

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НІЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИКОЛИ ГОГОЛЯ**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Куриленко Антон Олегович

УДК 633.14+631.811.98

**ДИСЕРТАЦІЯ
ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСТУ І РОЗВИТКУ
ОЗИМОГО ЖИТА НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ОНТОГЕНЕЗУ ЗА ДІЇ
МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК**

Спеціальність 091 – Біологія

Галузь знань 09 – Біологія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



Куриленко Антон Олегович

Науковий керівник: **Кучменко Олена Борисівна**, доктор
біологічних наук, професор

Ніжин – 2022

АНОТАЦІЯ

Куриленко А. О. Фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку озимого жита на різних етапах онтогенезу за дії метаболічно активних сполук. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія. – Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Ніжин, 2022.

В наш час продовольча безпека країни є одним з головних завдань аграрного сектору економіки України що формує фундамент незалежності та стабільності держави. 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.

Одним із найбільш перспективних напрямків сучасних агротехнологій є використання біологічних препаратів та стимуляторів росту. Насіння є основною і життєво важливою складовою стійкого росту продуктивності сільського господарства, оскільки більше 90% продовольчих культур вирощуються із насіння. 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. Вивчення механізмів дії метаболічно активних сполук для передпосівної обробки насіння на фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку жита озимого на різних етапах онтогенезу обумовило актуальність наших досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження було виконане у навчально-науковій лабораторії з біохімічних та медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя у рамках комплексної науково-дослідної теми кафедри біології «Регуляція процесів росту і розвитку рослин» (реєстраційний номер 0119U100677). Польові дослідження проводили на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя впродовж 2019-2021 років.

Об'єкт дослідження – особливості процесу росту і розвитку рослин жита озимого, формування врожайності та якості зерна залежно від передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук.

Предмет дослідження – фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку рослин жита озимого, елементи врожайності та якість зерна, композиції метаболічно активних сполук.

Мета дослідження: вивчити фізіолого-біохімічні особливості росту і розвитку рослин жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук.

Завдання дослідження:

1. Вивчити вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук на морфометричні показники рослин жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава впродовж вегетації.
2. Дослідити вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук на вміст фотосинтетичних пігментів в листках рослин жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава впродовж вегетації.
3. Вивчити вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук на структуру врожаю та врожайність жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава.
4. Вивчити вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук на амілазну активність та вміст вуглеводів та білків в зерні жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава.
5. Дослідити вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук на вміст продуктів окислення ліпідів, вітамінів та активність антиоксидантних ензимів в зерні жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава.

Методи дослідження: теоретичні (аналіз та систематизація літературних, наукових, методичних та інших джерел з досліджуваної теми), морфометричні методи, біохімічні методи (визначення вмісту фотосинтетичних пігментів, вуглеводів, білків, вітамінів, продуктів окислення ліпідів, активності амілаз та антиоксидантних ензимів), методи статистичної обробки результатів дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі експериментальних досліджень та їх теоретичного аналізу з'ясовано особливості впливу передпосівної обробки насіння жита озимого композиціями метаболічно активних сполук на фізіолого-біохімічні показники

росту і розвитку рослин, якість зерна жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава.

Вперше показано ефективність застосування композицій метаболічно активних сполук (ЕПМ – α -токоферилацетат, параоксибензойна кислота і метіонін, ЕПММg – α -токоферилацетат, параоксибензойна кислота, метіонін і MgSO₄, EQ – α -токоферилацетат і убіхінон-10) для передпосівної обробки насіння жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава. За цих умов продемонстровано зростання вмісту фотосинтетичних пігментів в листках, стимуляцію росту підземної та надземної частин рослин, утворення коренів, збільшення площі листкової пластинки у рослин жита озимого обох досліджуваних сортів.

Застосування композицій метаболічно активних сполук в передпосівній обробці насіння жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава приводить до зростання біологічної врожайності та покращення показників структури врожаю жита озимого обох досліджуваних сортів.

Вперше продемонстровано можливість покращення якості зерна (за вмістом білку, вуглеводів, вітамінів, амілолітичною активністю, вмістом продуктів окислення ліпідів та активністю антиоксидантних ензимів) шляхом передпосівної обробки насіння жита озимого композиціями метаболічно активних сполук.

Практичне значення отриманих результатів дослідження. Отримані в даній роботі результати мають важливе практичне значення. Дослідження ефектів передпосівної обробки насіння жита озимого композиціями метаболічно активних сполук є вагомим внеском в розуміння механізмів впливу цих сполук на процеси росту і розвитку рослин жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава, формування їх продуктивності, якість зерна. Представлені в роботі експериментальні дані відкривають перспективу

створення на їх основі нових препаратів для стимуляції росту і розвитку рослин, збільшення врожайності, покращення якості зерна.

Отримані результати впроваджені у навчальний процес при викладанні дисциплін фахової підготовки здобувачів освітніх ступенів Бакалавр та Магістр Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, Житомирського державного університету імені Івана Франка, Таврійського державного агротехнічного університету імені Дмитра Моторного, що підтверджується відповідними Довідками про впровадження.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійною завершеною науковою працею. Було самостійно здійснено інформаційний пошук, аналіз та інтерпретацію даних джерел наукової літератури із теми дослідження. Разом із науковим керівником було сформульовано мету, ключові завдання та узгоджені методи і методики проведення дослідження. Були самостійно проведені дослідження, здійснено вимірювання усіх досліджуваних показників росту і розвитку рослин жита озимого, якості зерна та аналіз отриманих даних, написано усі розділи дисертаційної роботи. Разом із науковим керівником проведено узагальнення основних результатів, обговорено висновки.

Апробація результатів дослідження. Основні теоретичні і практичні результати дослідження апробовано на науково-практичних конференціях:

міжнародних: Другий міжнародний симпозіум до 90-річчя з дня народження Злобіна Юліана Андрійовича, доктора біологічних наук, професора, Заслуженого діяча науки і техніки України «Популяційна екологія рослин: сучасний стан, точки росту» (Суми, 2022); I міжнародна науково-практична конференція «Новітні агротехнології» (Київ, 2020); VI Міжнародна заочна науково-практична конференція "Актуальні питання біологічної науки" (Ніжин, 2020);

всеукраїнських: I і II Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І.І. Гордієнка (Ніжин, 2021, 2022).

Публікації. Результати дослідження висвітлено в наукових працях, з яких: 4 статті у фахових наукових виданнях України, 1 стаття у зарубіжному науковому виданні та 5 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових Всеукраїнських та Міжнародних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, містить 1 рисунок і 17 таблиць. Повний обсяг дисертації становить 137 сторінок, з них основного тексту – 91 сторінка.

Ключові слова: озиме жито, передпосівна обробка, вітамін Е, убіхінон, параоксибензойна кислота, метіонін, $MgSO_4$, фотоасиміляційний апарат, структура врожаю, кількість насінин, врожайність, продуктивність, біохімічний склад зерна, антиоксидантні ензими, вітамін С, каротиноїди, білки, вуглеводи.

ABSTRACT

Kurylenko A.O. Physiological and biochemical indicators of growth and development of winter rye at different stages of ontogenesis under the action of metabolically active compounds. – Qualifying scientific work on manuscript rights

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree in specialty 091 – Biology. – Mykola Gogol Nizhyn State University, Nizhyn, 2022.

Nowadays, the food security of the country is one of the main tasks of the agricultural sector of the economy of Ukraine, which forms the foundation of the independence and stability of the state. Among the grain crops that are traditionally grown in Ukraine, winter rye takes an important place, taking the second place in the crops of our country after wheat. 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, which is connected with its biological features, in particular, with a sufficiently high adaptive ability to form crops on rather poor soils. Among winter crops, winter rye is characterized by high frost resistance, is less demanding on moisture, effectively uses autumn and winter precipitation and better withstands spring droughts thanks to a well-developed root system.

One of the most promising areas of modern agricultural technologies is the use of biological preparations and growth stimulants. Seeds are a major and vital component of sustainable agricultural productivity growth, as more than 90% of food crops are grown from seeds. Therefore, one of the effective methods of influencing the processes of plant growth and development, the formation of resistance to various stress factors of the external environment, including chemical, physical and biological ones, is the pre-sowing treatment of seeds with biologically active substances. Today, various methods of seed treatment using safe preparations for humans, animals and insects, soil cover are used. Among these drugs, growth stimulants take their place, the effect of which has been demonstrated on many crops. The study of the mechanisms of action of metabolically active compounds for pre-sowing seed treatment on the physiological and biochemical indicators of growth and development of winter rye at different stages of ontogenesis determined the relevance of our research.

Connection of work with scientific programs, plans, topics. The research was carried out in the educational-scientific laboratory for biochemical and medical-ecological research of Mykola Gogol Nizhyn State University within the framework of the complex research topic of the Department of Biology "Regulation of the processes of growth and development of plants" (registration number 0119U100677). Field experiments were conducted on the territory of the educational and research agrobiostation of Mykola Gogol Nizhyn State University during 2019-2021.

The object of the study is the peculiarities of the process of growth and development of winter rye plants, the formation of yield and grain quality depending on the pre-sowing treatment of seeds with compositions of metabolically active compounds.

The subject of the research is physiological and biochemical indicators of growth and development of winter rye plants, elements of yield and grain quality, compositions of metabolically active compounds.

The purpose of the study: to study the physiological and biochemical features of the growth and development of winter rye plants of the Syntetyk 38 and Zabava varieties after pre-sowing seed treatment with compositions of metabolically active compounds.

Objectives of the study:

1. To study the effect of pre-sowing treatment of seeds with compositions of metabolically active compounds on the morphometric parameters of winter rye plants of Syntetyk 38 and Zabava varieties during the growing season.
2. To study the effect of pre-sowing seed treatment with compositions of metabolically active compounds on the content of photosynthetic pigments in the leaves of winter rye plants of the Syntetyk 38 and Zabava varieties during the growing season.
3. To study the effect of pre-sowing seed treatment with compositions of metabolically active compounds on the structure of the crop and the yield of winter rye varieties Syntetyk 38 and Zabava.
4. To study the effect of pre-sowing treatment of seeds with compositions of metabolically active compounds on amylase activity and the content of carbohydrates and proteins in the grain of winter rye varieties Syntetyk 38 and Zabava.

5. To investigate the effect of pre-sowing seed treatment with compositions of metabolically active compounds on the content of lipid oxidation products, vitamins and the activity of antioxidant enzymes in the grain of winter rye varieties Syntetyk 38 and Zabava.

Research methods: theoretical (analysis and systematization of literary, scientific, methodical and other sources on the research topic), morphometric methods, biochemical methods (determination of the content of photosynthetic pigments, carbohydrates, proteins, vitamins, lipid oxidation products, activity of amylases and antioxidant enzymes), methods statistical processing of research results.

Scientific novelty of the obtained results. On the basis of experimental studies and their theoretical analysis, the peculiarities of the effect of pre-sowing treatment of winter rye seeds with compositions of metabolically active compounds on the physiological and biochemical indicators of plant growth and development, the quality of winter rye grain of the Sintetyk 38 and Zabava varieties have been clarified.

For the first time, the effectiveness of using compositions of metabolically active compounds (EPM – α -tocopheryl acetate, paraoxybenzoic acid and methionine, EPMMg – α -tocopheryl acetate, paraoxybenzoic acid, methionine and $MgSO_4$, EQ – α -tocopheryl acetate and ubiquinone-10) for pre-sowing treatment was shown winter rye seeds of Syntetyk 38 and Zabava varieties. Under these conditions, an increase in the content of photosynthetic pigments in the leaves, stimulation of the growth of underground and above-ground parts of plants, the formation of roots, and an increase in the area of the leaf plate in winter rye plants of both studied varieties were demonstrated.

The use of compositions of metabolically active compounds in the pre-sowing treatment of winter rye seeds of the Syntetyk 38 and Zabava varieties leads to an increase in biological yield and improvement of indicators of the structure of the winter rye crop of both studied varieties.

For the first time, the possibility of improving grain quality (in terms of protein, carbohydrates, vitamins, amylolytic activity, content of lipid oxidation products, and activity of antioxidant enzymes) was demonstrated by means of pre-sowing treatment of winter rye seeds with compositions of metabolically active compounds.

Practical significance of the obtained research results. The results obtained in this work have important practical significance. The study of the effects of pre-sowing treatment of winter rye seeds with compositions of metabolically active compounds is a significant contribution to the understanding of the mechanisms of influence of these compounds on the processes of growth and development of winter rye plants of the Sintetyk 38 and Zabava varieties, the formation of their productivity, and grain quality. The experimental data presented in the work open up the prospect of creating new preparations based on them to stimulate plant growth and development, increase yield, and improve grain quality.

The obtained results are implemented in the educational process in the teaching of the disciplines of professional training for the holders of bachelor's and master's degrees of Mykola Gogol Nizhyn State University, Ivan Franko Zhytomyr State University, Tavriyya State Agrotechnical University named after Dmytro Motorny, which is confirmed by the relevant Certificates of Implementation.

Personal contribution of the acquirer. The dissertation is an independently completed scientific work. An information search, analysis and interpretation of data sources of scientific literature on the topic of the study was carried out

independently. Together with the scientific director, the goal, key tasks and agreed methods and techniques of conducting the research were formulated. Research was carried out independently, measurements of all investigated indicators of growth and development of winter rye plants, grain quality and analysis of the obtained data were carried out, all sections of the dissertation work were written. Together with the scientific supervisor, the main results were summarized, the conclusions were discussed.

Approbation of research results. The main theoretical and practical results of the research were tested at scientific and practical conferences:

international: The second international symposium on the 90th anniversary of the birth of Zlobin Yulian Andreyovych, doctor of biological sciences, professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine "Population ecology of plants: current state, growth points" (Sumy, 2022); 1st International Scientific and Practical Conference "New Agricultural Technologies" (Kyiv, 2020); VI International Correspondence Scientific and Practical Conference "Actual Issues of Biological Science" (Nizhyn, 2020);

nationwide: I and II nationwide scientific and practical readings in memory of Professor I.I. Hordienko (Nizhyn, 2021, 2022).

Publications. The results of the research are covered in scientific papers, including: 4 articles in specialized scientific publications of Ukraine, 1 article in a foreign scientific publication and 5 theses of reports in collections of materials of scientific All-Ukrainian and International conferences.

The structure and scope of the dissertation. The work consists of an introduction, five chapters, conclusions, a list of used sources, contains 1 figure and 17 tables. The full volume of the dissertation is 137 pages, 91 pages of the main text.

Key words: winter rye, pre-sowing treatment, vitamin E, ubiquinone, paraoxybenzoic acid, methionine, $MgSO_4$, photoassimilation apparatus, crop structure, number of seeds, yield, productivity, biochemical composition of grain, antioxidant enzymes, vitamin C, carotenoids, proteins, carbohydrates.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА:

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Куриленко А. О., Куриленко О. В., Кучменко О. Б., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин на морфометричні показники озимого жита в умовах півдня Полісся України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Агрономія і біологія». 2021. вип. 4(46). С. 25–32. DOI: 10.32845/agrobio.2021.4.4. Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б) та індексується в міжнародній науковій базі даних Index Copernicus.

2. Куриленко А.О., Кучменко О.Б. Вплив метаболічно активних речовин на структуру врожаю та врожайність озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Біологія. – 2022. – Т. 82, №1-2. – С. 57-65. DOI: 10.25128/2078-2357.22.1-2.9. Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б) та індексується в міжнародній науковій базі даних Index Copernicus.

3. Куриленко А.О., Кучменко О.Б. Вплив передпосівної обробки насіння на вміст продуктів окислення ліпідів, вітамінів та активність антиоксидантних ензимів в зерні озимого жита // Нотатки сучасної біології. – 2022. – 1 (1). – С. 18-22. DOI: 10.29038/2617-4723-2022-1-1-3. Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).

4. Куриленко А.О., Кучменко О.Б. Вплив передпосівної обробки насіння на амілазну активність, вміст вуглеводів і білків в зерні жита озимого // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Агрономія і біологія» - 2022. - вип. 2(48). - С. 105-110. DOI: 10.32845/agrobio.2022.2.15.

Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б) та індексується в міжнародній науковій базі даних Index Copernicus.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації в зарубіжних спеціалізованих виданнях:

5. Куриленко А.О., Куриленко О.В., Кучменко О.Б., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин на вміст фотосинтетичних пігментів у листках рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава на різних етапах онтогенезу // East European Scientific Journal. – 2021.- Vol. 75, №11. - С. 11 – 16. DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.4.75.169. Наукове видання індексується в міжнародній науковій базі даних Index Copernicus.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

6. Куриленко А.О., Куриленко О.В., Кучменко О.Б., Гавій В.М. Вміст вуглеводів і білків в зерні жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава за передпосівної обробки насіння // II Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І.І. Гордієнка: Збірник статей – Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя, 2022. – С. 26 – 29.

7. Куриленко А.О., Куриленко О.В., Кучменко О.Б., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними сполуками на продуктивність озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава // «Популяційна екологія рослин: сучасний стан, точки росту»: матеріали Другого міжнародного симпозіуму до 90-річчя з дня народження Злобіна Юліана Андрійовича, доктора біологічних наук, професора, Заслуженого діяча науки і техніки України (16 червня 2022 р.). Суми, 2022. - С. 111-116.

8. Куриленко А.О., Куриленко О.В., Кучменко О.Б., Гавій В.М. Морфометричні параметри кореневої системи озимого жита сорту Синтетик на різних етапах розвитку за передпосівної обробки насіння метаболічно

активними речовинами // I Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І.І. Гордієнка: Збірник статей. – Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя, 2021. - С.57-60.

9. Кучменко О.Б., Куриленко А.О., Куриленко О.В., Гавій В.М. Вплив комбінацій метаболічно активних сполук на окремі фізіолого-біохімічні показники жита озимого (*Secale cereale* L.) на різних етапах розвитку // «Новітні агротехнології»: матеріали I міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 10 вересня 2020 р.) / Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України, Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. - С. 13-14.

10. Куриленко А.О., Куриленко О.В., Кучменко О.Б. Вплив метаболічно-активних речовин на окремі фізіологічні показники озимого жита сорту Синтетик // VI Міжнародна заочна науково-практична конференція "Актуальні питання біологічної науки": Збірник статей – Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя, 2020. - С. 30-34.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	19
ВСТУП	20
Список використаних джерел для вступу	28
РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК ЯК СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН ОЗИМОГО ЖИТА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	
1.1. Морфологічні та фізіологічні особливості росту і розвитку рослин озимого жита на різних етапах онтогенезу	32
1.2. Характеристика зерна озимого жита	42
1.3. Вплив метаболічно активних сполук на ріст і розвиток рослин озимого жита	47
Висновки до розділу 1	57
Список використаних джерел до розділу 1	58
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	
2.1. Матеріал та схема проведення досліджень	67
2.2. Методики проведення досліджень	70
2.3. Методи статистичної обробки результатів дослідження	77
Список використаних джерел до розділу 2	77
РОЗДІЛ 3. РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН ЖИТА ОЗИМОГО СОРТІВ СИНТЕТИК 38 І ЗАБАВА ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ КОМПОЗИЦІЯМИ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН	
3.1. Вплив на морфометричні показники рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин	80
3.2. Вплив на вміст фотосинтетичних пігментів у листках рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин	90

3.3. Вплив на структуру врожаю та врожайність озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин	96
Висновки до розділу 3	105
Список використаних джерел до розділу 3	106
РОЗДІЛ 4. БІОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНА ЖИТА ОЗИМОГО СОРТІВ СИНТЕТИК 38 І ЗАБАВА ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ КОМПОЗИЦІЯМИ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН	
4.1. Вплив на амілазну активність та вміст вуглеводів та білків в зерні озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин	111
4.2. Вплив на вміст продуктів окислення ліпідів, вітамінів та активність антиоксидантних ензимів в зерні озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин	116
Висновки до розділу 4	121
Список використаних джерел до розділу 4	121
РОЗДІЛ 5. УЗАГАЛЬНЕННЯ	124
Список використаних джерел до розділу 5	129
ВИСНОВКИ	133
ДОДАТКИ	135

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЕПМ – α -токоферилацетат, параоксибензойна кислота і метіонін

ЕПММg – α -токоферилацетат, параоксибензойна кислота, метіонін і $MgSO_4$

EQ – α -токоферилацетат і убіхінон-10

АТФ – аденозинтрифосфорна кислота

АФК – активна форма кислороду

ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота

НАДФН – нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат

ПОБК – параоксибензойна кислота

РНК – рибонуклеїнова кислота

СОД – супероксиддисмутаза

ТБК – 2-тіобарбітурова кислота

ВСТУП

Актуальність теми дослідження.

В наш час продовольча безпека країни є одним з головних завдань аграрного сектору економіки України що формує фундамент незалежності та стабільності держави та складає 17% ВВП і 60% споживчого фонду населення [1].

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 [2].

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 [3].

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 беруть активну участь у процесах білкового, вуглеводного та жирового обміну [4].

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 [5].

Дієтологи стверджують, що, не дивлячись на малу кількість білка у складі жита через амінокислоти, що входять до нього - лізину і треоніну, житній хліб вже в певному сенсі є ліками. Зазначені амінокислоти необхідні для зростання та відновлення тканин. Житній хліб рекомендують як дієтичний продукт при цукровому діабеті. Корисний житній квас, який нормалізує травлення, покращує обмін речовин, сприятливо впливає на серцево-судинну систему [6].

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 [7].

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 [8].

Державний Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, на 2019 рік містить 40 сортів жита посівного озимого. З них, 21 сорт вітчизняної селекції (53 % від загальної кількості сортів), та 19 сортів іноземної селекції (47 %). Протягом останнього десятиріччя чітко спостерігається нагромадження

сортів іноземної селекції у Реєстр сортів рослин України від 6 % у 2008 році до 47 % у 2018 році. Проте, навіть при такій тенденції, наразі кількість сортів вітчизняної селекції наразі переважає. Щороку державну кваліфікаційну експертизу проходять десятки сортів-кандидатів жита посівного озимого вітчизняної та іноземної селекції. Кваліфікаційну експертизу на придатність до поширення у 2018 році проходило 25 сортів-кандидатів на 8 пунктах досліджень (у зоні Лісостепу – 4, Полісся – 4). Із них 17 сортів-кандидатів або 68 % іноземної селекції та 8 сортів-кандидатів або 32 % вітчизняної селекції [9].

На даний час посівна площа жита в нашій країні становить 650-700 тис. га. За валовим збором культури в 2019 році третє місце посіла Чернігівська область (42 тис.т.) [10].

У країнах Європи жито озиме є однією з найпоширеніших зернових культур. Його вирощують на значних площах і широко застосовують як у харчовій промисловості, так і у фармацевтичній, технічній та інших галузях економіки.

Незважаючи на те, що в Україні жито почали вирощувати понад три тисячі років тому, в останній час спостерігалася тенденція скорочення посівних площ цієї культури у зв'язку з розширенням площ пшениці озимої, а також з економічних причин - передусім низькою закупівельною ціною на зерно жита. Натомість за останні два-три роки ситуація на ринку зернових суттєво змінилася. Так, зі стрімким розвитком світового економічного кризи, а також із гострим дефіцитом продовольства у багатьох країнах світу ціни на продовольчу продукцію та сировину для її виробництва почали зростати з рекордною швидкістю. Змінилися і пріоритети щодо значення тієї чи іншої культури. На сьогодні, наприклад, закупівельні ціни на жито значно

перевищують вартість пшениці. І це при тому, що потенційна врожайність жита озимого є на порядок вищою, ніж у пшениці озимої [11].

Водночас в Україні за цей же період виробництво жита впало у 2-3 рази, а в аграрному бізнесі Україна має величезний не використаний ресурс. Жито буде затребуване на ринку продуктів здорового харчування. Створення сортів, стійких до вилягання, з великими зернами, що мають імунітет до захворювань – це те на чому зосереджена сьогодні робота українських науковців [12].

Одним із найбільш перспективних напрямків сучасних агротехнологій є використання біологічних препаратів та стимуляторів росту [13-16]. Насіння є основною і життєво важливою складовою стійкого росту продуктивності сільського господарства, оскільки більше 90% продовольчих культур вирощуються із насіння [17]. 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 [18-22]. Крім того, стимулятори росту можуть впливати на імунну систему рослин, збільшуючи стійкість рослин до дії несприятливих факторів зовнішнього середовища [23-26].

