

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ КОМПОЗИЦІЯМИ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ОЗИМОГО ЖИТА В УМОВАХ ПІВДНЯ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Куриленко Антон Олегович

аспірант

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин, Україна

ORCID: 0000-0001-7224-1581

anton.kurylenko112@gmail.com

Куриленко Оксана Василівна

старший лаборант

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин, Україна

ORCID: 0000-0002-6667-8266

Oksanakurylenko01@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

Гавій Валентина Миколаївна

кандидат біологічних наук, доцент

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин, Україна

ORCID: 0000-0002-2804-0456

gaviyv@gmai.com

Озиме жито є перспективною культурою для зони Полісся України, тому пошук та розробка ефективних і безпечних підходів і засобів для стимуляції росту та розвитку цієї культури є актуальним. Матеріалом дослідження було насіння озимого жита (*Secale cereale* L.) сортів Синтетик 38 і Забава та композиції метаболічно активних речовин, таких як: вітамін Е (10^{-8} М), параоксибензойна кислота (ПОБК) (0,001%), метіонін (0,001%), убіхінон-10 (10^{-8} М) і $MgSO_4$ (0,001%), які використовувалися у поєднаннях: вітамін Е+ПОБК+метіонін, вітамін Е+ПОБК+метіонін+ $MgSO_4$, вітамін Е+убіхінон-10. Проводили передпосівну обробку насіння досліджуваними композиціями. Дослідження проводилися у таких фазах розвитку жита: кущіння, трубкування, колосіння, цвітіння та молочної стиглості. Досліджувані композиції метаболічно активних сполук ефективно стимулюють ріст рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава протягом фенологічних фаз розвитку. Найбільший стимулюючий ефект спостерігається у фазі кущіння. Більше спостерігається приріст маси стебла порівняно з висотою у групах рослин із передпосівною обробкою композиціями вітамін Е+ПОБК+метіонін+ $MgSO_4$ та вітамін Е+убіхінон-10. Протягом досліджуваних фенологічних фаз розвитку у групах рослин обох сортів із передпосівною обробкою досліджуваними композиціями зростає довжина, маса та кількість коренів. Найбільший стимулюючий ефект демонструє композиція вітамін Е+ПОБК+метіонін+ $MgSO_4$. Отримані результати можуть свідчити про зростання ефективності функціонування кореневої системи, що і забезпечує ріст рослини. У роботі вперше досліджено вплив композицій метаболічно активних сполук, а саме вітаміну Е, убіхінону, параоксибензойної кислоти, метіоніну та $MgSO_4$ на процеси росту надземної та підземної частин рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава та продемонстрована найбільша ефективність композицій Е+ПОБК+метіонін+ $MgSO_4$ та вітамін Е+убіхінон-10 щодо стимуляції росту як надземної, так і підземної частин рослини обох досліджуваних сортів.

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

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.4.4>

Вступ. Озиме жито є однією із найпоширеніших зернових культур у 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 та краще витримує весняні посухи завдяки добре розвиненій кореневій системі (Kunah et al., 2018).

Одним із найбільш перспективних напрямів сучасних агротехнологій є використання біологічних препаратів і стимуляторів росту (Jiang & Asami, 2018; Kuzminyih & Pashkova, 2016; Calvo et al., 2014; Szczepanek, 2018; Horobets et al., 2021). Сьогодні застосовуються різні

методи обробки насіння з використанням безпечних препаратів для людей, тварин і комах, ґрунтового покриву. Серед цих препаратів належне місце займають стимулятори росту, ефект від дії яких був продемонстрований на багатьох культурах. Внаслідок застосування таких препаратів спостерігається модуляція процесу фотосинтезу, оптимізація транспорту поживних речовин і зростання біомаси та врожайності культур. Крім того, ці препарати можуть також виконувати захисну функцію та запобігати розвитку хвороб у рослин (Kurepin et al., 2014; Khalid et al., 2016; Tubic et al., 2016; Yakhin et al., 2017; Zymarioieva et al., 2019). Крім того, стимулятори росту можуть впливати на імунну систему рослин, збільшуючи стійкість рослин до дії несприятливих факторів зовнішнього середовища (Sharma et al., 2014; Asami & Nakagawa, 2018; Docker & Hansson, 2015; Khafagy et al., 2017).

