, 2005). В наших дослідженнях α -амілазна активність практично не

змінювалась у всіх дослідних варіантах. Тільки в зерні жита озимого сорту Забава у групі передпосівної обробки композицією ЕПМ спостерігається достовірне зниження сумарної α -амілазної активності за рахунок зниження активності β -амілази. Отримані результати α -амілазної активності узгоджуються з отриманими результатами вмісту крохмалю та водорозчинних цукрів.

Треба відмітити, що ефекти даних композицій метаболічно активних сполук є маловивченим. Продемонстровані ефекти досліджуваних композицій можуть бути обумовлені ефектами окремих компонентів, їх взаємодією, а також способом обробки рослин. Оскільки застосовували саме передпосівну обробку насіння, то продемонстровані ефекти можуть визначатися впливом досліджуваних сполук на метаболізм насінини. Кожна із досліджуваних метаболічно активних речовин (параоксибензойна кислота, метіонін, вітамін Е, убіхінон-10 та сіль магнію сульфату) має свої властивості та здатна впливати на обмінні процеси в рослинному організмі та, відповідно, і на характеристики зерна (Куриленко та ін., 2021; Skrypnik et al., 2021; Miret & Munné-Bosch, 2015; Stahl et al., 2019; Liu & Lu, 2016; Hildebrandt, 2015; Maathuis, 2009; Mokrosnop, 2014).

Висновки. В роботі досліджено вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук, а саме вітаміну Е, убіхінону, параоксибензойної кислоти, метіоніну та $MgSO_4$ на вміст білку, крохмалю та водорозчинних цукрів, а також на α -амілазну активність в зерні жита озимого сортів Синтетик 38 та Забава. Згідно проведених досліджень виявлено збільшення вмісту білка та крохмалю та зменшення вмісту водорозчинних цукрів в зерні жита озимого за передпосівної обробки композиціями ЕПМ та ЕПММг. При цьому передпосівна обробка насіння досліджуваними композиціями метаболічно активних речовин не впливала на активність α -амілаз в зерні жита озимого обох сортів. Результати проведеного дослідження можуть мати практичне значення для подальшого вивчення впливу цих композицій на рослинні організми з метою обґрунтування їх використання в рослинництві.

Бібліографічні посилання:

1. Antonenko, K., Duma, M., Kreicberg, V. & Kunkulberga, D. (2016). The influence of microelements selenium and copper on the rye malt amylase activity and flour technological properties. *Agronomy Research*, 14(S2), 1261–1270.
2. Antonets, O. A. & Shramenko, K. I. (2021). Vplyv mineralnykh dobyrv na urozhainist zerna zhyta ozymoho [The influence of mineral fertilizers on the yield of winter rye grain]. *Materialy XI naukovo-praktychnoi internet-konferentsii «Aktualni napriamky ta problemy u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia produktsii roslynnytstva» / Redkol.: V.V. Hanhur (vidp. red.) ta in. Poltavskyi derzhavnyi arharnyi universytet*, 131–133 (in Ukrainian).
3. Asami, T., & Nakagawa, Y. (2018). Preface to the Special Issue: Brief review of plant hormones and their utilization in agriculture. *Journal of Pesticide Science*, 43(3), 154–158. doi: 10.1584/jpestics.M18-02
4. Crusciol, C. A. C., Arruda, D. P., Fernandes, A. M., Antonangelo, J. A., Alleoni, L. R. F. & Nascimento, C. A. C. (2018). Methods and extractants to evaluate silicon availability for sugarcane. *Scientific Reports*, 8, 916. doi: 10.1038/s41598-018-19240-1 PMID: 29343823
5. Demchuk, N. (2019) Zhyto ozyme: tekhnolohiia vyroshchuvannia: obrobitorok gruntu, dobrovra, nasinnia, zakhyst ta zbyrannia [Winter rye: cultivation technology: tillage, fertilizers, seeds, protection and harvesting]. Access mode: <http://superagronom.com/articles/378-jito-ozyme-tehnologiya-viroshchuvannya-obrobitorok-gruntu-dobryva-nasinnia-zahist-ta-zbirannya> (in Ukrainian).
6. Furanets, O. A. & Pidubniak, V. A. (2019). Vplyv strokiv i doz azotnykh dobyrv na vrozhaunist ozymoho zhyta v umovakh promyvnoho vodnoho rezhymu [The influence of periods and doses of nitrogen fertilizers on the yield of winter rye under the conditions of the washing water regime]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*, 110(1), 194–199 (in Ukrainian).