Стимулятори росту здатні відновлювати дефіцит корисних речовин, що впливає на активність ферментів та, відповідно, на багато обмінних процесів в організмі рослини. Внаслідок може збільшуватися проникність клітинної мембрани коренів та покращення надходження до рослини мінеральних елементів із ґрунту. Разом з цим, при застосуванні стимуляторів росту може прискорюватися поглинання кисню рослинами, що здатне призвести до активізації фотосинтезу і, як наслідок, до зростання врожайності [27-29]. Крім впливу на рослини, стимулятори росту можуть позитивно впливати на мікрофлору самого ґрунту. Отже, вивчення механізмів дії метаболічно активних сполук для передпосівної обробки насіння на фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку жита озимого на різних етапах онтогенезу обумовило актуальність наших досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження було виконане у навчально-науковій лабораторії з біохімічних та медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя у рамках комплексної науково-дослідної теми кафедри біології «Регуляція процесів росту і розвитку рослин» (реєстраційний номер 0119U100677). Польові дослідження проводили на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя впродовж 2019-2021 років.

Об'єкт дослідження – особливості процесу росту і розвитку рослин жита озимого, формування врожайності та якості зерна залежно від передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук.

Предмет дослідження – фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку рослин жита озимого, елементи врожайності та якість зерна, композиції метаболічно активних сполук.

Мета дослідження: вивчити фізіолого-біохімічні особливості росту і розвитку рослин жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук.

Завдання дослідження:

1. Вивчити вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук на морфометричні показники рослин жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава впродовж вегетації.

2. Дослідити вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук на вміст фотосинтетичних пігментів в листках рослин жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава впродовж вегетації.

3. Вивчити вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук на структуру врожаю та врожайність жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава.

4. Вивчити вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук на амілазну активність та вміст вуглеводів та білків в зерні жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава.

5. Дослідити вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук на вміст продуктів окислення ліпідів, вітамінів та активність антиоксидантних ензимів в зерні жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава.

Методи дослідження: теоретичні (аналіз та систематизація літературних, наукових, методичних та інших джерел з досліджуваної теми), морфометричні методи, біохімічні методи (визначення вмісту фотосинтетичних пігментів, вуглеводів, білків, вітамінів, продуктів окислення ліпідів, активності амілаз та антиоксидантних ензимів), методи статистичної обробки результатів дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі експериментальних досліджень та їх теоретичного аналізу з'ясовано особливості впливу передпосівної обробки насіння жита озимого композиціями метаболічно активних сполук на фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку рослин, якість зерна жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава.

Вперше показано ефективність застосування композицій метаболічно активних сполук (ЕПМ – α -токоферилацетат, параоксибензойна кислота і метіонін, ЕПММg – α -токоферилацетат, параоксибензойна кислота, метіонін і $MgSO_4$, EQ – α -токоферилацетат і убіхінон-10) для передпосівної обробки насіння жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава. За цих умов продемонстровано зростання вмісту фотосинтетичних пігментів в листках, стимуляцію росту підземної та надземної частин рослин, утворення коренів, збільшення площі листкової пластинки у рослин жита озимого обох досліджуваних сортів.

Застосування композицій метаболічно активних сполук в передпосівній обробці насіння жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава приводить до зростання біологічної врожайності та покращення показників структури врожаю жита озимого обох досліджуваних сортів.

Вперше продемонстровано можливість покращення якості зерна (за вмістом білку, вуглеводів, вітамінів, амілолітичною активністю, вмістом продуктів окислення ліпідів та активністю антиоксидантних ензимів) шляхом передпосівної обробки насіння жита озимого композиціями метаболічно активних сполук.

Практичне значення отриманих результатів дослідження. Отримані в даній роботі результати мають важливе практичне значення. Дослідження ефектів передпосівної обробки насіння жита озимого композиціями

метаболічно активних сполук є вагомим внеском в розуміння механізмів впливу цих сполук на процеси росту і розвитку рослин жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава, формування їх продуктивності, якість зерна. Представлені в роботі експериментальні дані відкривають перспективу створення на їх основі нових препаратів для стимуляції росту і розвитку рослин, збільшення врожайності, покращення якості зерна.

Отримані результати впроваджені у навчальний процес при викладанні дисциплін фахової підготовки здобувачів освітніх ступенів Бакалавр та Магістр Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, Житомирського державного університету імені Івана Франка, Таврійського державного агротехнічного університету імені Дмитра Моторного, що підтверджується відповідними Довідками про впровадження.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійною завершеною науковою працею. Було самостійно здійснено інформаційний пошук, аналіз та інтерпретацію даних джерел наукової літератури із теми дослідження. Разом із науковим керівником було сформульовано мету, ключові завдання та узгоджені методи і методики проведення дослідження. Були самостійно проведені дослідження, здійснено вимірювання усіх досліджуваних показників росту і розвитку рослин жита озимого, якості зерна та аналіз отриманих даних, написано усі розділи дисертаційної роботи. Разом із науковим керівником проведено узагальнення основних результатів, обговорено висновки.

Апробація результатів дослідження. Основні теоретичні і практичні результати дослідження апробовано на науково-практичних конференціях:

міжнародних: Другий міжнародний симпозіум до 90-річчя з дня народження Злобіна Юліана Андрійовича, доктора біологічних наук, професора, Заслуженого діяча науки і техніки України «Популяційна екологія

рослин: сучасний стан, точки росту» (Суми, 2022); I міжнародна науково-практична конференція «Новітні агротехнології» (Київ, 2020); VI Міжнародна заочна науково-практична конференція "Актуальні питання біологічної науки" (Ніжин, 2020);

всеукраїнських: I і II Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І.І. Гордієнка (Ніжин, 2021, 2022).

Публікації. Результати дослідження висвітлено в наукових працях, з яких: 4 статті у фахових наукових виданнях України, 1 стаття у зарубіжному науковому виданні та 5 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових Всеукраїнських та Міжнародних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, містить 1 рисунок і 17 таблиць. Повний обсяг дисертації становить 137 сторінок, з них основного тексту – 91 сторінка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО ВСТУПУ:

1. Ситник В. П. Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможного зерна в Україні. *Особливості ведення зернового господарства України залежно від кон'юктури ринку*: зб. наук. пр. Інституту землеробства. Київ: ЕКМО, 2004. С. 3–9.
2. Kunah O. M., Pakhomov O. Y., Zymarioieva 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. doi:10.15421/011842
3. Іванух Р. А., Дусановський С. Л., Білан Є. М. Аграрна економіка і ринок. Тернопіль: «Збруч», 2003. 308 с.

4. Кучменко О.Б. Біохімія вітамінів. К.: Університет «Україна», 2012. 528 с.
5. Корзун В.Н. Вимоги до якості харчування населення в умовах екологічного неблагополуччя. *Екологічний вісник*. 2006. №6(40). С. 10–14.
6. Жито повертається. URL: <https://u.to/vy7YHA> (дата звернення: 20.01.2023).
7. Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д. Технологія виробництва продукції рослинництва: навч. посіб. Ч.2. Київ: Аграрна освіта, 2010. 405 с.
8. Демчук Н. Жито озиме: технологія вирощування, обробіток ґрунту, добрива, насіння, захист та збирання URL: <https://u.to/FDrYHA> (дата звернення: 20.01.2023).
9. Димитров С. Г., Колесніченко О. В. Нові сорти жита посівного озимого в Україні. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (7 червня 2019)*. Київ. С. 122
10. Пустова З. В., Случик Т. А., Фідейчук В. О. Екологізація технології вирощування зернобобових культур. *Інноваційні технології в рослинництві: Матеріали конференції*. 2018. С. 153-154.
11. Авраменко С., Цехмейструк М., Глибокий О., Шелякін В. Нові аспекти вирощування жита озимого. URL: <https://u.to/L8DSHA> (дата звернення: 20.01.2023).
12. Скорик В. В., Скорик В. В., Симоненко Н. В., Скорик О. П. Синтетик озимого жита (*Secale cereale* L.) Забава. *Сортовивчення та охорона правна сорти рослин*. 2009. №1. С. 79–86
13. 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. doi: 10.1080/09168451.2018.1462693

14. Манько К. М. Урожайність та якість зерна жита озимого залежно від елементів технології вирощування в умовах східної частини Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.05. Харків, 2011. – 20 с.
15. Szczepanek M. Technology of maize with growth stimulants application. *Engineering for Rural Development*. 2018. №17. P. 483–490. doi: 10.22616/ERDev2018.17.N074
16. 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. doi: 10.24412/2520-6990-2021-794-41-42
17. 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. doi: 10.31018/jans.v7i1.641
18. Kurepin L. V, Zaman M., Pharis R. P. Phytohormonal basis for the plant growth promoting action of naturally occurring biostimulators. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014. №94(9). P. 1715–1722. doi:10.1002/jsfa.6545
19. Khalid S., Malik A. U., Khan A. S., Razzaq K., Naseer M. Plant Growth Regulators Application Time Influences Fruit Quality and Storage Potential of Young “Kinnow” Mandarin Trees. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2016. №18(03). P. 623–629. doi:10.17957/IJAB/15.0136
20. Tubić L., Savić J., Mitić N., Milojević J., Janošević D. et al. Cytokinins differentially affect regeneration, plant growth and antioxidative enzymes activity in chive (*Allium schoenoprasum* L.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2016. №124(1). P. 1–14. doi:10.1007/s11240-015-0869-1
21. Yakhin O. I., Lubyantsev A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*. 2017. №7. P. 1–32. doi:10.3389/fpls.2016.02049

22. Zymarioieva A., Zhukov O., Romanchuck L., Pinkin A. Spatiotemporal dynamics of cereals grains and grain legumes yield in Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019. №25(6). P. 1107–1113.
23. Sharma H. S. S., Fleming C., Selby C., Rao J. R., Martin, T. 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*. 2014. №26(1). P. 465–490. doi:10.1007/s10811-013-0101-9.
24. Asami T., Nakagawa Y. Preface to the Special Issue: Brief review of plant hormones and their utilization in agriculture. *Journal of Pesticide Science*. 2018. №43(3). P. 154–158. doi:10.1584/jpestics.M18-02
25. Dockter C., Hansson M. Improving barley culm robustness for secured crop yield in a changing climate. *Journal of Experimental Botany*. 2015. №66(12). P. 3499–3509. doi:10.1093/jxb/eru521
26. Khafagy Abdel-Moneim M. Effect of Pre-treatment of Barley Grain on Germination and Seedling Growth Under Drought Stress. *Advances in Applied Sciences*. 2017. №2(3). P. 33. doi:10.11648/j.aas.20170203.12
27. Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. №. 2. С. 20–30. doi:10.31210/visnyk2021.02.02
28. Alexopoulos A. A., Karapanos I. C., Akoumianakis K. A., Passam H. C. Effect of Gibberellic Acid on the Growth Rate and Physiological Age of Tubers Cultivated from True Potato Seed. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2017. №36(1). P. 1–10. doi:10.1007/s00344-016-9616-z
29. Kumar G., Sahoo D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. *Journal of Applied Phycology*. 2011. №23(2). P. 251–255. doi:10.1007/s10811-011-9660-9

РОЗДІЛ 1
ВПЛИВ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ СПЛУК ЯК СТИМУЛЯТОРІВ
РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН ОЗИМОГО ЖИТА
(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

**1.1. Морфологічні та фізіологічні особливості росту і розвитку рослин
озимого жита на різних етапах онтогенезу.**

Жито (*Secale cereale* L.) – різновид вульгаре (var. vulgare), до якого належать усі культурні форми жита. Основні види: 1. *Secale cereale* 2. *Secale montanum* 3. *Secale strictum*. Назва роду жита *Secale* - похідне від слова Seda – серп [1]. При дослідженні історичного походження культури вченими було акцентовано увагу на те, що корінь цього слова постійно зустрічається в кельтських, німецьких і слов'янських мовах. Сам процес формування жита виду *S. cereale* L. як сільськогосподарської культури був досить тривалим та обумовлений низкою біологічних особливостей рослини [2]. Однією з основних біологічних властивостей вважається невибагливість до умов зростання, що є перевагою над іншими зерновими культурами, а саме пшеницею та ін. Також слід зазначити, що завдяки своїм особливим морфологічним і біологічним даним жито мало деяку вищість перед озимою пшеницею та ячменем, формуючись в їх посівах. Озима пшениця і озимий ячмінь поступово розповсюджувалися з півдня на північ, схід, захід і у високогірні райони; з ними природним шляхом, потрапляло в ці зони сорнопольове жито виду *S. segetale* L. З часом, завдяки своїй невибагливості і витривалості воно поволі пригнічувало ріст пшениці в північних і високогірних районах і, як наслідок, саме ставало культурною рослиною. На даний час науковцями доведено, що сучасне культурне посівне жито є саме тим матеріалом, який сформувався протягом століть з сорнопольового жита.

Сформувавшись в чисту культуру, озиме жито завдяки людині набуло тих якостей, які їй властиві в даний час [3].

Жито посівне має як озимі, так і ярі форми. В сільському господарстві в основному віддають перевагу більш урожайному озимому житу. Основна кількість сортів жита вирощується як озима культура і відповідно висівається восени. Жито здатне давати високі та постійні за роками врожаї, є культурою зимостійкою і дуже пластичною. За даними Д. Н. Прянишникова, в малосніжні або навіть безсніжні зими, які не виняток в останні роки на території нашої країни, озиме жито може переносити в зоні вузла кушення морози до -25°C [4]. Це дозволяє розширювати її посіви. Насамперед пояснюється така зимостійкість тим, що озиме жито, при умові своєчасних посівних робіт восени, до настання морозів проходить належне загартування, яким рослини найбільшою мірою володіють у фазі кушіння [5].

Слід зазначити, що жито також володіє високою посухостійкістю, чому сприяє використання осінніх опадів та потужний розвиток кореневої системи в цей період [6].

Вирізняючись значною кущистістю (одне зерно дає 3-8 стебел), озиме жито зростає швидко, а також має властивість гарно пригнічувати розвиток бур'янів (навіть осота та вівсюга). Жито має помірні вимоги до тепла, але до високих температур дуже чутливе під час цвітіння, в результаті може знижуватись утворення зав'язі зерна також висока температура у фазу наливу може викликати щуплість зерна [7].

Вивчаючи фізіологічні особливості росту озимого жита, слід зазначити, що воно має мичкувату кореневу систему, яка проникає на глибину до 1,5-2 м., що надає сильний розпушуючий вплив на ґрунт. Жито здатне швидко засвоювати з ґрунту корисні речовини з важкорозчинних сполук [8].

Стебло рослин озимого жита являє собою порожнисту соломину висотою до 1-1,5 м, в дикорослих видів – до 1,8 м і більше, та складається з 5-7 міжвузлів. Ріст стебла у озимого жита інтеркалярного типу, відбувається міжвузлями, відповідно, наймолодшою ростовою тканиною є основа міжвузля. Стебло рослин озимого жита має прямостоячу форму, опущене під вагою колоса. Стебло і листя має зелений колір, але завдяки восковому нальоту здається сизими. Вже при дозріванні колір стебла змінюється від сіро-зеленого до золотисто-жовтого на стадії дозрівання [9].

Структура листка представляє собою лінійну форму та складається з двох частин, язичок короткий, зверху закруглений, вушки короткі без вій. Листкова поверхня відіграє основну функцію в процесі фотосинтезу у рослин, за допомогою якого утворюються органічні речовини. У злакових рослин вона різна і залежить від виду, сорту та умов вирощування [10].

Жито має суцвіття - колос, що включає стрижень, на уступах якого кріпляться по одному двоквітковому (рідко триквітковому) колоску. Ости зазубрені. Зернівка має довгасту або овальну форму, трохи сплюснута з боків. Довжина колоса жита озимого коливається в межах від 8-17 см в залежності від сорту [11].

Зерно подовжене, голе, звужене до зародка, має глибоку борозенку та чубчик. В залежності від фази дозрівання зерно має зелене, жовте, світло-коричневе, сіре забарвлення. Середня маса 1000 зерен коливається від 28 до 40 г [12].

Особливістю озимого жита є сильне куціння восени, з утворенням до 4-5 стебел, і швидке весняне відростання. Жито озиме є перехреснозапильною рослиною, дозріває на 8-10 днів раніше озимої пшениці [13].

Формування елементів урожаю зернових нерозривно пов'язане з умовами зростання та розвитку. Загальна та продуктивна кущистість, висота рослин,

довжина колосу, кількість зерен у колосі – все це результат складних процесів, що протікають у рослині під впливом умов зростання протягом усього вегетаційного періоду [14]. Інтенсивність та спрямованість фізіологічних та біохімічних процесів у озимому житі значною мірою визначається рівнем забезпеченості рослин поживними речовинами [15].

Веgetаційний період озимого жита в помірних і північних широтах складається з двох циклів, та вимушеною паузою спокою між ними в зимовий період. Перший осінній цикл для озимого жита є дуже важливим, так як саме в цей період проходить формування вегетативних органів рослин.

Тривалість самого вегетаційного періоду у жита становить 260-270 днів в південних районах і 360 днів і більше в північних. Найбільш тривалий – це період від появи сходів до колосіння. Через 10-12 днів після колосіння починається фаза цвітіння озимого жита і триває вона 10-15 днів. Дозріває жито здебільшого раніше озимої пшениці на 8-10 днів.

Тканини стебла довгий час залишаються життєздатними, чим і пояснюється випрямлення полеглих стебел. Висота стебла в середньому 80-100 см. Колос у жита неламкий, 5-15 см завдовжки, близько 1 см завширшки. Зернівка довгаста, довжина 5-10 мм, ширина 1,5-3,5 мм, товщина 1,5-3,0 мм. Маса 1000 шт. зерен у диплоїдної жита ($2n = 14$) 20-35 г, у тетраплоїдної 50-55 г [16].

Дослідженнями Ф. М. Купермана встановлено, що в процесі індивідуального розвитку рослини проходять дванадцять послідовних етапів органогенезу [17].

В осінній період формуються вегетативні органи рослин. Встановлено що в цей час озиме жито проходить фази проростання насіння, сходів, третього листа і кущіння. За сприятливих умов протягом осені жито інтенсивно кущиться і вкорінюється, а також накопичує у вузлах кущіння запаси

енергетичних речовин, необхідні для гарту і благополучної зимівлі. У міжфазний період між проростанням насіння до появи сходів озиме жито проходить I етап органогенезу [17].

На першому етапі органогенезу озимого жита в насінні починаються активні процеси диференціації меристеми на тканини зародкових органів. також спостерігається поява зародкових листків у підстави конуса наростання. Їх кількість залежить від сортових особливостей. Завершується етап проростанням насіння та безпосередньо появою сходів.

Саме на цьому етапі відбувається початок зростання головного зародкового корінця при проростанні зернівки. Озиме жито має в основному чотири зародкові кореня, які на час появи сходів мають довжину близько 13-14 см.

За сприятливих умов тривалість першого етапу органогенезу складає 7-10 днів [17].

Другий етап органогенезу озимого жита характеризуються формуванням вегетативної маси рослини (вузлів з листовими зародками і міжвузлів), їх кількість обумовлена як сортовими особливостями, так і умовами розвитку. Як зазначалось раніше, щодо потужності кореневої системи у озимого жита, слід зазначити, що добовий приріст кореневої системи на цьому етапі досягає 1,5-1,7 см, а зародкові корені у кущентні сягають глибини 50 см.

Процес проростання насіння жита проходить при температур 1-2⁰С тепла, через 4-7 днів після висівання в ґрунт з'являються сходи. Тривалість цього процесу залежить від вологості ґрунті та температури і глибини загортання насіння [18].

Фаза кушіння у озимого жита проходить восени. При умові коли зерно закладається в ґрунт глибоко, рослина при проростанні закладає два вузли кушіння: перший глибоко, а пізніше другий – ближче до поверхні ґрунту, який

стає головним. Спостерігаючи інтенсивність кущення у озимого жита, слід зазначити, що вона досить висока – кожна рослина формує не менше 4-8 пагонів і більше. Зазвичай жито може давати 4-6 плодоносних стебел на одну рослину. У жита за сприятливих умов спостерігалось викидання до 50 стебел, але вони вже не утворюють нормального колоса, бо з'являються значно пізніше. Здебільшого фаза кушіння закінчується восени.

Тривалість II етапу органогенезу досягає значно більших меж: 7-8 місяців. З них близько 4 місяців на півдні і 6 місяців на півночі рослини знаходяться в стані зимового спокою. Лише наприкінці зими та на початку весни при підвищенні температури повітря і ґрунту на глибині вузла кушіння жито переходить до III етапу органогенезу [17].

Другий цикл характеризується формуванням генеративних органів, а саме колоса, колосків, квіток, зернівок і насіння. Він починається навесні при відновленні вегетації і закінчується влітку плодоносінням і відмиранням рослин.

Саме у весняно-літній період озиме жито проходить наступні фази розвитку: вихід в трубку, поява нижнього стеблового вузла соломини над поверхнею ґрунту, колосіння, цвітіння, молочної, воскової і повної стиглості. У цей період воно проходить решту (III-XII) етапів органогенезу [17].

На третьому етапі відбувається витягування та сегментація конуса наростання, тобто зародкової осі колоса. Та вже на наступних етапах ці сегменти конуса наростання розвиваються в членики осі цвітіння безпосередньо в сам колос.

Уже на 4 етапі спостерігається формування колоскових горбків тобто конуса наростання другого порядку, починається інтенсивний ріст нижніх міжвузль. За добу коренева система жита на цьому етапі наростає до 2,5-3 см,

при цьому зростання коренів в довжину продовжує випереджати зростання надземних органів рослини.

У порівнянні з пшеницею сходи з'являються раніше на 1-2 дні, куціння відбувається швидше також на 1-2 дні, вузол куціння розташовується ближче до поверхні (1,7-2,5 см). До умов вирощування менш вимоглива, ніж пшениця. Жито меншою мірою чутливе до кислотності ґрунту, добре росте при рН 5,3-6,5. Тому його можна вирощувати на малопродатних для пшениці підзольних ґрунтах [16].

У період від виходу в трубку до початку стеблування конус наростання знаходиться на V етапі - йде формування квіток у колосках [17]. На даному етапі першим починається диференціювання колоскових горбиків в середній частині колоса, далі процес цей рухається вгору і вниз уздовж всієї осі. Цей етап остаточно підтверджує потенційно можливу для сорту кількість квіток в колосках. Процес стеблування на цьому етапі інтенсивно продовжується.

На VI етапі у озимого жита проходить формування пилкових мішків і зав'язі маточки. Йде посилене зростання середнього міжвузля, тичинок, маточки та покривних органів.

VII етап – це етап утворення статевих клітин рослин (гамет). Характеризується завершенням процесу формування пилку, протягом нього спостерігається інтенсивне зростання тичинкових ниток та активний ріст члеників суцвіття і покривних органів квітки; рослини жита переходять в період росту стебла.

У фазі колосіння рослина переходить до VIII етапу органогенезу, тобто завершується процес формування всіх суцвіть і квіток та продовжується посилений ріст найдовших міжвузль.

Фазі цвітіння відповідає IX етапу органогенезу – йде запліднення і утворення зиготи [17].

Зростання та формування зернівки проходить у міжфазному періоді цвітіння, який називають “молочною стиглістю” (відповідає X етапу органогенезу). Наприкінці цього періоду за нормальних умов зернівки вже досягають типових для кожного сорту форм і розмірів.

Фаза молочної стиглості зерна відповідає XI етапу органогенезу озимого жита. В цей час відбувається безпосереднє накопичення поживних речовин в зернівках, також спостерігається їх зростання в товщину та ширину. Триває цей етап до воскової та повної стиглості зерна та переходить до останнього етапу онтогенезу.

XII етап органогенезу збігається з фазою воскової стиглості. Накопичені поживні речовини в зернівках перетворюються у запасні, при цьому припиняється збільшення зернівок. На цьому етапі також спостерігається відтік багатьох пластичних речовин з надземної частини рослини (верхніх листків, міжвузлів стебла) та кореневої системи.

Географічний розподіл жита у світі вказує на те, що він добре пристосовується до різних кліматичних умов. Будучи самою холодостійкою культурою серед зернових хлібів, вона в малосніжні зими здатна переносити морози до -25°C і більше градусів. Для завершення всього циклу розвитку озимого жита в середньому потрібна сума температур 1800°C , тоді як озимій пшениці потрібно 2200°C [18].

Коренева система озимого жита формується на першому та другому етапах органогенезу, загалом її потужність залежить від волого-забезпеченості рослин та від площі живлення. Відповідно, маючи більш потужну кореневу систему, рослина тим самим забезпечує інтенсивне наростання біомаси рослин [19].