Стимулятори росту здатні відновлювати дефіцит корисних речовин, що впливає на активність ферментів і, відповідно, на багато обмінних процесів в організмі рослини. Може збільшуватися проникність клітинної мембрани коренів і покращення надходження до рослини мінеральних елементів із ґрунту. Водночас при застосуванні стимуляторів росту може прискорюватися поглинання кисню рослинами, що здатне призвести до активізації фотосинтезу і, як наслідок, до зростання врожайності (Korotkova et al., 2021; Alexopoulos et al., 2017; Kumar & Sahoo, 2011). Крім впливу на рослини, стимулятори росту можуть позитивно впливати на мікрофлору самого ґрунту.

Метою дослідження є оцінка впливу передпосівної обробки насіння озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава композиціями метаболічно активних речовин на морфометричні показники рослин на різних фазах онтогенезу.

Матеріали і методи досліджень. Матеріалом дослідження було насіння озимого жита (*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 і високе стебло (115–120 см), вегетаційний період становить 282–305 діб.

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 досліди проводили на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя впродовж 2019–2021 рр.

Схема досліджень передбачала 4 варіанти:

1. контроль (необроблене насіння);
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 озимого жита висівали рядковим способом. Ґрунтовий покрив дослідного поля – чорнозем опідзолений, малогумусний.

Дослідження проводилися у таких фазах розвитку жита: куціння, трубкування, колосіння, цвітіння та молочної стиглості.

Аналіз ефективності дії досліджуваних композицій метаболічно активних речовин проводили за такими показниками, як довжина, маса та кількість коренів, висота та маса стебла, маса сухої речовини стебла і коренів.

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 у формі середньої величини зі стандартною помилкою ($M \pm m$). Достовірними вважали відмінності за рівня значущості $p < 0,05$.

Результати. Коренева система відіграє важливу роль у мінеральному живленні рослини. Завдяки добре розвиненій кореневій системі жито може засвоювати поживні елементи із глибших шарів ґрунту, а також ті, що знаходяться у важкодоступних формах. Завдяки розвиненій кореневій системі підвищується продуктивність жита.

Результати досліджень показників кореневої системи озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава представлені у табл. 1 і 2. Найінтенсивніше зростання маси коренів із фази куціння до фази цвітіння спостерігається у рослин із групи передпосівної обробки композицією ЕПММg, досягаючи максимальних значень у фазі цвітіння у групах рослин із передпосівною обробкою композицією ЕПММg (на 38 % перевищує значення у контролі) (табл. 1). У фазі молочної стиглості маса коренів зменшується в усіх досліджуваних групах порівняно з контролем, проте у групі рослин із передпосівною обробкою композицією ЕПММg маса коренів залишається на 26 % вищою порівняно з контролем (табл. 1). Подібна динаміка змін маси коренів спостерігається у рослин озимого жита сорту Забава, проте в дещо меншому ступені порівняно з рослинами сорту Синтетик 38 (табл. 2). Так, максимальне зростання спостерігається у рослин із групи передпосівної обробки композицією EQ (на 22 % перевищує контрольні значення). Найбільше зростання маси

коренів із фази кущіння до фази цвітіння спостерігається у групі рослин із передпосівною обробкою композицією ЕПММg (табл. 2).

Найбільше зростання довжини коренів у рослин озимого жита сорту Синтетик 38 із фази кущіння до фази молочної стиглості спостерігається у групі з передпосівною обробкою композиціями ЕПММg і EQ. У фазі молочної стиглості довжина коренів є найбільшою, причому найбільше зростання має місце у групі рослин із передпосівною обробкою композиціями ЕПММg і EQ, що на 13% і 12% перевищило показники контролю відповідно (табл. 1). У рослин жита озимого сорту Забава спостерігається подібна тенденція (табл. 2). У фазі молочної стиглості довжина коренів є більшою порівняно з контрольними величинами у групах рослин із передпосів-

ною обробкою композиціями ЕПМ і ЕПММg, перевищуючи показники на 19% і 26% відповідно (табл. 2).