7. Grytsaenko, Z. M., Grytsaenko, A. O. & Karpenko, V. P. (2003) *Metody biologichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i hruntiv* [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils]. NICHLAWA, Kyiv, 320. (in Ukrainian).
8. Hildebrandt, T. M., Nunes Nesi, A., Araújo, W. L., & Braun, H.-P. (2015). Amino Acid Catabolism in Plants. *Molecular Plant*, 8(11), 1563–1579. doi: 10.1016/j.molp.2015.09.005
9. 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. doi: 10.24412/2520-6990-2021-794-41-42
10. Hospodarenko, H. M. & Ptashnyk, M. M. (2013). Vmist bilka ta krokhmalu v zerni zhyta ozymoho zalezho vid vydiv, norm i strokiv vnesennia dobryv [The content of protein and starch in winter rye grains depending on the species, norms and terms of fertilization]. *Novitni ahrotekhnologii*, 1(1), 5–10 (in Ukrainian).
11. 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. doi: 10.1080/09168451.2018.1462693
12. Kabashnikova, L. F., Kalituho, L. N. & Derevinskij, A. V. (2003). Kolichestvennyj analiz svobodnyh i svyazannyh uglevodov v odnoj naveske rastitel'noj tkani [Quantitative analysis of free and bound carbohydrates in one sample of plant tissue]. BGPU, Minsk, 22. (in Russian).
13. Korotkova, I. V., Horobets, M. V., & Chaika, T. O. (2021). Vplyv Stymulatoriv Rostu Na Produktivnist Sortiv Yachmeniu Yaroho [Influence of Growth Stimulators on Productivity of Spring Barley Varieties]. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 2, 20–30 (in Ukrainian). doi: 10.31210/visnyk2021.02.02
14. Kunah, O. M., Pakhomov, O. Y., Zymarioeva, A. A., Demchuk, N. I., Skupskiy, R. M., Bezuhla, L. S., & Vladyka, Y. P. (2018). Agroecologic 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. doi: 10.15421/011842
15. Kunkulberga, D., Linina, A., Kronberga, A., Kokare, A. & Lenenkova, I. (2017). Grain quality of winter rye cultivars grown in Latvia. Conference Paper “Foodbalt 2017”. doi: 10.22616/foodbalt.2017.015.
16. Kurylenko, A. O., Kurylenko, O. V., Kuchmenko, O. B. & Havii, V. M. (2021). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia kompozytsiiny metabolichno aktyvnykh rehovyn na morfometrychni pokaznyky ozymoho zhyta v umovakh Polissia Ukrainy [The influence of pre-sowing treatment of seeds with the composition of metabolically active substances on the morphometric indicators of winter rye in the conditions of Polissia of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiia i biologiia*, 4, 25-32 doi: 10.32845/agrobio.2021.4.4. (in Ukrainian).
17. Kurylenko, A. O., Kurylenko, O. V., Kuchmenko, O. B. & Havii, V. M. (2021). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia kompozytsiiny metabolichno aktyvnykh rehovyn na vmist fotosyntetychnykh pihmentiv u lystkakh roslyn ozymoho zhyta sortiv Syntetyk 38 i Zabava na riznykh etapakh ontogenezu [Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia kompozytsiiny metabolichno aktyvnykh rehovyn na vmist fotosyntetychnykh pihmentiv u lystkakh roslyn ozymoho zhyta sortiv Syntetyk 38 i Zabava na riznykh etapakh ontogenezu]. *East European Scientific Journal*, 75(11), 11–16 doi: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.4.75.169. (in Ukrainian).
18. Kuzminyih, A.N. & Pashkova, G.I. (2016). Urozhaynost i kachestvo zerna ozimoy rzhi v zavisimosti ot primeneniya stimulyatorov rosta [Productivity and grain quality of winter rye depending on the use of growth stimulants]. *Vestnik Mariyskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya «Selskohozyaystvennyie Nauki. Ekonomicheskie Nauki»*, 1(5), 26–29 (in Russian).
19. Liu, M., & Lu, S. (2016). Plastoquinone and Ubiquinone in Plants: Biosynthesis, Physiological Function and Metabolic Engineering. *Frontiers in Plant Science*, 7. doi: 10.3389/fpls.2016.01898
20. Lobiuc, A., Damian, C., Costica, N. & Leahu, A. (2017). Morphological and biochemical parameters in chemically elicited rye sprouts. *Studia Universitatis “Vasile Goldiș”, Seria Științele Vieții*, 27(3), 157–162.
21. Maathuis, F. J. (2009). Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3), 250–258. doi: 10.1016/j.pbi.2009.04.003
22. Miret, J. A., & Munné-Bosch, S. (2015). Redox signaling and stress tolerance in plants: a focus on vitamin E. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1340(1), 29–38. doi: 10.1111/nyas.12639
23. Mokrosnop, V. M. (2014). Functions of tocopherols in the cells of plants and other photosynthetic organisms. *The Ukrainian Biochemical Journal*, 86(5), 26–36. doi: 10.15407/ubj86.05.026.
24. Muralikrishna, G. & Nirmala, M. (2005). Cereal α -amylases – an overview. *Carbohydr*, 60(2), 163-173. doi: 10.1016/j.carbpol.2004.12.002.
25. 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. doi: 10.31018/jans.v7i1.641
26. Skrypnik, L., Maslennikov, P., Novikova, A., & Kozhikin, M. (2021). Effect of Crude Oil on Growth, Oxidative Stress and Response of Antioxidative System of Two Rye (*Secale cereale* L.) Varieties. *Plants*, 10(1), 157. doi: 10.3390/plants10010157
27. Stahl, E., Hartmann, M., Scholten, N., & Zeier, J. (2019). A Role for Tocopherol Biosynthesis in Arabidopsis Basal Immunity to Bacterial Infection. *Plant Physiology*, 181(3), 1008–1028. doi: 10.1104/pp.19.00618
28. Stepniewska, S., Cacak-Pietrzak, G., Szafranska, A., Ostrowska-Ligeza, E. & Dziki, D. (2021). Assessment of the starch-amylolytic complex of rye flours by traditional methods and modern one. *Materials*, 14, 7603. doi: 10.3390/ma14247603
29. Szczepanek, M. (2018). Technology of maize with growth stimulants application. *Engineering for Rural Development*, 17, 483–490. doi: 10.22616/ERDev2018.17.N074
30. Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7. doi: 10.3389/fpls.2016.02049
31. Zymarioeva, A., Zhukov, O., Romanchuk, L., & Pinkin, A. (2019). Spatiotemporal dynamics of cereals grains and grain legumes yield in Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25(6), 1107–1113.