Корінь озимого жита, який закладається восени, є достатньо потужним, має рясне гілкування і добре використовує запаси поживних речовин та води з

оптимального об'єму ґрунту. Основна маса коренів озимого жита (до 90%) розташовується в орному шарі ґрунту, лише незначна частина їх може досягати глибини 1,5-2 м. Таке розміщення кореневої системи зменшує небезпеку пошкодження рослин внаслідок неодноразового замерзання і відтавання ґрунту, збільшує опірність рослин до відмирання [20]. У короткостеблових сортів озимого жита коренева система менш потужна, ніж у довгостеблових; проте коротші стебла мають підвищену стійкість до вилягання. Короткостеблові рослини жита зазвичай мають знижену кущистість і щільні колосся [20]. Одночасно з розвитком кореневої системи жито формує надземну масу рослин: утворюються листки, зародкові стеблові вузли. У підземній частині стебла озимого жита в середньому на глибині 2-3 см закладається вузол кущіння – найважливіший і єдиний орган, здатний генерувати нові органи рослини. У ньому накопичуються запасні поживні речовини, головним чином вуглеводи, які визначають в значній мірі результат перезимівлі рослин. Загибель вузла кущіння озимого жита призводить до загибелі всієї рослини. Вузол кущіння у озимого жита зазвичай закладається ближче до поверхні ґрунту і глибина залягання його більш рівномірна, ніж у озимої пшениці. За сприятливих агрометеорологічних умов в осінній період у озимого жита при середній глибині залягання вузла кущіння по полю 3 см у 80% рослин вона становить 2-4 см і тільки у 20% менше 2 см або більше 4 см [20]. Озиме жито - сама морозостійка культура, здатна витримувати на глибині вузла кущіння мінімальну температуру $-20 \dots -24^{\circ} \text{C}$, а деякі сорти навіть нижче -25°C . З початком весняної вегетації жито продовжує кущитися, а потім рослини виходять в трубку.

Як було зазначено вище, жито особливо чутливе до високих температур напередодні колосіння і в період цвітіння. Перевагою цієї культури перед пшеницею є і те, що жито більш посухостійке, а помірне обмеження вологості

в осінній період підвищує посухостійкість рослин у весняний період. В разі запізнення з посівом можна спостерігати негативний вплив посухи, що проявляється у слабкому кущенні. В період виходу в трубку жито показує кращі результати в разі гарних умов зволоження ґрунту. Загалом на утворення 1 ц зерна рослини жита витрачають 6-8 мм запасів ґрунтової вологи і недостатня кількість вологи в ґрунті саме в цей період призводить до зниження врожаю. Негативним фактором, що впливає на врожайність зерна, є надмірне зволоження у період формування та дозрівання зерна, особливо за високих температур [21].

Рослини озимого жита відрізняються значною екологічною адаптованістю до ґрунтових умов. Вони краще за інших злаків використовують ґрунтові умови, у зв'язку з цим жито називають культурою-піонером і рекомендують висівати на знову освоєваних землях. Озиме жито добре проростає на ґрунтах різного механічного складу – від піщаних до глинистих [18].

На піщаних ґрунтах воно більш продуктивне, ніж решта злаків, тому на цьому різновиді ґрунтів їй віддають перевагу. Жито можна обробляти як на кислих, так і на лужних ґрунтах, при цьому значення рН можуть коливатись у широких межах – від 5,0 до 8,6. Однак у міру зростання рН у рослин жита знижується зимостійкість та врожайність. Жито озиме краще за інші зернові культури переносить слабке засолення ґрунту. Кращі ґрунти для її обробітку – це глибокі пухкі оструктурені чорноземи, на яких жито озиме дає значно вищі врожаї, ніж на легких і малородючих ґрунтах. В цілому жито як культура характеризується витривалістю і невибагливістю до умов зростання. Найважливішою особливістю правильної агротехнології є певна черговість та диференціація операцій залежно від місцевих ґрунтових та погодних, а також господарських умов [18].

1.2. Характеристика зерна озимого жита.

На перший погляд за будовою та зовнішнім виглядом зерно жита схоже із зерном пшениці, але має вагомні відмінності. Зерно жита трохи видовжене та вужче, має загострену зернівку біля основи, відповідно на верхньому кінці тупе.

Сама поверхня зерна характеризується досить помітною поперечною зморшкуватістю. В залежності від сорту зерно може мати білий, сірий, зелений, жовтий або темно-коричневий колір.

Забарвлення зерна жита зумовлюється сполученням і варіюванням забарвлення алейронового шару й оболонки насінини і плода, а також товщиною і прозорістю оболонки [22].

Вага зерна безпосередньо залежить від сорту. Так у крупних сортів 100 насінин важить більше 38 г, середньої крупності відповідно 30-38 г, сорти середнього розміру - 20-30 г. та дрібнозернисті сорти до 20 г [23].

Зовнішня будова зерна жита характеризується наступними параметрами: довжина від 5-10 мм, ширина - 1,5 - 3,5 мм і відповідно товщина 1,5 – 3,5 мм. Форма зерна може бути овальною або продовженою [24].

Зерно озимого жита в своїй основі складається з вуглеводів. Найбільша частина з них припадає на крохмаль, його частка становить 56-64%. До решти вуглеводів належать: цукор, декстрин, геміцелюлоза і пентозани, що складають близько 10%.

Цукри у зерні жита містяться у великій кількості – їх доля сягає 7-8% (сахароза – біля 5%, редукуючі цукри – біля 0,3%).

Найбільша кількість клітковини в зернівках жита зосереджена в його оболонках і складає 2-3%.

Слід звернути увагу на особливий вуглеводний комплекс зерна даної культури, який включає в свій склад розчинні полісахариди. Зумовлено це

наявністю в зерні великої кількості водорозчинних речовин – від 12 до 17%. Також зерно жита містить 1,5-5% слизу (гуммі) гідрофільних речовин, які здатні гарно поглинати воду, що надає зерну високу еластичність, але погано впливає на дроблення зерна та на структуру клейковини. В результаті, хліб виготовлений з житньої муки, має високу вологість та меншу пористість м'якушки [25].

Дуже важливу роль відіграє білок. Його вміст в зерні жита складає від 9% до 20%, в середньому біля 12%.

Амінокислотний склад білка жита має деякі відмінності у порівнянні з пшеницею. Він характеризується більшим вмістом лізину, треоніну і фенілаланіну, що впливає на харчову цінність, тому вважається кращим в цьому відношенні від зерна пшениці (рис.1.1) [26].

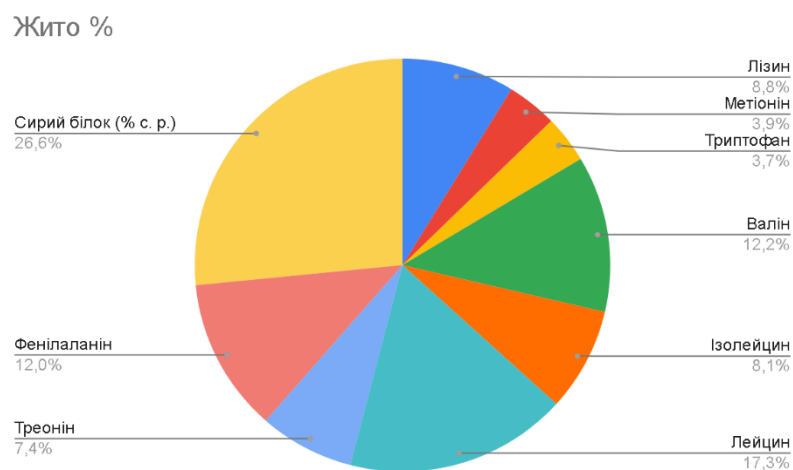


Рис. 1.1. Вміст незамінних амінокислот в зерні жита (%) [26].

Амінокислотний склад окремих частин зерна жита також неоднаковий. Білки алейронового шару і зародка суттєво відрізняються за складом від білків ендосперму. Вони містять більше лізину, гістидину, тирозину, серину, їх біологічна цінність значно більша, ніж білків ендосперму [27].

Розподілений білок в ядрі зерна жита нерівномірно, його зростання йде від центральної частини до периферії. Відповідно, найбільше накопичення відбувається в зародку - 25,8%, а на периферійному шарі ендосперму - 12,9% [28]. Білкова фракція зернівки озимого жита містить: гліадин, глютенін, глобулін, альбумін; серед них найбільше гліадину (близько 4% сухої речовини) [29].

Слушно зауважити, що білкові речовини мають підвищену розчинність в воді (близько 30%), у спиртових розчинах вони розчиняються трохи слабше.

На наявність білка в зерні жита впливають, в першу чергу, сортові якості, а також ґрунтово-кліматичні умови регіону вирощування та агротехніка. Наприклад, зерно, вирощене в регіонах з теплим і сухим кліматом, в своєму складі містить більше білка, також склад амінокислот білка ярого та озимого, ди- і триплоїдного співпадає, про що свідчать дослідження [30].

В наш час актуальним є питання впливу продуктів харчування на організм людини. Жито як один з самих корисних представників злакових культур викликає особливий інтерес. Постійно вивчається його біохімічний склад та вплив на організм людини.

Останнім часом одним з поширених факторів багатьох захворювань визнано недостатнє вживання харчових волокон. Цю групу складає комплекс полісахаридів разом з лігніном і білковими речовинами, які формують клітинні стінки оболонки та алейронового шару [31].

Дослідження в цьому напрямку провели вчені Японії. Вони з'ясували, що висівки, які містяться в борошні грубого помелу, в організмі зв'язують канцерогенні речовини, утворюючи з ними комплекс, який повністю виводиться з організму. Вченими із США продемонстровано, що смертність людей, які вживають продукти з цільнозмеленого зерна, знижується на 15-20% [31].

Саме амінокислотний склад білка відіграє вирішальне значення в оцінці харчової цінності продукту. Вітчизняними вченими при розробці нового сорту жита було досліджено амінокислотний склад житнього борошна. Так, при заявленій технології попереднього подрібнення зерна в ньому виявлена максимальна кількість білка, яка пояснюється тим, що в цьому борошні міститься значна кількість периферичних частин та алейроновий шар. Як результат, з підвищенням виходу борошна збільшується кількість незамінних амінокислот, таких як валін, лізин, лейцин, а також замінних – аргінін, гістидин [31].

Так, під час вивчення білків зернових культур використовують метод вилучення їх фракцій за розчинністю (альбуміни, глобуліни, проламіни і глютеліни), запропонований американським дослідником Т. Осборном [32].

Як вже зазначалося, у зерні жита міститься гліадин і глютенін, але за звичайних умов відмити клейковину не вдається. Це пояснюється тим, що білки жита відрізняються від пшеничних за амінокислотним складом, фізичними і хімічними властивостями. Наприклад, гліадин жита краще розчиняється у водно-спиртових розчинах [33].

Під час екстракції білків жита водою, а потім слабким розчином кислоти з подальшою нейтралізацією лугом, отримують білкову масу, яка має властивості клейковини. Вона має еластичність і розтяжність. Але така клейковина значно слабша за пшеничну, оскільки містить менше дисульфідних і водневих зв'язків [34].

Поліпшення умов мінерального живлення рослин жита озимого сприяє збільшенню вмісту білка в зерні з 8,0 % до 9,3 % за внесення N60 (II)+N60 (IV) [35].

Відсоток жирів в зерні озимого жита складає від 1,8% до 2,1% і в найбільшій кількості міститься в зародку. Жири для рослинного організму є

концентрованим, енергетичним і будівельним резервом. Серед жирів основні групи складають власне жири, фосфатиди, каротиноїди, стероли і віск [36]. На долю жирів припадає 63-65 % усіх ліпідів зерна. Жири які входять до складу зерна жита, містять у своїй структурі значну кількість ненасичених жирних кислот – лінолеву, олеїнову, ліноленову, стеаринову, пальмітинову, міристинову тощо. Є також і неомилювані речовини – кампестерол, холестерол [37]. Кількість жиру в 100 г сухої речовини може доходити до 2%.

Частка мінеральних речовин в зерні жита становить від 1,5 до 2,2%. Найбільше їх міститься в зародку, алейроновому шарі та оболонках зерна, В ендоспермі їх кількість мінімальна [38].

Хімічний склад врожаю залежить від мінерального живлення рослин та метеорологічних умов. Синтез білка залежить від наявності в рослині сполук азоту (складової компоненти білків), синтез вуглеводів та жирів – від наявності, зокрема, сполук фосфору, які беруть участь в енергетичних перетвореннях в процесах фотосинтезу та метаболізму (зокрема, у вигляді енергоносія клітини аденозинтрифосфату – АТФ) [39].

Не менш важливі інші органічні речовини, які містяться у зерні жита та відіграють важливу роль у процесах метаболізму, зокрема вітаміни. Зерно містить такі життєво-важливі вітаміни як В₁, В₂, РР, зародок містить вітамін Е і каротиноїди. Тіамін (В₁) міститься в більшій мірі в алейному шарі та зародку, його вміст в зерні складає в середньому 4,8 мг / кг, рибофлавіну 1,5-2,9 мг / кг. Слід зазначити, що вміст вітамінів у нижчих сортах житнього борошна значно більший. Відповідно, вживання хліба зі шпалерного борошна буде значно корисніше [40].

Обробка зерна може впливати на вміст в ньому вітамінів. Так, останні дослідження українських вчених довели, що інтенсивне гідротермічне оброблення зерна тритикале за холодних режимів сприяє суттєвому

збільшенню вмісту вітамінів: кількість аскорбінової кислоти збільшується у 2–4 рази, рутину – у 2–2,5 рази, токоферолів – у 3–3,5 рази. У процесі запропонованої підготовки вміст водорозчинних вітамінів у зерні тритикале також значно підвищується: кількість тіаміну зростає у 2–2,5 рази; рибофлавіну – в 1,5 рази, вміст нікотинової кислоти й холіну збільшується в 1,5–2 рази, інозиту – в 4 рази. Тривале гідротермічне оброблення за холодних режимів сприяє поліпшенню біологічної цінності зерна тритикале, зокрема суттєвому збільшенню вмісту вітамінів, а також підвищенню біодоступності енерговмісних речовин [41].

1.3. Вплив метаболічно активних-сполук на ріст і розвиток жита озимого.

Фактор урожайності зернових культур тісно пов'язаний з умовами росту та розвитку рослини. Загальна та продуктивна кущистість, висота рослин, довжина колосу, кількість зерен у колосі – все це результат складних процесів, що протікають у рослині під впливом умов зростання протягом усього вегетаційного періоду [42]. Інтенсивність та спрямованість фізіологічних та біохімічних процесів у озимому житі значною мірою визначається рівнем забезпеченості рослин поживними речовинами [43].

Дослідження багатьох вчених показали, що суттєвим фактором, що впливає на формування врожаю зерна озимого жита, є погодні умови. Високу врожайність озимого жита можна отримати у тому випадку, якщо воно добре перезимує і розвиватиметься у сприятливих погодних умовах у весняно-літній період [44].

Оцінювання сортів зернових культур за основними господарськими ознаками проводять, застосовуючи новітні методики за такими критеріями: продуктивна кущистість, кількість зерен у колосі, маса зерна з колосу, маса 1000 зерен. За характером кушіння у рослин розрізняють загальну та

продуктивну кущистість. Під загальною кущистістю розуміється середня кількість розвинених та недорозвинених пагонів, що припадають на кущ. Під продуктивною кущистістю розуміють середню кількість плодоносних стебел, що припадають на кущ. Загальна кущистість, як правило, буває більшою, ніж продуктивна, тому що не всі пагони стають плодоносними. Тому велике практичне значення має продуктивна кущистість, від якої залежить врожай [45].

Озерненість колосу або кількість зерен у колосі насамперед визначається кількістю колосків, утворених на виступах колосового стрижня. Чим більше колосків, тим більше зерен у колосі та маса зерна з одного колосу. Це сортова ознака, збільшувати яку можна також агротехнічними заходами. Зокрема, найбільший вплив на кількість колосків у колосі мають добрива [46].

Жито озиме, незважаючи на особливу цінність цієї культури, тривалий час зберігає статус незаслуженої непопулярності. Тому, на жаль, в сучасній літературі міститься небагато інформації про технологію вирощування цієї культури. Пошук агротехнічних прийомів, спрямованих на підвищення рентабельності жита озимого в умовах сучасного агропромислового виробництва, є актуальним питанням, вирішення якого потребує консолідації новітніх наукових підходів відповідних профільних установ та впровадження у виробництво в господарствах різних форм власності [47].

Останнім часом багато досліджень в аграрній сфері направлені на збільшення урожайності сільськогосподарських культур та одержання високих та стабільних врожаїв. Як показує практика, одним із найбільш перспективних напрямків у технології виробництва зерна є використання регуляторів росту рослин.

Перші стимулятори створювались на основі речовин, виділених із неживого біологічного середовища, зокрема, це гумати із кам'яного вугілля. А

далі наука проникла всередину рослини, вивчаючи внутрішні механізми її життєдіяльності, відкривши таким чином гормони росту — ауксини, гібереліни, цитокініни та ін. Останніми з виявлених найпотужніших гормонів росту стали брасиностероїди. В рослині вони містяться в досить низьких концентраціях, але мають вагомий вплив на її ріст і розвиток [48].

Було доведено, що саме завдяки регуляторам росту активізується імунна система рослин, підвищуючи їх стійкість до кліматичних стресів та захворювань різної етіології, а також збільшуючи кількість зав'язей, сприяючи перерозподілу поживних речовин у господарсько важливі органи рослин і тим самим впливаючи на терміни дозрівання врожаю [49].

На сьогодні продемонстровано, що застосування фізіологічно активних речовин підвищує врожайність рослин. Особливий інтерес викликають при цьому синтетичні регулятори росту - аналоги природних фітогормонів, що володіють специфічним спектром фізіологічної активності, в яких багато властивостей фітогормонів редуковані, але одночасно посилюється їх захисна дія [50, 52, 51].

У роботах з рослинами ячменю виявлено, що такі регулятори росту стимулюють біосинтетичні процеси та впливають на білоксинтезуючий апарат листя, сприяють підвищенню температурного порога коагуляції білків цитоплазми, оптимізують формування та функціонування апарату фотосинтезу, стабілізують величину листової поверхні та інтенсивність фотосинтезу [53].

Також слід звернути увагу на те, що більшість препаратів, які використовуються в даний час, належать до категорії хімічних сполук і можуть бути причиною забруднення довкілля. Вони токсичні, мають кумулятивний ефект, а в ряді випадків мутагенну і канцерогенну дію. У зв'язку з цим в екологічно безпечних технологіях обробітку сільськогосподарських культур

перевагу необхідно надавати стимуляторам росту природного та рослинного походження [54, 55].

Тому науковий та практичний інтерес становить вивчення спільного застосування добрив та регуляторів росту на таких культурах, як озимі жито і тритикале, озима та яра пшениця, ячмінь, які є важливими продовольчими та кормовими культурами [56].

Крім того, на сучасному етапі господарювання актуальним є використання елементів технології зі значним зниженням енерговитрат. Саме застосування регуляторів росту рослин і є одним із таких підходів, що вже досить широко досліджено на багатьох сільськогосподарських культурах. Важливою характеристикою дії рістрегулюючих препаратів, як відомо, є підвищення стійкості рослин до несприятливих факторів середовища, нестачі вологи, змін температурного режиму, ураження рослин хворобами і шкідниками тощо. Багатьма дослідниками, у тому числі з України та інших країн світу, встановлено, що сучасні регулятори росту здатні підвищувати врожай основних сільськогосподарських культур на 10–30 % [57].

На сьогодні досить актуальним є використання в якості регуляторів росту метаболічно активних сполук. Зокрема, велику цікавість викликають вітаміни та їх попередники.

Токоферолі (вітамін E) є ліпофільними антиоксидантами, які синтезуються усіма рослинами, переважна більшість його міститься в насінні [58].

Вітамін E є загальною назвою для ліпофільних природних сполук, молекулярна структура яких складається з хроманольного кільця з бічним ланцюгом, розташованим у положенні C2, і включає чотири токоферолі та чотири токотрієнолі. Вітамін E, виявлений як дієтичний фактор, необхідний для нормального відтворення, тепер вважається основним антиоксидантом, що

знешкоджує вільні радикали в організмі людини та захищає біологічні молекули від шкідливих окисних модифікацій [59].

Синтез токоферолу відбувається лише у фотосинтезуючих організмів у внутрішній мембрані хлоропластів і розподіляється між мембранами хлоропластів, тилакоїдами і пластоглобулами. На даний момент мало відомо про функцію вітаміну Е в рослинних організмах. Однією з найкраще охарактеризованих функцій токоферолів у клітинах є їх здатність гасити активні форми кисню та жиророзчинні побічні продукти окислення. Є дані про участь різних механізмів дії α -токоферолу в захисті фотосистеми II від фотоінгібування як шляхом дезактивації синглетного кисню, що продукується нею, так і шляхом зниження протонної проникності тилакоїдних мембран, що призводить до закислення просвіту за умови високої освітленості та активації віолаксантиндеепоксидази. Була продемонстрована додаткова біологічна активність токоферолів, незалежна від їх антиоксидантних функцій. Основні механізми цих ефектів пов'язані з модуляцією шляхів передачі сигналу специфічними токоферолами і, в деяких випадках, з транскрипційною активацією експресії генів [59].

До 1990-х років вважалося, що функція α -токоферолу в рослинах пов'язана лише з антиоксидантною активністю та підтримкою цілісності мембрани. Пізніше з'ясувалося, що крім фото- та антиоксидантних захисних функцій α -токоферол здатний відігравати роль в передачі сигналів в клітинах рослин, так само, як і в клітинах тварин. Експерименти, що виконані на рослинах-мутантах, які не здатні до синтезу токоферолу, довели це припущення [60].

Останнім десятиліттям науковцям вдалось ідентифікувати гени, необхідні для синтезу токоферолів в рослинах і ціанобактеріях. Була створена серія організмів-мутантів, у яких порушено певні етапи синтезу токоферолів,

що дає змогу по-новому зрозуміти їх функції у фотосинтезуючих організмах. Токоферолі необхідні для контролю неферментативного перекисного окислення ліпідів під час спокою насіння та його проростання. Їх відсутність призводить до підвищених рівнів малонового діальдегіду та фітопростанів, а також до неналежної активації захисних реакцій рослин. Було доведено, що дефіцит токоферолу в зрілому листі має обмежені наслідки за більшості абіотичних стресів, включаючи високоінтенсивний світловий стрес. Розвиток клітинної стінки клітин-переносників флоєми в холодних умовах серйозно порушується у зрілих листках мутантів з дефіцитом токоферолу, що вказує на те, що токоферолі необхідні для належної адаптації навантаження флоєми при низьких температурах [61].

Токоферол є потужним природним антиоксидантом завдяки його здатності гальмувати процеси вільнорадикального окислення. Дія екзогенного токоферолів на ріст та розвиток рослин з'ясовано недостатньо, а застосування подібної речовини природного походження є перспективним з огляду на екологізацію ведення сільського господарства [62].

Магній є найпоширенішим вільним двовалентним катіоном у клітині, одним із основних макроелементів, який необхідний для процесів росту та розвитку рослинного організму [63].

Магній займає четверте місце за кількісним показником у організмі рослини, є важливим рослинним макроелементом, який відповідає за модуляцію багатьох фізіологічних та біохімічних процесів, зокрема, таких як синтез амінокислот, відіграє важливу роль у фотосинтетичній активності, оскільки входить до складу молекули хлорофілу [64, 65].

Роль цього макроелементу у життєдіяльності рослини вкрай важлива та полягає в прискоренні ферментативних процесів, синтезі вуглеводів, він входить до складу рибосом, сприяє активному росту кореневої системи та

засвоєнню поживних речовин з ґрунту (зокрема азоту), каталізує синтез аденозинтрифосфатів з нуклеозиддифосфатів. Магній є важливим елементом живлення для рослини (особливо у молодих частинах) під час цвітіння, плодоношення та дозрівання насіння, отже, суттєво впливає на формування початків та озерненість. Велика кількість вмісту магнію і фосфору є у дозрілому насінні, а в зеленому – у 3 рази більше, ніж кальцію [66].

Важливим фізіологічним процесом є підтримка гомеостазу Mg^{2+} . Mg^{2+} необхідний для функціонування багатьох клітинних ферментів і для агрегації рибосом. Концентрації Mg^{2+} також модулюють іонні потоки через хлоропласт і вакуолярні мембрани, і, таким чином, можуть регулювати іонний баланс у клітині та продиховому отворі. Значення гомеостазу Mg^{2+} було встановлено з огляду на роль Mg^{2+} у фотосинтезі. Mg^{2+} є центральним атомом молекули хлорофілу, і зміни його рівня у хлоропластах впливають на активність ключових фотосинтетичних ферментів. Основну роль у гомеостазі Mg^{2+} рослинних клітин виконує рослинна вакуоль. Надходження Mg^{2+} у вакуоль відбувається завдяки функціонуванню Mg^{2+}/H^{+} -обмінників. Вакуолярний обмінник Mg^{2+}/H^{+} у *Arabidopsis*, AtMNX, активно транскрибується в судинній тканині, очевидно, найбільше в паренхімі ксилеми. Включення іонів Mg^{2+} у вакуолі цієї тканини може визначати їх розподіл між різними органами рослин [67].