Кількість коренів у рослин озимого жита сорту Синтетик 38 зростає із фази кущіння до фази цвітіння у всіх досліджуваних групах, окрім групи рослин із передпосівною обробкою насіння композицією ЕПММg, у якій максимальна кількість коренів спостерігається у фазі молочної стиглості та є більшою за показники контролю на 60% (табл. 1). У рослин озимого жита сорту Забава спостерігається подібна тенденція – кількість коренів зростає практично у всіх досліджуваних групах у фазі кущіння до фази цвітіння, окрім групи з передпосівною обробкою насіння композицією ЕПМ; максимальні значення цього показника у цій групі перебільшує значення контрольних величин на 75% (табл. 2). Найбільше зростання у фазі

Таблиця 1

Довжина, маса та кількість коренів рослин озимого жита сорту Синтетик 38 на різних фазах онтогенезу за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук, 2019–2021 рр.

Групи	Фази онтогенезу				
	кущіння	вихід вутрубку	колосіння	цвітіння	молочної стиглості
Довжина кореня (см)					
Контроль	21,70±0,86	24,27±1,13	24,80±1,46	36,03±2,11	39,17±3,35
ЕПМ	15,23±0,92*	26,00±1,11	28,37±2,32	38,70±3,03	39,40±3,47
ЕПММg	12,23±0,81*	26,63±1,39	39,27±3,48*	41,57±4,03	44,33±3,39
EQ	13,20±0,92*	30,57±1,07*	39,50±1,83*	42,53±2,37*	43,97±3,10
Маса кореня (г)					
Контроль	0,58±0,03	12,27±0,52	17,17±1,13	27,37±1,81	14,10±1,49
ЕПМ	0,84±0,07*	13,27±0,46	24,63±1,68*	27,67±1,91	16,00±1,42
ЕПММg	0,67±0,03	13,47±0,49	35,37±1,95*	37,83±2,86*	26,40±1,68*
EQ	0,74±0,06	12,26±0,54	34,93±2,34*	34,60±2,49*	17,47±1,39
Кількість коренів (шт.)					
Контроль	11,57±0,62	25,77±0,83	24,43±1,11	35,37±1,95	31,07±1,65
ЕПМ	11,80±0,57	26,10±0,91	31,23±2,53*	36,67±2,49	34,03±1,75
ЕПММg	10,93±0,62	26,40±0,80	48,53±3,34*	43,27±3,88*	49,63±2,50*
EQ	11,07±0,61	31,27±1,16*	36,23±1,42*	44,23±3,25*	38,00±1,87*

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

Таблиця 2

Довжина, маса та кількість коренів рослин озимого жита сорту Забава на різних фазах онтогенезу за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук, 2019–2021 рр.

Групи	Фази онтогенезу				
	кущіння	вихід у трубку	колосіння	цвітіння	молочної стиглості
Довжина кореня (см)					
Контроль	7,33±0,25	12,27±0,98	37,77±1,83	40,30±2,34	39,43±2,65
ЕПМ	9,53±0,46*	16,20±0,76*	50,63±3,18*	49,50±3,53*	46,77±3,09*
ЕПММg	9,33±0,37*	16,40±0,71*	58,33±2,89*	50,83±3,02*	49,77±3,29*
EQ	10,07±0,53*	28,37±1,54*	48,73±2,86*	47,57±3,48*	45,47±2,58
Маса кореня (г)					
Контроль	0,89±0,06	24,30±1,43	23,73±1,25	27,57±1,80	12,73±1,01
ЕПМ	1,03±0,67	24,27±1,63	24,07±1,33	24,93±1,57	18,57±1,39*
ЕПММg	0,87±0,06	24,03±1,80	26,40±1,80	30,20±2,27	15,27±1,39
EQ	1,38±0,08*	26,13±1,29	27,57±1,82	33,60±2,24*	14,07±1,06
Кількість коренів (шт.)					
Контроль	7,33±0,26	18,03±1,04	32,53±1,78	32,80±1,79	30,37±1,77
ЕПМ	10,50±0,40*	22,27±1,56*	41,83±3,34*	48,50±3,35*	53,27±3,32*
ЕПММg	9,07±0,31*	22,58±1,45*	61,00±2,48*	56,43±3,48*	42,10±3,18*
EQ	9,73±0,38*	28,87±1,87*	42,83±3,27*	41,10±3,06*	35,87±2,09*

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

цвітіння спостерігається у групі рослин із передпосівною обробкою насіння композицією ЕПММg (перевищує контрольні величини на 63%) (табл. 2).