Kurylenko A.O., PhD student, Nizhyn Gogol State University, Nizhyn, Ukraine

Kuchmenko O.B., Doctor of Biological Science, Professor, Nizhyn Gogol State University, Nizhyn, Ukraine

Effect of presowing treatment on amylase activity and carbohydrate and protein content in winter rye grain

Winter rye is a promising crop for the Polissya region of Ukraine, so the search for and development of effective and safe approaches to stimulate the growth and development of this crop is relevant. The material of the study was the seeds of winter rye (*Secale cereale* L.) varieties Synthetic 38 and Zabava, and compositions of metabolically active substances: vitamin E (10-8 M), paraoxybenzoic acid (POBA) (0,001%), methionine (0,001%), ubiquinone-10 (10-8 M) and MgSO₄ (0,001%), which were used in the following combinations – vitamin E+POBA+methionine, vitamin E+POBA+methionine+MgSO₄, vitamin E+ubiquinone-10. Presowing treatment of seeds with the studied compositions was performed and research was carried out on the content of protein, starch and water-soluble sugars, as well as the activity of amylases in winter rye grains. An increase in the protein content of winter rye grain is observed when the investigated compositions of metabolically active substances are used. At the same time, the greatest increase compared to the control group occurs with the use of vitamin E+POBA+methionine and E+POBA+methionine+MgSO₄ combinations. Also, under presowing treatment of seeds with combinations of metabolically active substances, an increase in starch content is observed. The compositions E+POBA+methionine+MgSO₄ and vitamin E+ubiquinone-10 in winter rye grains of both studied varieties turned out to be the most effective. At the same time, the content of soluble mono- and disaccharides in winter rye grains decreases under the conditions of presowing seed treatment. At the same time, presowing seed treatment with the studied combinations of metabolically active substances did not affect amylase activity in winter rye grains of both varieties. Only in the grain of winter rye of the Zabava variety in the group of presowing treatment with the E+POBA+methionine composition, a significant decrease in total amylase activity is observed due to a decrease in β -amylase activity. The results of the conducted research may be of practical importance for the further study of the influence of these compositions on plant organisms in order to justify their use in crop production.

Key words: winter rye, presowing treatment, vitamin E, ubiquinone-10, paraoxybenzoic acid, methionine, MgSO₄.