Убіхінон (коензим Q10, КоQ10) відноситься до поширених коферментів, які присутні у всіх клітинах рослин, грибів, мікроорганізмів та тварин. Звідси пішла і його назва «убіхінон» - усюдисущий хінон. Вперше убіхінон був виділений в 1957 р. Ф. Крейном із серця бика, а в 1958 р. К. Фолкерс визначив його структуру. В 1978 р. американський вчений Пітер Мітчел отримав Нобелівську премію за розробку хеміосмотичної теорії, де проявляється і роль

убіхінону у функціонуванні ланцюга транспорту електронів в мітохондріях [68].

Убіхінон є 2,3-диметокси-5-метил-1-4-бензохіноном з поліізопреноїдним бічним ланцюгом у 6-му положенні. Убіхінони належать до групи природних біологічно активних хінонів і біосинтетично споріднені з такими сполуками, як вітамін Е, К, пластохінони. Серед гомологів Q в природі в основному розповсюджені Q_6 - Q_{10} , кожний з яких має поліпреніловий ланцюг у трансконфігурації. Кількість поліпренільних залишків (n) може дорівнювати від 1 до 15. Коензим Q_{10} представлений жовто-оранжевими кристалами (кристалічний порошок) без смаку і запаху [69]. У людини, ссавців, більшості видів риб та вищих рослин переважає вищий гомолог Q_{10} ; у нижчих рослин, зокрема нижчих фотосинтезуючих водоростей переважає Q_9 , який міститься також в оліях рослинного походження; у грибів і бактерій знайдено всі гомологи Q_n [70].

Убіхінони відіграють важливу роль у біоенергетиці клітин більшості прокариот і усіх еукаріот. Основна функція убіхінонів — це перенесення електронів та протонів від різних субстратів до цитохромів при диханні та окислювальному фосфорилуванні. Убіхінони, головним чином у відновленій формі, виконують антиоксидантну функцію [71]. Убіхінон є унікальним антиоксидантом, оскільки він синтезується ендогенно та наявний у всіх мембранах. Він перевершує інші антиоксиданти як кількісно, так і якісно. Його захисна дія спрямована на ліпіди, білки та ДНК. Однією із важливих антиоксидантних властивостей убіхінону є його здатність регенерувати інші антиоксиданти, такі як вітамін Е і аскорбінова кислота [72].

Убіхінон є вітаміноподібною речовиною і синтезується в організмі з амінокислоти тирозин за участю вітамінів B_2 , B_3 , B_6 , B_{12} , С, фолієвої та пантотенової кислот, а також ряду мікроелементів. Це складний,

багатоступінчастий процес, який регулюється кількома ферментними системами. При дефіциті вітамінів і мікроелементів, при порушеннях з боку регуляторних ферментних систем, навіть не за умов розвитку патологічного стану, ендogenous біосинтез КоQ10 не забезпечує потреб організму. Компенсувати його дефіцит, проте лише частково, може надходження коензиму Q10 з їжею [73].

Окрім того, він є незамінним кофактором для забезпечення нормальної роботи дигідрооратдегідрогенази та роз'єднуючих білків UCPs. Також убіхінон проявляє властивості регулятора генетичної експресії, завдяки чому він здатен впливати на перебіг запальних процесів і метаболізм ліпідів у клітинах живих організмів. Окрім того, CoQ бере участь в епігенетичній регуляції активності різноманітних генів за допомогою мікроРНК, модифікації гістонів і метилювання ДНК [74].

Метіонін є незамінною сірковмісною амінокислотою, яка бере участь в унікальних для організму процесах: ініціації синтезу білка, процесі метилювання (у формі S-аденозилметіоніну) [75]. Метіонін є попередником сукциніл-КоА, гомоцистеїну, цистеїну, креатину та карнітину. Він бере участь в регуляції багатьох метаболічних процесів, вродженої імунної системи, роботи травної системи у ссавців тощо. Він залучений до метаболізму ліпідів, активації ендogenous антиоксидантних ферментів, таких як метіонінсульфоксидредуктаза А, і біосинтезі глутатіону [76, 77].

Поліпшити посівні якості зернових культур регулюючи процеси метаболізму в насінні можна за допомогою застосування екологічно безпечних ексогенних регуляторів росту, використовуючи їх в мікродозах.

Останні наукові дослідження довели якісний вплив метіоніну на проростання насіння та зростання проростків озимої пшениці, що зумовлює покращення посівних якостей насіння [78].

Показано, що застосування метіоніну позитивно впливає на процес проростання насіння, збільшується довжину кореня та пагона проростка, масу кореня та паростка [79]. Метіонін активує збільшення переважно пагонів у проростків. Це сприяє перерозподілу пластичних речовин та пов'язано зі зміною донорно-акцепторних відносин між пагоновою та кореневою системою проростків. Це дозволяє припустити активне накопичення пластичних речовин у генеративної частини, що сприяє збільшенню продуктивності [79].

Зокрема, застосування препаратів, що містять метіонін, на посівах злаків підвищує стійкість останніх до вилягання та позитивно впливає на довжину колосу та його озерненість. Крім того, встановлено, що з внесенням метіоніну у рослин посилюється імунітет до патогенних бактерій, зокрема до *Pseudomonas* і *Xanthomonas* [80].

Отже, метіонін стимулює проростання насіння, посилює зростання коренів, регулює відкривання-закривання продихів, посилює процеси запилення та зав'язування плодів, оптимізує водообмін, регулює утворення етилену, є попередником гормонів росту [81].

Фізіологічна активність *бензойної* та *параоксибензойної кислоти* вивчена на даний час недостатньо. Ці кислоти синтезуються в фенолпропанойдному шляху і можуть брати участь в ініціюванні адаптивних реакцій рослин. Обробка рослин екзогенними бензойною та параоксибензойною кислотами може сприяти підвищенню стійкості рослин до абіотичних стресорів. При цьому дія параоксибензойної кислоти виражена сильніше порівняно з бензойною кислотою. Вважають, що зазначені ефекти екзогенної параоксибензойної кислоти пов'язані з посиленням генерації АФК, яке, свою чергу, обумовлено активацією відповідних ферментів – НАДФН-оксидази, пероксидази та СОД [82].

Висновки до розділу 1

Отже, 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 вологи тощо. 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. В літературі описано 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.

Враховуючи той факт, що насіння є основною і життєво важливою складовою стійкого росту продуктивності сільського господарства, 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, які будуть ефективно впливати на обмінні процеси в рослині та одночасно будуть безпечними для оточуючого середовища та людини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Маслак О., Радченко М. Варто вирощувати жито. *АСКОЕХРЕКТ*. 2011. № 2. С. 14–17.
2. Авраменко С., Цехмейструк М., Глибокий О., Шелякін В. Нові аспекти вирощування жита озимого. URL: <https://u.to/L8DSHA> (дата звернення: 20.01.2023).
3. Шибанін В.С. Зерновиробництву України – інноваційний розвиток. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. №1. С. 3–10.
4. Кудря С. І., Клочко М. К., Кудря Н. А. Вологозабезпеченість і урожайність пшениці озимої залежно від попередника. *Вісник аграрної науки*. 2007. №11. С. 23–26.
5. Агроклиматический справочник по Черниговской области / за заг. ред. Н. Н. Акимовича. Л.: Гидрометиздат, 1958. 246 с.
6. Жемела Г. П., Шакалій С. М. Вплив попередників на врожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 3. С. 20–22.
7. Квасніцька Л. С. Формування показників якості зерна пшениці озимої в польових сівозмінах Поділля. *Вісник ЖНАЕУ*. 2012. №1(1). С. 149–155.
8. Чернилевський М. С., Дереча О. А., Кривич Н. Я., Рибак М. Ф. Біологічне землеробство в умовах Правобережного Полісся України. Житомирський ДАУ, 2002. 156 с.
9. Рябущиць О. П. Особливості технології вирощування жита озимого в умовах Полісся. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2011. №4. – С. 118–120.
10. Зінченко О. І., Алексеева О. С., Приходько П. М. та ін. Біологічне рослинництво: Навч. Посібник / за ред. О.І. Зінченка. Київ: Вища школа, 1996. 239 с.

11. Фурсова Г. К., Фурсов Д. І., Сергєєв В. В. Рослинництво: Лабораторно практичні заняття Ч. 1. Зернові культури. Навчальний посібник / за ред Г.К. Фурсової. Харків: ТО Ексклюзив, 2004. 380 с.
12. Жито посівне. Лікарські рослини: енциклопедичний довідник / за ред. А. М. Гродзінського. Київ: Видавництво «Українська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана, Український виробничо-комерційний центр «Олімп», 1992. С. 161.
13. Шкумат Н. О., Порудєєва Т. В. Продуктивність культур короткоротаційних сівозмін залежно від структури посіву. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2006. С. 16–21.
14. Мамбетов К. Б. Влияние удобрений на структуру урожая озимой пшеницы. *Вестник кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина*. 2014. №1(30). С. 288-291.
15. Філіпов Г. Л. Загальна та продуктивна кущистість зернових культур. URL: <https://u.to/ky3TNA> (дата звернення: 20.01.2023).
16. Жито повертається. URL: <https://u.to/vy7YHA> (дата звернення: 20.01.2023)
17. Петренкова В. П., Лучна І. С., Боровська І. Ю. Залежність фітосанітарного стану посівів пшениці озимої від погодних умов. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2016. №20. С. 60–68.
18. Пересипкін В. Ф. Сільськогосподарська фітопатологія. Київ: Аграрна освіта, 2000. 415 с
19. Донець М. М. Насінництво з основами селекції. НМЦ, 2003. 68 с.
20. Фаза кущення озимого жита. URL: <https://u.to/XEvYHA> (дата звернення: 20.01.2023).
21. Бугайов В. Д., Васильківський С. П., Власенко В. А. та ін. Спеціальна селекція польових культур: Навчальний посібник / за ред. М.Я. Молоцького. Біла Церква, 2010. 368 с.

22. Скорик В. В., Скорик В. В., Симоненко Н. В., Скорик О. П. Синтетик озимого жита (*Secale cereale* L.) Забава. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2009. №1(9). С. 79–86.
23. Дробітько А. В. Сортознавство: курс лекцій. Миколаїв: МНАУ, 2014. 75 с.
24. Мазур В. А., Ткачук О. П., Яковець Л. А. Екологічна безпека зернової та зернобобової продукції. Вінниця: ВНАУ. 2020. 442 с.
25. Мерко І. Т., Моргун В.О. Наукові основи і технологія переробки зерна. Одеса, 2001. 348 с.
26. Гуменюк О. Л. Харчова хімія. Підручник. Ч 2. Чернігів: ЧНТУ. 2018. 155 с.
27. Spezieller Pflanzenbau / Herausgegeben von Prof. Dr. h.c. K.-U. Heyland. Bonn 7. Auflage, 1996. S. 157–176.
28. Подпряттов Г. І., Рожко В. І., Скалецька Л. Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. К.: Аграрна освіта, 2014. 393 с.
29. Моргун В. В., Шваргау В. В., Киризий Д. А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. Т.42. №3. С. 371–392.
30. Адаменко Т. Особливості погодних умов весняно-літньої вегетації сільськогосподарських культур в Україні. *Агроном*. 2009. № 3. С. 12–13.
31. Кисимуратова С. А., Усгмбаева Ж. К., Шаншарова Д. А. Перспективы использования муки из цельносмолотого зерна. *Технология и безопасность пищевых продуктов*: Мат. межд. н-пр. конф. Секція 1. Алматинский технологический университет. Алмата, 2007. С. 20-21.
32. Khan K., Tanmingo G., Luka O. The effect of wheat blair proteins on mixing and baking correlations with protein fraction and high molecular weight subunit composition by gel electrophoresis. *Cereal Chem*. 1989. №66. P. 391–396.

33. Сидоренко А. В., Снігир В. П., Міненко О. В. Екологічний фактор і якість зерна пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. №. 2. С. 45–47.
34. Харчова хімія. Тексти лекцій для студентів напряму підготовки 6.051701 "Харчові технології та інженерія" / уклад. Гуменюк О. Л. Чернігів: ЧДТУ, 2013. 244 с.
35. Симоненко Н. В. Вміст білка у зерні сортів жита озимого (*Secale cereale* L.) і його успадкування гібридами. *Colloquium journal*. 2022. №4(127). С.31–35. doi:10.24412/2520-6990-2022-4127-31-35.
36. Brzezinski W., Mendelewski P. Improved PAGE procedure for identification of wheat, triticale, barley and oat cultivar // XII EUCARPIA Congr. (Febr. 28, 1989). Gottingen: Vortrage fur Pflanzenzuchtung. 1989. P. 15.
37. Жито як сидерат: відгуки садівників, терміни посадки, сумісність з іншими рослинами. URL: <https://u.to/b4TTNA> (дата звернення: 19.01.2023).
38. Ларченко К. А., Моргун Б. В. Ознаки якості зерна пшениці та методи їх поліпшення. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. Т.42. No 6. С. 463–474.
39. Свидинюк І. М., Шморгун О. В. Реалізація біологічного потенціалу зернових культур за різних технологій вирощування. *Збірник наукових праць ННЦ Інститут землеробства НААН*. 2008. С. 49–55
40. Манько К., Костромітін В., Музафаров Н. Нетрадиційні попередники для жита озимого. *Агронерспектива*. 2010. № 8. – С. 38–40.
41. Білітюк А. П., Шередеко Л. М. Якість зерна тритикале озимого залежно від удобрення в умовах Західного регіону України. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2009. С. 129–140.
42. Компанієць В. О., Солодушко М. М, Кулик. А. О. Економічна ефективність вирощування сучасних сортів пшениці озимої в умовах Північного Степу

- України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 4. С. 81–85.
43. Волощук О. П., Волощук І. С., Глива В. В., Герешко Г. С. Екологічне випробування сортів пшениці озимої в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. № 59. С. 40–45.
44. Уліч О. Л., Гринів С. М., Балицька Л. М., Терещенко Ю. Ф. Агробіологічні та господарські властивості нових високобілкових сортів пшениці м'якої озимої. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2015. № 1. С. 96–99.
45. Фаза кущення озимого жита. URL: <https://u.to/XEvYHA> (дата звернення: 20.01.2023).
46. Продуктивність і структура врожаю озимої пшениці. URL: <https://u.to/82LYHA> (дата звернення: 20.01.2023).
47. Авраменко С., Цехмейструк М., Глибокий О., Шелякін В. Нові аспекти вирощування жита озимого. URL: <https://u.to/L8DSHA> (дата звернення: 20.01.2023).
48. Плотніков В. 5 Унікальних властивостей біостимулятора Вітазим. URL: <https://u.to/w6LTNA> (дата звернення: 20.01.2023).
49. Вакуленко В.В. Вплив регуляторів зростання на врожайність та якість озимого жита. URL: <https://u.to/0IvYHA> (дата звернення: 20.01.2023).
50. Василенко М. Г, Стадник А. П, Душко П. М, Драга М. В. та ін. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин. *Agroecological journal*. 2018. № 1. С. 96–100.
51. Маренич М. М., Юрченко С. О. Посівні властивості насіння сільськогосподарських культур залежно від застосування стимуляторів росту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 1–2. С. 18–21.

52. Остапчук М. О., Поліщук І. С., Мазур О. В., Максимов А. М. Використання біопрепаратів-перспективний напрямок вдосконалення агротехнологій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. №2. С. 5–17.
53. Грицюк Н. В. Вплив комплексних препаратів для передпосівної обробки насіння на ураженість кореневими гнилями та продуктивність пшениці озимої. *Захист і карантин рослин*. 2013. №59. С. 63–71.
54. Лапаїн В. В. Застосування багатокomпонентного добрива ECO–FLASH на посівах сільськогосподарських культур. *НТІ та ринок*. 1998. №1. С. 11–12.
55. Маренич М. М. Передпосівна обробка насіння як елемент управління продуктивним потенціалом пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 4. С. 42–46.
56. Танасевич В. І. Вплив бінарних сумішей протруйників і біостимуляторів на врожайні властивості насіння пшениці озимої. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН*. 2006. № 1–2. С. 161–165
57. Гамаюнова В. В., Касаткіна Т. О., Кувшинова А. О. Значення регуляторів росту в підвищенні врожайності зерна сортів ячменю ярого і озимого на півдні України. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (7 червня 2019)*. 2019, Київ. С. 178–180.
58. Sattler S. E., Gilliland L. U., Magallanes-Lundback M., Pollard M., Della Penna D. Vitamin E Is Essential for Seed Longevity and for Preventing Lipid Peroxidation during Germination. *The Plant Cell*. 2004. №16. P. 1419–1432. DOI: 10.1105/tpc.021360
59. Mokroshop V.M. Function of tocopherols in the cells of plants and other photosynthetic organisms. *Ukr. Biochem. J.* 2014, Vol.86(5). P. 26-36. doi: 10.15407/ubj86.05.026

60. Munne-Bosch S. α -Tocopherol: a multifaceted molecule in plants. *Vitam. Horm.* 2007. №76. P. 375-392.
61. Maeda H., DellaPenna D. Tocopherol function in photosynthetic organisms. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2007. №10(2). P. 260–265. doi: 10.1016/j.pbi.2007.04.006
62. Ahmed N., Habib U., Younis U. et al. Growth, chlorophyll content and productivity responses of maize to magnesium sulphate application in calcareous soil. *Open Agric.* 2020. Vol.5, №.1. P. 792–800. doi: 10.1515/opag-2020-0023
63. Li L., Tutone A. F., Drummond R. S. M. et al. A Novel Family of Magnesium Transport Genes in Arabidopsis. *Plant Cell.* 2001. Vol.13, №.12. P. 2761–2775. doi:10.1105/tpc.010352.
64. Ahmed N., Habib U., Younis U. et al. Growth, chlorophyll content and productivity responses of maize to magnesium sulphate application in calcareous soil. *Open Agric.* 2020. Vol.5, №.1. P. 792–800. doi: 10.1515/opag-2020-0023
65. Li L., Tutone A. F., Drummond R. S. M. et al. A Novel Family of Magnesium Transport Genes in Arabidopsis. *Plant Cell.* 2001. Vol.13, №.12. P. 2761–2775. doi:10.1105/tpc.010352.
66. Шадчина Т. М. Функціональні характеристики фотосинтетичного апарату сучасних сортів озимої пшениці. *Фізіологія і біохімія культурних рослин.* 2010. Т.42. №4. С. 339–347.
67. Shaul O. Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. *Biometals.* 2002. №15. P. 309-323.
68. Okamoto T., Matsuya T., Fukunaga Y., Kishi T. et al. Human serum ubiquinol-10 levels and relationship to serum lipids. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research. Internationale Zeitschrift für Vitamin- und Ernährungsforschung. Journal International de Vitaminologie et de Nutrition.* 1989. No.59(3). P 288–292. PMID: 2599795.

69. Убіхінон. URL: <https://u.to/5pDYHA> (дата звернення: 20.01.2023).
70. Донченко Г. В., Кучменко О.Б., Петухов Д. М. Біохімічні властивості і функціональна роль убіхінону (CoQ). Практичні аспекти застосування. *Український біохімічний журнал*. 2005. Т.77. №5. С.24–36.
71. Ковальов В. М., Павлій О. І., Ісакова Т. І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин: підруч. для студ. вищ. фармац. навч. закл. та фармац. ф-тів вищих мед. навч. закл. III—IV рівнів акред. (2-е вид.). Х.: Вид-во НФаУ, МТК-книга. 2004. 704 с
72. Дзюба В., Кучменко О. Сучасні уявлення про роль убіхінону в процесах метаболізму клітини. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2017. №75. С. 3–13.
73. Littarru G. P., Langsjoen P. Coenzyme Q10 and statins: biochemical and clinical implications. *Mitochondrion*. 2007. Vol.7. P. 168–174. doi: 10.1016/j.mito.2007.03.002.
74. Власенко С. П., Власенко В. А. Розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу в селекції зернових культур. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла*. 2002. Вип. 2. С. 12–17.
75. Nomenclature and Symbolism for Amino Acids and Peptides. Recommendations 1983. *European Journal of Biochemistry*. 1984. Vol. 138. No.1. С. 9–37. doi: 10.1111/j.1432-1033.1984.tb07877.x.
76. Martínez Y., Li X., Liu G. et al. The role of methionine on metabolism, oxidative stress, and diseases. *Amino Acids*. 2017. Vol.49. №12. P. 2091–2098. DOI: 10.1007/s00726-017-2494-2
77. Luo S., Levine R. L. Testing The Hypothesis That “Methionine Residues In Proteins Are Antioxidants.” *FASEB J*. 2008. Vol.22, №S1. P. 758.1-758.1. doi: 10.1096/fasebj.22.1_supplement.758.1.

78. Benderradji L., Kellou K., Ghadbane M., Salmi M., Saibi W. et al. Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on In Vitro Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Growth Parameters and Biological Control Mechanisms. *Advances in Microbiology*. 2016. No6(9). P. 677-690. doi: 10.4236/aim.2016.69067
79. Кавунець В. П. Посівні та врожайні властивості насіння озимої пшениці залежно від умов вирощування. *Наукові розробки, реалізація потенціалу с.-г. культур: збірник наукових праць УААН*. Київ : Аграрна наука, 1999. С. 79–80.
80. Кліпакова Ю. О., Прісс О. П. Вплив передпосівної обробки насіння на осінньо-зимовий період вегетації рослин пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Рослинництво, «Селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання»*. 2018. No1. С. 203-214.
81. Августинович М., Чумак А. Аминокислоти для растений, действие. *Журнал «Пропозиція»*. 2018. №12. URL: <https://u.to/7mzUHA>
82. Yastreb T. O., Kolupaev Yu. Ye., Vayner A. O. Induction of heat resistance in wheat coleoptiles by 4-hydroxybenzoic acid: connection with the generative of reactive oxygen species. *J. Stress Physiol. Biochem*. 2012. Vol.8. N3. P.72–81.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Матеріал та схема проведення досліджень.

Дослідження за темою дисертаційної роботи виконували впродовж 2019–2021 рр. на агробіостанції (польові досліді) та в навчально-науковій лабораторії з біохімічних та медико-валеологічних досліджень (лабораторні досліді) Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

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.

Біологічна характеристика сортів озимого жита наступна:

Синтетик 38 – сорт зернового та кормового напрямку, стійкий до вилягання, високий потенціал урожайності, добре реагує на мінеральне живлення, висока стійкість до грибних хвороб, крупне зерно, довгий колос, високе число падіння. Сорт виведений Носівською селекційною дослідною станцією Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН України методом гібридизації в 2006 році. Стебло товсте, до 5 мм, міцне. Лист у період кушіння має опушення з нижнього боку біля піхви, восковий наліт слабкий. Лист зеленого кольору, крупний широкий. Колос у період повної стиглості циліндричний напів прямостоячий, жовтий. Сортів характеризує висока кущистість, крупне зерно, крупний колос та високе стебло (115 - 120 см). За

період випробування урожайність сорту становила 53,2 - 62,0 ц/га. Максимальна врожайність - 79,8 ц/га. Вегетаційний період 282 - 305 діб. Маса 1000 зерен 40,3 - 42,9 г. Висота рослини 115 - 120 см. Вміст сирого протеїну 10,0 - 11,8 %. Об'єм хліба зі 100 г борошна 397 мл. Загальна хлібопекарська оцінка 6,5 бала. Рекомендований для зон: Степ, Лісостеп, Полісся [1].

Забава – сорт-синтетик *Забава*, створений Носівською селекційною дослідною станцією, переданий на державне сортовипробування у 2007 р. Диплоїдний (2п = 14). Сорт озимого жита *Забава* з домінантно обумовленою короткостеблістю характеризується високою продуктивною кущистістю, тому для утворення оптимальної кількості колосоносних стебел на площі доцільно застосовувати невисокі норми висіву. Для формування високого врожаю зерна достатньо висівати 2,5 - 3 млн схожих насінин на 1 га. Озиме жито *Забава* утворює 520-550 продуктивних стебел на 1 м², що регулюється складним біологічним механізмом компенсаторного ефекту. Продуктивна кущистість жита *Забава* висока, передбачає потужну регенераційну здатність весною.