Маса сухої речовини кореня у рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава переважно зростає з фази кущіння до фази цвітіння (табл. 3). Так, у рослин сорту Синтетик 38 найбільше зростання спостерігається у групах рослин із передпосівною обробкою насіння композиціями ЕПММg і EQ та у фазі молочної стиглості перевищує показники контролю відповідно на 232% і 156%. У рослин сорту Забава найбільше зростання маси сухої речовини спостерігається у фазі цвітіння у групі рослин із передпосівною обробкою насіння композицією ЕПММg (на 147% порівняно з контролем). У групі рослин із передпосівною обробкою насіння композицією ЕПМ найбільше зростання маси сухої речовини кореня спостерігається у фазі молочної стиглості та перевищує контрольні величини на 74% (табл. 3).

Інтенсивність розвитку кореневої системи визначає ріст і розвиток надземної частини рослини.

Передпосівна обробка насіння композиціями метаболічно активних речовин позитивно впливає на ріст рослин порівняно із контрольною групою (табл. 4). Так, висота стебла рослин озимого жита сорту Синтетик 38 при обробці композиціями ЕПМ, ЕПММg і EQ зростає

відповідно на 15%, 21% і 22% порівняно з контрольними величинами у фазі кущіння. Достовірне зростання величини цього показника спостерігається також і на фазах цвітіння та молочної стиглості. Найбільший приріст величини показника висоти стебла спостерігається у фазі кущіння. Подібна тенденція спостерігається і для рослин сорту Забава. Так, найбільше зростання висоти стебла порівняно з контрольними значеннями спостерігається у фазі кущіння. У фазі молочної стиглості найбільше зростання висоти стебла рослин озимого жита сорту Синтетик 38 спостерігається у групі передпосівної обробки композицією ЕПММg, що на 15% перевищує показники контролю, а рослин сорту Забава – у групі передпосівної обробки композиціями ЕПММg і EQ відповідно на 10% і 12% порівняно з контрольною групою (табл. 4). Динаміка росту стебла рослин озимого жита обох сортів у групах передпосівної обробки всіма досліджуваними композиціями метаболічно активних сполук із фази кущіння до фази молочної стиглості не перевищувала контрольних величин.

Результати дослідження маси стебла рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава представлено у табл. 5. Показано, що практично на всіх досліджуваних фазах розвитку рослин озимого жита обох сортів спостерігається достовірне зростання маси стебла

Таблиця 3

Маса сухої речовини коренів (г) рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава на різних фазах онтогенезу за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук, 2019–2021 рр.

Групи	Фази онтогенезу				
	кущіння	трубкування	колосіння	цвітіння	молочної стиглості
Синтетик 38					
Контроль	0,16±0,04	9,90±0,62	12,70±0,83	15,87±1,04	8,07±0,82
ЕПМ	0,16±0,02	9,50±0,59	16,47±1,24*	15,43±1,34	12,97±1,22*
ЕПММg	0,19±0,0,3	8,13±0,43*	16,00±0,98*	21,03±2,70*	26,83±2,86*
EQ	0,14±0,01	8,27±0,67	16,13±1,22*	16,63±1,12	20,70±1,69*
Забава					
Контроль	0,89±0,09	6,33±0,45	8,97±0,65	9,00±0,70	12,10±1,03
ЕПМ	0,94±0,71	17,17±1,07*	11,98±0,88*	17,83±1,10*	21,07±1,75*
ЕПММg	0,80±0,06	11,57±0,82*	18,60±1,36*	22,27±1,55*	13,73±1,74
EQ	1,20±0,09*	17,40±1,23*	13,23±1,12*	17,07±1,38*	12,10±1,10

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

Таблиця 4

Висота стебла (см) рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава на різних фазах онтогенезу за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук, 2019–2021 рр.