Озиме жито *Забава* - алогамна вітрозапилювальна культура. Квітування його залежить від умов середовища, переважно від температури і вологості повітря. Настає квітування через 7-12 діб після виколошування. Одна квітка цвіте 12-30 хв, колос - протягом 4-5 днів.

Суцвіття синтетика *Забава* - складний колос незакінченого петруського типу, тобто без верхівкового колоска. Колос рослин жита *Забава* стандартної форми складається з двох квіткових колосків. Число квіток 68-76 шт., озерненість - 90-92%. Формування колоса проходить у період кущення рослин. У озимого жита це відбувається пізно восени перед припиненням вегетації рослин. Колос синтетика *Забава* призматичний, середньої щільності, довжиною 11-13 см, формує крупне зерно з масою 1000 зерен 45-52 г і більше.

Цей сорт має відмінні борошномельні і хлібопекарські якості. Вміст білка і незамінних амінокислот у зерні - основний показник його поживної цінності, яка може змінюватися під впливом умов вирощування. Білок жита сорту Забава на 30- 40% містить більше лізину порівняно з пшеничним. За рахунок жита потреби людини в лізині задовольняються на 58%, а за рахунок пшениці лише на 38%. У сорту-синтетика Забава вміст лізину в білку становить 4,8%, а вміст білка в зерні - 11,8-12,6%.

У сорта висока стійкість до зимових морозів та середня до посушливих періодів. У весняно-літній період сорт формує середньорослий кущ із стійкими до вилягання та ламкості стеблами. Зерно Забави містить багато білків, вуглеводів та клітковини, тому він високо цінується у пекарів. В період вегетації сорт зберігає відмінний фітосанітарний стан. Забава – середньостиглий сорт озимого жита із високим виходом крупного кондиційного зерна [1,2].

Посівні якості насіння сортів відповідали вимогам ДСТУ 2240-93 [3].

Передпосівну обробку насіння проводили композиціями метаболічно активних речовин: вітамін Е (10^{-8} М), параоксибензойна кислота (ПОБК) (0,001%), метіонін (0,001%), убихінон-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 (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) + убихінон-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.

Повторність досліду – трьохразова. В процесі проведення дослідів керувалися методикою дослідної справи Доспехова Б.А. [4].

Основні обліки та спостереження за ростом і розвитком рослин проводили згідно з «Методикою Державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [5]. Зокрема, проводили фенологічні спостереження за настанням основних фаз росту і розвитку, а саме початок і поява сходів, кущіння, вихід в трубку, колосіння, цвітіння, молочна стиглість, воскова і повна стиглість зерна. Початок кожної фази росту та розвитку встановлювали за настанням їх у 10% рослин, повну – не менше ніж у 75% рослин [6].

Динаміку дозрівання зерна вивчали з метою виявлення особливостей сорту та тривалості наливу зерна, термінів настання та тривалості фаз стиглості залежно від сорту, умов вирощування, оптимальних строків збирання. Визначення стиглості зерна проводили органолептичним методом через 12–15 днів після фази повного цвітіння рослин і повторювали кожні три дні.

2.2. Методики проведення досліджень.

Методика проведення морфометричних досліджень. Морфометричні показники – висоту та масу стебла, довжину, масу та кількість коренів визначали за загальновизнаними підходами [7]. Вміст сухої речовини в рослинному матеріалі обчислювали ваговим методом [7]. Площу окремого листка визначали за допомогою визначення його довжини і ширини з

використанням перевідного коефіцієнта [7]. Визначення продуктивної кущистості проводили у фазу воскової стиглості зерна за методом [7].

Визначення вмісту хлорофілів в листках рослин жита озимого. Екстракцію хлорофілів проводили за допомогою 96% етанолу [8]. Кількісний вміст хлорофілів визначали за допомогою спектрофотометричного методу, визначаючи оптичну густину розчину при довжині хвилі, що відповідає максимумам спектра поглинання хлорофілів *a* та *b* у 96 % етанолі, тобто 662 нм та 644 нм відповідно.

Концентрацію хлорофілу *a* та *b* (мг/л) розраховували за наступними формулами:

$$C_{\text{хл.}a} = 13.70 \cdot A_{662} - 5.76 \cdot A_{644},$$

$$C_{\text{хл.}b} = 25.80 \cdot A_{644} - 7.60 \cdot A_{662},$$

де A_{644} – оптична густина розчину за довжини хвилі 644 нм; A_{662} – оптична густина розчину за довжини хвилі 662 нм.

Кількісний вміст зелених пігментів (X , мг/г) розраховували за наступною формулою: $X = V \cdot C \cdot 100 / m \cdot 1000 (100-W)$, де V – об'єм спиртової витяжки, мл; C – концентрація хлорофілу у спиртовій витяжці, мг/л; m – маса наважки сировини, г; W – втрата в масі при висушуванні сировини, %.

Визначення елементів структури врожаю. Довжину колоса визначали вимірюванням колоса. Масу зерна з одного колоса – шляхом ділення маси зерна снопового зразка (в грамах) на кількість продуктивних стебел випробуваної культури, масу насіння після його очистки. Згідно стандарту масу 1000 зерен визначали за 2-ма наважками по 500 зерен, переводячи на масу 1000 зерен і обчислювали середню масу з точністю до 0,1 г.

Біологічний урожай обліковували з визначенням вологості під час збирання та перерахунком на стандартну 14-ти відсоткову вологість [7].

Визначення амілазної активності в зерні жита озимого. Під дією амілаз в рослинах відбувається гідроліз крохмалю. У рослинах зустрічаються α - та β -амілази. Окреме кількісне визначення активності α - та β -амілаз засноване на їхній різній термостабільності: β -амілаза руйнується нагріванням до 70°C , α -амілаза при цьому зберігає свою активність. Для визначення активності амілаз використовували йодометричний метод, тобто визначення кількості нерозщепленого ферментом крохмалю після обробки розчином йоду. Наважку $0,5\text{ г}$ зерна розтирали з невеликою кількістю 1% -ного розчину NaCl . Співвідношення між наважкою та розчином NaCl $1:10$. Проби перемішували і залишали стояти при кімнатній температурі протягом 30 хв , періодично струшуючи. Потім фільтрували та отримували ферментний препарат. Для визначення активності α - та β -амілази брали 4 пробірки (2 дослідні та 2 контрольні) і вносили у них по 3 мл ацетатного буфера та 3 мл 2% розчину крохмалю. Суміш нагрівали на водяній бані до 40°C . Потім до дослідних пробірок вносили по $0,2\text{ мл}$ ферментного препарату, а в контрольні таку саму кількість H_2O . Потім проби інкубували при 40°C на 30 хв . та додавали по 2 мл 1 н розчину HCl для припинення дії амілаз. Для виявлення крохмалю, що не прореагував з ферментом, проводять реакцію із йодом. Для цього в мірні колби на 50 мл додавали біля 30 мл води, 1 мл $0,1\text{ н}$ HCl , 5 крапель $0,3\%$ розчину йоду (в 3% розчину йодистого калію) і вносили із кожної пробірки по $0,5\text{ мл}$ суміші. Вміст колб добре перемішували, доводили до мітки водою. Амілазну активність вимірювали колориметрично за довжини хвилі 595 нм . Для визначення активності α -амілази в конічну колбу на 100 мл доливали 5 мл ферментного препарату, додавали на кінчику ножа сухий оцтовокислий кальцій і витримували протягом 15 хв на водяній бані при 70°C . Потім вміст колби швидко охолоджували. При такому прогріванні β -амілаза повністю інактивується, α -амілаза зберігає свою активність. Далі визначення амілазної

активності проводили за методикою визначення активності β -амілаза. Активність ферментів виражали у мг гідролізованого крохмалю за 1 годину на 1 г маси зерен. Активність β -амілази визначали по різниці між сумарною активністю α - та β -амілаз та активністю α -амілази [9].

Визначення вмісту вуглеводів в зерні жита озимого. Кількісне визначення редукуючих цукрів виконували за методом, що заснований на здатності вільних функціональних груп (альдегідної або кетонної) цих цукрів у лужному середовищі відновлювати окисну мідь у закис міді. Для екстракції вільних цукрів 1 г зерна гомогенізуємо з водою, нагрітою до 70°C, у пропорції 1:10 (г:мл) протягом 3-5 хв. Отриману суспензію проціджували, відкидали осад і додавали фіксований об'єм осаджувача до утворення прозорої надосадової рідини, що містить вільні цукри. Для визначення кількості моносахаридів відбирали 0,5 мл прозорої надосадової рідини, додавали 7,5 мл гліцерату міді, перемішували і кип'ятили на водяній бані рівно 6 хв. Потім пробірки з екстрактом охолоджували, поміщаючи в холодильник на 12-24 години. Після чого вимірювали оптичну щільність прозорої рідини при довжині хвилі 630 нм.

Для визначення загальної кількості моно- і дисахаридів відбирали 0,25 мл прозорої витяжки, додавали 0,25 мл 1% HCl, перемішували і ставили на 15 хв у киплячу водяну баню для гідролізу дисахаридів до моносахаридів. Потім додавали 7,5 мл гліцерату міді, перемішували і кип'ятили суміш на водяній бані рівно 6 хв. Після чого пробірки з отриманим гідролізатом охолоджували при кімнатній температурі та поміщали в холодильник на 12-24 години для повного осадження закису міді. Оптичну густину прозорого надосаду вимірювали при довжині хвилі 630 нм. Потім визначають вміст цукрів за калібрувальним графіком [10].

Визначення вмісту крохмалю в зерні жита озимого. Вміст крохмалю визначали за методом [10], заснованим на гідролізі крохмалю при нагріванні рослинної тканини в 80%-ному розчині азотнокислого кальцію і осадженні його з отриманого розчину йодом. У присутності йодистого калію та азотнокислого кальцію йод повністю осаджує крохмаль у вигляді темно-синьої сполуки, що містить від 14 до 16% йоду. Після центрифугування і промивання осад йодного крохмалю розчиняють у гідроокису натрію, розбавляють дистильованою водою та проводять реакцію з йодом у кислому середовищі. Наважку зерна (1 г) розтирали в 5 мл 80% азотнокислого кальцію. Отриманий гомогенат переносили у конічні колби на 100 мл, нагрівали до кипіння та кип'ятили 3 хв. Далі доливали 20 мл дистильованої води та центрифугували при 2000-3000 об/хв протягом 2-3 хв. Надосадову рідину зливали окремо в колбу. Отриманий осад промивали гарячою дистильованою водою (5-10 мл), ретельно ресуспендуючи осад, та центрифугували при 2000-3000 об/хв протягом 2-3 хв. Отриману надосадову рідину доливали до попередньої. Повторювали промивання осаду 2-3 рази. Колбу з надосадовою рідиною доводили дистильованою водою до мітки (50 мл). До 5 мл отриманого розчину додавали 2 мл 0,5% розчину йоду, перемішували і залишали на 15 хв. Далі центрифугували при 2000 - 3000 об/хв протягом 2-3 хв, прозору надосадову рідину відкидали, а осад крохмалю промивали 2 рази 5% розчином азотнокислого кальцію, що містить 0,01% йоду. До промитого осаду додавали 10 мл 0,1 н розчину NaOH та інкубували на киплячій водянній бані 5 хв. Розчин переносили у мірну колбу на 50 мл, додавали 0,3 мл 0,5%-го розчину йоду, доливали дистильованою водою приблизно до 40 мл, додавали 2 мл 1 н розчину HCl, доводили водою до мітки (50 мл). Оптичну щільність отриманого синього розчину вимірюють колориметрично при 590 нм, потім визначають вміст крохмалю за калібрувальним графіком.

Визначення вмісту білка в зерні жита озимого. Вміст білка визначали за Лоурі [11] шляхом колориметрування синього забарвлення, що виникає при взаємодії білків із сумішшю, яка складається із лужного розчину міді та реактива Фоліна. Для приготування витяжки подрібнену наважку (200 мг) зерен центрифугували з 5 мл 0,1 н розчина NaOH на 20% етиловому спирті протягом 30 хв при 3000 об/хв. після центрифугування до осаду додавали 5 мл цього ж розчину та центрифугували 30 хв за тих же умов. Надосадові рідини, отримані після двох центрифугувань, об'єднували для визначення вмісту білка. Для цього до 1 мл витяжки додавали 5 мл 0,5 % розчину CuSO_4 (суміш 1 і 2 реагентів у співвідношенні 50:1) та витримували 10 хв. Потім до суміші додавали 0,5 мл робочого розчину Фоліна і витримували 30 хв. Інтенсивність забарвлення визначали спектрофотометрично при довжині хвилі 750 нм. Кількість білка в розчині визначали за калібрувальним графіком.

Визначення вмісту продуктів окислення ліпідів в зерні жита озимого. Вміст продуктів окислення ліпідів (ТБК-позитивних продуктів) визначали за накопиченням продуктів, що реагують з 2-тіобарбітуровою кислотою (ТБК). Для цього 0,5 г зерна подрібнювали, заливали 4 мл 0,25% ТБК у 10% розчині трихлороцтової кислоти і розтирали до утворення гомогенату. Після цього проби інкубували протягом 30 хв в киплячій водяній бані, охолоджували і центрифугували 15 хв при 8000g. Супернатант спектрофотометрували при 532 нм. Концентрацію ТБК-позитивних продуктів розраховували з урахуванням коефіцієнта екстинції $156 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ [12].

Визначення вмісту аскорбінової кислоти в зерні жита озимого. За основу взято метод Hewitt E.J. та Dickes G.J. спектрофотометричного визначення аскорбінової кислоти [13]. Наважка зерен (1 г) гомогенізували з 10 мл 2% метафосфорної кислоти. Гомогенат переносили у мірну колбу на 50 мл та об'єм доводили до мітки 2% HPO_3 і 0,21 М Na_3PO_4 , взятими у

співвідношенні 3 : 2 (V/V , рН 7,3 - 7,4). Екстракт центрифугували 15 хв при 3000 об/хв, екстинція розчину вимірювалася спектрофотометрично при 265 нм. Вміст аскорбінової кислоти розраховували з урахуванням коефіцієнта молярної екстинції $1,655 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ [14].

Визначення вмісту каротиноїдів в зерні жита озимого. Для визначення вмісту загальних каротиноїдів наважку зерна (0,05 г) поміщаємо в колбу об'ємом 0,1 л та проводимо їх екстракцію 95% етанолом, який попередньо підігрівали до 40°C. Потім охолоджуємо вміст колби до 20°C та доводимо спиртом до мітки. Потім проводили спектрофотометричне вимірювання при довжині хвилі 450 нм [15].

Визначення активності аскорбатпероксидази (ЕС 1.11.1.11) в зерні жита озимого. Наважку (0,5 г) зерен розтирають на льоду з невеликою кількістю (2 мл) 50 мМ фосфатного буфера рН 7,0. Загальний об'єм використаного буфера складає 5 мл. Гомогенат центрифугували протягом 20 хв (15000g при 4°C). Супернатант переносили в чисту пробірку на льоді для попередження втрати активності. Активність ферменту визначали за температури 30°C. В кювету (об'ємом 3 мл) вносили 1,5 мл фосфатного буфера, 0,5 мл розчину аскорбінової кислоти, 0,5 мл розчину пероксиду водню, 0,1 мл розчину Na-ЕДТА. Реакцію запускали додаванням 0,4 мл супернатанта. Суміш швидко струшували і вимірювали на спектрофотометрі зміну оптичної густини за 290 нм кожні 10 с протягом 2-3 хв. Активність ферменту розраховували з урахуванням коефіцієнта молярної екстинції $2,8 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ та виражали в мкмоль аскорбата на 1 г сирої маси за 1 хвилину [16].

Визначення активності каталази (ЕС 1.11.1.6) в зерні жита озимого. Наважку (0,2 г) зерен розтирають на льоду з невеликою кількістю (2 мл) 0,1 М трис-НСl буфера рН 7,4. Гомогенат центрифугували протягом 20 хв (5000g при 4°C). Супернатант переносили в чисту пробірку на льоду для попередження

втрати активності. До 0,2 мл супернатанта додавали 2 мл 0,03% перекису водню та інкубували протягом 10 хв при 37⁰С. Після цього додавали 1 мл 4% молібдату амонію. В контрольну пробу замість супернатанту вносили 0,2 мл дистильованої води. Активність каталази визначали спектрофотометрично (довжина хвилі 410 нм) за здатністю H₂O₂ утворювати стійкий забарвлений комплекс з солями молібдену. Активність каталази розраховували з урахуванням коефіцієнта молярної екстинції 22200 М⁻¹·см⁻¹ та виражали в мккат на 1 г сирі маси [17].

2.3. Методи статистичної обробки результатів дослідження

Отримані дані підлягали математичній та статистичній обробці за допомогою програми Biostat 5.0. Для перевірки нормальності розподілу даних використовували критерій Шапіро-Уїлка. Для первинної підготовки таблиць і проміжних розрахунків використано стандартний програмний продукт Microsoft Excel, за допомогою якого проведено аналіз на «нормальність вибірки». Для кількісних показників розраховували середнє арифметичне (M) і стандартну помилку середнього (m), середнє квадратичне відхилення, для якісних ознак – відносні (в %) частоти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Скорик В. В., Скорик В. В., Симоненко Н. В., Скорик О. П. Синтетик озимого жита (*Secale cereale* L.) Забава. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2009. №1(9). С. 79–86.
2. Скорик В. В. Скорик В. В. Симоненко Н. В. Скорик О. П. Селекція жита (*Secale cereale* L.) на потужність кореневої системи. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2009. №1(9). С. 5–11. doi:10.21498/2518-1017.1(9).2009.66218

3. ДСТУ 4138–2002. Національний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
4. Дідора В. Г., Смаглий О. Ф., Ермантраут Е. Р. та ін. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 264 с.
5. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П. та ін. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник / за ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.
6. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Паламарчук О. Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця, 2017. 588 с.
7. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрономічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.
8. Sumanta N., Haque C. I., Nishika J., Suprakash R. Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. *Res. J. Chem. Sci.* 2014. No4. P. 63–69.
9. Antonenko K., Duma M., Kreicberg V., Kunkulberga D. The influence of microelements selenium and cooper on the rye malt amylase activity and flour technological properties. *Agronomy Research.* 2016. №14(S2). P. 1261–1270.
10. Dien D. C., Mochizuki T., Yamakawa T. Effect of various drought stresses and subsequent recovery on proline, total soluble sugar and starch metabolisms in Rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Plant Prod. Sci.* 2019. No22. P. 530–545.
11. Crusciol C. A. C., Arruda D. P., Fernandes A. M., Antonangelo J. A., Alleoni L. R. F. et al. Methods and extractants to evaluate silicon availability for sugarcane. *Scientific Reports.* 2018. №8. P. 916. doi:10.1038/s41598-018-19240-1

12. Hasanuzzaman M., Nahar K., Alam M., Fujita M. Exogenous nitric oxide alleviates high temperature induced oxidative stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings by modulating the antioxidant defense and glyoxalase system. *Aust. J. Crop Sci.* 2012. №6. P. 1314–1323.
13. Hewitt E.J., Dickes G.J. Spectrophotometric measurements on ascorbic acid and their use for the estimation of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in plant tissues. *The Biochemical J.* 1961. Vol.78. No2. P. 384–391.
14. Alam M. M., Nahar K., Hasanuzzaman M., Fujita M. Exogenous jasmonic acid modulates the physiology, antioxidant defense and glyoxalase systems in imparting drought stress tolerance in different Brassica species. *Plant Biotechnol.* 2014. №8. P. 279–293.
15. Sumanta N., Haque C. I., Nishika J., Suprakash R. Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. *Res. J. Chem. Sci.* 2014. №4. P. 63–69.
16. Nakano Y., Asada K. Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts. *Plant Cell Physiol.* 1981. №22. P. 867–880.
17. Aebi H. Catalase in Vitro. *Methods Enzymol.* 1984. №105. P. 121–126.

РОЗДІЛ 3.

РІСТ і РОЗВИТОК РОСЛИН ЖИТА ОЗИМОГО СОРТІВ СИНТЕТИК 38 І ЗАБАВА ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ КОМПОЗИЦІЯМИ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН

3.1. Вплив на морфометричні показники рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин

Коренева система відіграє важливу роль у мінеральному живленні рослини. Завдяки добре розвиненій кореневій системі, жито може засвоювати поживні елементи з 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 в табл. 3.1 і 3.2. Найінтенсивніше зростання маси коренів з фази кущіння до фази цвітіння спостерігається у рослин з групи передпосівної обробки композицією ЕПММg, досягаючи максимальних значень у фазі цвітіння в групах рослин з передпосівною обробкою композицією ЕПММg (на 38% перевищує значення в контролі) (табл. 3.1). У фазі молочної стиглості маса коренів зменшується у всіх досліджуваних групах порівняно з контролем, проте в групі рослин з передпосівною обробкою композицією ЕПММg маса коренів залишається на 26% вищою порівняно з контролем (табл. 3.1). Подібна динаміка змін маси коренів спостерігається у рослин озимого жита сорту Забава, проте в дещо меншому ступені порівняно з рослинами сорту Синтетик 38 (табл. 3.2). Так, максимальне зростання спостерігається у рослин з групи передпосівної обробки композицією EQ (на 22% перевищує контрольні значення). При цьому

найбільше зростання маси коренів з фази кушіння до фази цвітіння спостерігається в групі рослин з передпосівною обробкою композицією ЕПММg (табл. 3.2).

Таблиця 3.1.

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				
	кушіння	вихід в трубку	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, $p < 0,05$.

Найбільше зростання довжини коренів у рослин озимого жита сорту Синтетик 38 з фази кушіння до фази молочної стиглості спостерігається в групі з передпосівною обробкою композиціями ЕПММg і EQ.

Таблиця 3.2.

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				
	кушіння	вихід в 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 з контролем, $p < 0,05$.

У фазі молочної стиглості довжина коренів є найбільшою, причому найбільше зростання має місце в групі рослин з передпосівною обробкою композиціями ЕПММg і EQ, що на 13% і 12% перевищило показники контролю відповідно (табл. 3.1). У рослин жита озимого сорту Забава спостерігається подібна тенденція (табл. 3.2). У фазі молочної стиглості довжина коренів є більшою порівняно з контрольними величинами в групах рослин з передпосівною обробкою композиціями ЕПМ і ЕПММg, перевищуючи показники на 19% і 26% відповідно (табл. 3.2).

Маса сухої речовини кореня у рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава переважно зростає з фази кушіння до фази цвітіння (табл. 3.3). Так, у рослин сорту Синтетик 38 найбільше зростання спостерігається в групах рослин з 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 в групі рослин з передпосівною обробкою насіння композицією ЕПММg (на 147% порівняно з контролем). В групі рослин з передпосівною обробкою насіння композицією ЕПМ найбільше зростання маси сухої речовини кореня спостерігається у фазі молочної стиглості та перевищує контрольні величини на 74% (табл. 3.3).

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

Передпосівна обробка насіння композиціями метаболічно активних речовин позитивно впливає на ріст рослин порівняно з контрольною групою (табл. 3.4). Так, висота стебла рослин озимого жита сорту Синтетик 38 при обробці композиціями ЕПМ, ЕПММg і EQ зростає відповідно на 15%, 21% і 22% порівняно в контрольними величинами у фазі кушіння.

Таблиця 3.3.

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

Групи	Фази онтогенезу				
	кущіння	трубкуванн я	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, $p < 0,05$.

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 в групі передпосівної обробки композицією ЕПММg, що на 15% перевищує показники контролю, а рослин

сорту Забава – в групі передпосівної обробки композиціями ЕПММg і EQ відповідно на 10% і 12% порівняно з контрольною групою (табл. 3.4).

При цьому динаміка росту стебла рослин озимого жита обох сортів в групах передпосівної обробки всіма досліджуваними композиціями метаболічно активних сполук з фази кущіння до фази молочної стиглості не перевищувала контрольних величин.

Таблиця 3.4.

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

Групи	Фази онтогенезу				
	кущіння	трубкуванн я	колосіння	цвітіння	молочної стиглості
	Синтетик 38				
Контрол ь	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				
Контрол ь	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, $p < 0,05$.

Результати дослідження маси стебла рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава представлено в табл. 3.5.

Показано, що практично на всіх досліджуваних фазах розвитку рослин озимого жита обох сортів спостерігається достовірне зростання маси стебла у рослин досліджуваних груп порівняно з рослинами контрольної групи. Максимальне зростання маси стебла спостерігається у фазі цвітіння у рослин озимого жита сорту Синтетик 38 в групах з передпосівною обробкою насіння композиціями ЕПММg і EQ, що на 44% і 52% перевищило показники контролю відповідно. При цьому приріст маси стебла з фази кушіння 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 кушіння до фази цвітіння спостерігається в 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 в групах з передпосівною обробкою насіння композиціями ЕПММg і EQ вона є більшою порівняно з контрольними значеннями відповідно на 34% та 41%. При цьому приріст маси стебла рослин озимого жита сорту Забава з фази кушіння до фази цвітіння найбільший в групі з передпосівною обробкою насіння композицією EQ порівняно з контрольною групою.

В таблиці 3.6 наведено результати вимірювання маси сухої речовини стебла рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава.

Таблиця 3.5.

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

Групи	Фази онтогенезу				
	кущіння	трубкуванн я	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, $p < 0,05$.

Найбільший приріст маси сухої речовини стебла рослин озимого жита сорту Синтетик 38 з фази кущіння до фази молочної стиглості спостерігається в групах з передпосівною обробкою насіння композиціями ЕПММg і EQ порівняно з контрольною групою і групою з передпосівною обробкою композицією ЕПМ. При цьому у фазі молочної стиглості маса сухої речовини стебла в групах з 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 в групі з

передпосівною обробкою насіння композицією ЕПММg та у фазі молочної стиглості перевищує контрольні значення на 53% (табл. 3.6).

Таблиця 3.6.

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

Групи	Фази онтогенезу				
	кущіння	трубкуванн я	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, $p < 0,05$.

Регуляція росту та зменшення впливу факторів навколишнього середовища на організм рослини є важливими факторами, які визначають продуктивність культури [1]. Стимулятори росту здатні сприяти збільшенню біомаси, оптимізувати зростання рослин, скорочувати вегетаційний період, активізувати фотосинтетичні процеси тощо [1, 2].

В даній роботі досліджуються композиції метаболічно активних сполук, які є природними метаболітами. 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 куціння. При цьому більше спостерігається приріст маси стебла порівняно з висотою в групах рослин з передпосівною обробкою композиціями ЕПММg і EQ.

Базуючись на отриманих даних, коренева система рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава також позитивна реагує на вплив досліджуваних композицій метаболічно активних речовин. Так, протягом досліджуваних фенологічних фаз розвитку в групах рослин обох сортів з передпосівною обробкою досліджуваними композиціями зростає довжина, маса і кількість коренів. При цьому найбільший стимулюючий ефект демонструє композиція ЕПММg. Отримані результати можуть свідчити про зростання ефективності функціонування кореневої системи, що і забезпечує ріст рослини.

Треба відмітити, що ефекти даних композицій метаболічно активних сполук є маловивченим. Отримані результати узгоджуються з попередніми дослідженнями ефектів даних композицій в регуляції росту і розвитку рослин сої [3]. 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. Так, параоксибензойна кислота завдяки своїм антиоксидантним властивостям може проявляти захисну дію щодо насіння, подовжуючи їх життєздатність. Крім того, вона здатна ефективно впливати на ростові процеси та окисний метаболізм [4, 5]. Оскільки респіраторний метаболізм є однією із важливіших систем регуляції обмінних процесів в клітинах, функціонування окремих її компонентів може ефективно впливати на

різні метаболічні шляхи, і, таким чином, на фізіологічні показники росту і розвитку рослини в цілому [6].

Вітамін Е та убіхінон є потужними антиоксидантами та задіяні в 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 в насінні, де він бере участь в процесах проростання. На подальших етапах розвитку рослини вітамін Е забезпечує захист від згубної дії надмірної кількості продуктів окислення, які утворюються в результаті перебігу багатьох біохімічних процесів [7, 8, 9]. Убіхінон також володіє потужними антиоксидантними властивостями та відіграє центральну роль у енергетичному метаболізмі клітини [7, 10]. Крім того, в роботах [11, 12] продемонстровано імуностимулюючу, антифітовірусну та антибактеріальну властивості вітаміну Е (α -токоферолу) та убіхінону.

Не менш важливу роль в регуляції ростових процесів у рослин відіграють амінокислоти та мінеральні речовини. Амінокислота метіонін та солі магнію сульфату відіграють важливу роль в багатьох метаболічних процесах в клітинах. Зокрема, активні форми метіоніну слугують донорами метильних груп та сірки, він є необхідний в біосинтезі білків, бере участь в обміні води в рослинному організмі [13]. Магній як кофермент входить до складу багатьох ферментів та регулює процеси росту і розвитку рослин [14].

3.2. Вплив на вміст фотосинтетичних пігментів у листках рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин

Зелені пігменти – хлорофіли *a* і *b* відіграють важливу роль в процесі фотосинтезу та є чутливими індикаторами фізіологічного стану рослини [15,

16]. Вони беруть участь у формуванні структури фотосинтетичного апарату, відіграють важливе значення у фотохімічних реакціях, що пов'язані із поглинанням енергії сонячного світла і трансформацією її в хімічну енергію органічних речовин, необхідну для росту і розвитку рослини [16].

Пластидні пігменти є акцепторами сонячної енергії, їх кількість опосередковано характеризує фотосинтетичну продуктивність рослин. Вміст пігментів в рослині в основному обумовлений генотипом, а в межах норми реакції генотипу і умовами існування. Вплив фотосинтетичних пігментів на продуктивність рослин може проявлятися шляхом змін основним фізіологічних процесів при збільшенні їх вмісту. Вважають, що більша врожайність, як правило, характерна для рослин із високим вмістом пластидних пігментів [17].

Дослідження впливу композицій метаболічно активних речовин на вміст хлорофілів в листках озимого жита показали, що незалежно від сорту протягом досліджених фаз онтогенезу відбувається його зростання, проте в різному ступені (табл. 3.7).

Аналіз вмісту хлорофілу *a* у листках озимого жита сорту Синтетик 38 демонструє зростання з фази куціння до фази цвітіння. При обробці насіння перед висівом композиціями метаболічно активних речовин ЕПМ, ЕПММg, EQ вміст хлорофілу *a* зростає відповідно в 3.7, 4.6 і 3.5 рази (у контрольній групі – у 3,8 рази) у фазі цвітіння порівняно із фазою куціння. У рослин озимого жита сорту Забава спостерігається подібна тенденція: вміст хлорофілу *a* за передпосівної обробки насіння композиціями ЕПМ, ЕПММg, EQ зростає відповідно в 3.5, 4 і 3.4 рази протягом досліджуваних фаз онтогенезу (у контрольній групі – у 3 рази) (табл. 3.8).

Подібна тенденція спостерігається і щодо вмісту хлорофілу *b* (табл. 3.9).

За передпосівної обробки сорту озимого жита Синтетик 38 композиціями ЕПМ, ЕПММg, EQ вміст хлорофілу *b* зростає протягом фаз онтогенезу та у фазі цвітіння є відповідно в 3.4, 4.2 і 3.9 рази більшим порівняно з фазою кущіння (в контрольній групі –у 3.3 рази).

Таблиця 3.7.

Вміст загальних хлорофілів (мг/г сирової маси) у листках рослин озимого жита на різних фазах онтогенезу за передпосівної обробки насіння метаболічно активними сполуками, 2019-2021 рр.

Групи	Фази онтогенезу			
	кущіння	трубкування	колосіння	цвітіння
	сорт Синтетик 38			
Контроль	5,36±0,14	11,94±0,47	15,21±0,63	16,87±0,63
ЕПМ	4,28±0,21*	12,25±0,58	15,41±0,59	17,31±0,55
ЕПММg	4,79±0,25*	12,56±0,52	15,20±0,52	16,99±0,49
EQ	4,51±0,25*	13,69±0,40*	15,50±0,37	18,18±0,32*
	сорт Забава			
Контроль	5,67±0,28	13,23±0,44	15,54±0,35	16,58±0,33
ЕПМ	4,78±0,22*	12,98±0,48	17,01±0,36*	17,99±0,37*
ЕПММg	4,91±0,30	10,54±0,63*	17,81±0,29*	19,08±0,35*
EQ	4,51±0,31*	12,52±0,45	17,23±0,26*	18,14±0,29*

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

Таблиця 3.8.

Вміст хлорофілу *a* (мг/г сирової маси) у листках рослин озимого жита на різних фазах онтогенезу за передпосівної обробки насіння метаболічно активними сполуками, 2019-2021 рр.

Групи	Фази онтогенезу			
	кущіння	трубкування	колосіння	цвітіння
	сорт Синтетик 38			
Контроль	3,28±0,22	8,78±0,28	11,12±0,29	12,61±0,28
ЕПМ	3,29±0,19	8,97±0,31	11,12±0,30	12,32±0,29
ЕПММg	2,89±0,19	9,67±0,32*	11,78±0,30	13,16±0,31
EQ	3,70±0,24	9,61±0,29*	11,65±0,33	13,13±0,43
	сорт Забава			
Контроль	3,61±0,31	8,04±0,25	9,61±0,26	10,74±0,30
ЕПМ	3,58±0,24	8,02±0,38	11,40±0,50*	13,05±0,50*
ЕПММg	3,14±0,18	7,59±0,40	13,69±0,37*	14,67±0,34*
EQ	3,46±0,22	7,88±0,40	14,06±0,61*	15,09±0,59*

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

Таблиця 3.9.

Вміст хлорофілу *b* (мг/г сирової маси) у листках рослин озимого жита на різних фазах онтогенезу за передпосівної обробки насіння метаболічно активними сполуками, 2019-2021 рр.

Групи	Фази онтогенезу			
	кущіння	трубкування	колосіння	цвітіння
	сорт Синтетик 38			
Контроль	1,59±0,08	4,31±0,10	4,87±0,10	5,21±0,10
ЕПМ	1,43±0,09	3,40±0,08*	4,24±0,11*	4,80±0,13*
ЕПММg	1,45±0,08	4,05±0,10*	5,13±0,13*	6,08±0,10*

EQ	1,41±0,07*	4,29±0,11	4,76±0,10	5,50±0,12*
	сорт Забава			
Контроль	1,34±0,04	4,05±0,11	4,63±0,11	4,98±0,11
ЕПМ	1,67±0,05*	3,91±0,09	5,31±0,13*	5,75±0,12*
ЕПММg	1,64±0,05*	3,18±0,11*	5,24±0,14*	5,56±0,14*
EQ	1,75±0,05*	4,08±0,11	5,62±0,15*	5,76±0,15*

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

При аналогічній обробці озимого жита сорту Забава композиціями ЕПМ, ЕПММg, EQ вміст хлорофілу *b* протягом онтогенезу зростає і у фазі цвітіння є 3.4, 3.4 і 3.3 рази більшим порівняно з фазою кушіння (в контрольній групі - в 3,7 рази) (табл. 3.9). При цьому величина співвідношення Хл *a* / Хл *b* у всіх дослідних групах не змінювалась та була в межах 2,1 – 2,6.

Аналіз отриманих даних показав, що за передпосівної обробки насіння композиціями ЕПМ, ЕПММg, EQ спостерігається зростання вмісту хлорофілів протягом фаз онтогенезу з фази кушіння до фази цвітіння порівняно з рослинами контрольної групи у рослин озимого жита обох сортів.

Найбільший приріст вмісту хлорофілів спостерігається у всіх дослідних групах у фазі трубкування у рослин обох сортів. При цьому у групах, де проводилась передпосівна обробка насіння композиціями метаболічно активних сполук, приріст вмісту хлорофілів був більш виражений. Так, у листках рослин сорту Синтетик 38 у фазі трубкування вміст загальних хлорофілів зростає в 2.9, 2.6 і 3 рази відповідно за передпосівної обробки насіння композиціями ЕПМ, ЕПММg, EQ. В контрольній групі вміст загальних хлорофілів зростає в 2,2 рази у фазі трубкування. Подібна тенденція зберігається і у рослин сорту Забава.

Величина співвідношення Хл *a* / Хл *b* є індикатором функціональної організації пігментного апарату та адаптації до світла фотосинтетичного

апарату. Хлорофіл *b* є пігментом антенної системи, тоді як хлорофіл *a* присутній в реакційних центрах фотосистем I і II та в антенній системі [18].

У наших дослідженнях було продемонстровано, що у рослин сорту Синтетик 38 вміст хлорофілу *a* у фазі трубкування найбільше зростав в групі, де проводилась передпосівна обробка композицією ЕПММg. При цьому вміст хлорофілу *b* також зростав в 2.8 рази. Проте, у фазі цвітіння спостерігається більше зростання вмісту хлорофілу *b* порівняно з хлорофілом *a*, в результаті чого величина співвідношення Хл *a* / Хл *b* дорівнює 2,2. Значення величини співвідношення Хл *a* / Хл *b* може свідчити про збільшення антенної системи фотосистеми II. Зниження значень співвідношення Хл *a* / Хл *b* може свідчити також про зростання адаптивного потенціалу рослин за умов стресу та бути показником стійкості рослин [17].

На відміну від рослин озимого жита сорту Синтетик 38, у рослин озимого жита сорту Забава у фазі цвітіння за передпосівної обробки насіння композицією ЕПММg спостерігається найбільший приріст вмісту хлорофілу *a* і *b*. При цьому величина співвідношення Хл *a* / Хл *b* становить 2,6.

Продемонстрована ефективність досліджуваних композицій може бути обумовлена комплексною дією всіх метаболічно активних сполук, які входять до її складу. Так, магній бере участь в синтезі хлорофілу, необхідний для функціонування багатьох ферментів [19, 20]; метіонін задіяний у багатьох метаболічних процесах рослинних організмів [16]; вітамін Е може виступати в ролі модулятора біосинтезу хлорофілу, антиоксиданту, захищати фотосистему II від фотоінгібування [7-9]; ПОБК має антиоксидантні властивості та здатна дозо-залежно впливати на ростові процеси, респіраторний метаболізм тощо [4, 5, 21].

Як вже зазначалося, хлорофіл є не лише основним пігментом фотосинтезу, а й головним фактором урожайності рослин. Концентрація

хлорофілів у листках рослин має високу ступінь кореляції з врожайністю культури. Фотосинтетичні пігменти, зокрема хлорофіли, виконують важливу роль в регуляції онтогенезу рослин. Відомо, що навіть незначна затримка ініціації флоральної трансформації вегетативних апікальних меристем у пагонів може призвести до суттєвого скорочення врожаю, а при зрушенні фаз онтогенезу в часі різко зростає негативний вплив екологічних факторів на ріст та врожайність рослин. Вміст фотосинтетичних пігментів, зокрема хлорофілу *b*, є фактором, що активує сигнальні шляхи, які регулюють зміни періодів онтогенезу у рослин [18]. Тому, отримані результати можуть стати передумовою збільшення врожайності.

3.3. Вплив на структуру врожаю та врожайність озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин

Основним фізіологічним процесом, що сприяє формуванню біологічного врожаю рослин є фотосинтез. Оптимізація роботи фотосинтетичного апарату на різних рівнях його організації може призводити до збільшення зернової продуктивності на 10-60%. Зростання біологічного врожаю залежить не тільки від інтенсивності фотосинтезу в листках, але й від їх площі, швидкості формування і тривалості їх збереження, особливо в другу половину вегетації. Так як хлорофіл є основним складовим компонентом фотосистем, рослини з більшим його вмістом поглинають більше енергії (квантів світла) і в результаті цього характеризуються вищою інтенсивністю фотосинтезу, що може бути причиною утворення більшої їх біомаси. Вміст хлорофілу є одним із важливих показників продуктивності рослин.

Показник площі листової поверхні дозволяє оцінити його фотосинтетичний потенціал. Величина листової поверхні є показником

сприятливого росту та розвитку рослин і виконує важливу роль у формуванні врожаю. Цей показник залежить від забезпечення рослин вологою, сортових особливостей, добрив, строків сівби, попередників тощо [22]. Використання передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами як елемент технології вирощування озимого жита позитивно впливає на формування вегетативної маси рослин, що значною мірою реалізує генетичний потенціал культури [23]. Крім того, для отримання високих врожаїв культури істотніше значення має тривале перебування її листків в активному стані порівняно з показником їх площі [24].

Таблиця 3.10.

Динаміка формування площі листкової пластинки (см²) рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук, 2019-2021 рр.

Варіант	Кущіння	Вихід в трубку	Колосіння	Цвітіння
Синтетик 38				
Контроль	7,18±0,32	22,12±1,11	26,75±0,81	29,69±0,85
ЕПМ	7,74±0,40	22,65±0,96	28,6±0,72	34,21±0,88
ЕПММg	8,59±0,34*	27,41±1,04*	36,70±0,85*	43,42±1,00*
EQ	10,20±0,53*	25,72±1,06*	30,77±0,76*	38,18±0,96*
Забава				
Контроль	6,54±0,32	24,06±0,82	27,52±0,74	31,34±1,00
ЕПМ	8,53±0,36*	23,53±1,22	29,72±0,82	34,59±0,85
ЕПММg	8,81±0,32*	27,95±1,22*	37,70±0,56*	44,03±1,18*
EQ	9,22±0,30*	27,28±1,28*	34,22±0,67*	38,87±1,12*

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

Показано, що у фазу весняного кущення зростання площі листкової пластинки спостерігається у варіантах за передпосівної обробки насіння композиціями ЕПММg і EQ відповідно на 20 % і 42 % порівняно з контрольним варіантом рослин озимого жита сорту Синтетик 38 (табл. 3.10).

У рослин сорту Забава зростання величини цього показника спостерігалось в експериментальних варіантах ЕПМ, ЕПММg і EQ відповідно на 30, 35 і 41 % порівняно з контролем (табл. 3.10).

У фазу виходу в трубку площа листкової пластинки стрімко зростає за рахунок утворення ярусів і збільшення кількості листків на рослині. Для рослин сорту Синтетик 38 найбільше зростання спостерігається в експериментальних варіантах ЕПММg і EQ відповідно на 24 і 16 % порівняно з контролем. Подібна тенденція має місце і у рослин озимого жита сорту Забава – у варіантах ЕПММg і EQ площа листкової пластинки зростає відповідно на 16 і 13 % порівняно з контролем (табл. 3.10).

Протягом наступних фаз розвитку – колосіння та цвітіння, спостерігається зростання величини показника площі листкової пластинки. При цьому для обох досліджуваних сортів озимого жита достовірно зростання величини зазначеного вище показника порівняно з контрольними величинами спостерігається в експериментальних варіантах ЕПММg і EQ. Аналізуючи динаміку приросту площі листкової пластинки в контрольному та експериментальних варіантах, найбільш ефективною виявилася передпосівна обробка насіння сорту Синтетик 38 композицією ЕПММg – зростання в 5,1 рази у фазі цвітіння порівняно з весняним кущенням (у контрольному варіанті – зростання в 4,1 рази). За передпосівної обробки насіння сорту Забава найбільший приріст площі листкової пластинки також спостерігається в експериментальному варіанті ЕПММg – у 5 разів у фазі цвітіння порівняно з весняним кущенням (у контролі – зростання в 4,8 рази). Таку дію цієї

композиції можна пояснити ефектами окремих її компонентів. Так, вітамін Е є потужним антиоксидантом, здатний взаємодіяти із фітогормонами, брати участь у біоенергетичних процесах клітини разом із убіхіноном, обумовлювати стійкість рослин до дії різноманітних чинників зовнішнього середовища [7, 8]. Параоксибензойна кислота також володіє антиоксидантними властивостями, захищає насіння від різноманітних інфекцій, впливає на ростові процеси та респіраторний метаболізм [4, 5]. Амінокислота метіонін бере участь у багатьох метаболічних процесах, є донором метильних груп та сірки [13]. Солі магнію сульфату також виконують важливу роль у багатьох метаболічних процесах – в якості коферменту входять до складу багатьох ензимів, є складовою хлорофілу. Сульфур входить до складу сірковмісних амінокислот [14, 20]. Отже, поєднана дія зазначених вище метаболічно активних речовин у складі композиції ЕПММg може виконувати функцію стимулятора росту рослин, а також індуктора захисних реакцій.

Фотосинтетична активність сільськогосподарських культур є основою їх продуктивності, яка значною мірою залежить від вмісту пігментів у листках, зокрема хлорофілів *a* і *b*, які є чутливими індикаторами фізіологічного стану рослин, кількість і функціональна активність яких є показником потенційної здатності рослин формувати біологічний урожай [25]. Отримані нами результати дослідження впливу передпосівної обробки насіння озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава композиціями метаболічно активних речовин на вміст фотосинтетичних пігментів у листках рослин на різних фазах онтогенезу висвітлені в [26]. У результаті виконаних досліджень нами вперше встановлено, що застосування композицій метаболічно активних речовин, а саме вітаміну Е, убіхінону, ПОБК, метіоніну і магнію сульфату (ЕПММg) для передпосівної обробки насіння озимого жита сортів Синтетик 38 та Забава призводить до збільшення вмісту суми хлорофілів, хлорофілів *a* і *b* у листках

рослин у динаміці з фази кушіння до фази цвітіння. Найбільшу ефективність за вищезазначеними показниками виявлено за впливу композиції ЕПММg.

Таблиця 3.11.

Показники продуктивного кушення рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин, 2019-2021 рр.

Варіант	Продуктивне кушення (кількість стебел з колоссям на рослині), шт.	
	Синтетик 38	Забава
Контроль	10,40±0,68	11,20±0,74
ЕПМ	13,63±0,96*	16,00±0,94*
ЕПММg	15,33±1,08*	17,13±1,04*
EQ	14,93±0,89*	15,60±0,93*

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

Показники продуктивного кушення та структура врожаю представлені в табл. 3.11 і 3.12. Кожен з цих елементів може значно змінюватися залежно від агротехнічних умов вирощування, що, відповідно, впливатиме на продуктивність культури. Зазначені показники залежать також від сортових особливостей та агрометеорологічних умов періоду вегетації. При цьому передпосівна обробка насіння композиціями метаболічно активних речовин здатна суттєво впливати на протікання фізіологічних та біохімічних процесів у тканинах рослин озимого жита в осінній період вегетації, що може відобразитися на елементах структури врожаю.

Таблиця 3.12.

Елементи структури врожаю озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук, 2019-2021 рр.

Варіант	Довжина колоса, см	Кількість насінин у колосі, шт.	Середня маса однієї насінини, г	Маса насіння в 1 колосі, г	Маса 1000 насінин, г
Синтетик 38					
Контроль	16,43±1,39	46,79±2,21	0,042±0,003	2,47±0,10	36,62±2,07
ЕПМ	16,35±1,13	55,57±1,55 *	0,046±0,003	2,93±0,13*	37,91±1,99
ЕПММg	17,50±1,21	58,43±1,06 *	0,050±0,002 *	2,95±0,18*	43,20±2,26 *
EQ	18,83±1,63	54,87±2,22 *	0,045±0,002	2,99±0,18*	40,41±1,81
Забава					
Контроль	12,76±0,53	43,70±2,04	0,045±0,002	2,58±0,14	37,28±2,40
ЕПМ	15,02±1,04 *	50,20±1,65 *	0,048±0,002	2,88±0,17	41,71±2,79 *
ЕПММg	15,22±0,54 *	49,00±1,25 *	0,051±0,002 *	3,12±0,16*	43,31±2,97 *
EQ	15,33±1,10 *	47,93±2,69	0,052±0,003 *	2,95±0,13*	39,65±2,11

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

У середньому за роки спостереження найменша кількість продуктивних стебел була сформована рослинами контрольного варіанту (табл. 3.11). При

цьому величина зазначеного показника у рослин обох сортів у контролі достовірно не відрізнялась одна від одної. За передпосівної обробки насіння композиціями ЕПМ, ЕПММg і EQ у рослин сорту Синтетик 38 кількість продуктивних стебел зростала відповідно на 31, 47 і 44 % (табл. 3.11). У рослин озимого жита сорту Забава також спостерігалось зростання відповідно на 43, 53 і 39 % (табл. 3.11) порівняно з показниками контролю.

У результаті досліджень встановлено, що за передпосівної обробки насіння озимого жита композиціями метаболічно активних речовин виявлено зміни величин всіх елементів структури врожаю (табл. 3.12). Продуктивність колосу визначалася за його довжиною, кількістю зерен в ньому та масою зерна. Довжина колосу у рослин сорту Синтетик 38 в експериментальних варіантах має тенденцію до збільшення, а у рослин сорту Забава – достовірно збільшується відносно контролю за передпосівної обробки насіння композиціями ЕПМ, ЕПММg і EQ відповідно на 18, 19 і 20 % (табл. 3.12).

Важливим показником структури врожаю є кількість зерен в одному колосі, який залежить від кількості квіток у колосі, що починають закладатися в період виходу в трубку і завершується формуванням квітки та їх кількості, що припадає на період колосіння та цвітіння рослин [27, 28].