Групи	Фази онтогенезу				
	кущіння	трубкування	колосіння	цвітіння	молочної стиглості
Синтетик 38					
Контроль	12,96±0,48	34,68±1,73	47,62±0,93	68,60±1,52	1223,73±36,42
ЕПМ	14,93±0,73*	38,31±2,44	50,34±1,45	74,26±3,09*	1323,33±40,16*
ЕПММg	15,66±0,77*	38,05±2,37	49,74±1,40	76,48±3,36*	1405,37±28,96*
EQ	15,77±0,58*	37,40±1,98	48,77±0,96	73,42±2,31*	1308,93±33,76
Забава					
Контроль	12,75±0,45	34,28±1,88	45,50±1,04	69,50±1,58	1280,03±44,82
ЕПМ	15,65±0,60*	38,83±2,39*	49,73±1,04*	74,66±1,52*	1365,20±24,39
ЕПММg	14,46±0,54*	34,92±1,74	46,71±1,01*	81,07±1,50*	1402,30±13,84*
EQ	15,60±0,48*	37,14±2,14	51,32±1,07*	76,96±1,44*	1438,00±19,90*

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

у рослин досліджуваних груп порівняно з рослинами контрольної групи. Максимальне зростання маси стебла спостерігається у фазі цвітіння у рослин озимого жита сорту Синтетик 38 у групах із передпосівною обробкою насіння композиціями ЕПММg і EQ, що на 44% і 52% перевищило показники контролю відповідно. Приріст маси стебла з фази кущіння до фази цвітіння саме у цих групах є достовірно більшим порівняно з контрольною групою та групою з передпосівною обробкою насіння композицією ЕПМ. У рослин озимого жита сорту Забава найбільший приріст маси стебла з фази кущіння до фази цвітіння спостерігається у групі з передпосівною обробкою насіння композицією EQ (перевищує контрольні значення на 91%). У фазі молочної стиглості маса стебла рослин озимого жита сорту Синтетик 38 дещо збільшується у всіх дослідних групах, проте у групах із передпосівною обробкою насіння композиціями ЕПММg і EQ вона є більшою порівняно з контрольними значеннями відповідно на 34% та 41%. Приріст маси стебла рослин озимого жита сорту Забава з фази кущіння до фази цвітіння найбільший у групі з передпосівною обробкою насіння композицією EQ порівняно з контрольною групою.

У таблиці 6 наведено результати вимірювання маси сухої речовини стебла рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава. Найбільший приріст маси сухої речо-

вини стебла рослин озимого жита сорту Синтетик 38 із фази кущіння до фази молочної стиглості спостерігається у групах із передпосівною обробкою насіння композиціями ЕПММg і EQ порівняно з контрольною групою та групою з передпосівною обробкою композицією ЕПМ. У фазі молочної стиглості маса сухої речовини стебла у групах із передпосівною обробкою насіння композиціями ЕПММg і EQ зростала, перевищуючи показники контролю на 47% і 36% відповідно. У рослин озимого жита сорту Забава найбільший приріст маси сухої речовини стебла протягом досліджуваних фаз розвитку спостерігається у групі з передпосівною обробкою насіння композицією ЕПММg та у фазі молочної стиглості перевищує контрольні значення на 53% (табл. 6).

Обговорення. Регуляція росту та зменшення впливу факторів навколишнього середовища на організм рослини є важливими факторами, які визначають продуктивність культури (Yakhin et al., 2017). Стимулятори росту здатні сприяти збільшенню біомаси, оптимізувати зростання рослин, скорочувати вегетаційний період, активізувати фотосинтетичні процеси тощо (Yakhin et al., 2017; Korotkova et al., 2021). У роботі досліджуються композиції метаболічно активних сполук, які є природними метаболітами. Досліджувані композиції метаболічно активних сполук ефективно стимулюють ріст рос-

Таблиця 5

Маса стебла (г) рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава на різних фазах онтогенезу за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук, 2019–2021 рр.