Стимулювальний вплив передпосівної обробки насіння проявився у збільшенні кількості зерен у колосі в середньому на 20 % у рослин сорту Синтетик 38 та на 12 % для рослин сорту Забава (табл. 3.12). При цьому достовірно зростання кількості зерен у колосі порівняно з контролем у рослин сорту Синтетик 38 спостерігається у всіх експериментальних варіантах за обробки ЕПМ, ЕПММg і EQ відповідно на 19, 25 і 17 %, а у рослин сорту Забава – за обробки ЕПМ і ЕПММg, відповідно, на 15 і 12 % (табл. 3.12).

Після завершення цвітіння рослин настає період, коли відбувається формування та наливу зернівок колосу. Саме в цей час вагомий вплив

набувають умови, в яких протікає процес формування маси зерна. В результаті досліджень було встановлено, що середня маса однієї насінини практично не відрізнялася у обох досліджуваних сортів у контрольному варіанті. У сортів Синтетик 38 і Забава за обробки досліджуваними композиціями метаболічно активних речовин виявлено зростання величини цього показника порівняно з контролем (у сорту Синтетик 38 достовірно тільки за обробки ЕПММg на 19 %; у сорту Забава – за обробки ЕПММg і EQ відповідно на 13 і 16 %) (табл. 3.12).

Важливим елементом урожайності є маса зерна з колоса, яка була практично однаковою у обох досліджуваних сортів у контрольному варіанті. В експериментальних варіантах за передпосівної обробки насіння композиціями ЕПМ, ЕПММg і EQ величина цього показника у сорту Синтетик 38 зростала відповідно на 19, 19 і 21 %; у сорту Забава достовірні зміни мали місце тільки за обробки композиціями ЕПММg і EQ – відповідно спостерігалось зростання на 21 і 14 % порівняно з контролем (табл. 3.12). Застосування досліджуваних композицій метаболічно активних речовин мало вплив на продуктивність одного колоса внаслідок впливу на абсолютну масу зерна.

Показник маси 1000 насінин має важливе технологічне значення. Максимальна маса 1000 насінин була сформована рослинами сорту Синтетик 38 за передпосівної обробки композицією ЕПММg (достовірно зростання порівняно з контролем на 18 %). Кращими варіантами передпосівної обробки для сорту Забава виявилися композиції ЕПМ і ЕПММg (достовірно зростання порівняно з контролем відповідно на 12 і 16 %) (табл. 3.12). Відомо, що маса 1000 насінин визначається умовами X-XI етапів органогенезу, коли відбувається формування зернівки і накопичення в ній поживних речовин, а також перетворення їх у запасні речовини. Це генетично детермінована ознака, яка залежить від розміру і строку активності асиміляційного апарату верхньої

частини рослини, здатності рослини транспортувати асимілянти в зерно, тривалості вегетаційного періоду формування зернівки, наявності хвороб і шкідників [29, 30].

Урожайні властивості насіння інтегрують весь комплекс генетичної і матрикальної різноякісності та тісно взаємопов'язані з внутрішніми фізіолого-біохімічними змінами, закладеними в період формування та дозрівання насіння на материнській рослині, коли піддаються впливу різних екологічних чинників, а саме абіотичного, біотичного та антропогенного походження [31]. Оцінити ефективність агротехнічних прийомів, зокрема передпосівної обробки насіння, можливо через розрахунок біологічної врожайності, оскільки саме цей показник дозволяє об'єктивно оцінити вплив певного чинника на повноту реалізації генетичного потенціалу сорту за певних конкретних умов вирощування [28, 30, 31].

Використання передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин сприяє зростанню врожайності насіння озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава порівняно з контролем (табл. 3.13). Так, за обробки композиціями ЕПМ, ЕПММg і EQ врожайність озимого жита сорту Синтетик 38 достовірно зростає відповідно на 19, 19 і 10 % порівняно з контролем. Врожайність озимого жита сорту Забава достовірно зростає тільки за обробки композиціями ЕПММg і EQ відповідно на 11 і 16 % порівняно з контролем.

Аналіз структури врожаю озимого жита показав, що більш висока врожайність при використанні композиції метаболічно активних речовин ЕПММg обумовлена такими елементами, як продуктивне кушенням, кількість зерен в колосі, маса 1000 насінин. Отже, передпосівну обробку метаболічно активними речовинами можна вважати ефективним прийомом агротехніки, який має позитивний вплив на величину елементів структури врожаю та врожайність озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава.

Таблиця 3.13.

Біологічна врожайність озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук, 2019-2021 рр.

Варіант	Врожайність, ц/га	
	Синтетик 38	Забава
Контроль	50,32±1,14	45,22±2,03
ЕПМ	59,65±0,79*	46,07±1,47
ЕПММg	59,98±1,01*	50,35±1,25*
EQ	55,16±2,60*	52,54±1,10*

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

Висновки до розділу 3

В дисертаційній роботі досліджено вплив композицій метаболічно активних сполук, а саме ЕПМ, ЕПММg і EQ на процеси росту надземної та підземної частин рослин озимого жита сортів Синтетик 38 та Забава. Продемонстрована найбільша ефективність композицій ЕПММg і EQ щодо стимуляції росту як надземної, так і підземної частин рослини обох досліджуваних сортів.

Показано, що застосування досліджуваних композицій метаболічно активних сполук для передпосівної обробки насіння озимого жита сортів Синтетик 38 та Забава призводить до збільшення вмісту загальних хлорофілів, хлорофілів а і b у листках рослин у динаміці з фази куціння до фази цвітіння, а також до зростання площі листової поверхні. Найбільшу ефективність у рослин озимого жита обох сортів продемонструвала композиція ЕПММg.

Продемонстровано позитивний вплив передпосівної обробки насіння озимого жита досліджуваними композиціями метаболічно активних речовин

на формування кількості продуктивних стебел у рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава – найбільша їх кількість у рослин обох сортів формувалася за використання композиції ЕПММg, а також на структуру врожаю та біологічну врожайність озимого жита. За передпосівної обробки насіння дослідуваними композиціями показано зростання довжини колосу, кількості зерен в колосі, маси насіння в колосі, маси 1000 насінин у рослин обох сортів. Найбільшу кількість зерен в колосі, їх масу, масу 1000 насінин сформували рослини обох сортів за передпосівної обробки насіння композицією ЕПММg. Біологічна врожайність озимого жита за передпосівної обробки композицією ЕПММg була найвищою для рослин обох сортів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Yakhin O. I., Lubyantsov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*. 2017. №7. P. 2049.
2. Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярового. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. №2. С. 20–30.
3. Козючко А. Г., Гавій В. М., Кучменко О. Б. Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на окремі фізіологічні показники сої сорту Аннушка та її продуктивність. *Наукові Записки Тернопільського Національного Педагогічного Університету Імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2020. №1–2(70). С. 84–90.
4. 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. Vol.62(11). P. 2273-2276.

5. Barkosky R. R., Einhellig F. A. Allelopathic interference of plant-water relationships by para-hydroxybenzoic acid. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 2003. Vol.44. P. 53-58.
6. Skrypnik L., Maslennikov P., Novikova A., Kozhikin M. Effect of Crude Oil on Growth, Oxidative Stress and Response of Antioxidative System of Two Rye (*Secale cereale* L.) Varieties. *Plants*. 2021. №10(1). P. 157.
7. Miret J. A., Munné-Bosch S. Redox signaling and stress tolerance in plants: a focus on vitamin E. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2015. №1340(1). P. 29–38.
8. Sattler S. E., Gilliland L. U., Magallanes-Lundback M., Pollard M., DellaPenna D. Vitamin E Is Essential for Seed Longevity and for Preventing Lipid Peroxidation during Germination. *The Plant Cell*. 2004. №16(6). P. 1419–1432. doi: 10.1105/tpc.021360
9. Mokrosnop V. M. Functions of tocopherols in the cells of plants and other photosynthetic organisms. *The Ukrainian Biochemical Journal*. 2014. №86(5). P. 26–36.
10. Liu M., Lu S. Plastoquinone and Ubiquinone in Plants: Biosynthesis, Physiological Function and Metabolic Engineering. *Frontiers in Plant Science*. 2016. №7. doi:10.3389/fpls.2016.01898
11. Rozhnova N. A., Gerashchenkov G. A. Protein and biochemical markers in systemic induced resistance to phytoviruses in tobacco and potato plants. *Trudy Po Prikladnoj Botanike, Genetike i Selekcii*. 2014. №175(4). P. 99–108.
12. Stahl E., Hartmann M., Scholten N., Zeier J. A. Role for Tocopherol Biosynthesis in Arabidopsis Basal Immunity to Bacterial Infection. *Plant Physiology*. 2019. №181(3). P. 1008–1028. doi:10.1104/pp.19.00618

13. Hildebrandt T. M., Nunes Nesi A., Araújo W. L., Braun H.-P. Amino Acid Catabolism in Plants. *Molecular Plant*. 2015. №8(11). P. 1563–1579. doi:10.1016/j.molp.2015.09.005
14. Maathuis F. J. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*. 2009. №12(3). P. 250–258.
15. Шадчина Т. М., Гуляев Б. І., Кірізій Д. А. та ін. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. К.: Український фітосоціологічний центр, 2006. 384 с.
16. Гуляев Б. І., Моргун В.В. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліття*. К.: Український фітосоціологічний центр; 2001. Т.1. С.60-74.
17. Артюшенко А. П. Особливості фотосинтетичної діяльності рослин озимої пшениці залежно від факторів інтенсифікації. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2015. №76. С. 9–13.
18. Леонтьук І. Б. Вплив біологічно активних речовин на фізіолого - біохімічні процеси пшениці озимої. *Землеробство*. 2015. № 3. С. 149–153.
19. Guo W., Chen S., Hussain N. et al. Magnesium stress signaling in plant: just a beginning. *Plant Signal Behav*. 2015. №10(3). P. e992287.
20. Abid M., Haddad M., Ferchichi A. Effect of magnesium sulphate on the first stage of development of Lucerne: *Sustain. Mediterr. grasslands their multi-functions* : / by ed. P. C., T. de S. M.M. Zaragoza : CIHEAM / FAO / ENMP / SPPF, 2008. p. 405-408
21. Колупаев Ю. Е., Ястреб Т. О. Стресс протекторные эффекты салициловой кислоты и ее структурных аналогов. *Физиология и биохимия растений*. 2013. Т.45. №2. С.113-126.

22. Вожегова Р. А., Сергєєв Л. А. Фотосинтетична діяльність насінневих посівів пшениці озимої залежно від удобрення та захисту рослин в умовах Півдня України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. №2. С.72.
23. Куриленко А. О., Куриленко О. В., Кучменко О. Б., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин на морфометричні показники озимого жита в умовах Полісся України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*. 2021. №4. С. 25–32.
24. Голік О. В. Кабацюра А. А. Характеристика вихідного матеріалу пшениці та полби ярої за екологічною пластичністю урожайності. *Селекція і насінництво*. 2012. №101. С. 139–149.
25. Черенков А. В., Железков О. І., Хорішко С. А., Козельський О. М. Фотосинтетична діяльність рослин пшениці озимої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах північного Степу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2015. №8. С. 73–77.
26. Куриленко А. О., Куриленко О. В., Кучменко О. Б., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин на вміст фотосинтетичних пігментів у листках рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава на різних етапах онтогенезу. *East European Scientific Journal*. 2021. Vol.75. №11. С. 11–16.
27. Кліпакова Ю. О., Прісс О. П., Білоусова З. В., Єременко О. А. Урожайність пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння. *Вісник аграрної науки*. 2019. №4. С. 16–23.
28. Коломієць Л. А., Кириленко В. В., Маринка С. М. Формування показників адаптивності (урожайності, маси 1000 зерен та натури зерна) ліній пшениці

озимої залежно від гідротермічних умов у зоні Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2012. № 102. С. 22–29.

29. Волощук О. П., Дицьо О. В. Формування урожайності жита озимого у Західному Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво: міжвід. темат. наук. зб.* 2014. Вип. 56(I). С. 22-26.
30. Chakraborty S., Newton A.C. Climate change, plant diseases and food security: an overview. *Plant Pathology*. 2011. №60(1). P. 2-14.
31. Bita C., Gerats T. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Frontiers in plant science*. 2013. №4. P. 273–283.

РОЗДІЛ 4.

БІОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНА ЖИТА ОЗИМОГО СОРТІВ СИНТЕТИК 38 І ЗАБАВА ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ КОМПОЗИЦІЯМИ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН

4.1. Вплив на амілазну активність та вміст вуглеводів та білків в зерні озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин

Результати досліджень показників вмісту білку та вуглеводів в зерні озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава наведено в таблиці 4.1. Так, вміст білку в зерні озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава в групах передпосівної обробки досліджуваними композиціями метаболічно активних речовин дещо збільшувався порівняно з контрольною групою, проте достовірне зростання спостерігалось лише при обробці композиціями ЕПМ і ЕПММg відповідно на 10% і 14% в зерні озимого жита сорту Синтетик 38 і при обробці композицією ЕПМ на 12% в зерні озимого жита сорту Забава (табл. 4.1).

За передпосівної обробки насіння в зерні озимого жита також зростає вміст крохмалю (табл. 4.1). Так, в зерні озимого жита сорту Синтетик 38 достовірне зростання спостерігається у групі передпосівної обробки композицією ЕПММg на 11%. В зерні озимого жита сорту Забава достовірне зростання спостерігалось у всіх досліджуваних групах передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин: ЕПМ – на 8%, ЕПММg – на 12% і EQ – на 9% порівняно з контролем.

Вміст водорозчинних цукрів в зерні жита озимого обох досліджуваних сортів за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук зменшувався порівняно з контрольною групою (табл. 4.1). При цьому вміст суми моно- і дисахаридів в зерні озимого жита сорту Синтетик 38

достовірно зменшується у групі передпосівної обробки ЕПММg на 18%, в зерні озимого жита сорту Забава у групах передпосівної обробки ЕПМ, ЕПММg і EQ відповідно на 22%, 10% і 11% порівняно з контролем. Достовірні зміни у вміст моносахаридів спостерігаються тільки в зерні озимого жита сорту Забава у групі передпосівної обробки ЕПМ на 25%.

Таблиця 4.1.

Вміст білка, крохмалю та моно-і дисахаридів в зерні озимого жита сортів Синтетик 38 та Забава за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин, 2019-2021 рр.

Групи	Вміст білка, мг/г сирі маси	Вміст крохмалю, мг/г сирі маси	Вміст моно-і дисахаридів, мг/г сирі маси	Вміст моносахаридів, мг/г сирі маси	Вміст дисахаридів, мг/г сирі маси
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*
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, $p < 0,05$.

При цьому вміст дисахаридів достовірно зменшується в зерні озимого жита сорту Синтетик 38 у групах передпосівної обробки ЕПММg і EQ відповідно на 25% і 19%, а в зерні озимого жита сорту Забава в групі ЕПМ на 20% порівняно з контролем.

В таблиці 4.2 наведено результати дослідження сумарної амілазної активності в зерні жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава. Так, в зерні озимого жита сорту Синтетик 38 сумарна амілазна активність в групах передпосівної обробки насіння достовірно не змінюється, хоча в групі ЕПММg спостерігається тенденція до її зменшення.

Таблиця 4.2.

Активність амілаз в зерні озимого жита сортів Синтетик 38 та Забава за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин, 2019-2021 рр.

Групи	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
Синтетик			
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
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 зерні озимого жита сорту Забава сумарна амілазна активність достовірно зменшується в групі передпосівної обробки ЕПМ на 4%.

Активність α -амілази в зерні озимого жита обох сортів достовірно не змінюється у всіх групах передпосівної обробки. Активність β -амілази в зерні озимого жита обох сортів в групах передпосівної обробки має тенденцію до зменшення; достовірне зменшення спостерігається тільки в зерні озимого жита сорту Забава в групі передпосівної обробки ЕПМ на 11% порівняно з контролем.

На характеристики зерна значним чином можуть впливати різноманітні агропідходи [1]. Як продемонстровано в роботах [1, 2], стимулятори росту здатні сприяти збільшенню біомаси, оптимізувати зростання рослин, скорочувати вегетаційний період, активізувати фотосинтетичні процеси тощо, що буде впливати на основні характеристики зерна.

В результаті власних попередніх досліджень було продемонстровано ефективність використання передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин, що складаються із вітаміну Е, убихінону-10, параоксибензойної кислоти, метіоніну та $MgSO_4$, щодо стимуляції росту надземної та підземної частин рослин, збільшення вмісту загальних хлорофілів, хлорофілів а і b в листках рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава [3, 4].

За застосування досліджуваних композицій метаболічно активних сполук спостерігається збільшення вмісту білку в зерні озимого жита. При цьому найбільше зростання порівняно з контрольною групою має місце за застосування композицій ЕПМ і ЕПММg. 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 [5].

Зерно жита характеризується досить високим вмістом крохмалю [5]. В наших дослідженнях за передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук спостерігається зростання вмісту крохмалю. Найбільш ефективними при цьому виявились композиції ЕПММg і EQ у рослин озимого жита обох досліджуваних сортів. При цьому вміст розчинних моно- і дисахаридів в зерні озимого жита за умов передпосівної обробки насіння зменшується.

Біологічні та технологічні показники якості зерна озимого жита 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 [6]. 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 [7]. В наших дослідженнях амілазна активність практично не змінювалась у всіх дослідних групах. Тільки в зерні озимого жита сорту Забава у групі передпосівної обробки композицією ЕПМ спостерігається достовірне зниження сумарної амілазної активності за рахунок зниження активності β -амілази. Отримані результати 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 [8-15].

4.2. Вплив на вміст продуктів окислення ліпідів, вітамінів та активність антиоксидантних ензимів в зерні озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин

За результатами досліджень встановлено, що вміст продуктів вільнорадикального окислення ліпідів в зерні озимого жита обох досліджуваних сортів знижується порівняно з контролем (табл. 4.3, 4.4). Так, достовірне зниження ($p < 0,05$) в зерні озимого жита сорту Синтетик 38 спостерігається в групах передпосівної обробки насіння композиціями ЕПММg і EQ відповідно на 8% і 8%. В зерні озимого жита сорту Забава також в групах передпосівної обробки насіння композиціями ЕПММg і EQ вміст продуктів вільнорадикального окислення ліпідів достовірно знижується ($p < 0,05$) відповідно на 10% і 9%. При цьому спостерігаються зміни функціональної активності антиоксидантної системи, як ферментної, так і неферментної ланки. Вміст аскорбінової кислоти (табл. 4.3, 4.4) в зерні озимого жита зростає: в зерні сорту Синтетик 38 достовірно в групах ЕПММg і EQ відповідно на 11% і 10%, в зерні сорту Забава – в групі ЕПММg на 10% порівняно з контролем ($p < 0,05$). Вміст загальних каротиноїдів (табл. 4.3, 4.4) в зерні озимого жита також збільшується: в зерні сорту Синтетик 38 спостерігається достовірне збільшення у групах ЕПМ, ЕПММg і EQ

відповідно на 7%, 39% і 7%, а в зерні сорту Забава – в групі ЕПММg на 25% порівняно з контролем ($p < 0,05$).

Активність антиоксидантних ензимів – каталази і аскорбатпероксидази, в зерні озимого жита обох сортів знижується (табл. 4.3, 4.4). В зерні озимого жита сорту Синтетик 38 активність каталази достовірно знижується в групах передпосівної обробки композиціями ЕПММg і EQ відповідно на 21% і 28%, а в зерні сорту Забава – в групі ЕПММg на 24% порівняно з контролем ($p < 0,05$). Активність аскорбатпероксидази в зерні озимого жита сорту Синтетик 38 достовірно знижується в групах ЕПММg і EQ відповідно на 13% і 11%, а в зерні сорту Забава – в групі EQ на 10% порівняно з контролем ($p < 0,05$).

На характеристики зерна значним чином можуть впливати різноманітні агропідходи [16]. Зокрема, стимулятори росту здатні сприяти збільшенню біомаси, оптимізувати зростання рослин, скорочувати вегетаційний період, активізувати фотосинтетичні процеси тощо [16, 17]. В наших дослідженнях продемонстровано, що передпосівна обробка насіння озимого жита композиціями ЕПМ, ЕПММg і EQ призводить до зниження активності ферментів антиоксидантного захисту, зростання вмісту вітамінів-антиоксидантів та зниження вмісту продуктів вільнорадикального окислення ліпідів в зерні озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава. Вміст ТБК-позитивних продуктів є індикатором ліпідної пероксидації. Нагромадження ТБК-позитивних продуктів може призводити до надмірного окислення ліпідів мембран. В той же час спостерігаються зміни функціональної активності ензимної та неензимної ланок антиоксидантної системи. В антиоксидантному захисті важливу роль відіграють низькомолекулярні сполуки, зокрема аскорбінова кислота, яка здатна нейтралізувати пероксид водню як прямо, так і в реакції, що каталізується аскорбатпероксидазою, а крім того брати участь в нейтралізації інших

активних форм кисню. Каротиноїди також є достатньо потужними гасниками активних форм кисню [18]. В нашому експерименті передпосівна обробка насіння озимого жита обох сортів композиціями метаболічно активних речовин призводить до зростання вмісту аскорбінової кислоти та загальних каротиноїдів в зерні.

Таблиця 4.3.

Вміст продуктів вільнорадикального окислення ліпідів, вітамінів та активність антиоксидантних ензимів в зерні озимого жита сорту Синтетик за передпосівної обробки композиціями метаболічно активних речовин, 2019-2021 рр.

	Контроль	ЕПМ	ЕПММg	EQ
ТБК-позитивні продукти, мкмоль/г сирі маси	10,98±0,56	11,72±0,33	10,01±0,21*	10,11±0,46*
Аскорбінова кислота, ммоль/г сирі маси	9,85±0,31	10,04±0,29	10,90±0,50*	10,84±0,15*
Активність аскорбатпероксидази, мкмоль аскорбата/г сирі маси за хв.	0,47±0,02	0,44±0,04	0,41±0,03*	0,42±0,03*
Активність каталази, мккат/г сирі маси	2,07±0,09	1,99±0,08	1,64±0,08*	1,50±0,14*
Сумарні каротиноїди, мг/г сирі маси	54,46±0,99	58,18±1,58*	75,65±1,77*	58,37±1,46*

*Примітки: * - достовірно порівняно з контролем, $p < 0,05$.*

Таблиця 4.4.

Вміст продуктів вільнорадикального окислення ліпідів, вітамінів та активність антиоксидантних ензимів в зерні озимого жита сорту Забава за передпосівної обробки композиціями метаболічно активних речовин, 2019-2021 рр.

	Контроль	ЕПМ	ЕПММg	EQ
ТБК-позитивні продукти, мкмоль/г сирої маси	9,07±0,32	8,73±0,44	8,18±0,44*	8,22±0,44*
Аскорбінова кислота, ммоль/г сирої маси	8,61±0,22	9,09±0,15	9,46±0,22*	9,33±0,58
Активність аскорбатпероксидази, мкмоль аскорбата/г сирої маси за хв.	0,58±0,02	0,55±0,02	0,52±0,04	0,52±0,03*
Активність каталази, мккат/г сирої маси	1,36±0,13	1,38±0,12	1,03±0,19*	1,15±0,09
Сумарні каротиноїди, мг/г сирої маси	32,45±1,92	34,75±3,30	40,64±1,84*	36,80±1,93

Примітки: * - достовірно порівняно з контролем, $p < 0,05$.

Існує кілька ензимних систем в клітинах, які каталізують перетворення пероксиду водню. Це насамперед каталаза та аскорбатпероксидаза. В наших дослідженнях продемонстровано зниження активності цих ензимів у всіх дослідних групах. Аскорбатпероксидаза є важливим компонентом ензимної ланки антиоксидантної системи рослин; вона здатна знешкоджувати H_2O_2 та є високоафінною до аскорбату.

Аналізуючи отримані результати привертає увагу обернена залежність між величинами показників вмісту продуктів вільнорадикального окислення

ліпідів та вмістом аскорбінової кислоти, загальних каротиноїдів і активності аскорбатпероксидази і каталази.

Знаходження зернівок у стані спокою є важливим пристосувальним механізмом збереження виду. В реалізації процесу формування стану спокою беруть участь спеціалізовані системи, які здатні забезпечити виживання зернівок. При цьому життєздатність зернівок підтримується за рахунок активності компонентів антиоксидантної системи. Зокрема, фермент пероксидаза бере участь не тільки у підтриманні життєздатності зернівок у стані спокою, так і надзвичайно важлива при їх проростанні. В зернівках в стані спокою пероксидаза каталізує реакції оксидазного і пероксидазного окислення різних сполук. При цьому продуктом реакції є вода, яка необхідна зернівкам в стані спокою для забезпечення зародку водою. Разом із цим зростання активності пероксидази здатне бути ініціатором процесу проростання насіння.