Групи	Фази онтогенезу				
	кущіння	трубкування	колосіння	цвітіння	молочної стиглості
Синтетик 38					
Контроль	4,56±0,20	41,17±2,05	68,37±3,99	89,03±4,16	97,27±4,35
ЕПМ	6,16±0,34*	50,10±2,19*	84,50±4,32*	89,73±6,57	94,93±6,77
ЕПММg	5,17±0,26*	58,63±3,25*	85,33±4,24*	127,83±10,55*	130,40±10,30*
EQ	5,50±0,31*	44,63±2,06	89,87±3,96*	135,50±9,05*	136,70±8,11*
Забава					
Контроль	4,11±0,26	58,63±3,74	68,83±2,95	97,57±5,92	100,43±5,91
ЕПМ	6,49±0,34*	80,37±4,13*	90,63±3,51*	106,97±5,85	109,40±5,34
ЕПММg	5,68±0,25*	80,17±4,41*	102,03±4,29*	100,33±6,10	105,33±6,61
EQ	6,99±0,41*	77,50±3,97*	109,60±3,99*	151,43±9,16*	156,93±8,87*

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

Таблиця 6

Маса сухої речовини стебла (г) рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава на різних фазах онтогенезу за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук, 2019–2021 рр.

Групи	Фази онтогенезу				
	кущіння	трубкування	колосіння	цвітіння	молочної стиглості
Синтетик 38					
Контроль	1,09±0,07	13,47±0,91	29,90±1,87	31,17±1,90	39,60±2,84
ЕПМ	1,34±0,07*	13,37±0,87	32,77±2,85	33,50±3,24	48,37±3,08*
ЕПММg	1,30±0,08*	14,23±1,10	33,73±2,22	43,50±3,42*	58,07±2,82*
EQ	1,30±0,08*	38,57±1,62*	37,07±2,17*	31,40±1,81	53,70±2,98*
Забава					
Контроль	0,86±0,05	11,27±0,63	32,13±2,59	31,37±2,18	39,80±2,60
ЕПМ	1,16±0,07*	11,70±0,89	37,43±2,91	39,87±2,60	47,00±3,06*
ЕПММg	1,03±0,06	18,43±0,89*	46,03±3,06*	50,83±3,19*	60,87±3,04*
EQ	1,33±0,10*	13,63±0,89	36,03±2,67	42,93±2,98*	43,97±2,43

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

лин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава протягом фенологічних фаз розвитку. Найбільший стимулюючий ефект спостерігається у фазі куціння. Більше спостерігається приріст маси стебла порівняно з висотою у групах рослин із передпосівною обробкою композиціями ЕПММг і EQ.

З отриманих даних випливає, що коренева система рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава також позитивно реагує на вплив досліджуваних композицій метаболічно активних речовин. Так, протягом досліджуваних фенологічних фаз розвитку у групах рослин обох сортів із передпосівною обробкою досліджуваними композиціями зростає довжина, маса і кількість коренів. Найбільший стимулюючий ефект демонструє композиція ЕПММг. Отримані результати можуть свідчити про зростання ефективності функціонування кореневої системи, що і забезпечує ріст рослини.

Треба відзначити, що ефекти цих композицій метаболічно активних сполук є маловивченими. Отримані результати узгоджуються з попередніми дослідженнями ефектів композицій у регуляції росту і розвитку рослин сої (Козючко та ін., 2020). Продемонстровані ефекти досліджуваних композицій можуть бути зумовлені 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. Так, параоксibenзойна кислота завдяки своїм антиоксидантним властивостям може проявляти захисну дію щодо насіння, подовжуючи їх життєздатність. Крім того, вона здатна ефективно впливати на ростові процеси й окисний метаболізм (Cho et al, 1998; Barkosky & Einhellig, 2003). Оскільки респіраторний метаболізм є однією із важливіших систем регуляції обмінних процесів у клітинах, функціонування окремих її компонентів може ефективно впливати на різні метаболічні шляхи і, таким чином, на фізіологічні показники росту і розвитку рослини загалом (Skrypnik et al, 2021).