Треба відмітити, що ефекти даних композицій метаболічно активних речовин 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, убихінон-10 та сіль магнію сульфату) має свої властивості та здатна впливати на обмінні процеси в рослинному організмі та, відповідно, і на характеристики зерна [8, 9].

Висновки до розділу 4

В зерні озимого жита сорту Синтетик 38 та Забава продемонстрована ефективність композицій ЕПМ та ЕПММg щодо збільшення вмісту білка та крохмалю та зменшення вмісту водорозчинних цукрів. При цьому передпосівна обробка насіння досліджуваними композиціями метаболічно активних речовин не впливала на активність амілаз в зерні озимого жита обох сортів.

В зерні озимого жита сорту Синтетик 38 та Забава продемонстрована ефективність композицій ЕПММg та EQ щодо збільшення вмісту низькомолекулярних вітамінів-антиоксидантів (аскорбінової кислоти та каротиноїдів), зменшення активності антиоксидантних ензимів (каталази та аскорбатпероксидази) та вмісту продуктів вільнорадикального окислення ліпідів. Найбільш ефективно в цьому плані продемонструвала композиція ЕПММg. Продемонстроване зростання вмісту антиоксидантів в зерні озимого жита може збільшувати харчову цінність продуктів, вироблених із цього зерна. Крім того, продемонстровані зміни активності компонентів про- і антиоксидантної систем можуть свідчити про те, що зерно за передпосівної обробки насіння досліджуваними композиціями знаходиться більш глибоко в стані спокою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Yakhin O. I., Lubyarov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*. 2017. №7. P.2049.
2. Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярового. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. №2. С. 20–30.

3. Куриленко А. О., Куриленко О. В., Кучменко О. Б., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин на морфометричні показники озимого жита в умовах півдня Полісся України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Агронія і біологія»* 2021. №4(46). С. 25 – 32.
4. Куриленко А. О., Куриленко О. В., Кучменко О. Б., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин на вміст фотосинтетичних пігментів у листках рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава на різних етапах онтогенезу. *East European Scientific Journal*. 2021. Vol.75. №11. С. 11–16.
5. Господаренко Г.М., Пташник М.М. Вміст білка та крохмалю в зерні жита озимого залежно від видів, норм і строків внесення добрив. *Новітні агротехнології*. 2013. №1(1). Р. 5–10.
6. Stepniewska S., Sacak-Pietrzak G., Szafranska A., Ostrowska-Ligeza E., Dzik D. Assessment of the starch-amylolytic complex of rye flours by traditional methods and modern one. *Materials*. 2021. №14. P. 7603.
7. Muralikrishna G., Nirmala M. Cereal α -amylases – an overview. *Carbohydr*. 2005. №60(2). P. 163-173.
8. Куриленко А. О., Куриленко О. В., Кучменко О. Б., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин на морфометричні показники озимого жита в умовах півдня Полісся України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Агронія і біологія»* 2021. №4(46). С. 25 – 32.
9. Skrupnik L., Maslennikov P., Novikova A., Kozhikin M. Effect of Crude Oil on Growth, Oxidative Stress and Response of Antioxidative System of Two Rye (*Secale cereale* L.) Varieties. *Plants*. 2021. №10(1). P. 157.

10. 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.
11. Stahl E., Hartmann M., Scholten N., Zeier J. A. Role for Tocopherol Biosynthesis in Arabidopsis Basal Immunity to Bacterial Infection. *Plant Physiology.* 2019. №181(3). P. 1008–1028.
12. Liu M., Lu S. Plastoquinone and Ubiquinone in Plants: Biosynthesis, Physiological Function and Metabolic Engineering. *Frontiers in Plant Science.* 2016. №7.
13. Hildebrandt T. M., Nunes Nesi A., Araújo W. L., Braun H.-P. Amino Acid Catabolism in Plants. *Molecular Plant.* 2015. №8(11). P. 1563–1579.
14. Maathuis F. J. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology.* 2009. №12(3). P. 250–258.
15. Mokrosnop V. M. Functions of tocopherols in the cells of plants and other photosynthetic organisms. *The Ukrainian Biochemical Journal.* 2014. №86(5). P. 26–36.
16. Yakhin O. I., Lubyantsev A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science.* 2017. №7. P. 2049.
17. Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярового. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2021. №2. С. 20–30.
18. Wang X., Liu H., Yu F., Hu B., Jia Y. et al. Differential activity of the antioxidant defence system and alterations in the accumulation of osmolyte and reactive oxygen species under drought stress and recovery in rice (*Oryza sativa* L.) tillering. *Sci. Rep.* 2019. №9. P. 8543.

РОЗДІЛ 5

УЗАГАЛЬНЕННЯ

В аграрному виробництві України та більшості країн світу зернові (пшениця, жито, овес, ячмінь) є однією із важливих груп рослинних культур з економічної та агрономічної точки зору. Злаки широко використовуються для виробництва хліба – основного продукту харчування людини, а також є цінним джерелом біологічно активних речовин [1].

Серед зернових культур, які традиційно вирощують в Україні, важливе місце займає озиме жито, посідаючи друге місце в посівних культурах нашої країни після пшениці. 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 [2].

Жито містить ряд вітамінів, які суттєво впливають на фізіологічні процеси в організмі людини, а саме β -каротин, тіамін, рибофлавін, РР, фолієву кислоту, які беруть активну участь у процесах обміну речовин [3]. Продукти із житнього борошна містять малу кількість білка, серед амінокислот багато лізину і треоніну, які необхідні для зростання та відновлення тканин, що робить такі продукти дієтичними [2]. Перевагою до вирощування озимого жита є його невибагливість до умов вирощування, стійкість до хвороб та шкідників.

Важливим резервом збільшення врожайності і стабільності виробництва зерна озимого жита є використання біопрепаратів, які сприяють покращенню

умов розвитку рослин, що призводить до збільшення продуктивності і підвищення якісних характеристик зерна [4-8].

Світовий досвід показує, що в країнах з високим рівнем агротехнічного забезпечення приріст врожайності зернових досягає критичної межі. «Інтенсивні» технології в рослинництві загострили протиріччя між економікою і навколишнім середовищем. Інтенсивне застосування пестицидів і мінеральних добрив у сільському господарстві, в тому числі хімікатів для передпосівної обробки насіння та підвищення продуктивності рослин спричиняють низку небажаних ефектів еколого-економічного характеру. Одним з обов'язкових елементів технологічного процесу вирощування зернових культур, що впливає на підвищення врожайності та якість продукції рослинництва, є передпосівна обробка насіння хімічними та біопрепаратами різного походження [9-11].

Стимулятори росту здатні відновлювати дефіцит корисних речовин, що впливає на активність ферментів та, відповідно, на багато обмінних процесів в організмі рослини. Внаслідок може збільшуватися проникність клітинної мембрани коренів та покращення надходження до рослини мінеральних елементів із ґрунту. Разом з цим, при застосуванні стимуляторів росту може прискорюватися поглинання кисню рослинами, що здатне призвести до активізації фотосинтезу і, як наслідок, до зростання врожайності [12-20]. Крім впливу на рослини, стимулятори росту можуть позитивно впливати на мікрофлору самого ґрунту. Отже, вивчення механізмів дії метаболічно активних сполук для передпосівної обробки насіння на фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку жита озимого на різних етапах онтогенезу обумовило актуальність наших досліджень.

В дисертаційній роботі було досліджено вплив композицій метаболічно активних сполук, а саме ЕПМ, ЕПММg і EQ на процеси росту надземної та

підземної частин рослин озимого жита сортів Синтетик 38 та Забава. Продемонстрована найбільша ефективність композицій ЕПММg і EQ щодо стимуляції росту як надземної, так і підземної частин рослини обох досліджуваних сортів, що більш детально описано в розділі 3 даної роботи.

Показано, що застосування досліджуваних композицій метаболічно активних сполук для передпосівної обробки насіння озимого жита сортів Синтетик 38 та Забава призводить до збільшення вмісту загальних хлорофілів, хлорофілів *a* і *b* у листках рослин у динаміці з фази кушіння до фази цвітіння, а також до зростання площі листової поверхні. Найбільшу ефективність у рослин озимого жита обох сортів продемонструвала композиція ЕПММg.

Продемонстровано позитивний вплив передпосівної обробки насіння озимого жита досліджуваними композиціями метаболічно активних речовин на формування кількості продуктивних стебел у рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава – найбільша їх кількість у рослин обох сортів формувалася за використання композиції ЕПММg, а також на структуру врожаю та біологічну врожайність озимого жита. За передпосівної обробки насіння досліджуваними композиціями показано зростання довжини колосу, кількості зерен в колосі, маси насіння в колосі, маси 1000 насінин у рослин обох сортів. Найбільшу кількість зерен в колосі, їх масу, масу 1000 насінин сформували рослини обох сортів за передпосівної обробки насіння композицією ЕПММg. Біологічна врожайність озимого жита за передпосівної обробки композицією ЕПММg була найвищою для рослин обох сортів.

В нашій роботі наведено біохімічні характеристики зерна жита озимого сортів Синтетик38 та Забава за умови передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин, які досить детально описані в розділі 4 даної роботи.

В зерні озимого жита сорту Синтетик 38 та Забава продемонстрована ефективність композицій ЕПМ та ЕПММg щодо збільшення вмісту білка та крохмалю та зменшення вмісту водорозчинних цукрів. При цьому за передпосівної обробки насіння досліджуваними композиціями метаболічно активних речовин не спостерігалось змін активності амілаз в зерні озимого жита обох сортів.

В зерні озимого жита сорту Синтетик 38 та Забава продемонстрована ефективність композицій ЕПММg та EQ щодо збільшення вмісту низькомолекулярних вітамінів-антиоксидантів (аскорбінової кислоти та каротиноїдів), зменшення активності антиоксидантних ензимів (каталази та аскорбатпероксидази) та вмісту продуктів вільнорадикального окислення ліпідів. Найбільш ефективно в цьому плані проявила себе композиція ЕПММg. Продемонстроване зростання вмісту антиоксидантів в зерні озимого жита може призводити до збільшення харчової цінності продуктів, вироблених із цього зерна. Крім того, продемонстровані зміни активності компонентів про- і антиоксидантної систем можуть свідчити про те, що зерно за передпосівної обробки насіння досліджуваними композиціями знаходиться більш глибоко в стані спокою.

На основі експериментальних досліджень та їх теоретичного аналізу нами з'ясовано особливості впливу передпосівної обробки насіння жита озимого композиціями метаболічно активних сполук на фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку рослин, якість зерна жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава.

Ми вперше показали ефективність застосування композицій метаболічно активних сполук (ЕПМ – α -токоферилацетат, 4-гідроксибензойна кислота і метіонін, ЕПММg – α -токоферилацетат, 4-гідроксибензойна кислота, метіонін і $MgSO_4$, EQ – α -токоферилацетат і убіхінон-10) для передпосівної обробки

насіння жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава. За цих умов спостерігали зростання вмісту фотосинтетичних пігментів в листках, стимуляцію росту підземної та надземної частин рослин, утворення коренів, збільшення площі листової пластинки у рослин жита озимого обох досліджуваних сортів.

Застосування композицій метаболічно активних сполук в передпосівній обробці насіння жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава приводила до зростання біологічної врожайності та покращення показників структури врожаю жита озимого обох досліджуваних сортів.

Нами вперше продемонстровано можливість покращення якості зерна (за вмістом білку, вуглеводів, вітамінів, амілолітичною активністю, вмістом продуктів окислення ліпідів та активністю антиоксидантних ензимів) шляхом передпосівної обробки насіння жита озимого композиціями метаболічно активних сполук.

Отримані в нашій роботі результати мають важливе практичне значення для біологічної та аграрної науки. Дослідження ефектів передпосівної обробки насіння жита озимого композиціями метаболічно активних сполук є вагомим внеском, який розширює розуміння механізмів впливу цих сполук на процеси росту і розвитку рослин жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава, формування їх продуктивності, якості зерна. Представлені дані відкривають перспективу створення на їх основі нових препаратів для стимуляції росту і розвитку рослин, збільшення врожайності, покращення якості зерна.

Отримані результати мають теоретичне значення і впроваджені у навчальний процес при викладанні дисциплін фахової підготовки здобувачів освітніх ступенів Бакалавр та Магістр.

Таким чином, дана дисертаційна робота містить нові дані щодо ефективності дії передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук, а саме ЕПМ (вітамін Е + параоксибензойна кислота +

метіонін), ЕПММg (вітамін Е + параоксибензойна кислота + метіонін + MgSO₄) і EQ (вітамін Е + убіхінон-10) на фізіологічні та біохімічні показники росту і розвитку озимого жита на різних етапах онтогенезу. Виявлена найбільша ефективність композицій ЕПММg і EQ щодо стимуляції росту як надземної, так і підземної частин рослини обох досліджуваних сортів. Продемонстровано позитивний вплив передпосівної обробки насіння озимого жита досліджуваними композиціями метаболічно активних речовин на формування кількості продуктивних стебел у рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава – найбільша їх кількість у рослин обох сортів формувалася за використання композиції ЕПММg, а також на структуру врожаю та біологічну врожайність озимого жита. За передпосівної обробки насіння досліджуваними композиціями показано зростання довжини колосу, кількості зерен в колосі, маси насіння в колосі, маси 1000 насінин у рослин обох сортів. Найбільшу кількість зерен в колосі, їх масу, масу 1000 насінин сформували рослини обох сортів за передпосівної обробки насіння композицією ЕПММg. Біологічна врожайність озимого жита за передпосівної обробки композицією ЕПММg була найвищою для рослин обох сортів.

Вирішення цього актуального наукового завдання створює ґрунтовну теоретичну базу для можливого подальшого використання досліджуваних сполук в якості складових компонентів стимулюючих препаратів в рослинництві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Короткова І. В., Чайка Т. О., Ромашко Т. П., Рибальченко А. М. Вміст фотосинтетичних пігментів у рослинах пшениці полби як критерій

- продуктивності за традиційної та органічної технологій вирощування. *Innov Biosyst Bioeng.* 2022, Vol. 6. No.1. P.31–39.
2. Kunah O. M., Pakhomov O. Y., Zymarioieva A. A., Demchuk N. I., Skupskyi R. M. 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.
 3. Кучменко О. Б. Біохімія вітамінів. К.: Університет «Україна», 2012. 528 с.
 4. Vedenicheva N., Futorna O., Shcherbatyuk M., Kosakivska I. Effect of seed priming with zeatin on *Secale cereale* L. growth and cytokinins homeostasis under hyperthermia. *Journal of Crop Improvement.* 2022. Vol.36. No.5. P. 656-674.
 5. Tzortzakis N. G. Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigour in endive and chicory. *Hort. Sci. (Prague).* 2009. Vol.36. No.3. P.117–125.
 6. 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.
 7. Szczepanek M. Technology of maize with growth stimulants application. *Engineering for Rural Development.* 2018. №17. P. 483–490.
 8. 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.
 9. Bezpal'ko V. V., Stankevych S. V., Zhukova L. V., Horiainova V. V. et al. Influence of pre-sowing seed treatment with MFF and growth regulators on winter wheat and spring barley development. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2021. Vol.11. No.3. P. 213–230.

10. Adetunji A.E., Adetunji T.L., Varghese B., Seršen, Pammenter N.W. Oxidative Stress, Ageing and Methods of Seed Invigoration: An Overview and Perspectives. *Agronomy*. 2021. Vol.11. P. 2369.
11. Mukhametshina A., Gafiyatov R., Pukhacheva L., Shaikhraziev Sh., Akhmetov A. The results of pre-sowing conifer seeds treatment by growth stimulators. *BIO Web Conf*. 2020. Vol. 17. P. 00130. doi:10.1051/bioconf/20201700130
12. Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. №. 2. С. 20–30. doi:10.31210/visnyk2021.02.02
13. Alexopoulos A. A., Karapanos I. C., Akoumianakis K. A., Passam H. C. Effect of Gibberellic Acid on the Growth Rate and Physiological Age of Tubers Cultivated from True Potato Seed. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2017. №36(1). P.1–10.
14. Kumar G., Sahoo D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. *Journal of Applied Phycology*. 2011. №23(2). P. 251–255.
15. Hameed A., Akram N. A., Saleem M. H., Ashraf M., Ahmed S. et al. Seed Treatment with α -Tocopherol Regulates Growth and Key Physio-Biochemical Attributes in Carrot (*Daucus carota* L.) Plants under Water Limited Regimes. *Agronomy*. 2021. №11. P. 469.
16. Pradi Vendruscolo E., Seleguini A. Effects of vitamin pre-sowing treatment on sweet maize seedlings irrigated with saline water. *Acta Agronómica*. 2020. Vol. 69. №1. P. 20–25. doi:10.15446/acag.v69n1.67528
17. Lalarukh I., Shahbaz M. Response of antioxidants and lipid peroxidation to exogenous application of alpha-tocopherol in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under salt stress. *Pak. J. Bot.* 2020. Vol.52. No1. P. 75-83.

18. Ramazanov V. Magnesium use in pre-sowing treatment of spring wheat seeds. *BIO Web Conf.* 2021. Vol.36. P. 04003. doi:10.1051/bioconf/20213604003
19. Bose B., Mishra T. Effect of seed treatment with magnesium salts on growth and chemical attributes of mustard. *Indian J Plant Physiol.* 2001. Vol.6. No4. P. 431–434.
20. Xu J.-J., Hu M., Yang L., Chen X.-Y. How plants synthesize coenzyme Q. *Plant Comm.* 2022. Vol.3. P. 100341.

ВИСНОВКИ

У дисертації викладені нові дані щодо ефективності дії передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних сполук, а саме ЕПМ (вітамін Е + параоксибензойна кислота + метіонін), ЕПММg (вітамін Е + параоксибензойна кислота + метіонін + MgSO₄) і EQ (вітамін Е + убіхінон-10) на фізіологічні та біохімічні показники росту і розвитку озимого жита на різних етапах онтогенезу. Вирішення цього актуального наукового завдання створює ґрунтовну теоретичну базу для можливого подальшого використання досліджуваних сполук в якості складових компонентів стимулюючих препаратів в рослинництві.

1. Досліджено вплив композицій метаболічно активних сполук, а саме ЕПМ, ЕПММg і EQ на процеси росту надземної та підземної частин рослин озимого жита сортів Синтетик 38 та Забава. Продемонстрована найбільша ефективність композицій ЕПММg і EQ щодо стимуляції росту як надземної, так і підземної частин рослини обох досліджуваних сортів.
2. Показано, що застосування досліджуваних композицій метаболічно активних сполук для передпосівної обробки насіння озимого жита сортів Синтетик 38 та Забава призводить до збільшення вмісту загальних хлорофілів, хлорофілів *a* і *b* у листках рослин у динаміці з фази куціння до фази цвітіння, а також до зростання площі листової поверхні. Найбільшу ефективність у рослин озимого жита обох сортів продемонструвала композиція ЕПММg.
3. Продемонстровано позитивний вплив передпосівної обробки насіння озимого жита досліджуваними композиціями метаболічно активних речовин на формування кількості продуктивних стебел у рослин озимого жита сортів Синтетик 38 і Забава – найбільша їх кількість у рослин обох

сортів формувалася за використання композиції ЕПММg, а також на структуру врожаю та біологічну врожайність озимого жита. За передпосівної обробки насіння дослідуваними композиціями показано зростання довжини колосу, кількості зерен в колосі, маси насіння в колосі, маси 1000 насінин у рослин обох сортів. Найбільшу кількість зерен в колосі, їх масу, масу 1000 насінин сформували рослини обох сортів за передпосівної обробки насіння композицією ЕПММg. Біологічна врожайність озимого жита за передпосівної обробки композицією ЕПММg була найвищою для рослин обох сортів.

4. В зерні озимого жита сорту Синтетик 38 та Забава продемонстрована ефективність композицій ЕПМ та ЕПММg щодо збільшення вмісту білка та крохмалю та зменшення вмісту водорозчинних цукрів. При цьому передпосівна обробка насіння досліджуваними композиціями метаболічно активних речовин не впливала на активність амілаз в зерні озимого жита обох сортів.
5. В зерні озимого жита сорту Синтетик 38 та Забава продемонстрована ефективність композицій ЕПММg та EQ щодо збільшення вмісту низькомолекулярних вітамінів-антиоксидантів (аскорбінової кислоти та каротиноїдів), зменшення активності антиоксидантних ензимів (каталази та аскорбатпероксидази) та вмісту продуктів вільнорадикального окислення ліпідів. Найбільш ефективно в цьому плані продемонструвала композиція ЕПММg.



Міністерство освіти і науки України
НІЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИКОЛИ ГОГОЛЯ

вул. Графська, 2, м. Ніжин, Чернігівська обл., 16602
тел.: (04631) 7-19-67, факс: (04631) 2-53-09
e-mail: ndu@ndu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02125668

28.11.2022 № 01-14/571

На № _____ від _____

Акт про впровадження в навчальний процес кафедри біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя результатів дисертаційного дослідження Куриленка Антона Олеговича

Результати наукового дослідження в рамках виконання дисертаційної роботи за темою «Фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку озимого жита на різних етапах онтогенезу за дії метаболічно активних сполук» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 - Біологія були використані під час викладання навчальних курсів «Фізіологія рослин», «Біохімія рослин» у Ніжинському державному університеті імені Миколи Гоголя в період 2020-2022 н.р.

Використання отриманих результатів дозволяє поглибити розуміння студентами механізмів впливу метаболічно активних сполук на процеси росту і розвитку рослин жита озимого сортів Синтетик 38 і Забава, формування їх продуктивності, якість зерна.

Ректор

О.Г. САМОЙЛЕНКО

Міністерство освіти і науки України
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

10008, м. Житомир, бульвар Старий, 7
тел: (0412) 47-13-56
e-mail: mail@polissiauniver.edu.ua
polissiauniver.edu.ua
код ЄДРПОУ 00493681



Ministry of Education and Science of Ukraine
POLISSIA NATIONAL
UNIVERSITY

7, Staryi Blvd, 10008, Zhytomyr, Ukraine
phone: +38(0412) 47-13-56
e-mail: mail@polissiauniver.edu.ua
polissiauniver.edu.ua
USREOU 00493681

Від 07.12.22 № 1677/01-12
на № _____ від _____

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Результати наукових досліджень Куриленка Антона Олеговича, отриманих під час виконання дисертаційної роботи за темою «Фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку озимого жита на різних етапах онтогенезу за дії метаболічно активних сполук», на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія були впроваджені в навчальний процес кафедри екології і використані під час викладання навчальних курсів «Фізіологія рослин», «Біологія», «Ботаніка» у студентів галузі знань 10 «Природничі науки» спеціальності 101 «Екологія» за освітніми ступенями бакалавр, магістр денної і заочної форми навчання в період 2021-2022 н.р.

Використання отриманих результатів дозволяє поглибити уявлення здобувачів освіти про особливості впливу передпосівної обробки насіння жита озимого композиціями метаболічно активних сполук на фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку рослин, якість зерна жита озимого.

Проректор з наукової роботи
та інноваційного розвитку



Романчук

Людмила РОМАНЧУК



УКРАЇНА

ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ДМИТРА МОТОРНОГО

000594

Юридична адреса: проспект Богдана Хмельницького 18, місто Мелітополь, Запорізька область, 72312

Фактична адреса: вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600, Україна

тел: (061) 289-12-99.; (099) 614-83-02, e-mail: office@tsatu.edu.ua код ЄДРПОУ 00493698

29.11.2022 № 54/3/625 На № _____ від _____

Акт про впровадження

в навчальний процес кафедри рослинництва та садівництва імені проф. В.В. Калитки Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного результатів дисертаційного дослідження Куриленка Антона Олеговича

Результати наукового дослідження в рамках виконання дисертаційної роботи за темою «Фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку озимого жита на різних етапах онтогенезу за дії метаболічно активних сполук» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 - Біологія були використані під час викладання навчальних курсів «Біохімія та фізіологія рослин», «Фізіологія рослин та формування врожаю», «Екологія рослин» у Таврійському державному агротехнологічному університеті імені Дмитра Моторного в період 2022-2023 н.р.

Представлені в роботі експериментальні дані відкривають перспективу створення на їх основі нових препаратів для стимуляції росту і розвитку рослин, збільшення врожайності, покращення якості зерна.

Ректор Таврійського державного
агротехнологічного університету
імені Дмитра Моторного,
доктор технічних наук, професор

Сергій КЮРЧЕВ