Вітамін Е й убихінон є потужними антиоксидантами та задіяні у рослинному організмі до захисту їх від надмірної активації окисних процесів. Вітамін Е здатен взаємодіяти із фітогормонами та іншими антиоксидантами. Найвища концентрація вітаміну Е спостерігається саме у насінні, де він бере участь у процесах проростання. На подальших етапах розвитку рослини вітамін Е забезпечує захист від згубної дії надмірної кількості продуктів окислення, які утворюються внаслідок перебігу багатьох біохімічних процесів (Miret & Munné-Bosch, 2015; Sattler et al., 2004; Mokroshor, 2014). Убіхінон також володіє потужними антиоксидантними властивостями та відіграє центральну роль у енергетичному метаболізмі клітини (Miret & Munné-Bosch, 2015; Liu & Lu, 2016). Крім того, у роботах (Rozhnova & Gerashchenkov, 2014; Stahl et al., 2019) продемонстровано імуностимулюючу, антифітовірусну й антибактеріальну властивості вітаміну Е (α -токоферолу) й убихінону.

Не менш важливу роль у регуляції ростових процесів у рослин відіграють амінокислоти та мінеральні речовини. Амінокислота метіонін і солі магнію сульфату відіграють важливу роль у багатьох метаболічних процесах у клітинах. Зокрема, активні форми метіоніну слугують донорами метильних груп і сірки, він необхідний у біосинтезі білків, бере участь в обміні води у рослинному організмі (Hildebrandt, 2015). Магній як кофермент входить до складу багатьох ферментів і регулює процеси росту та розвитку рослин (Maathuis, 2009).

Висновки. У роботі вперше досліджено вплив композицій метаболічно активних сполук, а саме вітаміну Е, убихінону, параоксibenзойної кислоти, метіоніну та $MgSO_4$ на процеси росту надземної та підземної частин рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава. Продемонстрована найбільша ефективність композицій ЕПММг і EQ щодо стимуляції росту як надземної, так і підземної частин рослини обох досліджуваних сортів. Результати проведеного дослідження можуть мати практичне значення для подальшого вивчення впливу цих композицій на рослинні організми з метою обґрунтування їх використання у рослинництві.

Бібліографічні посилання:

1. 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).
2. Yakhin, O.I., Lubyaynov, 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
3. Korotkova, I.V., Horobets, M.V., & Chaika, T.O. (2021). Vplyv Stymulatoriv Rostu Na Produktyvnyist 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
4. 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. doi: 10.1271/bbb.62.2273
5. Barkosky, R.R., & Einhellig, F.A. (2003). Allelopathic interference of plant-water relationships by parahydroxybenzoic acid. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 44(1), 53–58. doi: 10.7016/BBAS.200301.0053
6. 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
7. 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
8. Sattler, S.E., Gilliland, L.U., Magallanes-Lundback, M., Pollard, M., & DellaPenna, D. (2004). Vitamin E Is Essential for Seed Longevity and for Preventing Lipid Peroxidation during Germination. *The Plant Cell*, 16(6), 1419–1432. doi: 10.1105/tpc.021360
9. Mokroshor, 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

10. 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
11. 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
12. Rozhnova N.A., & Gerashchenkov G.A. (2014). Protein and biochemical markers in systemic induced resistance to phytoviruses in tobacco and potato plants. *Trudy Po Prikladnoj Botanike, Genetike i Selekcii*, 175(4), 99–108 (in Russian).
13. 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
14. 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
15. Koziuchko, A.H., Havii, V.M., & Kuchmenko, O.B. (2020). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia metabolichno aktyvnymi rehovynamy na okremi fiziologichni pokaznyky soi sortu Annushka ta yii produktyvnist [Influence of pre-sowing treatment of seeds with metabolically active substances on certain physiological parameters of Annushka soybean and its productivity]. *Naukovi Zapysky Ternopilskoho Natsionalnoho Pedahohichnoho Universytetu Imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriya: Biolohiia*, 1–2(70), 84–90 (in Ukrainian).
16. Alexopoulos, A.A., Karapanos, I.C., Akoumianakis, K.A., & Passam, H.C. (2017). Effect of Gibberellic Acid on the Growth Rate and Physiological Age of Tubers Cultivated from True Potato Seed. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(1), 1–10. doi: 10.1007/s00344-016-9616-z
17. 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
18. Bakhmat, M.I., Sendetsky, I.V., Kozina, T.V., & Sendetsky, V.M. (2019). The influence of growth regulator and seeding rates on the formation of winter rape production in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Agrology*, 2(3), 189–193. doi: 10.32819/019027
19. Dockter, C., & Hansson, M. (2015). Improving barley culm robustness for secured crop yield in a changing climate. *Journal of Experimental Botany*, 66(12), 3499–3509. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru521>
20. 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
21. 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
22. Abdel-Moneim Khafagy, M. (2017). Effect of Pre-treatment of Barley Grain on Germination and Seedling Growth Under Drought Stress. *Advances in Applied Sciences*, 2(3), 33. <https://doi.org/10.11648/j.aas.20170203.12>
23. Khalid, S., Malik, A.U., Khan, A.S., Razzaq, K., & Naseer, M. (2016). Plant Growth Regulators Application Time Influences Fruit Quality and Storage Potential of Young “Kinnow” Mandarin Trees. *International Journal of Agriculture and Biology*, 18(03), 623–629. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0136>
24. Kumar, G., & Sahoo, D. (2011). Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. *Journal of Applied Phycology*, 23(2), 251–255. DOI: 10.1007/s10811-011-9660-9
25. Kunah, O.M., Pakhomov, O.Y., Zymarioeva, A.A., Demchuk, N.I., Skupskiy, R.M., Bezuhla, L.S., & Vladyka, Y.P. (2018). Agroecological 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
26. Kurepin, L.V., Zaman, M., & Pharis, R.P. (2014). Phytohormonal basis for the plant growth promoting action of naturally occurring biostimulators. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(9), 1715–1722. DOI: 10.1002/jsfa.6545
27. Sharma, H.S.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R., & Martin, T. (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*, 26(1), 465–490. DOI: 10.1007/s10811-013-0101-9
28. Szczepanek, M. (2018). Technology of maize with growth stimulants application. *Engineering for Rural Development*, 17, 483–490. DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N074
29. Tubić, L., Savić, J., Mitić, N., Milojević, J., Janošević, D., Budimir, S., & Zdravković-Korać, S. (2016). Cytokinins differentially affect regeneration, plant growth and antioxidative enzymes activity in chive (*Allium schoenoprasum* L.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 124(1), 1–14. DOI: 10.1007/s11240-015-0869-1
30. 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

Kurylenko O. V., Senior Laboratory Assistant of the educational-scientific laboratory for biochemical and medical-valeological research, Nizhyn Gogol State University, Nizhyn, Ukraine

Kuchmenko O. B., Doctor (Biological Sciences), Professor, Nizhyn Gogol State University, Nizhyn, Ukraine

Havii V. M., PhD (Biological Sciences), Associate Professor, Nizhyn Gogol State University, Nizhyn, Ukraine

Influence of presowing treatment of seeds with compositions of metabolically active substances on morphometric indexes of winter rye varieties synthetic 38 and Zabava at different stages of ontogenesis

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 $MgSO_4$ (0,001%), which were used in the following combinations – vitamin E+POBA+methionine, vitamin E+POBA+methionine+ $MgSO_4$, vitamin E+ubiquinone-10. Presowing treatment of seeds with the studied compositions was performed. The research was conducted in the following phases of rye development: tillering, tubing, earing, flowering and milk ripeness. The studied compositions of metabolically active compounds effectively stimulate the growth of winter rye plants of Synthetic 38

and Zabava varieties during phenological phases of development. The greatest stimulating effect is observed in the tillering phase. At the same time, there is a greater increase in stem mass compared to height in groups of plants with presowing treatment with compositions of vitamin E+POBA+methionine+MgSO₄ and vitamin E+ubiquinone-10. During the studied phenological phases of development in groups of plants of both varieties with presowing treatment with the studied compositions increases the length, weight and number of roots. The composition of vitamin E+POBA+methionine+MgSO₄ shows the greatest stimulating effect. The results obtained may indicate an increase in the efficiency of the root system, which ensures the growth of the plant. The influence of compositions of metabolically active compounds, namely vitamin E, ubiquinone, paraoxybenzoic acid, methionine, and MgSO₄ on the growth processes of aboveground and underground parts of winter rye plants of Synthetic 38 and Zabava varieties was investigated for the first time and the highest efficiency of vitamin E+POBA+methionine+MgSO₄ and vitamin E+ubiquinone-10 to stimulate the growth of both aboveground and underground parts of the plant of both studied varieties.

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

Дата надходження до редакції: 29.11.2021 р.